

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DOĞU ANADOLU FAYI ÇEVRESİNDE MEYDANA GELEN
DOĞAL VE YAPAY SARSINTILARIN AYRIMI**

SEHER GÖZSÜZ

KOCAELİ 2021

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞU ANADOLU FAYI ÇEVRESİNDE MEYDANA GELEN
DOĞAL VE YAPAY SARSINTILARIN AYRIMI

SEHER GÖZSÜZ

Doç.Dr. Tahir Serkan IRMAK
Danışman, Kocaeli Üniv.

.....

Prof.Dr. Serkan ÖZTÜRK
Jüri Üyesi, Gümüşhane Üniv.

.....

Prof.Dr. Fadime SERTÇELİK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 17.06.2021

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, Doğu Anadolu Fayını civarında 01.01.2017 ile 30.11.2019 yılları arasında meydana gelen olayların doğal kaynaklı (deprem) veya yapay kaynaklı (patlatma) olup olmadığının, tez içerisinde bahsedilen dört farklı yöntemin uygulanması belirlenmesi hedeflenmiştir. Yine bu çalışma Afet ve Acil Yönetim Başkanlığının yürütmekte olduğu UDAP-Ç-19-13 "Türkiye’de Deprem İstasyonu Bazlı Doğal ve Yapay Kaynaklı Sarsıntıların Ayırımının Yapılması ve AFAD Sistemine Uyarlanması" projesi tarafından desteklenmiştir.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana güvenen, fikirlerimi destekleyen, cesaretlendiren, çalışmamı her aşamasını takip ederek bilgilerinden yararlandığım tez danışmanım Doç.Dr. Tahir Serkan IRMAK'a hoşgörü, emek ve sabrından dolayı teşekkür ederim.

Beni projeye dâhil eden ve her zaman çalışmamı takip ederek destekleyen proje yöneticisi Prof.Dr. Fadime SERTÇELİK'e teşekkür ederim.

Hem projede hem tez çalışmamda her zaman destek ve yardımlarını esirgemeyen sevgili Dr. Evrim YAVUZ'a ve yine projede beraber çalıştığım ve bana her zaman fikir ve destek veren Jeofizik Yüksek Mühendisi Gözde ÜSTOL'a çok teşekkür ederim.

Tez için kullandığım verilerin temini ve proje bursiyerliği için AFAD'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimimde, ders dönemim boyunca bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen değerli Kocaeli Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri Prof.Dr. Bülent ORUÇ, Doç.Dr. Ertan PEKŞEN ve diğer tüm bölümü öğretim üye ve elemanlarının her birine çok teşekkür ederim.

Eğitim ve sosyal hayatımın her evresinde her zaman yanımda olan ve beni hoşgörü, sevgi ile büyüten canım aileme teşekkür ederim. Onlara örnek olma ve yol gösterme çabamda beni her zaman özenle dinleyen canım yeğenlerimin her birine çok teşekkür ederim.

Haziran – 2021

Seher GÖZSÜZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ÖZET.....	x
ABSTRACT	xi
GİRİŞ	1
1. ELASTİK CİSİM VE YÜZEY DALGALARI.....	4
2. DOĞU ANADOLU FAYI CİVARININ JEOLojİSİ.....	5
3. DOĞAL VE YAPAY SARSINTI AYRIMINDA KULLANILAN YÖNTEMLER	7
3.1. Gözleme Dayalı Yöntemler	7
3.1.1. Konum bilgisi	7
3.1.2. Oluş zamanı	8
3.1.3. Derinlik	8
3.1.4. P dalgası ilk hareket yönü.....	8
3.1.5. P ve S dalgası genlik farkı	9
3.1.6. Rg dalgasının gözlenmesi.....	9
3.2. Çalışmada Kullanılan Analitik Yöntemler.....	10
3.2.1. Genlik Oran	10
3.2.2. Karmaşıklık.....	11
3.2.3. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD)	11
3.2.4. Güç Spektrumu (GS)	12
3.2.5. İstatistiksel Yaklaşım.....	13
4. DOĞU ANADOLU FAYI ÇEVRESİNDE MEYDANA GELEN SİSMİK OLAYLARIN İSTASYON BAZLI ANALİZİ.....	14
4.1. AKCA İstasyonu	15
4.2. AZEY İstasyonu.....	17
4.3. CNG İstasyonu	19
4.4. ELZG İstasyonu	20
4.5. FRT İstasyonu	21
4.6. HASA İstasyonu	24
4.7. KAH İstasyonu.....	26
4.8. KAHM İstasyonu	26
4.9. KAMA İstasyonu	28
4.10. KHMR İstasyonu	30
4.11. KOVA İstasyonu.....	31
4.12. MAYA İstasyonu	32
4.13. MDN İstasyonu	34
4.14. NAR İstasyonu	35
4.15. NARI İstasyonu.....	37
4.16. RHAN İstasyonu	39

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR	44
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	47
ÖZGEÇMİŞ	48



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Sismik dalgalar	4
Şekil 2.1.	Doğu Anadolu Fayı (DAF) ve çevresinde meydana gelen çalışmada kullanılan olayların dağılım haritası.....	5
Şekil 3.1.	Doğal ve yapay olaylar için P dalgası ilk hareket yönü gösterimi.....	8
Şekil 3.2.	Yapay kaynaklı olay için Rg fazı örnek gösterimi.....	9
Şekil 3.3.	Doğal ve yapay olayların düşey bileşen (Z) sismogramlarında en yüksek P dalgası (Ap) ve en yüksek S dalgası (As) genlikleri.....	10
Şekil 4.1.	AKCA istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analizi grafikleri.....	15
Şekil 4.2.	AKCA istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.....	16
Şekil 4.3.	AKCA istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu	16
Şekil 4.4.	AZEY istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analizi grafikleri.....	17
Şekil 4.5.	AZEY istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.....	18
Şekil 4.6.	AZEY istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu	18
Şekil 4.7.	CNG istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.....	19
Şekil 4.8.	CNG istasyonunda kaydedilen doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlatma) olay sonucu	20
Şekil 4.9.	ELZG istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analizi grafikleri.....	20
Şekil 4.10.	ELZG istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.....	21
Şekil 4.11.	ELZG istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu	22
Şekil 4.12.	FRT istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer -Karesel ayrışım analizi grafikleri.....	22
Şekil 4.13.	FRT istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.....	23
Şekil 4.14.	FRT istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu	24
Şekil 4.15.	HASA istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analizi grafikleri.....	24
Şekil 4.16.	HASA istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için Kısa Zamanlı Fourier Dönüşüm uygulaması	25
Şekil 4.17.	HASA istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu	26
Şekil 4.18.	KAHM istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analizi grafikleri.....	26

Şekil 4.19. KAHM istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için Kısa Zamanlı Fourier Dönüşüm uygulaması	27
Şekil 4.20. KAHM istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu	28
Şekil 4.21. KAMA istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analizi grafikleri	28
Şekil 4.22. KAMA istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması	29
Şekil 4.23. KAMA istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için Kısa Zamanlı Fourier Dönüşüm uygulaması	30
Şekil 4.24. KHMR istasyonunda kaydedilen doğal olay için Kısa Zamanlı Fourier Dönüşüm uygulaması	30
Şekil 4.25. KHMR istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) olay sonucu.....	31
Şekil 4.26. KOVA istasyonunda kaydedilen doğal olay için Kısa Zamanlı Fourier Dönüşüm uygulaması	31
Şekil 4.27. KOVA istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) olay sonucu.....	32
Şekil 4.28. MAYA istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analiz grafikleri	32
Şekil 4.29. MAYA istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması	33
Şekil 4.30. MAYA istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu	34
Şekil 4.31. MDN istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması	34
Şekil 4.32. MDN istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu	35
Şekil 4.33. NAR istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analizi grafikleri	35
Şekil 4.34. NAR istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analizi grafikleri	36
Şekil 4.35. NAR istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu	37
Şekil 4.36. NARI istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analizi grafikleri	37
Şekil 4.37. NARI istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması	38
Şekil 4.38. NARI istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu	39
Şekil 4.39. RHAN istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması	39
Şekil 4.40. RHAN istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu	40
Şekil 4.41. Çalışmada kullanılan olayların ayırma analizleri sonucu deprem ve patlatma dağılım haritası	42
Şekil 4.42. Çalışmada kullanılan olayların deprem-patlatma DAF il bazlı sonuç dağılım haritası (a)Malatya b)Elazığ c)Gaziantep d)Şanlıurfa e)Antakya).....	43

TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1. Çalışmada kullanılan istasyon listesi.....	14
Tablo 4.2. AKCA istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	15
Tablo 4.3. AZEY istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	17
Tablo 4.4. CNG istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	19
Tablo 4.5. ELZG istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	21
Tablo 4.6. FRT istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	23
Tablo 4.7. HASA istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	25
Tablo 4.8. KAHM istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	27
Tablo 4.9. KAMA istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	29
Tablo 4.10. KHMR istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	30
Tablo 4.11. KOVA istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	31
Tablo 4.12. MAYA istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	33
Tablo 4.13. MDN istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	34
Tablo 4.14. NAR istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	36
Tablo 4.15. NARI istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	38

Tablo 4.16. RHAN istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.....	39
---	----



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

As/Ap	: Genlik oranı
a(f)	: Spektral genlik
C	: Karmaşıklık
d	: Derinlik
f	: Frekans
h	: Yüksek frekans
Hz	: Hertz
km	: Kilometre
l	: Alçak frekans
Lg	: Love dalgası
Log	: Logaritma
Log(As)	: S dalga genliğinin logaritması
M	: Magnitüd
M _L	: Yerel büyüklük
P	: P Dalgası
P _g	: Üs kabukta yayılan P dalgası
P _n	: Üst mantodan yansıyan P dalgası
S	: S Dalgası
sn	: Saniye
S _n	: Üst mantodan yansıyan S dalgası
Sr	: Spektral oran
s ² (t)	: Sinyallerin gücü
t	: Zaman
Z	: Düşey bileşen

Kısaltmalar

AFAD	: Afet ve Acil Yönetim Başkanlığı
AKCA	: Adıyaman-Gölbaşı deprem istasyonu
AZEY	: Adıyaman deprem istasyonu
CNG	: Diyarbakır-Çüngüş deprem istasyonu
DAF	: Doğu Anadolu Fayı
ELZG	: Elazığ deprem istasyonu
FRT	: Elazığ deprem istasyonu
GMT	: Greenwich Mean Time (Greenwich Ortalama Zamanı)
GS	: Güç Spektrumu
HASA	: Hatay-Hassa deprem istasyonu
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KA	: Karesel Ayrışım Analizi (Quadratic Discrimination Analysis)
KAH	: Adıyaman-Kahta deprem istasyonu
KAHM	: Kahramanmaraş deprem istasyonu

KAMA	:	Osmaniye-Kaman deprem istasyonu
KHMR	:	Kahramanmaraş-Hacıbek deprem istasyonu
KOVA	:	Elazığ-Kovancılar deprem istasyonu
KZFD	:	Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü
LAA	:	Lineer Ayrışım Analizi (Linear Discrimination Analysis)
MATLAB	:	Matrix Laboratory (Matris Laboratuvarı)
MAYA	:	Malatya deprem istasyonu
MDN	:	Elazığ-Maden deprem istasyonu
MTA	:	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
NAR	:	Kahramanmaraş-Pazarcık deprem istasyonu
NARI	:	Adıyaman-Kâhta deprem istasyonu
SDD	:	Sürelî Dalgacık Dönüşümü
RHAN	:	Hatay-Reyhanlı deprem istasyonu
TDVMS	:	Türkiye Deprem Veri Merkezi Sistemi



DOĞU ANADOLU FAYI VE ÇEVRESİNDE MEYDANA GELEN DOĞAL VE YAPAY SARSINTILARIN AYRIMI

ÖZET

Bu çalışmada, 01.01.2017-30.11.2019 tarihleri arasında meydana gelen ve Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı'na (AFAD) ait 16 adet zayıf yer hareketi istasyonu tarafından kaydedilen 1324 olaya ($1.0 \leq M_L \leq 3.0$) ait düşey bileşen kayıtları (sismogramları) kullanılarak, meydana gelen bu olayların doğal ve yapay kaynaklı olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, kaydedilen 1324 olay konum, derinlik, P ve S fazlarının genlik değişimleri, sismogramlarda yüzey dalgalarının gözlenmesi (R_g), oluş zamanı, P dalgası ilk hareket yönü yaklaşımları ile “ilk tahmin” yapılarak deprem veya patlatma olarak sınıflandırılmıştır. İlk sınıflandırılması yapılan olaylara ait sismogram üzerindeki P ve S fazlarının genlik değişimleri oranlandığı Genlik Oran yöntemi, sismogram üzerindeki alçak ve yüksek frekanslardaki enerji değişimlerinin analiz edildiği Karmaşıklık-Spektral Oran ($C-S_r$) yöntemi, sinyalin zaman bağımlı frekans değişimini analiz eden Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü ($KZFD$) ve Güç Spektrumu yöntemleri uygulanmıştır. Analizlerden sonra elde edilen sonuçlar ilk tahminlerle karşılaştırılarak kullanılan yöntemlerin başarı oranları hesaplanmıştır. Yöntemler içerisinde başarı sıralamasına bakıldığında, sırasıyla, Genlik Oran Karesel Ayrışım analizi, Genlik Oran Lineer Ayrışım analizi, Karmaşıklık Karesel Ayrışım analizi ve Karmaşıklık Lineer Ayrışım analizi şeklinde bir başarı sıralaması olduğu görülmüştür. Analizler sonrasında çalışma alanında meydana gelen 1324 olayın, 954 tanesinin deprem, 370 tanesinin ise patlatma olduğu anlaşılmış ve çalışma alanına ait 01.01.2017-30.11.2019 tarihlerini kapsayan deprem kataloglarının güncellenmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ayrımlaştırma Analizleri, Deprem, Doğu Anadolu Fayı, Patlatma.

DISCRIMINATION OF THE NATURAL AND ARTIFICIAL QUAKES OCCURED IN AND AROUND THE EASTERN ANATOLIAN FAULT

ABSTRACT

This study, it is aimed to discriminate between natural and artificial quakes by examining the vertical component of 16 weak ground motion stations belonging to the Disaster & Emergency Management Presidency (AFAD). For this purpose, events catalogs that include natural and artificial quakes occurred 2017-2020 have been used in the Eastern Anatolian Fault.

In the first step, 1324 events ($1.0 \leq M_L \leq 3.0$) recorded by 16 stations from the catalogues are classified by using simple separation methods which called 'first estimate' such as the location, distance, amplitude difference of phase, observation of surface waves (R_g), day and night difference and first motion. Later, the following methods were applied to the events were separated from nature and artificial with these methods. The first method applied is Amplitude Ratio (A_s/A_p), the distinction is made by proportioning the amplitude changes of the seismic wave phases of the signal. The second method is, the linear relationship of Complexity-Spectral Ratio ($C-S_r$) method. The Complexity is based on calculating the energy change between two split windows by dividing the signal into two windows. The third method is Spectral Ratio method that calculates the low and high-frequency changes and amplitude and frequency in these two split windows. The fourth method is STFT (Short-Time Fourier Transform) which is used to observe changes in the frequency content and frequency of the signal. The fifth and the last method is the Power Spectrum. The most successful analysis for the whole method is the QDA applied to the Amplitude Ratio method. The results obtained as a result of these five methods were compared with the results determined by 'first determination' and the success of the methods was discussed. According to the results, 954 of the 1324 events were earthquakes and 370 were blasts.

Keywords: Discrimination Analysis, Earthquake, East Anatolian Fault, Blast.

GİRİŞ

Maden ve taş ocağı gibi birçok endüstriyel çalışma alanlarında açık ocak işletmelerinde, galerilerde kaya ya da toprak yapıyı ayırma işlemi için patlatma yöntemi kullanılmaktadır. Özellikle taş ocaklarındaki üretim inşaat sektöründe kullanıldığından her şehir yerleşim yeri ya da çevresinde taş ocağı bulunmaktadır. Patlatma yöntemi sonucu açığa çıkan kısa zamanlı büyük enerji sismik dalga yayılımına benzer özelliklerle yer içerisinde yayılır. Yapay sarsıntıların büyüklükleri çoğunlukla $M_L \leq 3.0$ ' dir ve aynı büyüklükteki doğal olaylarla karıştırılabilir.

Türkiye depremsel oluşumu açısından aktif bir ülke olduğu gibi zengin maden sahaları, barajlar, tünel çalışmaları vb. endüstriyel alanlarda da oldukça aktif bir ülkedir. Kurumsal ya da özel şirketlere ait sismik kayıtçılar Türkiye'nin her bölgesinden günlük ve sürekli olarak kayıtları işlemektedir. Bu kayıtlar, kataloglar halinde veri tabanlarında saklanır ve araştırmacılar tarafından kullanılır. Yapay kaynaklı sarsıntılar katalogların oluşturulmasında depremlerle benzer özelliklerde olması nedeniyle basit şekilde ayrılmaz ve kataloglarda hatalı kayıtlar oluşturulmasına neden olur. Bu katalogların kullanımı bir bölgenin sismik aktivitesinin olduğundan daha farklı tanımlanmasına ve bu bölgede yapılan deprem istatistiğine dönük çalışmaların hata payını artırmaktadır. Bu yüzden ayırma yöntemleri ile düzenlenmesi oldukça önem taşımaktadır.

Doğal ve yapay sarsıntıya ait sinyal kaydının birbirine benzer özellikler göstermesi bu olayların ayırma yönteminin zorlaştırmaktadır. Ve ilk tahmin adını verdiğimiz sadece gözlemlere dayalı ayırma yönteminin güvenilirliği oldukça düşük kalmaktadır. Bu nedenle doğal ve yapay sarsıntıların ayırma yönteminde literatüre birçok yöntemle analiz girilmiştir.

Nükleer çalışmaların yapıldığı Kazakistan'da izlenen olayların zaman-frekans ortamında incelenmesi Hedlin ve diğ. (1989) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmadan yaklaşık bir sene sonra koda dalgası azalımı ve sinyal içeriği kullanılarak

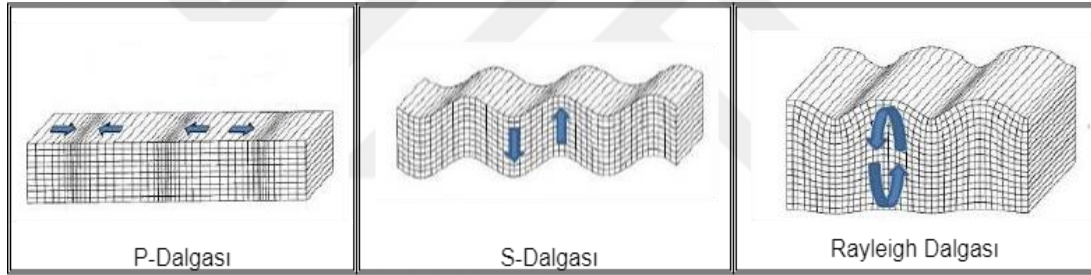
ayırma Hedlin ve diğ. (1990)'da gerçekleştirilmiştir. Koda dalgası azalımı üzerine Su ve diğ. (1991) ayırım çalışması yapmıştır. Aki (1994)'te Koda Qc yöntemi kullanarak bölgesel mesafede deprem patlatma ayırımı üzerine ve 1995'te yeraltı patlatmaları ve depremlerin ayırma sırasında Koda dalgası azalımını kullanarak çalışmalar yapmıştır. Norveç'te yapılan bir çalışmada ise Pn/Sn, Pn/Lg ve ayrıca bunların spektral oranları ile ayırma yapılmıştır (Baumgardt ve Young, 1990). Deprem-patlatma ayırımın da Rg fazının kullanılabileceğini yapmış olduğu çalışmada (Kafka,1990) göstermiştir. Douglas ve diğ. (1988) maden ocaklarında kaydedilen sarsıntılar üzerinde Pn, Pg, Sn ve Lg dalgalarını kullanarak patlatmalardaki gecikmeleri tespit etmek için spektral analiz yöntemini kullandı. Genlik oran yöntemini Vogtland bölgesinde Wüster (1993) kimyasal patlatmaların kayıtlarından depremleri ayırt etmekte kullanmıştır. Ursino ve diğ. (2001) yılında Güney Sicilya da POSEIDON projesi çerçevesinde kurulan sismik ağ ile 1994-1998 yılları arasındaki kayıtlar inceleyerek sismik aktivitenin Augusta ve Syracuse arasındaki petrokimya tesislerinin bulunduğu bölgede yoğunlaştığını sismik riskin arttığını tespit etmiş ve bununla birlikte belirli istasyonların dalga formlarını incelemiş ve spektral analiz ile ayırt etmiştir. Ursino ve diğ. (2001) çalışmasında yapay sinir ağı'nın çeşitli veri setlerine uygulayarak yaklaşık %95'lik güven sağlayan çalışmasını sunmuştur. Kiszely (2001)'de Macaristan'da yaptığı çalışmada deprem ve taş ocağı patlatmalarını Koda dalgası yöntemi kullanarak Qc'nin doğal olaylar için 6-10 Hz aralığında taş ocağı patlatmalarına göre daha yüksek sonuç verdiğini göstermiştir. Koch (2002), Orta Avrupa'da S-dalgası spektral varyans tahminlerine dayanan yerel ve bölgesel olayları yaptığı çalışmayla tanımlamıştır. Yavuz ve diğ. (2019)'da Armutlu yarımadasında yapmış olduğu çalışmada Genlik oran ($A_s/A_p - \log(A_s)$), Karmaşıklık-Spektral oran (C-Sr), Koda dalgası azalımı (Qc) ve Güç spektrumu yöntemlerini kullanarak ayırma çalışması yapmıştır. Manisa ili civarında sismik olayları inceleyerek doğal-yapay kaynaklı olayların ayırt edilmesi için Ceydilek ve Horasan (2019) bir çalışmada bulunmuştur. P ve S dalgalarının baskın genliklerinden yararlanılarak makine öğrenme yöntemi olan destek vektör makineleri ile ayırma çalışmasını Sangkyeum ve diğ. (2020) yapmıştır. Sertçelik ve diğ. (2020) Doğu Marmara bölgesindeki sismik olayların kaynak türünü belirlemek için Genlik oran, Karmaşıklık ve Sürekli Dalgacık Dönüşümü (SDD) yöntemleri ile bir çalışma yapmıştır.

Bu çalışma AFAD UDAP-Ç-19-13 nolu proje kapsamında hazırlanmıştır ve AFAD tarafından işletilmekte olan zayıf yer hareketi istasyonlarının düşey bileşen (Z) verileri kullanılarak DAF çevresinde 16 adet kayıtçı için istasyon bazlı doğal ve yapay kaynaklı sarsıntıların farklı yöntemler ile ayırmaştırılması amaçlanmıştır. Kullanılan istasyon ve olayların dağılımı Şekil 2.1'de gösterilmektedir. Çalışmada dört ayrı yöntem, iki sınıflandırıcı kullanarak ayırmaştırmanın önemini, birden fazla yöntem kullanmanın daha doğru ve güvenilir sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Doğu Anadolu bölgesinde geniş bir alana etkileyen ve bölgenin tektonik yapısı açısından oldukça önemli ve aktif bir fay düzlemi olan Doğu Anadolu Fayı'nın (DAF) çevresinde istasyonların kayıt ettiği olaylara sırası ile Genlik Oran, Karmaşıklık, Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü ve Güç Spektrumu uygulanmıştır. Genlik Oran ile Karmaşıklık yöntemleri için de Lineer ve Karesel Ayırmaştırma analizleri uygulanarak sınıflandırma yapılmıştır. Büyüklükleri $1.0 \leq M_L \leq 3.0$ aralığında olan olayların geçmişten günümüze katalogları taranarak güncellenmesi ve gelecek çalışmalara güvenilir kaynak sunması amaçlanmıştır. DAF civarındaki 16 adet istasyonun kayıt ettiği olayların ayırmaştırılması ile kataloglardaki deprem sayılarının ne kadar değişeceğinin ortaya çıkarılması, Aktif fayların sismik tehlikelerini belirlemede önemli bir fikir verecek ve özellikle olasılıksal sismik tehlike analizlerinde kullanılan deprem kataloglarında deprem-patlatma ayırımının ne kadar önem taşıdığını gösterecektir.

1. ELASTİK CİSİM VE YÜZEY DALGALARI

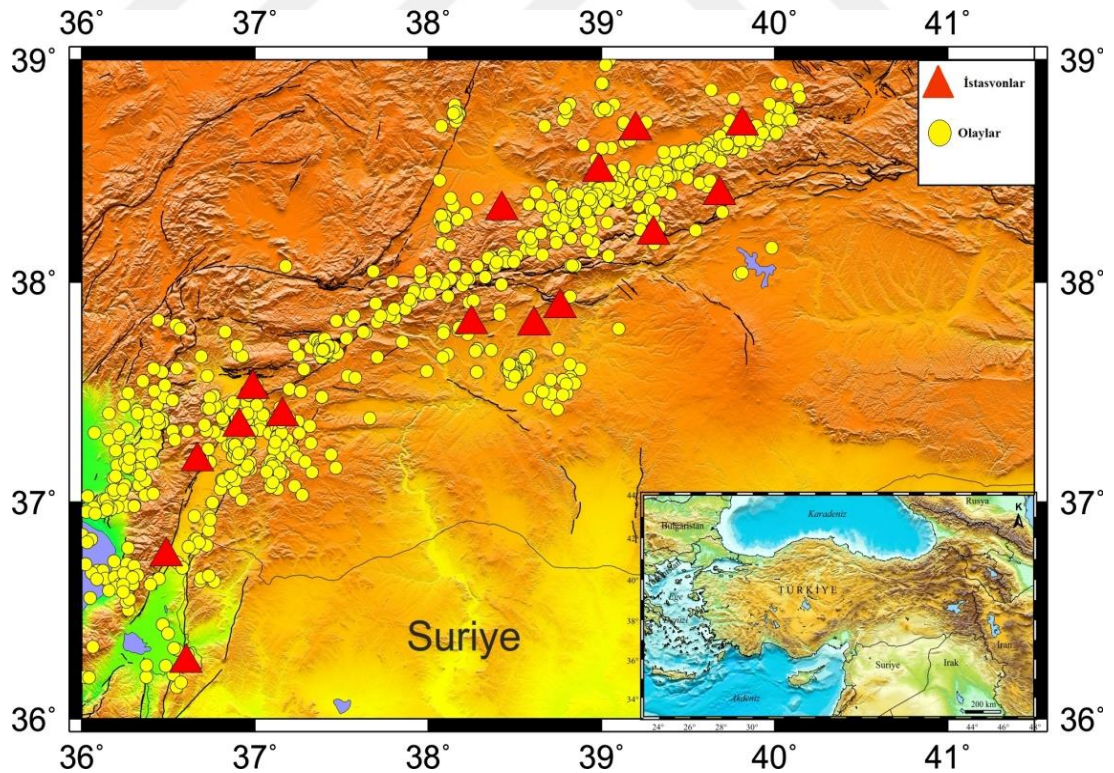
Yer kabuğundaki gerilmelerin sonucu biriken enerji, fay hareketleri ile (yanal, düşey, çapraz atımlı) boşalmakta ve bu enerji boşalımı da deprem olarak isimlendirilmektedir. Kendi aralarında sınıflandırmak gerekirse tektonik, çöküntü ve volkanik olmak üzere 3 çeşit deprem vardır. Depremlerde elastik cisim ve elastik yüzey dalgaları adını verdiğimiz dalgalar oluşmaktadır. Elastik cisim dalgalarından olan P dalgası yeryüzündeki istasyonlara ilk gelen dalgadır. Yine elastik cisim dalgası olan S dalgası ise istasyonlara ulaşan ikinci dalgadır. Elastik cisim ve yüzey dalgaları olan Rayleigh türü dalgalara ait tanecik hareketleri Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Sismik dalgalar

2. DOĞU ANADOLU FAYI VE CİVARININ JEOLojİSİ

Çalışma alanı, Afrika, Arap ve Avrasya levhalarının birbirine göre olan etkileşimleri sonucunda oluşmuştur. Kuzeye doğru ilerleyen Afrika ve Arap levhalarının birbirine göre olan hız farklılıklarından dolayı iki levha arasında belirgin bir sınır oluşmuştur. Bu belirgin sınır, Kızıldeniz'den Türkiye'ye kadar Ölü Deniz Fayı adını alırken, ülkemize girdikten sonra ise Doğu Anadolu Fayı (DAF) ismini almaktadır. Türkiye'nin en aktif fay sistemlerinden biri olan DAF, kuzeyde Karlıova üçlü ekleminden başlayıp güneyde Antakya-Kırıkhan'a kadar uzanan yaklaşık 560 km uzunluğuna sahip bir sistemdir. Sıkıştırma kuvveti etkisiyle oluşan bu fay zone Türkiye'nin en önemli ikinci büyük fay yapısıdır. Allen (1969) tarafından fay sisteminin varlığı işaret edilmiştir. Türkiye sismo-tektonik haritasında (Ketin, 1968) gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Doğu Anadolu Fayı (DAF) ve çevresinde meydana gelen çalışmada kullanılan olayların dağılım haritası.

Doğu Anadolu bölgesinin jeolojik gelişimi için Şaroğlu ve Güner (1981) dört dönemden söz etmiştir. Birinci dönemde; bölgedeki en yaşlı birimler metamorfittlerdir. Ana kaya türleri gnays, mikaşist, granit, metavolkanitler ve mermerler olmak üzere Paleozoik (I) dönemine aittir (Perinçek, 1980). Ofiyolit melanj oluşumu ikinci dönemdedir. Tektonik yakınlaşmanın sonucu metamorfittlerin üstünde bulunur. Kaya içeriği bazik ve ultrabazik olan kumtaşı, kireçtaşı, tuf ve kireç taşı lokları oluşmuştur. Doğu Anadolunun genelinde bulunan bu birim Üst Kretase yaşadadır. Yeni Tetis denizinin üst kolunun parçasıdır (Şengör, 1980). Üçüncü dönem için denizel ve düzenli bir çökeltme alanı belirleyen, volkanizmanın aktif olmadığı kaya türlerinden oluşması bu dönemin özelliği olarak bilinir. Bu kayalar altta fliş ve üste doğru resifel kireçtaşlarından oluşur. Eosen-Alt Miyosen yaşadadır (Şaroğlu ve Güner 1981). Günümüze kadar devam eden bu dönemin en önemli jeolojik faaliyetleri karasal çökeller, volkanizma ve aktif tektonimasıdır (Yılmaz ve diğ., 1981). Birim içinde stratigrafik boşluklar bulunur. Bu oluşumların sonucu olarak Doğu Anadolu Bölgesi K-G yönünde sıkışmakta ve kabuk yapısı kalınlaşmaktadır (Şengör ve Kidd, 1979).

Doğu Anadolu Bölgesi sıkışma kuvvetleri sonucu oluşması fay sisteminin K-G yönünde ilerlemesini neden olmuş ve neotektonik boyunca D-B doğrultulu senklinallerle oluşan havzalar ve antiklinallerle oluşan sırtlar gelişmiştir. K-G doğrultulu açılma çatlakları doğrultu atımlı faylar arasında havzalar oluşturmuştur. Kıtasal kabuktaki değişimlerle bölgenin genç volkanizması da değişikliklere uğramıştır. Doğu Anadolu'da çökeller ve bu çökellerle aynı yaşa sahip volkanitler geniş bir alanda bulunmaktadır. Volkanik sedimentler; kumtaşı, miltaşı, marn, killi kireçtaşı, tuf, aglomera, bazalt, andezit, riyolit ve karasal ortam çökelleri; Üst miyosen-Kıvaterner tektonik olarak etkindir.

3. DOĞAL VE YAPAY SARSINTILARIN AYRIMINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Doğal ve yapay olayların kaynak türünü belirlemede geçmişten günümüze birçok yöntem kullanılmıştır. Tamamen gözleme dayalı basit ayırım yöntemleri, sinyalin ilk okunmasında gözlemsel olarak karar verilen konum bilgisi, oluş zamanı, derinliği, P ve S dalga genlik farkı, P dalgası ilk hareket yönü, Rg dalgasının gözlenmesi gibi belirleyici bazı özelliklere bakılarak yapılan sınıflandırma şeklindedir. Basit ayırım yöntemlerinin güvenilirliği oldukça düşüktür. Bu yüzden daha başarılı sonuçlar veren analiz yöntemleri ile sınıflandırma sonucunun doğruluğu güçlendirilir. Çalışmada da kullanılan doğal ve yapay olaylar için kaynak türü belirlemeye uygun analiz yöntemleri Genlik Oran, Karmaşıklık, Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü ve Güç Spektrumu yöntemlerini bir arada kullanmak çok daha başarılı sonuç alınmasını sağlar.

3.1. Gözleme Dayalı Yöntemler

Doğal ya da yapay kaynaklı olayların ayırımı yapılırken ilk adım olarak sinyalin gözlemsel özelliklerinden yararlanılır.

3.1.1. Konum bilgisi

Bir olayın konumu kaynak türü belirlemede önemlidir. Olayın karada mı denizde mi meydana geldiği, aktif faya yakınlığı, taş ocağı, maden ocağı vb. işletmelere yakınlığı olayın deprem ya da patlama olma ihtimaline karar vermeyi kolaylaştırır. Patlatma karada olduğu gibi su altı çalışmalarında da gerçekleştirilebildiğini Gitterman ve Shapira (1993) gösterilmiştir. Deprem kataloglarında su altında oluşan yapay kaynaklı sarsıntı kaydına ulaşmak zordur. Düşük enerjili, istasyon sayısının yetersiz ve P-S faz okumalarının hatalı yapıldığı olayların konumlarının su altı olayı olduğu gözlenmiştir. Karaya yakın olaylarda konum hatası olması olası iken uzak olan olaylarda hata kaynağının başka nedenleri olduğu belirtilmelidir.

3.1.2. Oluş zamanı

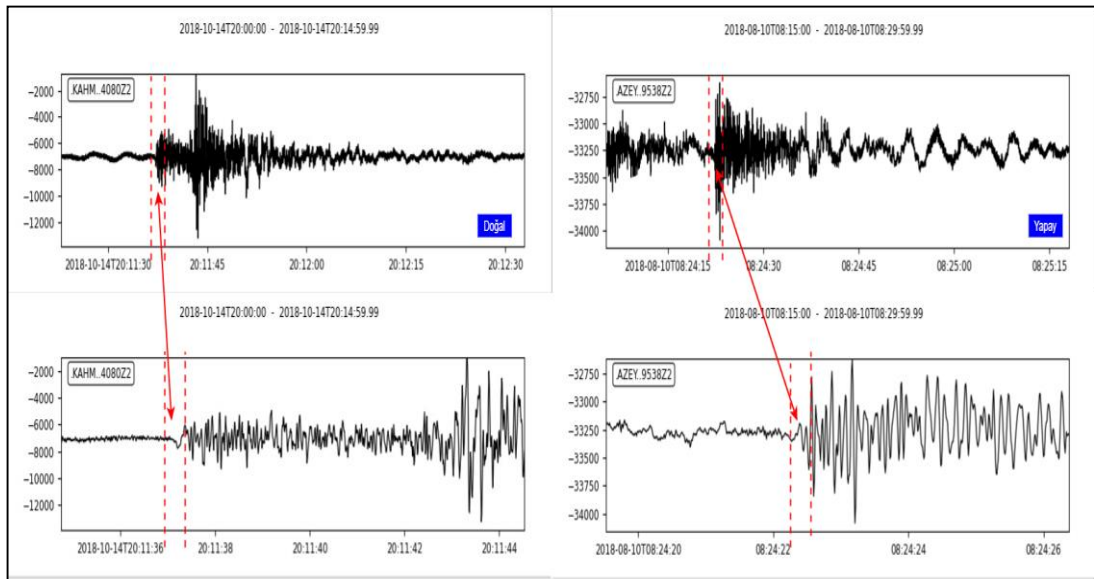
Taş ocağı gibi patlatma yöntemi kullanan işletmelerin çevreye verilebilecek olumsuz etkilerinden dolayı gündüz saatlerinde patlatma işlemini gerçekleştirmektedir. Bu tektonik kökenli olayların günün her saatinde meydana gelebileceği ve yapay olayların da gündüz saatlerinde gerçekleşmesi durumunu ortaya koymaktadır. Yerleşim alanlarından uzaktaki işletmeler için saat farkı gözetmeksizin patlatma işlemlerini gece saatlerinde de gerçekleştirebilmektedir.

3.1.3. Derinlik

Olayın derinliği doğal ve yapay sarsıntı ayrımı için yararlı bilgiler sağlar. Fakat derinliğin belirlenmesi olayı bir kaç istasyonun kaydetmesinden dolayı bazen belirsizdir. Taş ocağı patlatmaları yüzeyde ya da yüzeye yakın meydana gelir. Doğal olaylar için herhangi bir derinlik sınırı yoktur. Olayın derinlik bilgisi yapay ve doğal kaynaklı olayların ayırt edilmesinde dikkat edilen özelliklerdendir.

3.1.4. P dalgası ilk hareket yönü

İlk hareket yönü sinyalin başlangıcı için bilgi sağlar. P dalgasının ilk hareket yönü sıkışma (Yukarı) ve gerilme (Aşağı) hareketi göstermektedir. P enine ve S boyuna yayılan dalgalardır. P dalgasını düşey bileşende genliği belirgin olarak görünen fazdır. S dalgası ise düşey bileşende gözlenebilir.



Şekil 3.1. Doğal ve yapay olaylar için P dalgası ilk hareket yönü gösterimi.

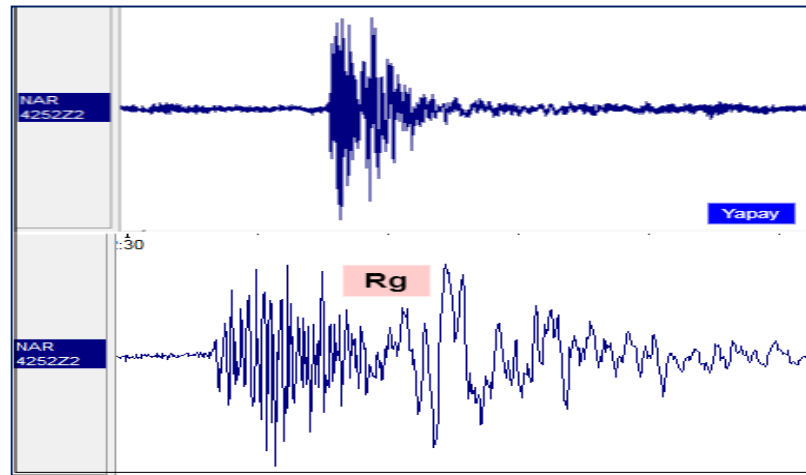
Şekil 3.1'de örnek olarak 14.10.2018 tarihli 20:11:29 (GMT) oluş zamanlı, büyüklüğü $M_L=2.3$ olan deprem (P dalgası ilk hareket yönü aşağı) ve 10.08.2018 tarihli 08:24:18 (GMT) oluş zamanlı, büyüklüğü $M_L=1.0$ olan yapay (P dalgası ilk hareket yönü yukarı) olayın zayıf yer hareketi istasyonlarının düşey bileşen sismogramında kaydedilen P dalgası ilk hareketin aşağı yönlü olduğu gösterilmiştir.

3.1.5. P ve S dalgası genlik farkı

Sismik dalgalar sinyalin frekansına ve mesafeye bağlı özelliklerini içeren P ve S dalgalarının genliklerinin kaynak türüne göre değişim gösterdiği gözlenmektedir. P dalgaları doğal olaylarda daha düşük genlikli S-dalgası ise baskın genliklidir. Yapay sarsıntılarda bu genlikler tam tersi şeklinde gözlenir ya da S-dalgası yapay olaylarda neredeyse hiç görülmez (Kim ve Diğ. 1994). Şekil 4.3'de doğal ve yapay olaylara ait P ve S dalgası genliklerinin farkları gösterilmektedir.

3.1.6. Rg dalgasının gözlenmesi

Cisim dalgalarından farklı olarak yüzeyde ilerleyebilen dalga türü olarak bilinen Rg fazının oluşabilmesi için tabakalı bir ortama ihtiyaç yoktur. Serbest yüzeylerde yayılır. Yapay kaynaklı olaylar yüzeye yakın ve yüzeyde gerçekleştiği için Rg fazı gözlenir.



Şekil 3.2. Yapay kaynaklı olay için Rg fazı örnek gösterimi.

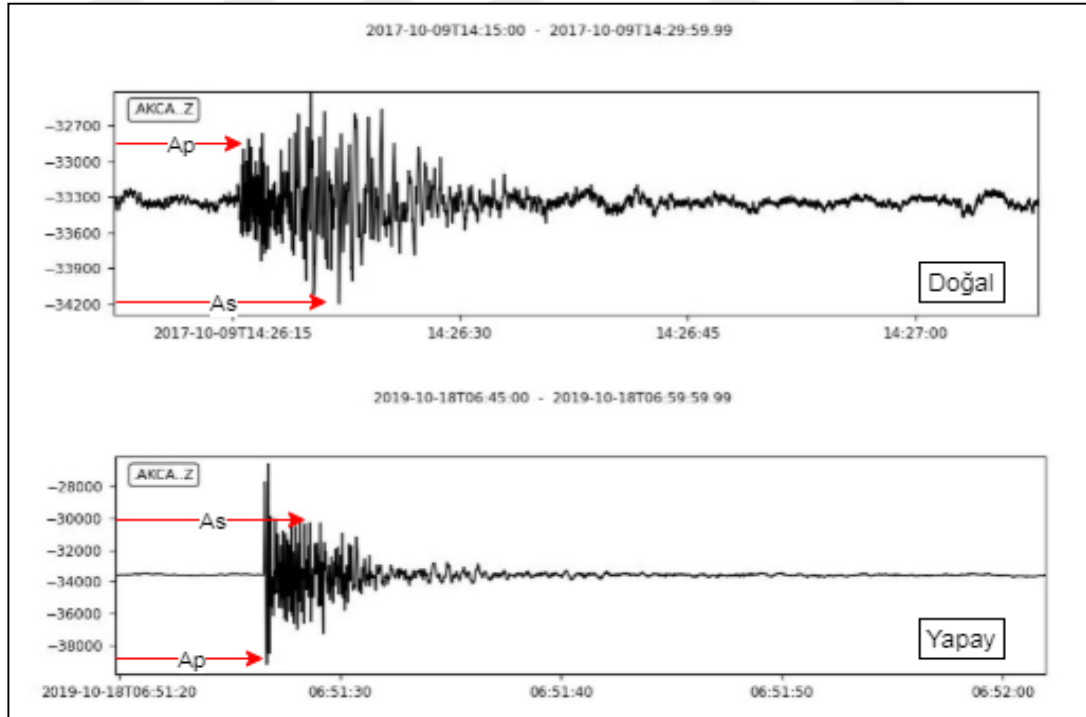
Kafka (1990) yapay sarsıntı kayıtlarında Rg fazının gözlemlendiğini yaptığı çalışmalarda göstermiştir. Rg fazı kaynak tipi hakkında bilgi almakta kullanılır ancak her yapay sarsıntıda Rg fazı gözlenmesi beklenmez. Şekil 4.2'de örnek 14.03.2019 tarihli

06:42:25 (GMT) oluş zamanlı, büyüklüğü $M_L=0.9$ olan yapay olayın zayıf yer hareketi sismogramının düşey bileşeninde kaydedilen Rg fazı gösterilmektedir.

3.2. Çalışmada Kullanılan Analitik Yöntemler

3.2.1. Genlik Oran

Sismolojide bir kaynaktan çıkan sismik dalgaların belirli bir zaman aralığındaki titreşimlerinin genlikleri bize sismik dalga fazlarını gösterir. Bunlar kaynak türüne göre farklılık gösterir. Bir deprem dalgasında baskın genlikli faz S dalgasıdır. Patlama kaynaklı yapay titreşimlerde baskın genlikli P dalgası gözlenir. Bu yöntemde bir sismik sinyal içeriğinde bulunan fazların genliklerinden yararlanarak hesaplama yapılır. Bir deprem dalgasında P ve S dalgalarının genlikleri maksimum seviyeye belirgin bir şekilde ulaşır. Bu iki fazın sinyal içerisinde ulaştıkları iki nokta olan P en yüksek genliği ve S en yüksek genliği birbirine oranlanır. Bunu yöntem içinde gösterecek olursak A_s/A_p olarak ifade edebiliriz, sonrasında ise S dalgasının logaritması ($LogA_s$) alınarak bu iki değer karşılaştırılır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Doğal ve yapay olayların düşey bileşen (Z) sismogramlarında en yüksek P dalgası (A_p) ve en yüksek S dalgası (A_s) genlikleri.

Deprem sinyalinde başlangıçta düşük genlikle bir P dalgası ve sonrasında yüksek genlikli bir S dalgası gözlenmesi beklenir. Bu iki fazın genlik farklarından yararlanarak uygulanan yöntem bize ayırım için yol göstermektedir. Sadece P ve S dalgası okuması yapılarak uygulandığından oldukça basit ve ayırım için en sık kullanılan yöntemdir.

3.2.2. Karmaşıklık

Karmaşıklık yöntemi sinyali iki pencereye ayırarak her bir pencere için güçlerin hesaplanması işlemidir. Pencere seçimi için P dalgası varış (t_0) ve S dalgası başlangıç zamanı (t_1) olarak seçilmiştir. Daha sonra t_2 için P ve S arasındaki süre S varış zamanına eklenerek hesaplanmıştır ($t_2 = t_1 + (t_1 - t_0)$). Burada $s^2(t)$ sinyal içeriğini t 'ler ise pencere sınırlarını temsil eder. Elde edilen sonuç Karmaşıklık (Complexity) olarak adlandırılır ve denklem 4.1'deki gibidir. Daha sonra ise düşük ve yüksek frekanslı spektrumların incelenmesi için Spektral Oran hesaplanır. İki ayrı frekans bandında sinyalin tamamı filtrelenerek $a(f)$ hesaplanır, denklem 4.2 gösterilmektedir. Karmaşıklık ve spektral oran arasındaki doğrusal ilişki (C-SR) kullanılır.

$$C = \int_{t_1}^{t_2} s^2(t) dt / \int_{t_0}^{t_1} s^2(t) dt \quad (4.1)$$

$$Sr = \int_{h_1}^{h_2} a(f) df / \int_{l_1}^{l_2} a(f) df \quad (4.2)$$

Denklem 4.1'de verilen t 'ler pencere sınırlarını $s^2(t)$ ise sinyal içeriğini belirlenmektedir. Denklem 4.2'de h yüksek frekans bandını, l de düşük frekans bandını temsil eder ve burada $a(f)$ spektral genliği ifade etmektedir (Arai ve Yosida, 2004; Gitterman ve Shapira,1993). Alçak ve yüksek frekans bandları sırası ile 1, 5, 5, 10 Hz olarak belirlenmiştir.

3.2.3. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD)

Fourier dönüşümleri zamana bağlı fonksiyonların frekans temelinde de incelenebildiğini göstererek farklı bir bakış açısı oluşturmuştur. KZFD bir zaman-frekans aralık yöntemidir. Sürekli bir fonksiyona uygulandığında bir zaman penceresi kullanmak anlık frekanstaki genlik değişimini bulmakta kullanılır. Doğal

ve yapay sarsıntılarının oluşturduğu sismik dalgaların frekansları ve genlikleri birbirinden farklıdır. Fazlardaki bu farkı dönüşümler kullanılarak zaman ortamındaki sinyalin frekans ortamında genlik değişimini incelenebilmektedir. Kısa zamanlı fourier dönüşümünde zaman-frekans ortamındaki sinyalin incelenmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. Genliğin yoğun olduğu yerlerde frekans da sıklıklar gözlenir. Genlik farkları doğal ve yapay olaylar arasında ayırma için kullanılan önemli farklılıklardır ve KZFD yönteminde de bu farktan yararlanılır.

$$KZFD(\tau, f) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)g(t - \tau)e^{-i\omega t} dt \quad (4.4)$$

Zaman ortamındaki veriyi $f(t)$, pencere fonksiyonunu ise $g(t)$ denklem 4.4'deki gibi temsil etmektedir (Gabor 1996). Doğal olayların uzun zaman penceresinde farklı frekanslarda olması ve yapay olaylarda bu aralığın daha kısa olduğunu Yılmaz ve diğ.(2013) ve Yavuz ve diğ., (2019b) göstermektedir.

3.2.4. Güç Spektrumu (GS)

Zaman ortamındaki verinin frekans ortamına taşınarak frekansındaki güç değişimlerinin incelenmesi Güç Spektrumu yöntemi ile yapılabilmektedir. Deprem ya da patlatma sinyalinin enerjisi belirli bir zaman aralığında yoğunlaştığından ve toplam enerjinin sınırlı olması güç spektrumu incelememize yardımcı olur. Genlik olarak gösterilebilen her sinyal zamana bağlı olarak değişir ve buna uygun bir spektrum vardır. Güç spektrumu sinyalin enerjisinin frekansla nasıl dağılım gösterdiğini açıklamaktadır. Sinyalin başlangıcından sonuna kadar her bir genliğin karesi alınarak denklem 4.5 uygulanan yöntemde genliğin azaldığı noktadan itibaren bize enerjinin düşüşünü göstermektedir. Deprem ve patlatma sinyallerinin enerjileri birbirinden farklıdır ve güç spektrumu ile frekansa bağlı enerji değişimlerini gözlemlemek ayırma için izlenecek bir yol olabilmektedir. Deprem sinyallerinin enerjisi yüksek frekanslarda düşüş gösterirken patlatmaya ait sinyallerde bu düşüş ani ve düzensiz bir frekans-enerji dağılımı olarak karşımıza çıkarmaktadır (Su ve diğ. 1991).

$$GS = \int_{-\infty}^{+\infty} |X(f)|^2 df \quad (4.5)$$

3.2.5. İstatistiksel Yaklaşım

Ayrıştırma analizi, sınıflandırıcılar oluşturmanın bir yoludur. Fisher (1936) tarafından ortaya koyulduğu şekliyle bir ayrıştırma analizi yapmanın nedeni bir nesneyi iyi tanımlanmış iki gruptan birine sınıflandırmak için bir yöntem sağlamaktır. Amaç, iki gruba bağlı olarak değişkenlere dayalı türü belirlemek için bir sınıflandırma elde etmektir. Yer bilimlerinde değişen bölgeleri ayırmakta kullanılır.

Lineer ayrışım analizi özneliklerin bir doğrusal birleşimini bularak veriyi sınıflandırma ve ayırmaya yarayan yöntemdir. Tahmindeki aşırı uyumu en aza indirerek uyumun önlenmesinde yararlıdır. Lineer ayrışım analizinde tüm gruplara eşit kovaryans matrisi sağlar. Yani sınıf başına bir kovaryans matrisi yerine, tüm sınıflar aynı kovaryans matrisine sahiptir. Eşit kovaryans varsayımı olmadan olasılıktaki ikinci dereceden terimler birbirini götürmez bu nedenle ortaya çıkan ayırım işlemi ikinci dereceden bir fonksiyondur ve Karesel Ayrışım Analizi olarak adlandırılır. Karesel (KAA) ve Lineer (LAA) Ayrışım Analizine göre daha esnek karar sınırları barındırır da tahmin edilmesi gereken parametrelerin sayısı LAA'dan daha hızlı artar. LAA doğrusal artarken KAA ikinci dereceden artar. En iyi yol her ikisini birlikte kullanmaktır. Sınıflar arası maksimum artıma sahip olduğu ve her sınıfın kendi içinde minimum varyansa sahip olduğu bir yön bulunur.

$$F_{LAA} = K + L(1) * x + L(2) * y \quad (4.6)$$

$$F_{KAA} = K1 + [x \ y] * L1 + \sum\{([x \ y] * Q1) * [x \ y]\} \quad (4.7)$$

Bu denklemlerde K sınır denkleminin sabit terimi L lineer, Q ise karesel katsayıları temsil etmektedir.

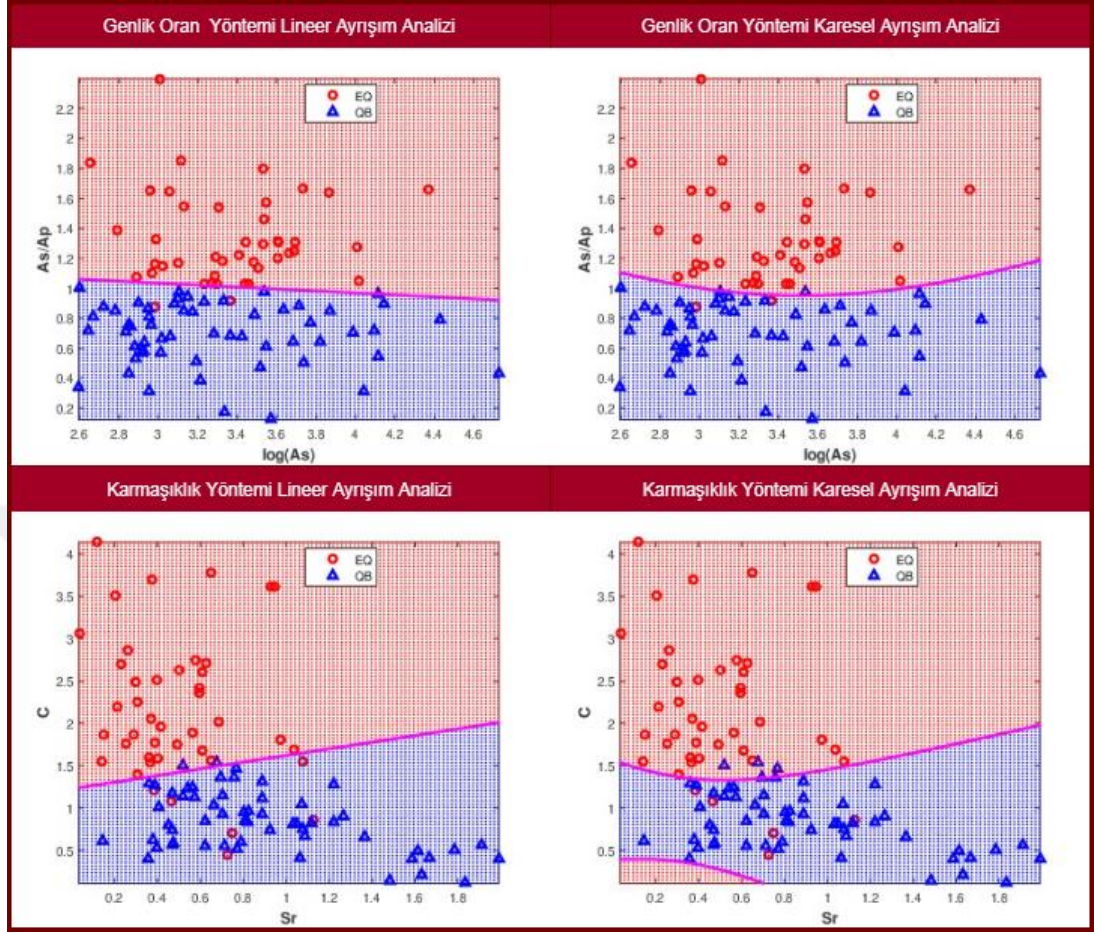
4. DOĞU ANADOLU FAYI ÇEVRESİNDE MEYDANA GELEN SİSMİK OLAYLARIN İSTASYON BAZLI ANALİZİ

DAF'ın çevresinde AFAD'ın işletmekte olduğu 16 adet istasyon, 1324 olay için ayırmaştırma analizi uygulanmıştır. Tablo 4.1'de gösterilmekte olan her bir istasyonun ayırmaştırma analizi için kullanılan yöntem sonuçları grafik ve tablolarla açıklanmıştır. Çalışmada kullanılan olayların dağılımı ise Şekil 2.1'deki haritada gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Çalışmada kullanılan istasyon listesi.

İstasyon Adı	Enlem (K°)	Boylam (E°)	İl	İlçe	Köy
AKCA	37.7942	37.6882	Adıyaman	Gölbaşı	Akçakaya
AZEY	37.8105	38.2491	Adıyaman	Merkez	İndere(Zey)
CNG	38.2145	39.2995	Diyarbakır	Çüngüş	—
ELZG	38.4970	38.9849	Elazığ	Merkez	Hankendi
FRT	38.6840	39.1976	Elazığ	Merkez	—
HASA	36.7502	36.4871	Hatay	Hassa	Hacılar
KAH	37.8053	38.6101	Adıyaman	Kâhta	—
KAHM	37.5167	36.9870	Kahramanmaraş	Merkez	KSÜ-Karacasu
KAMA	37.1861	36.6677	Osmaniye	Bahçe	Kaman Köyü
KHMR	37.3439	36.9080	Kahramanmaraş	Türkoğlu	Hacıbebek
KOVA	38.7057	39.8126	Elazığ	Kovancılar	Tepebağ
MAYA	38.3253	38.4253	Malatya	Merkez	—
MDN	38.3931	39.6821	Elazığ	Maden	—
NAR	37.3919	37.1574	Kahramanmaraş	Pazarcık	Narlı
NARI	37.8840	38.7612	Adıyaman	Kâhta	Narince
RHAN	36.2594	36.6022	Hatay	Reyhanlı	—

4.1. AKCA İstasyonu

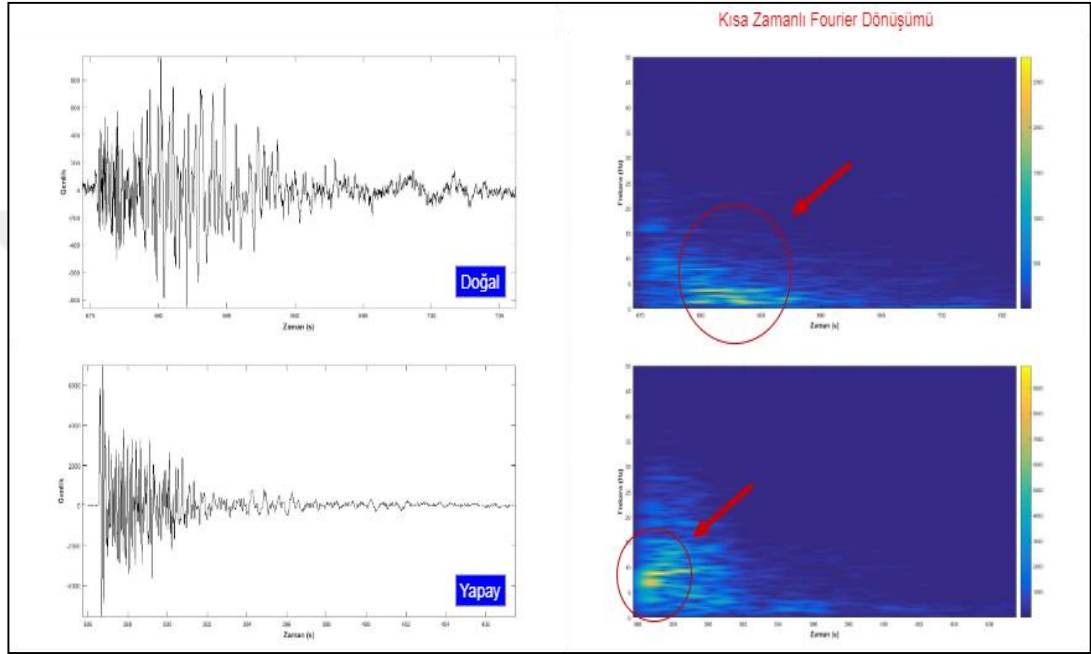


Şekil 4.1. AKCA istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Linear - Karesel ayırışım analizi grafikleri (EQ=Deprem, QB=Patlatma).

Tablo 4.2. AKCA istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.

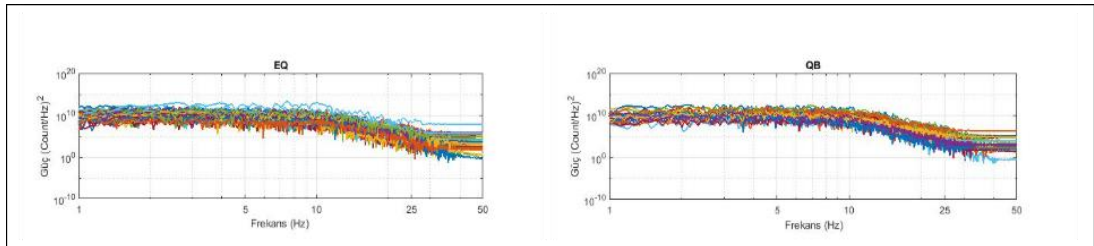
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	43	57	-	-	-
Genlik Oranı	LAA	41	56	2	1	97,00
	KAA	41	56	2	1	97,00
Karmaşıklık	LAA	37	55	6	2	92,00
	KAA	38	53	5	4	91,00
KZFD	-	43	29	0	28	72,00
GS	-	43	25	0	32	68,00
Sonuç		45	55	-	-	-
GO	$F_{LAA} = -12.1606 + [0.6474 \quad 9.8788] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA} = (-26.8781) + [13.3146 \quad -2.8458] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix} + [\log A_s \quad A_s/A_p] * \begin{bmatrix} -1.9375 & 0.1710 \\ 0.1710 & 6.1709 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
K	$F_{LAA} = -3.9496 + [-1.2701 \quad 3.2227] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA} = (2.7064) + [-0.3097 \quad -8.7559] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix} + [Sr \quad C] * \begin{bmatrix} -3.7029 & 1.5595 \\ 1.5595 & 4.4947 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					

AKCA istasyonu için elde edilen sonuç grafiklerinde Genlik Oran yönteminin Linear ve Karesel Ayrışım analiz sonuçları %97'lik başarı oranı ile en başarılı yöntem olarak sonuç verdiği, Güç spektrumu (Şekil 4.3) yönteminin ise %68'lik başarı oranı ile en düşük sonuç verdiği Tablo 4.2 olduğu gibi gözlenmiştir. İlk tahminde seçilen 100 adet veri 43 doğal ve 57 yapay olay olarak sınıflandırılırken, analizler sonucu 3 yapay olayın doğal olay olarak düzenlendiği gösterilmiştir.



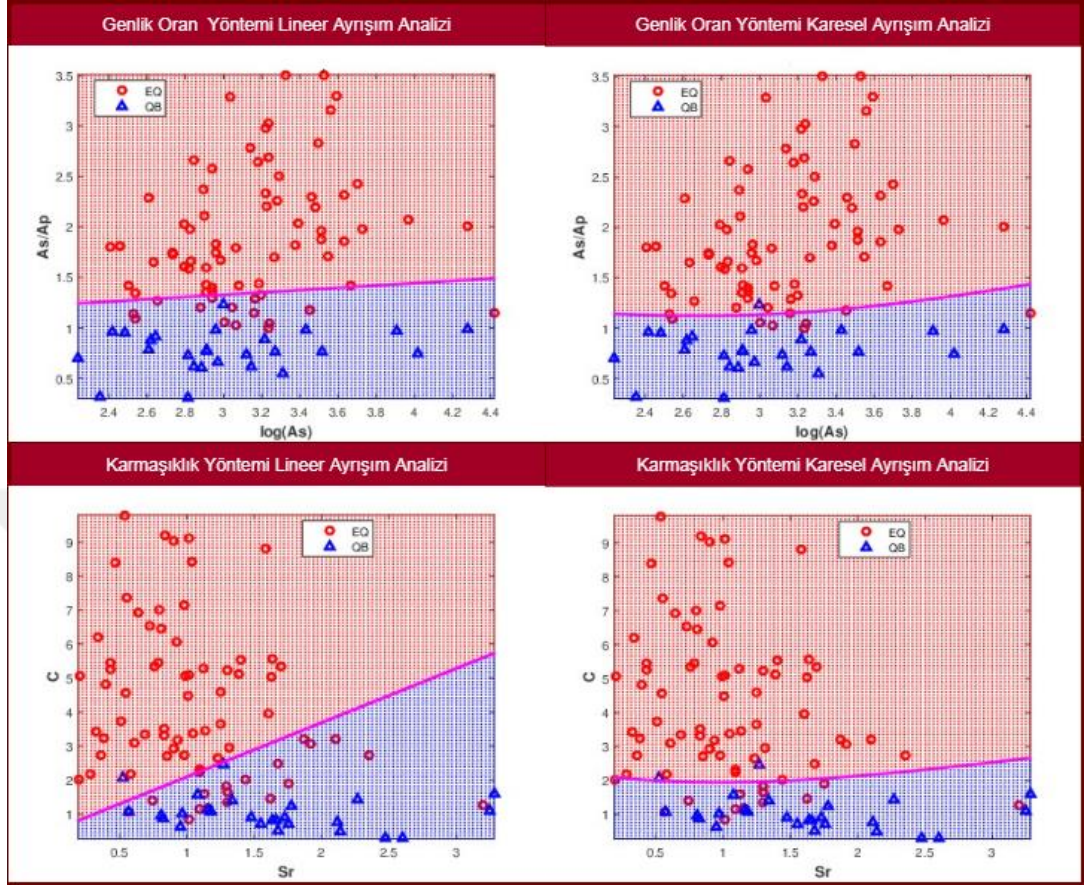
Şekil 4.2. AKCA istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.

Şekil 4.2'te AKCA istasyonu için örnek olarak üstte 09.10.2017 14:26:12 (GMT) tarihli, büyüklüğü $M_L=1.2$ olan doğal olaya ve altta 18.10.2019 06:51:24 (GMT) tarihli, büyüklüğü $M_L=1.5$ yapay olaya ait düşey bileşen sismogramlarına KZFD uygulanmış zaman-frekans ortamı görüntüsü verilmektedir. Yöntemin başarı oranı Tablo 4.2 de gösterildiği gibi AKCA istasyonu için %72'dir.



Şekil 4.3. AKCA istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu.

4.2. AZEY İstasyonu

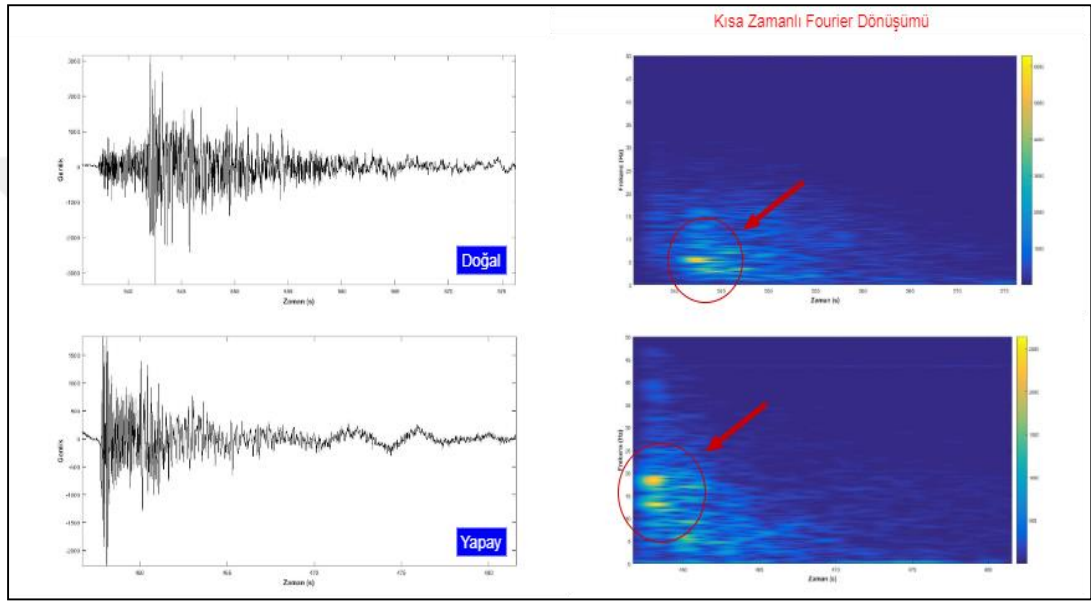


Şekil 4.4. AZEY istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayırışım analizi grafikleri. (EQ=Deprem, QB=Patlatma).

Tablo 4.3. AZEY istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.

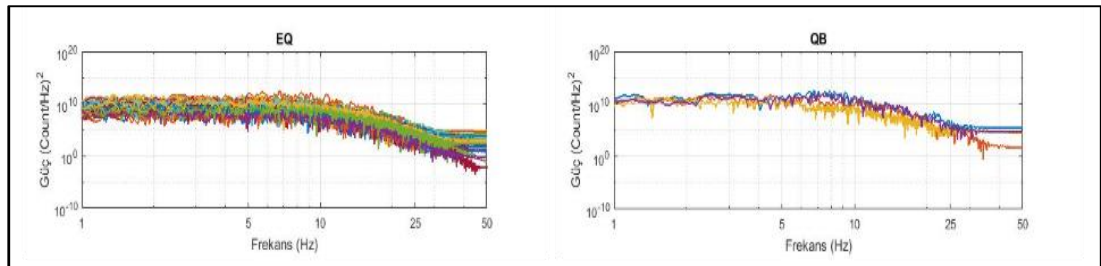
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	74	26	-	-	-
Genlik Oranı	LAA	74	10	0	16	84,00
	KAA	73	17	1	9	90,00
Karmaşıklık	LAA	73	8	1	18	91,00
	KAA	72	13	2	13	95,00
KZFD	-	63	24	11	2	87,00
GS	-	52	24	22	0	76,00
Sonuç		70	30	-	-	-
GO	$F_{LAA} = -12.1606 + [0.6474 \quad 9.8788] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA} = (-26.8781) + [13.3146 \quad -2.8458] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix} + [\log A_s \quad A_s/A_p] * \begin{bmatrix} -1.9375 & 0.1710 \\ 0.1710 & 6.1709 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
K	$F_{LAA} = -3.9496 + [-1.2701 \quad 3.2227] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA} = (2.7064) + [-0.3097 \quad -8.7559] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix} + [Sr \quad C] * \begin{bmatrix} -3.7029 & 1.5595 \\ 1.5595 & 4.4947 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					

AZEY istasyonu için elde edilen sonuç grafikleri Karmaşıklık yöntemi karesel ayrışım analizi %95'lik başarı oranı ile en başarılı sonucu verdiği, Lineer ve karesel ayrışım analizi başarı oranlarına bakıldığında en düşük oran %84 ile Genlik Oran yöntemi LAA olduğu gösterilmektedir. 74 doğal ve 26 yapay olarak seçilen 100 veri için tüm yöntem uygulamaları sonucu ilk tahminde doğal olarak sınıflandırılan 4 olayın yapay kaynaklı olarak düzenlendiği görülmektedir. GS yöntemi (Şekil 4.6) başarı oranı %76'dır ve güvenilirliği en düşük yöntemdir.



Şekil 4.5. AZEY istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.

Şekil 4.5'te AZEY istasyonu için örnek olarak üstte 30.10.2019 12:23:50 (GMT) tarihli, büyüklüğü $M_L=2.0$ olan doğal olayı ile altta 03.01.2019 11:37:34 (GMT) tarihli, büyüklüğü $M_L=1.1$ olan yapay olayına ait düşey bileşen sismogramlarına uygulanan KZFD gösterilmektedir. KZFD başarı oranı AZEY istasyonu için %87'dir. (Tablo 4.3)



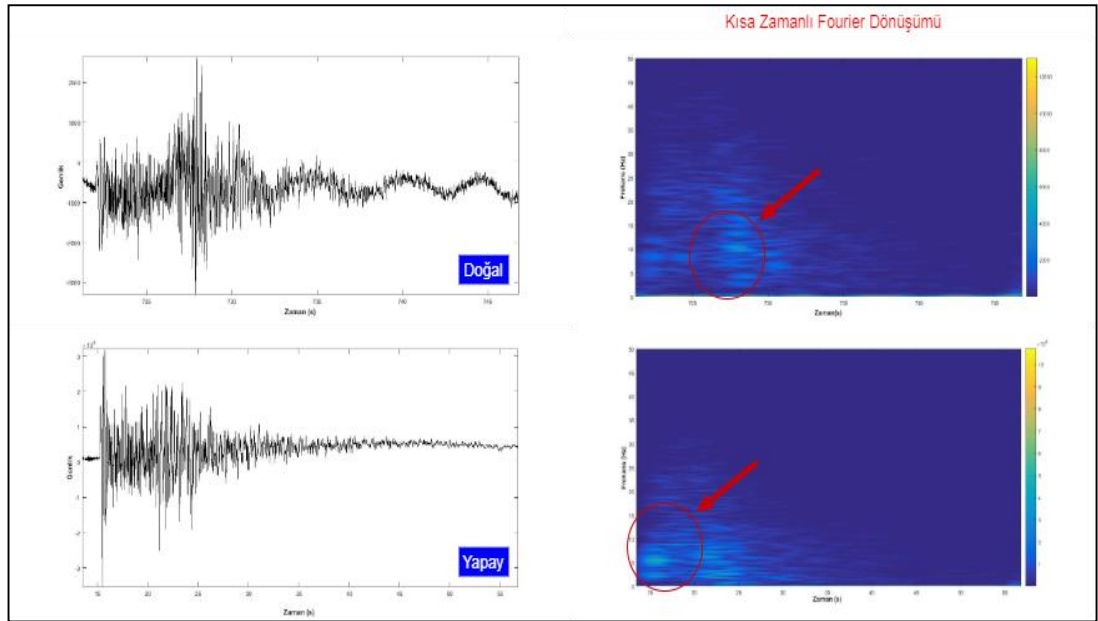
Şekil 4.6. AZEY istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu.

4.3. CNG İstasyonu

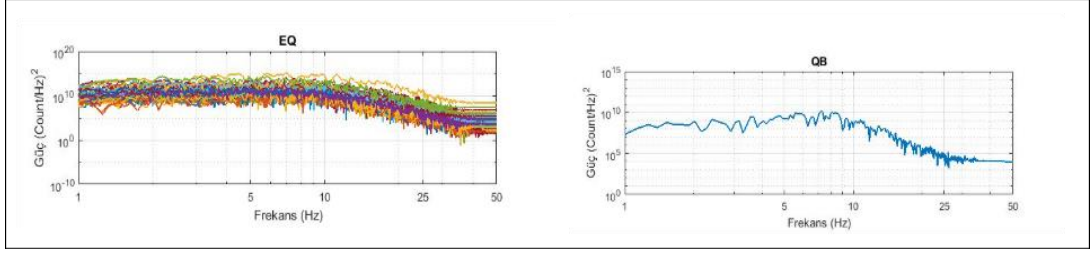
CNG istasyonunda 62 adet olay seçilebilmiş ve herhangi bir ayırma analizi uygulanamamıştır. Bunlardan 59'u doğal 3'ü yapay olay olarak sınıflandırılmıştır. Şekil 4.7'de CNG istasyonu için örnek üstte 09.01.2018 tarihli 22:26:55 (GMT), büyüklüğü $M_L=1.2$ olan doğal olayı ile altta 26.08.2018 tarihli 18:00:08 (GMT), büyüklüğü $M_L=2.8$ olan yapay olaylarına ait düşey bileşen sismogramlarına uygulanan KZFD gösterilmektedir. Tüm veriler için uygulanan Güç spektrumu ise Şekil 4.8'deki gibidir. Uygulanan iki yöntem için ilk tahmin üzerinden başarı oranı KZFD için %100, GS için %96.77'dir. (Tablo 4.4)

Tablo 4.4. CNG istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	59	3	-	-	-
KZFD	-	59	3	0	0	100,00
GS	-	59	1	0	2	96,77
Sonuç		59	3	-	-	-

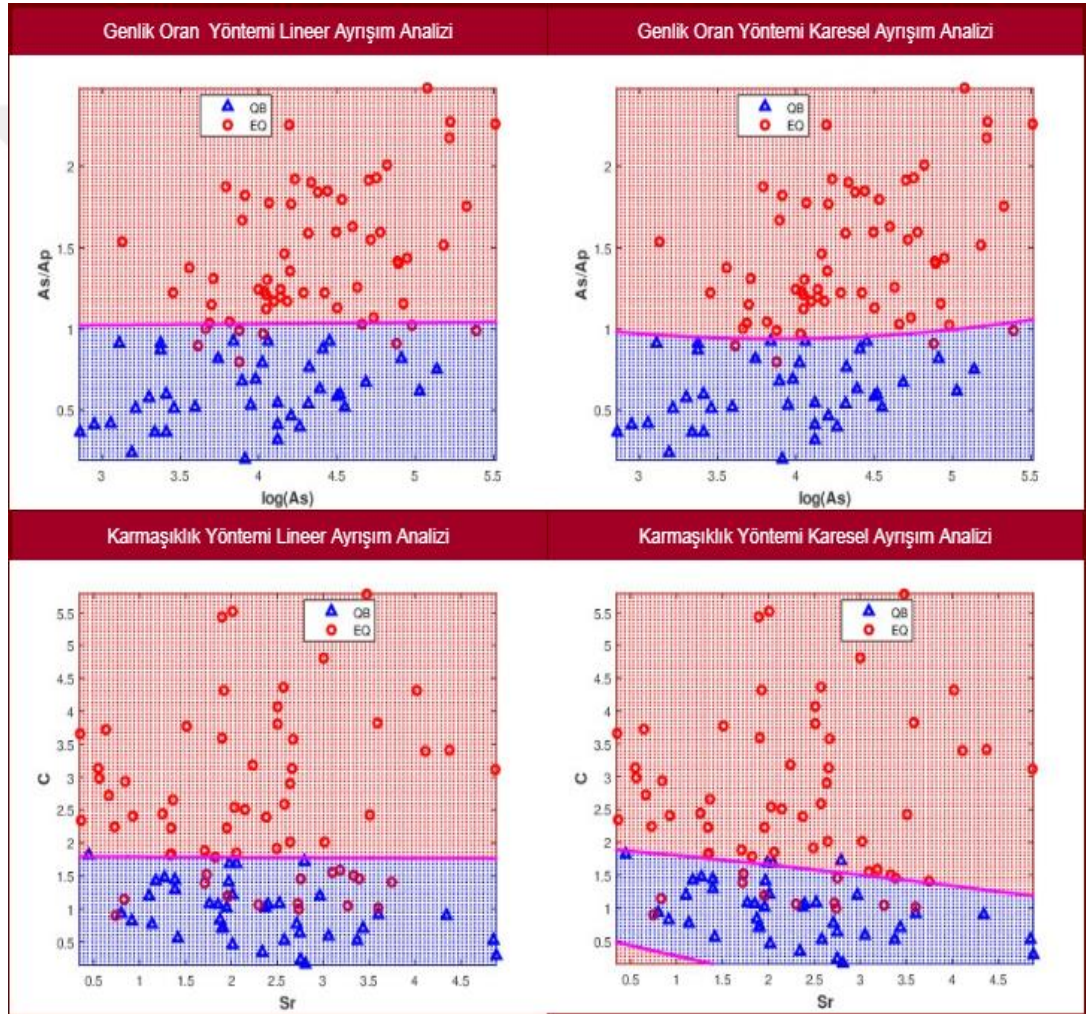


Şekil 4.7. CNG istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.



Şekil 4.8. CNG istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu.

4.4. ELZG İstasyonu

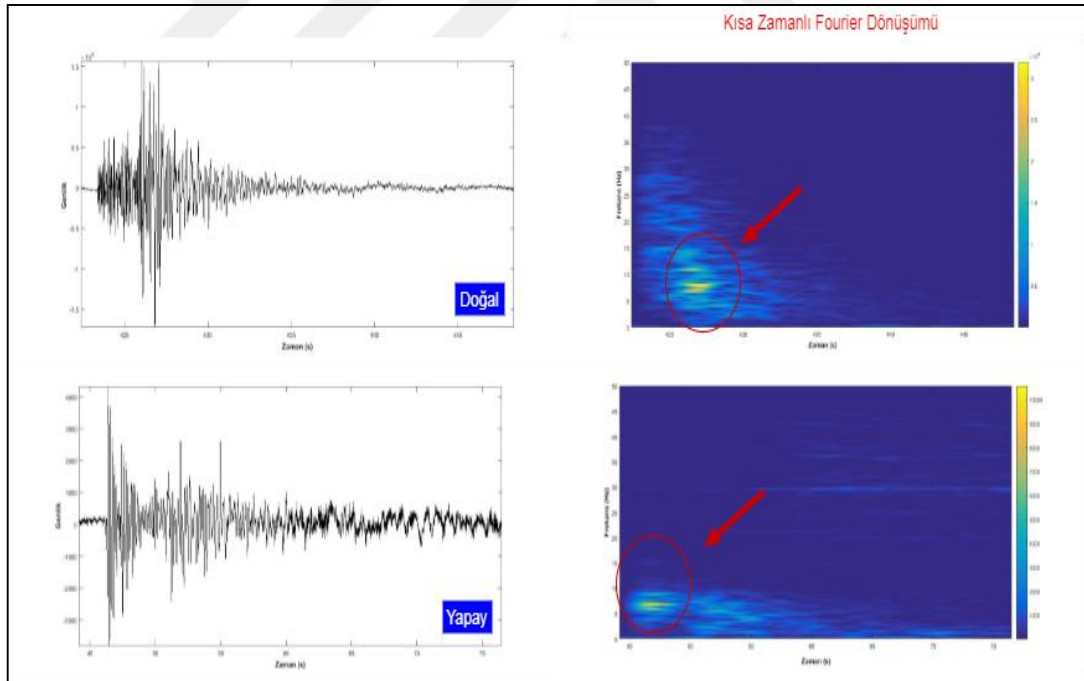


Şekil 4.9. ELZG istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Linear - Karesel ayırışım analizi grafikleri. (EQ=Deprem, QB=Patlatma).

ELZG istasyonu için elde edilen sonuç grafikleri Genlik Oran yöntemi KAA %96'lık başarı oranı ile Tablo 4.5'de gösterildiği gibi en başarılı sonucu vermiştir. İlk tahminde 100 adet veri için 61 doğal 39 yapay olarak belirlenen olayların yöntem uygulamaları sonucu 4 tanesinin doğal olay olduğu belirlenip düzenlenmiştir.

Tablo 4.5. ELZG istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.

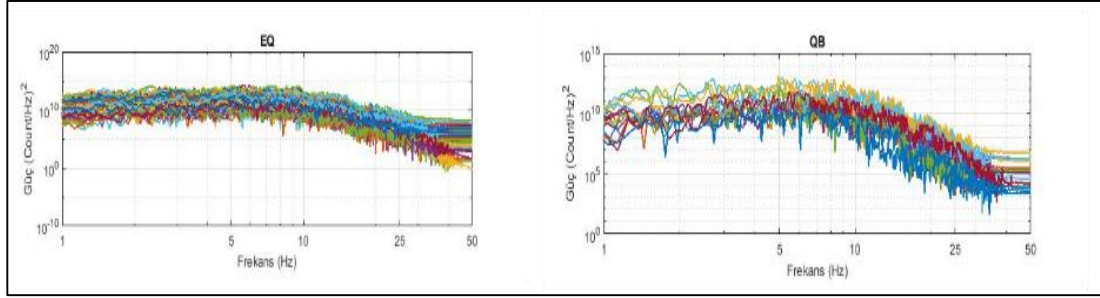
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	61	39	-	-	-
Genlik Oranı	LAA	61	30	0	9	91,00
	KAA	61	35	0	4	96,00
Karmaşıklık	LAA	60	23	1	16	83,00
	KAA	58	28	3	11	86,00
KZFD	-	39	39	22	0	78,00
GS	-	36	39	25	0	75,00
Sonuç		65	35	-	-	-
GO	$F_{LAF}=7.4470+[0.0595 \quad -7.4562] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
	$F_{KAF}=(11.8736)+[-4.4100 \quad 4.3543] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix} + [\log A_s \quad A_s/A_p] * \begin{bmatrix} 0.5223 & 0.1920 \\ 0.1920 & -9.2106 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
K	$F_{LAF}=3.1034+[-0.0102 \quad -1.7303] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					
	$F_{KAF}=(-3.4441)+[2.1454 \quad 7.5983] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix} + [Sr \quad C] * \begin{bmatrix} -0.1665 & -0.6768 \\ -0.6768 & -3.0165 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					



Şekil 4.10. ELZG istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.

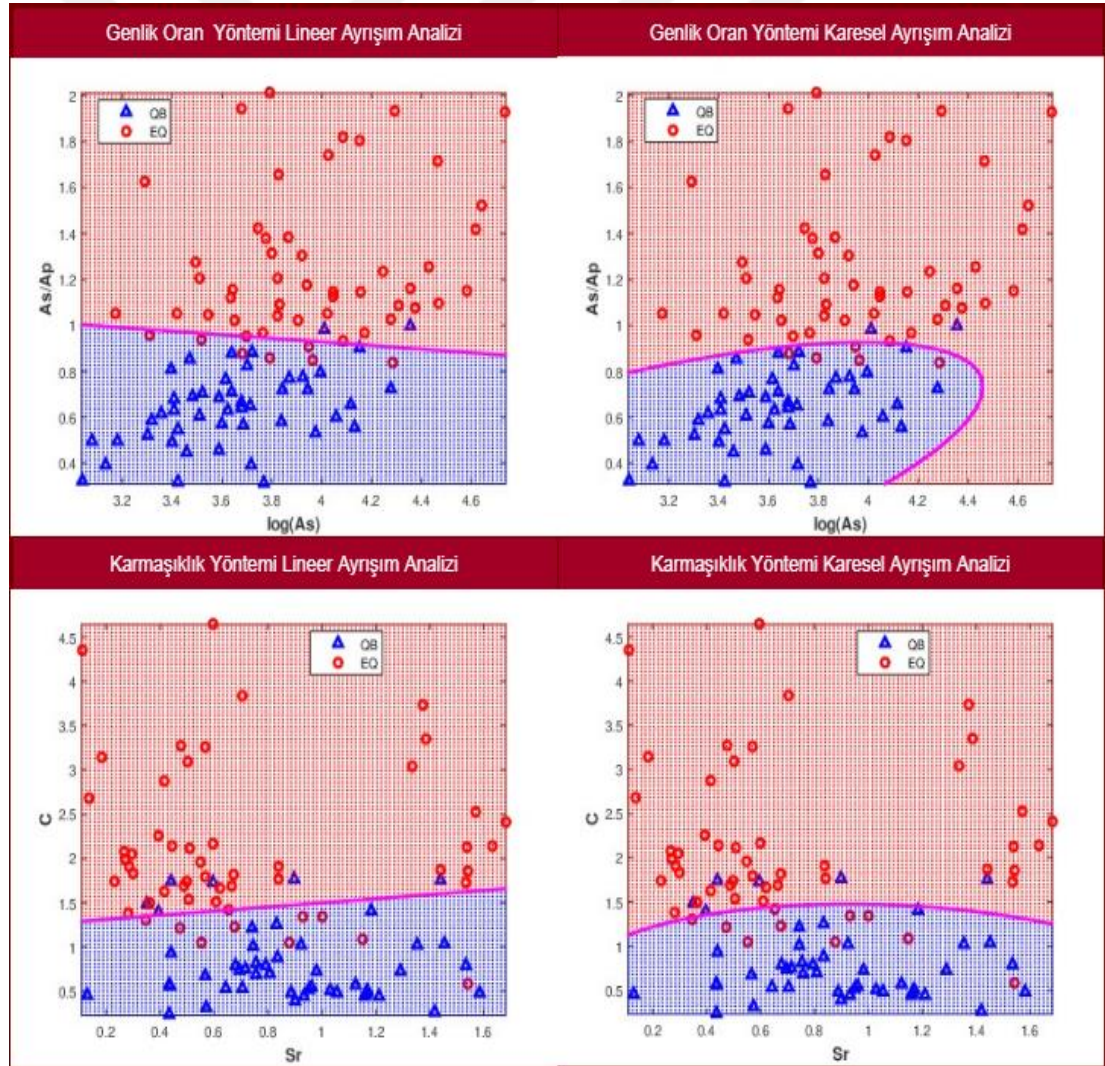
Şekil 4.10'da ELZG istasyonu için örnek üstte 31.03.2018 17:07:00 (GMT) tarihli, büyüklüğü $M_L=1.6$ doğal olay ve altta 12.10.2019 12:51:25 (GMT) tarihli, büyüklüğü $M_L=1.9$ yapay olayına ait düşey bileşen sismogramlarına uygulanan KZFD sonuç görüntüleri gösterilmektedir. ELZG istasyonu için KZFD yönteminin

başarı oranı %78 iken GS yöntemi için %75 ile en başarısız yöntem sonucu elde edilmiştir (Tablo 4.5).



Şekil 4.11. ELZG istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu.

4.5. FRT İstasyonu

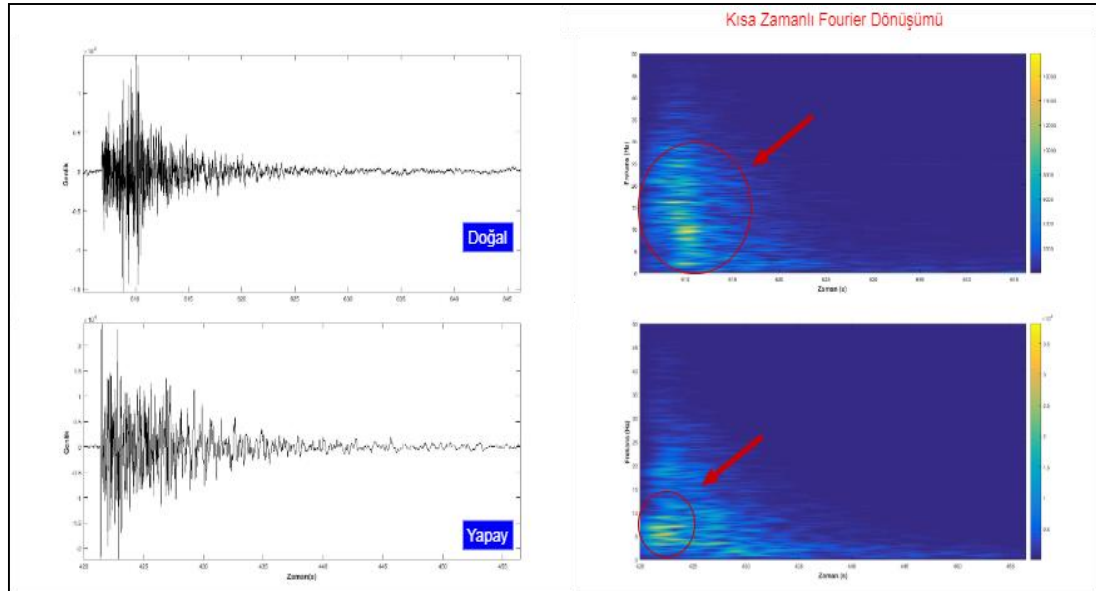


Şekil 4.12. FRT istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Linear - Karesel ayırışım analizi grafikleri. (EQ=Deprem, QB=Patlatma).

Tablo 4.6. FRT istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	53	47	-	-	-
Genlik Oranı	LAA	44	45	7	2	89,00
	KAA	48	45	5	2	93,00
Karmaşıklık	LAA	47	38	6	9	85,00
	KAA	44	41	9	6	85,00
KZFD	-	53	24	0	23	77,00
GS	-	53	24	0	23	77,00
Sonuç		58	42	-	-	-
GO	$F_{LAA}=10.7062+[-0.6744 \quad -8.6293] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA}=(-12.3526)+[14.3331 \quad -22.1056] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix} + [\log A_s \quad A_s/A_p] * \begin{bmatrix} -3.1100 & 5.6209 \\ 5.6209 & -19.1084 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
K	$F_{LAA}=3.4608+[0.6389 \quad -2.7357] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA}=(-0.1302)+[4.2669 \quad 2.2804] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix} + [Sr \quad C] * \begin{bmatrix} -1.8624 & -0.2766 \\ -0.2766 & -2.2182 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					

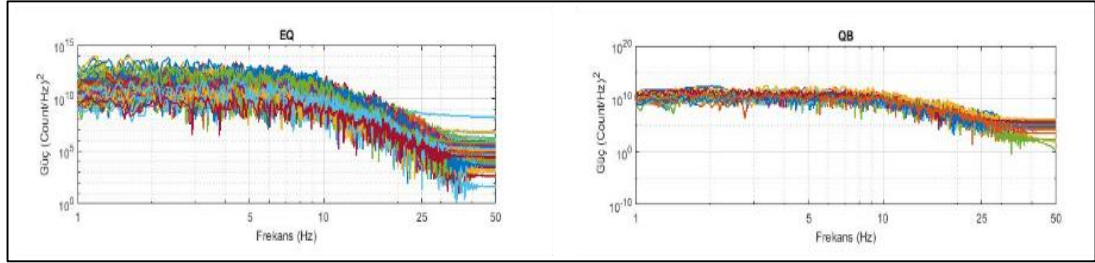
FRT istasyonu için elde edilen sonuç grafiklerinde Genlik Oran KAA yöntemi %93'lük başarı oranı ile en başarılı yöntem olmuştur (Tablo 4.6). İlk tahminde 5 adet yapay olarak sınıflandırılan olayın analizler sonucunda doğal kaynaklı olduğu belirlenip doğal olay olarak düzenlenmiştir.



Şekil 4.13. FRT istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması

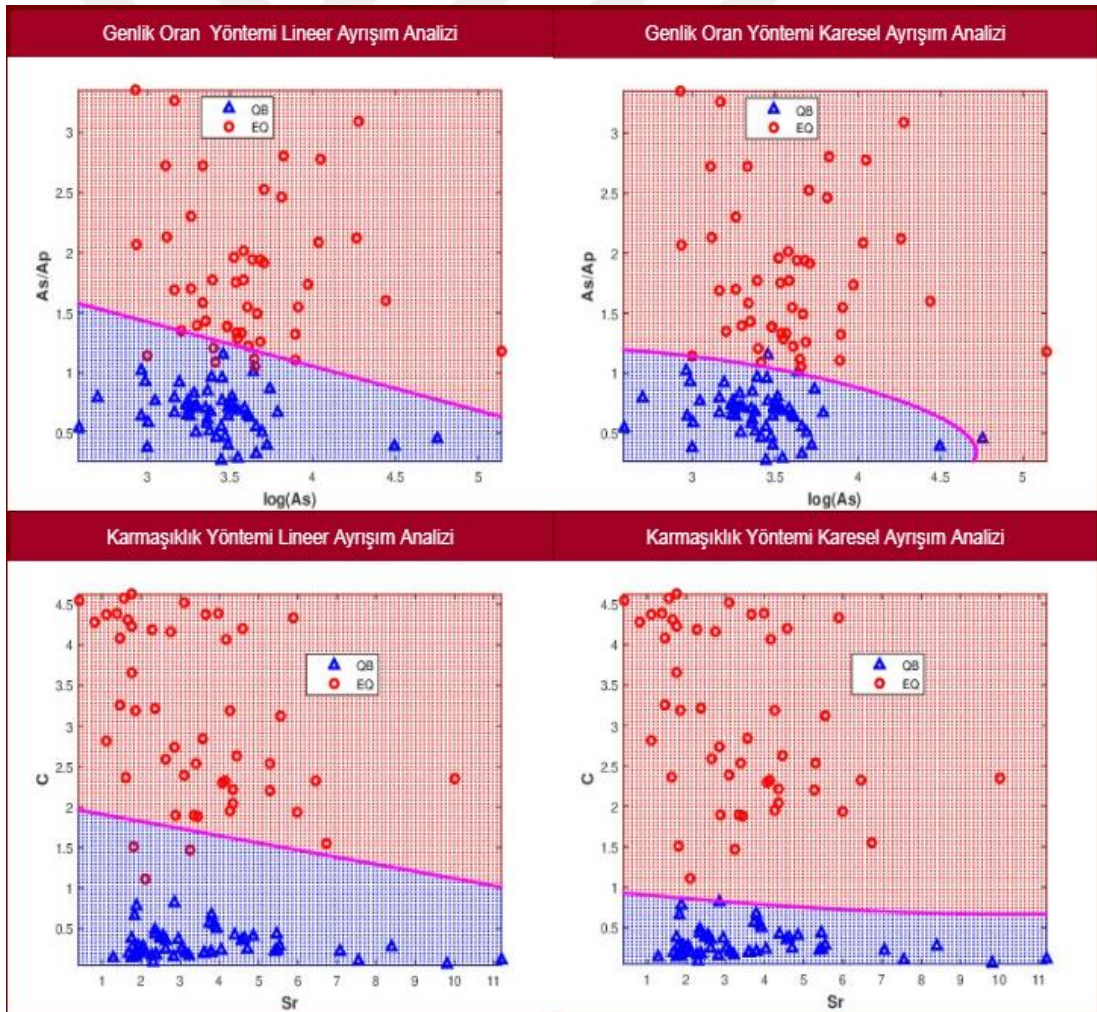
Şekil 4.13'de FRT istasyonu için örnek üstte 01.09.2019 20:08:53 (GMT) $M_L=1.5$ büyüklüğündeki doğal olay ile altta 16.08.2019 18:36:56 (GMT) $M_L=2.0$ yapay olaya

uygulanan KZFD sonuçları gösterilmektedir. Şekil 4.14'de GS yöntemi sonuçları gösterilmektedir. Tablo 4.6'da gösterildiği gibi KZFD ve GS yöntemi başarı oranı %77 ile FRT istasyonu için eşit bulunmuştur.



Şekil 4.14. FRT istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu

4.6. HASA İstasyonu

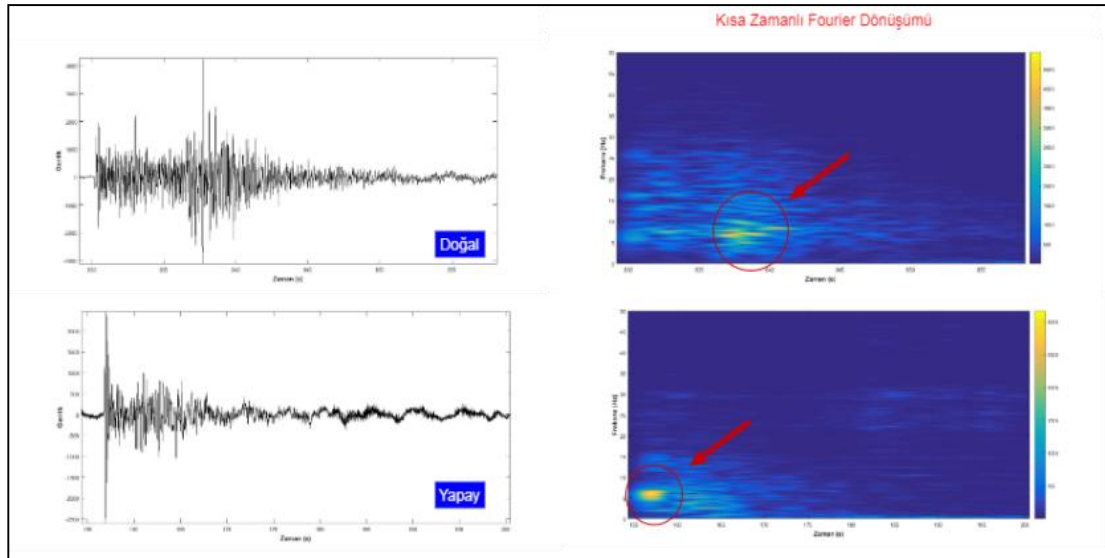


Şekil 4.15. HASA istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analizi grafikleri. (EQ=Deprem, QB=Patlatma).

HASA istasyonunda elde edilen sonuç grafikleri Tablo 4.7'de gösterildiği gibi Karmaşıklık yöntemi KAA %100'lük başarı oranı ile en başarılı yöntem olmuştur. İlk tahminde yapay olay olarak belirlenen 1 adet olay analizler sonucu doğal olay olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 4.7. HASA istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.

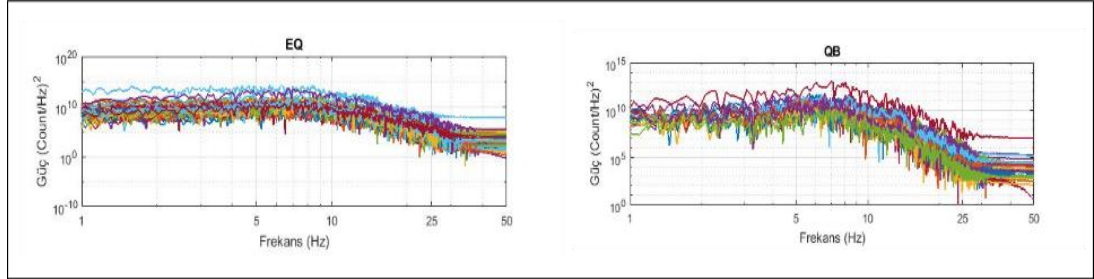
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	48	55	-	-	-
Genlik Oranı	LAA	43	55	5	0	95,15
	KAA	45	55	3	0	96,15
Karmaşıklık	LAA	45	55	3	0	96,15
	KAA	48	55	0	0	100,00
KZFD	-	48	30	0	25	75,00
GS	-	48	27	0	28	72,12
Sonuç		49	54	-	-	-
GO	$F_{LAA}=15.6613+[-2.2848 \quad -6.1929]* \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA}=(-22.6809)+[11.7925 \quad 29.3530]* \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix} + [\log A_s \quad A_s/A_p]* \begin{bmatrix} -1.5510 & -2.1395 \\ -2.1395 & -13.5221 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
K	$F_{LAA}=10.9777+[-0.4846 \quad -5.4976]* \begin{bmatrix} S_r \\ C \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA}=(7.0105)+[-0.7855 \quad 8.6936]* \begin{bmatrix} S_r \\ C \end{bmatrix} + [S_r \quad C]* \begin{bmatrix} 0.0467 & -0.1580 \\ -0.1580 & -16.9561 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} S_r \\ C \end{bmatrix}$					



Şekil 4.16. HASA istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.

Şekil 4.16'da HASA istasyonu için üstte 24.11.2019 18:13:41 (GMT) $M_L=1.8$ doğal olayı ile altta 17.09.2019 10:32:32 (GMT) $M_L=1.3$ yapay olayına uygulanan

KZFD sonuçları gösterilmektedir. HASA istasyonunda 104 adet veriye uygulanan yöntemlerde KZFD için %75'lik GS yöntemi için %72.12'lik başarı oranı elde edilmiş, GS yöntemi en başarısız yöntem olduğu Tablo 4.7'de gösterilmiştir.

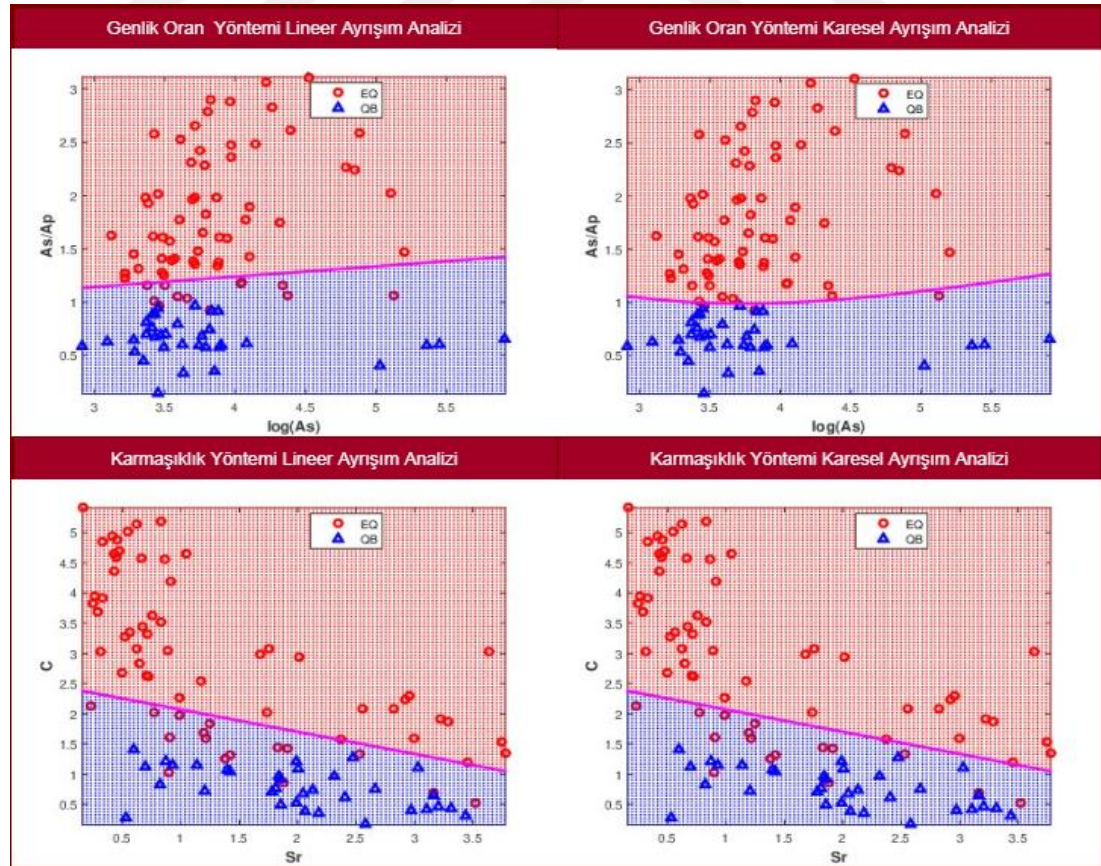


Şekil 4.17. HASA istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu.

4.7. KAH İstasyonu

Bu istasyon için ayırma yöntemi kullanılabilecek veri bulunamamıştır.

4.8. KAHM İstasyonu

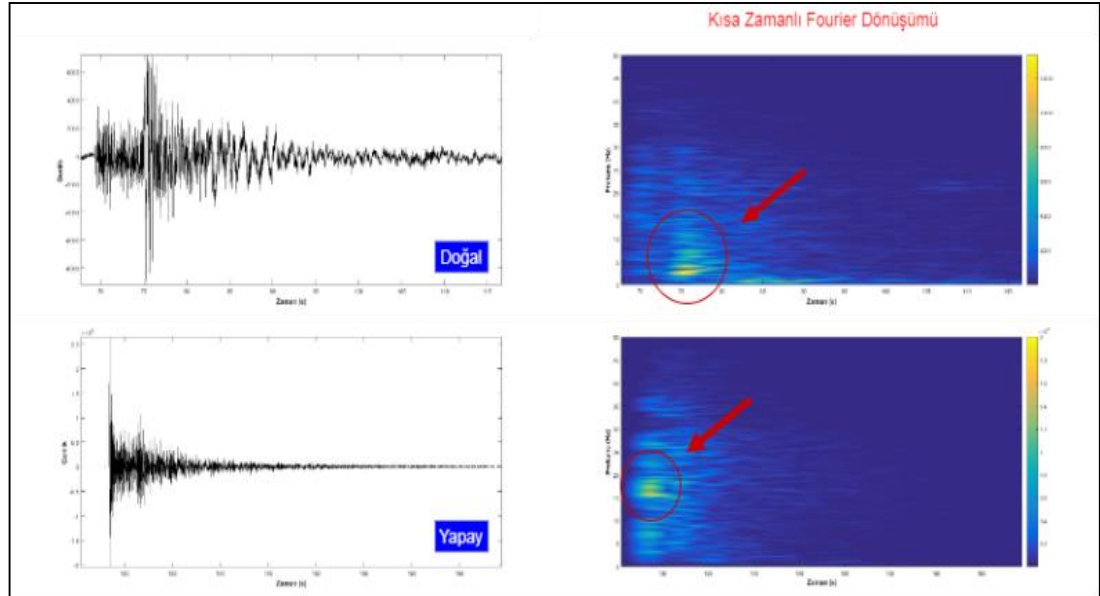


Şekil 4.18. KAHM istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayırım analizi grafikleri. (EQ=Deprem, QB=Patlatma).

KAHM istasyonu için elde edilen sonuç grafikleri için Genlik Oran KAA %97'lik başarı oranı ile en başarılı yöntem olarak belirlenmiştir. İlk tahminde belirlenen doğal ve yapay olayların yöntemler sonucunda doğru sınıflandırıldığı Tablo 4.8 gösterildiği gibidir.

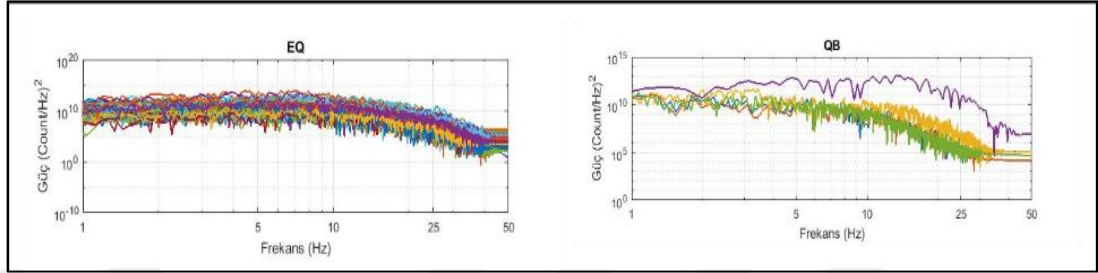
Tablo 4.8. KAHM istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	66	34	-	-	-
Genlik Oranı	LAA	54	34	12	0	88,00
	KAA	63	34	3	0	97,00
Karmaşıklık	LAA	50	34	16	0	84,00
	KAA	60	34	6	0	94,00
KZFD	-	66	19	0	25	85,00
GS	-	66	15	0	29	81,00
Sonuç		66	34	-	-	-
GO	$F_{LAA} = -3.9691 + [-0.4514 \quad 4.6614] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA} = (-8.6183) + [7.1194 \quad -21.9860] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix} + [\log A_s \quad A_s/A_p] * \begin{bmatrix} -1.2177 & 1.0038 \\ 1.0038 & 13.6398 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
K	$F_{LAA} = -5.2756 + [0.7959 \quad 2.1652] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA} = (0.7125) + [-1.2062 \quad -9.5210] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix} + [Sr \quad C] * \begin{bmatrix} 0.1941 & 0.7264 \\ 0.7264 & 5.2697 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					



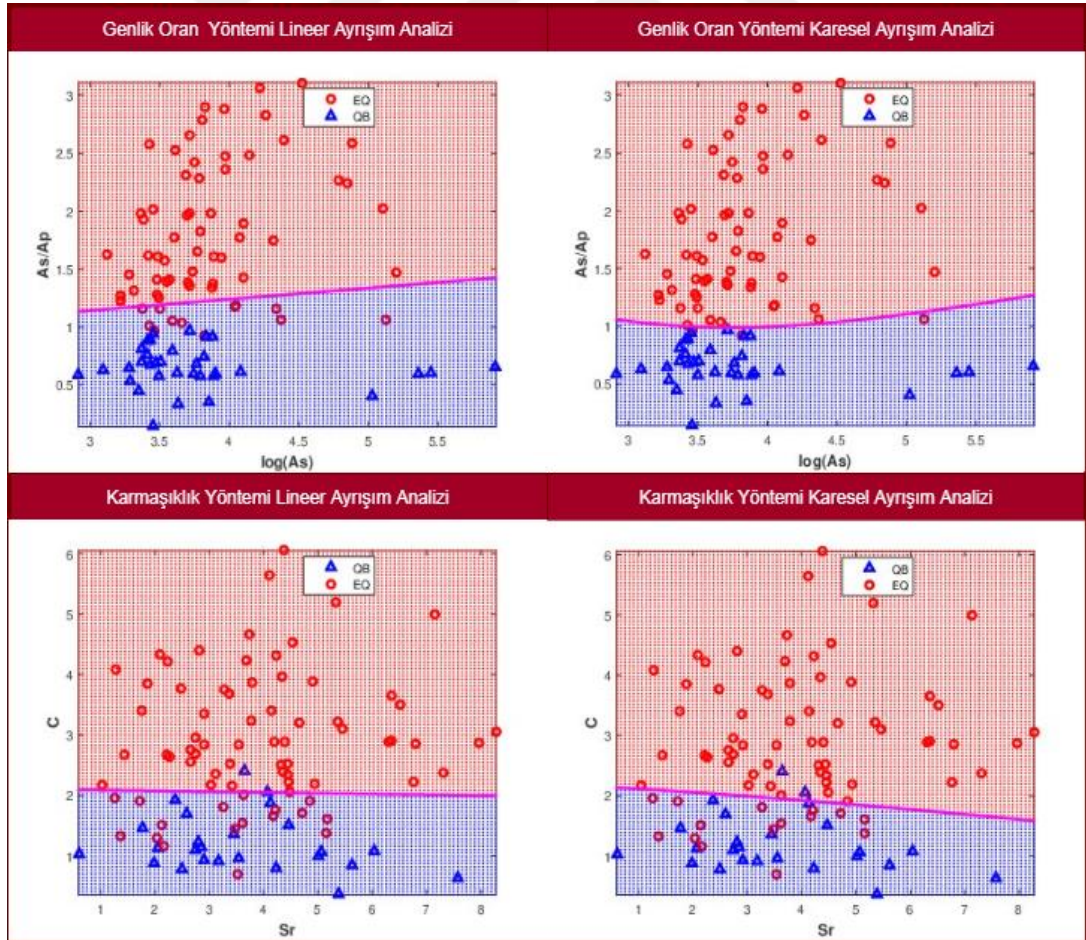
Şekil 4.19. KAHM istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.

Şekil 4.19'da KAHM istasyonuna ait üstte 02.10.2018 16:01:08 (GMT) $ML=2.3$ doğal olayı ve altta 07.06.2018 08:02:04 (GMT) $ML=2.7$ yapay olayına uygulanan KZFD sonucu gösterilmektedir. İlk tahmin üzerinden KZFD başarı oranı %85, en başarı oranı en düşük yöntem olan GS ise %81 olarak belirlenmiştir. GS yöntemi ile elde edilen sonuçlar Şekil 4.20 de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. KAHM istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu.

4.9. KAMA İstasyonu

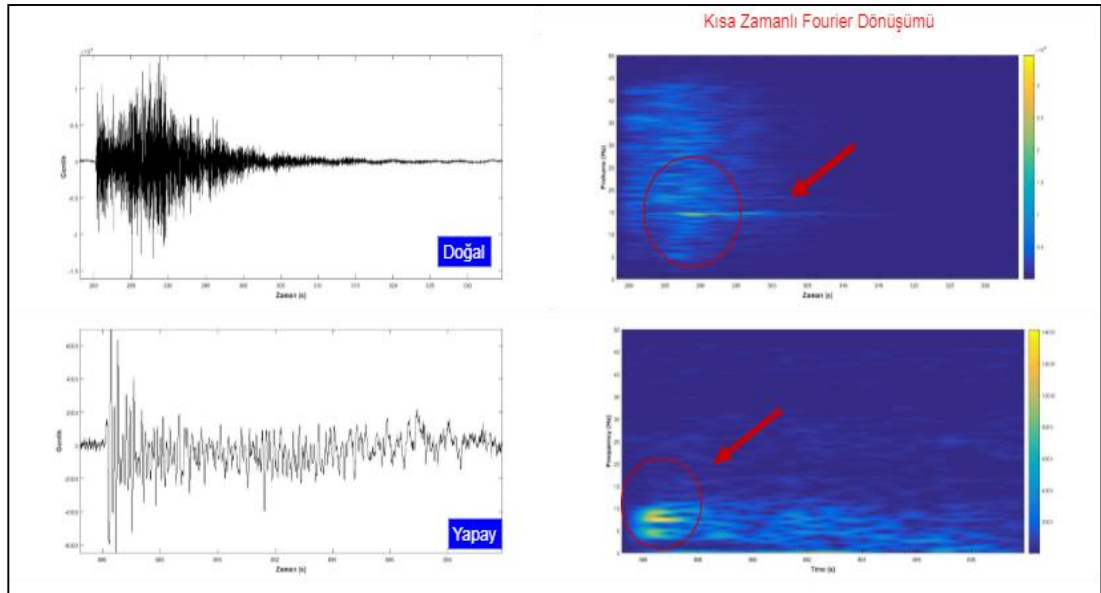


Şekil 4.21. KAMA istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayırışım analizi grafikleri. (EQ=Deprem, QB=Patlatma).

Tablo 4.9'da KAMA istasyonu için elde edilen sonuç grafikleri için Genlik Oran KAA %96'lık başarı oranı ile en başarılı yöntem olduğu gösterilmiştir. İlk tahminde yapay olay olarak sınıflandırılan 1 adet olayın analizler sonucu doğal olay olduğu belirlenmiştir ve düzenlenmiştir.

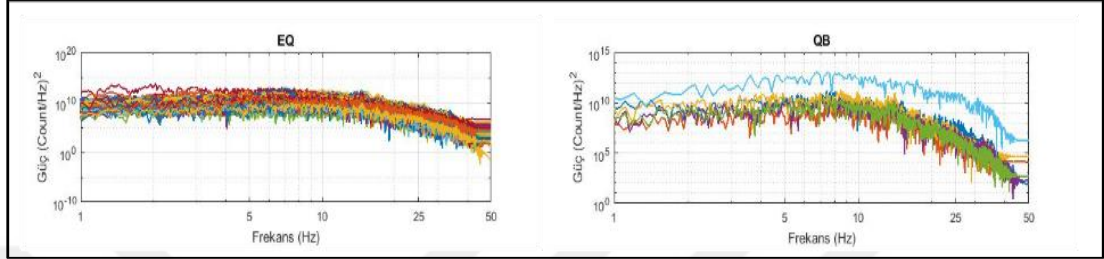
Tablo 4.9. KAMA istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	75	25	-	-	-
Genlik Oranı	LAA	60	25	15	0	85,00
	KAA	71	25	4	0	96,00
Karmaşıklık	LAA	58	24	17	1	82,00
	KAA	70	24	15	1	94,00
KZFD	-	75	11	0	14	86,00
GS	-	75	6	0	19	81,00
Sonuç		74	26	-	-	-
GO	$F_{LAA} = -3.9691 + [-0.4514 \quad 4.6614] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA} = (-8.6183) + [7.1194 \quad -21.9860] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix} + [\log A_s \quad A_s/A_p] * \begin{bmatrix} -1.2177 & 1.0038 \\ 1.0038 & 13.6398 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
K	$F_{LAA} = 5.8801 + [0.3462 \quad -6.1941] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA} = (24.6989) + [-13.9766 \quad 18.9580] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix} + [Sr \quad C] * \begin{bmatrix} 1.5908 & 1.0940 \\ 1.0940 & -21.6014 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					



Şekil 4.22. KAMA istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması

Şekil 4.22'de KAMA istasyonuna ait örnek üstte 03.11.2019 18:34:31 (GMT) $ML=2.4$ doğal olayı ile altta 11.04.2019 08:59:00 (GMT) $ML=1.3$ yapay olayına uygulanan KZFD sonuçları gösterilmektedir. KZFD başarı oranı %86'dır. Şekil 4.23'de gösterilen GS yöntemi sonucu için ise başarı oranı %81 ile en başarısız yöntem olarak belirlenmiştir.

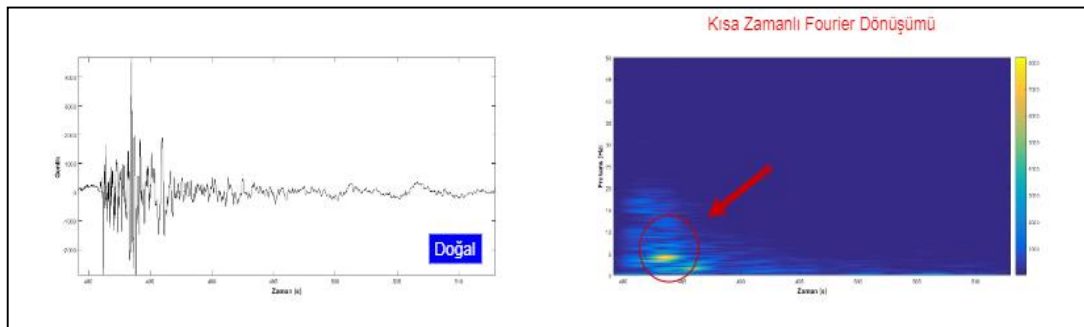


Şekil 4.23. KAMA istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu

4.10. KHMR İstasyonu

Tablo 4.10. KHMR istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.

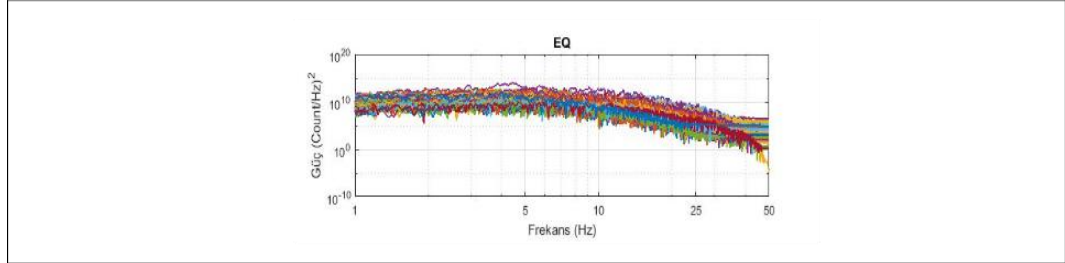
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	78	0	-	-	-
KZFD	-	78	0	0	0	100,00
GS	-	78	0	0	0	100,00
Sonuç		78	0	-	-	-



Şekil 4.24. KHMR istasyonunda kaydedilen doğal olay için KZFD uygulaması.

KHMR istasyonunda 78 adet olay seçilebilmiş ve herhangi bir ayırma analizi uygulanamamıştır. Seçilen 78 adet olayında doğal olay olduğu Tablo 4.10'da

gösterilmektedir. Şekil 4.24'de KHMR istasyonu için örnek 24.03.2018 06:22:59 (GMT) $M_L=1.0$ doğal olayın KZFD sonucu gösterilmektedir. Şekil 4.25'de GS için sonuç gösterilmektedir. Her iki yöntem sonucu başarı oranları %100 olarak elde edilmiştir.

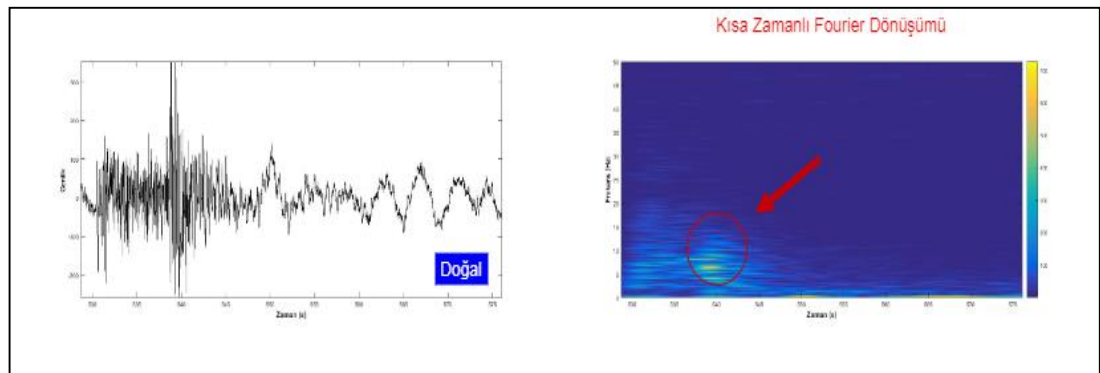


Şekil 4.25. KHMR istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) olay sonucu

4.11. KOVA İstasyonu

Tablo 4.11. KOVA istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.

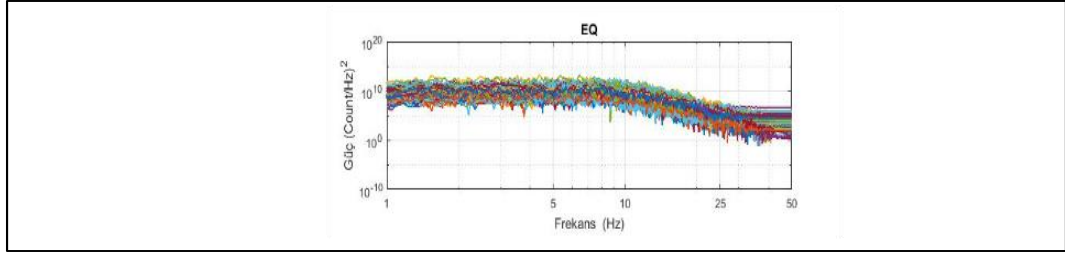
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	79	0	-	-	-
KZFD	-	79	0	0	0	100,00
GS	-	79	0	0	0	100,00
Sonuç		79	0	-	-	-



Şekil 4.26. KOVA istasyonunda kaydedilen doğal olay için KZFD uygulaması.

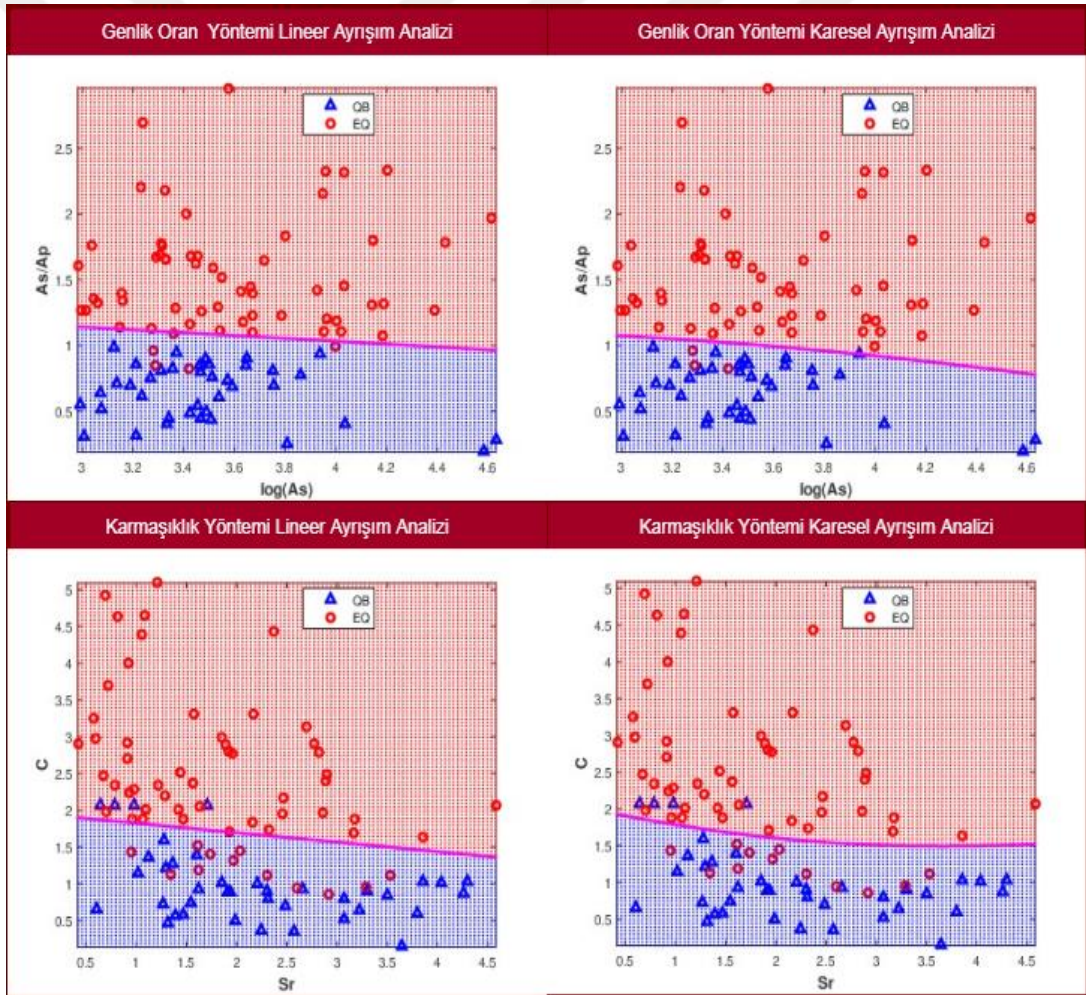
KOVA istasyonu için 79 adet olay seçilmiş ve herhangi bir ayrışım analizi uygulanamamıştır. KZFD ve GS yöntemleri için %100 başarı oranı elde edilmiştir (Tablo 4.11). Şekil 4.26'da KOVA istasyonu için örnek 14.11.2019 07:23:39 $M_L=1.3$

doğal olayı için KZFD sonucu gösterilmektedir. Şekil 4.27 ise GS için sonuçlar gösterilmektedir.



Şekil 4.27. KOVA istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) olay sonucu.

4.12. MAYA İstasyonu



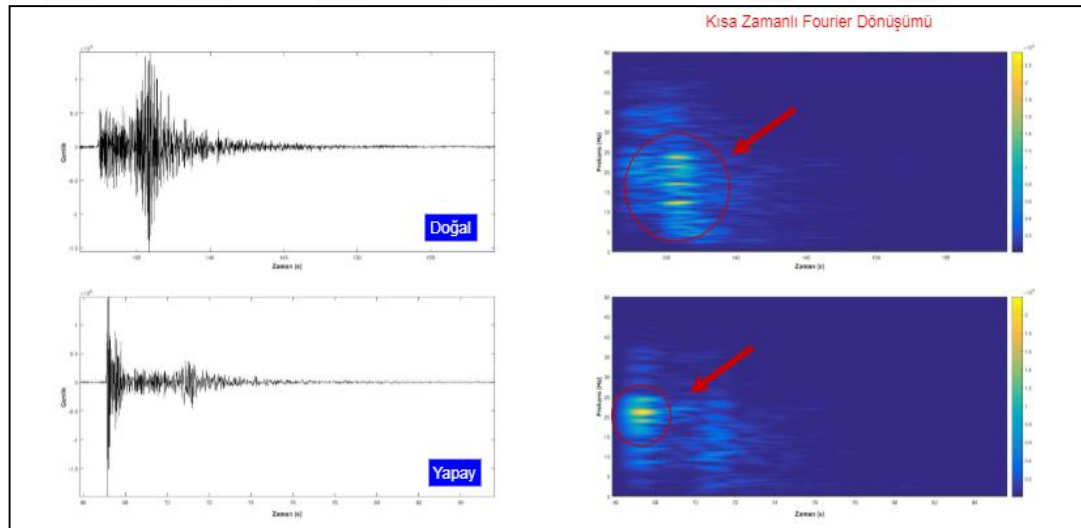
Şekil 4.28. MAYA istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analizi grafikleri. (EQ=Deprem, QB=Patlatma).

MAYA istasyonu için elde edilen sonuç grafiklerinde Genlik Oran KAA %96'lık başarı oranı ile en başarılı yöntem olarak belirlenmiştir. Seçilen 100 veriden ilk

tahminde 61 doğal ve 39 yapay olarak belirlenen olayın analizler sonucu 7 tanesinin yapay olduğu Tablo 4.12'de gösterildiği gibi düzenlenmiştir.

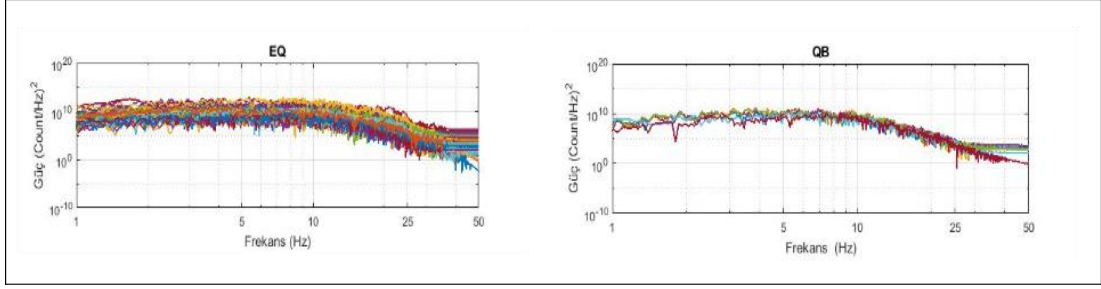
Tablo 4.12. MAYA istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	61	39	-	-	-
Genlik Oranı	LAA	56	39	5	0	95,00
	KAA	58	38	3	1	96,00
Karmaşıklık	LAA	49	35	12	4	84,00
	KAA	49	36	12	3	85,00
KZFD	-	61	14	0	25	75,00
GS	-	61	9	0	30	70,00
Sonuç		68	32	-	-	-
GO	$F_{LAA}=9.2425+[-0.6822 \quad -6.3102] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA}=(-16.0619)+[8.2770 \quad 19.6777] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix} + [\log A_s \quad A_s/A_p] * \begin{bmatrix} -0.8856 & -1.8497 \\ -1.8497 & -8.6904 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
K	$F_{LAA}=4.0942+[-0.2699 \quad -2.0939] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA}=(1.1390)+[-0.3306 \quad 3.6401] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix} + [Sr \quad C] * \begin{bmatrix} 0.1478 & -0.2518 \\ -0.2518 & -2.0543 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					



Şekil 4.29. MAYA istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.

Şekil 4.29'da MAYA istasyonu için örnek üstte 19.05.2019 17:17:07 (GMT) $M_L=1.8$ doğal olayı ve altta 13.09.2017 10:42:30 (GMT) $M_L=1.5$ yapay olayına uygulanan KZFD sonuçları gösterilmektedir. KZFD başarı oranı %75, GS (Şekil 4.30) başarı oranı ise %70 olarak elde edilmiştir.

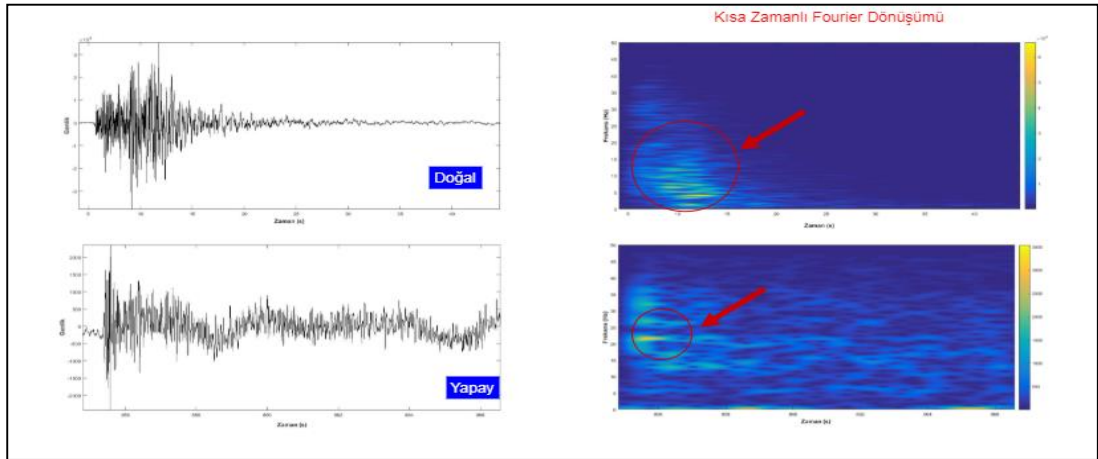


Şekil 4.30. MAYA istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu.

4.13. MDN İstasyonu

Tablo 4.13. MDN istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	75	6	-	-	-
KZFD	-	75	5	0	1	98,76
GS	-	73	0	2	6	90,12
	Sonuç	76	5	-	-	-

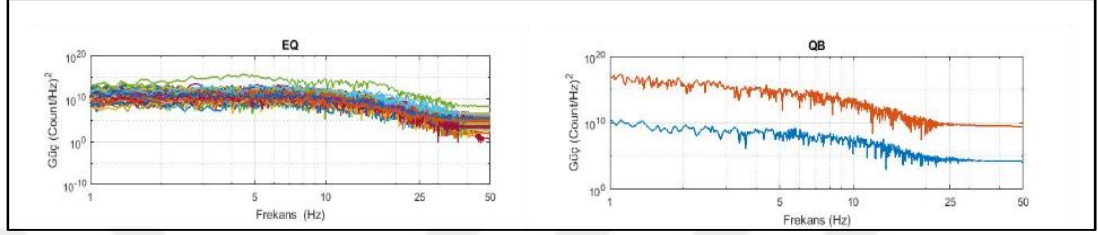


Şekil 4.31. MDN istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.

MDN istasyonunda 81 adet olay seçilmiş ve herhangi bir ayırma analizi uygulanamamıştır. Seçilen olaylardan ilk tahminde 75'i doğal 6'sı yapay olarak belirlenmiştir. KZFD %98,76'lık başarı oranı ile MDN istasyonunda en başarılı

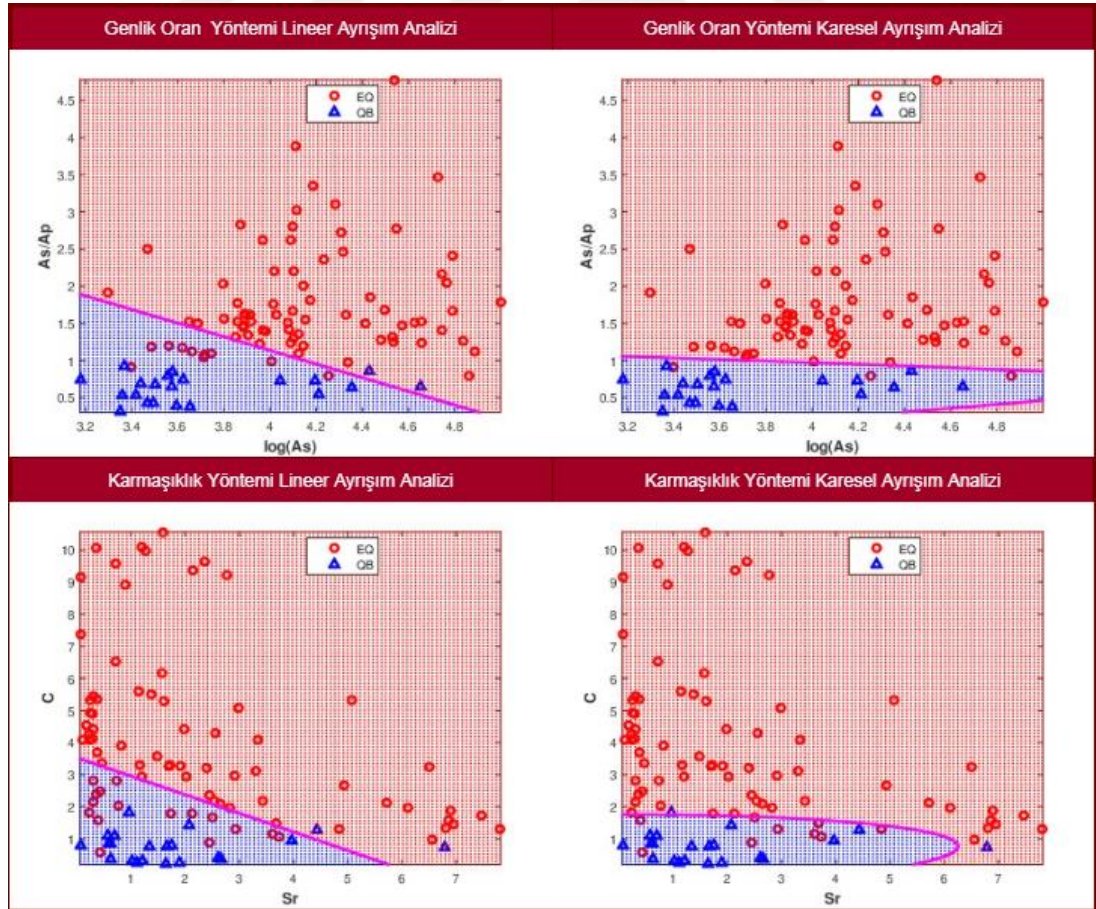
yöntem olarak belirlenmiştir. Yöntemler sonucu 1 adet yapay olay, doğal olay olarak düzenlenmiştir.

Şekil 4.31'de MDN istasyonu için örnek üstte 04.01.2018 18:15:00 (GMT) $M_L=2.4$ doğal olayı ve altta 01.02.2018 04:37:00 (GMT) $M_L=1.4$ yapay olayına uygulanan KZFD sonucu gösterilmektedir.



Şekil 4.32. MDN istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu.

4.14. NAR İstasyonu

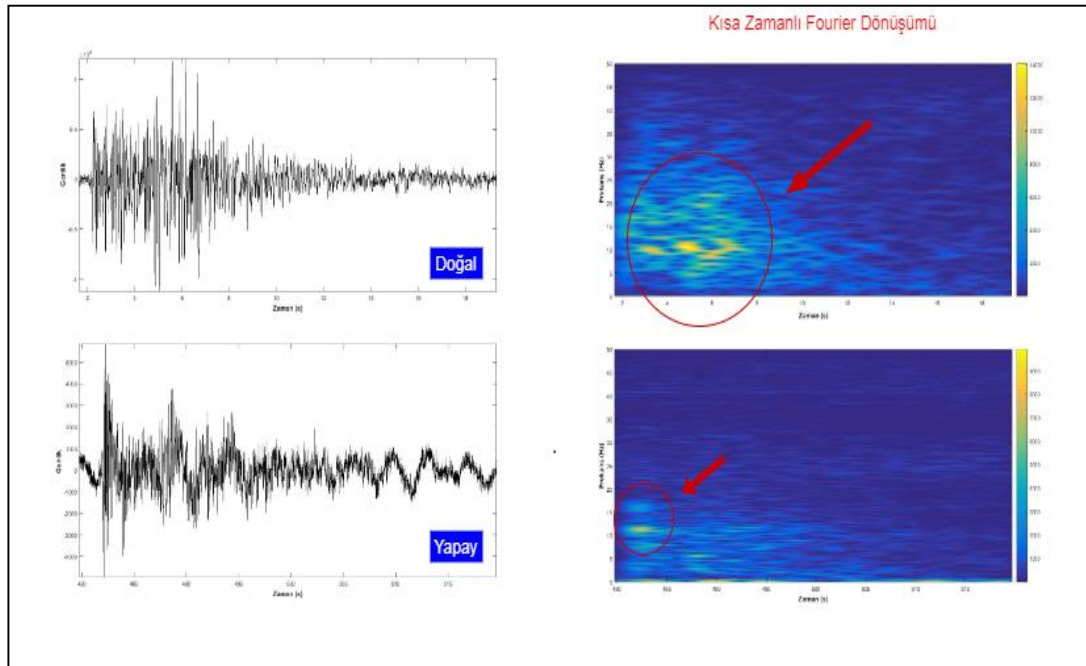


Şekil 4.33. NAR istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer - Karesel ayrışım analizi grafikleri. (EQ=Deprem, QB=Patlatma).

NAR istasyonu için elde edilen sonuç grafiklerinde Genlik Oran %97'lik başarı oranı ile en başarılı yöntem olarak belirlenmiştir. Karmaşıklık yöntemi LAA %82'lik başarı oranı ile NAR istasyonu için en başarısız yöntem olarak belirlenmiştir. Seçilen 100 veri için ilk tahminde 79 doğal ve 21 yapay olay belirlenirken, analizler sonucu 3 adet olayın doğal olay olarak sınıflandırıldığı Tablo 4.14 de gösterilmiştir.

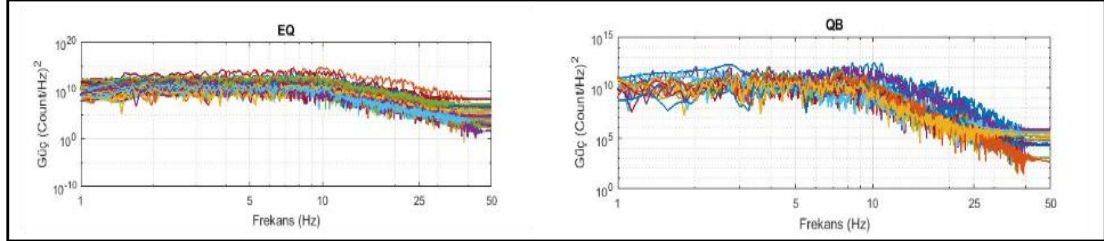
Tablo 4.14. NAR istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	79	21	-	-	-
Genlik Oranı	LAA	72	19	7	2	91,00
	KAA	76	21	3	0	97,00
Karmaşıklık	LAA	63	19	16	2	82,00
	KAA	70	19	9	2	89,00
KZFD	-	71	12	8	9	83,00
GS	-	79	17	0	4	96,00
Sonuç		83	17	-	-	-
GO	$F_{LAA} = -11.4855 + [2.1935 \quad 2.3908] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA} = (-16.5380) + [6.3831 \quad -10.1037] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix} + [\log A_s \quad A_s/A_p] * \begin{bmatrix} -0.3600 & -1.1230 \\ -1.1230 & 16.2522 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
K	$F_{LAA} = -2.5009 + [0.4097 \quad 0.7075] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA} = (-2.7282) + [0.2569 \quad -2.9761] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix} + [Sr \quad C] * \begin{bmatrix} 0.0678 & -0.0797 \\ -0.0797 & 2.5756 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					



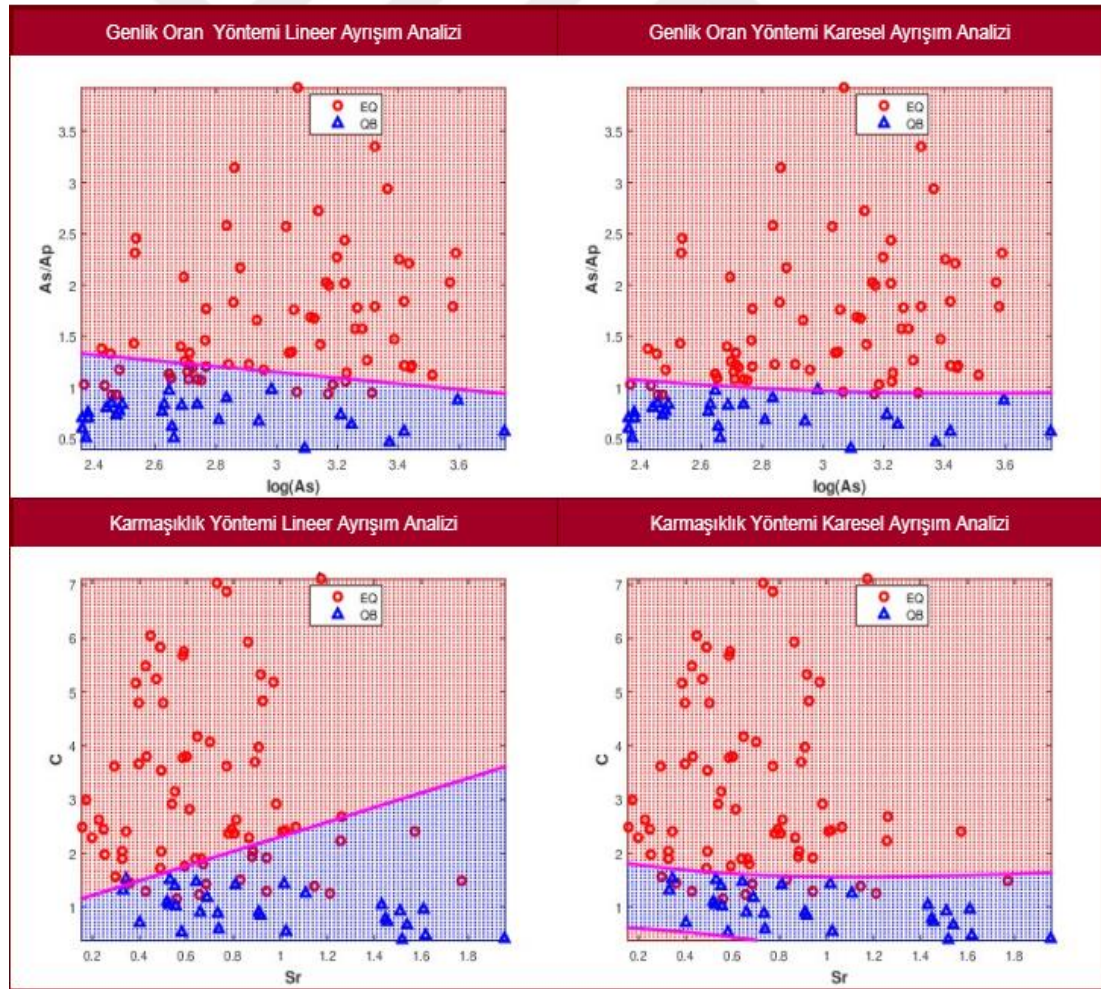
Şekil 4.34. NAR istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.

Şekil 4.34'de NAR istasyonu için örnek üstte 20.08.2019 17:04:07 (GMT) $M_L=1.7$ doğal olayı ve altta 17.01.2019 05:37:53 (GMT) $M_L=2.2$ yapay olayına uygulanan KZFD sonuçları gösterilmektedir. GS yöntemi için %96'lık başarı oranı elde edilmiştir ve Şekil 4.35'de sonuçları gösterilmektedir.



Şekil 4.35. NAR istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu.

4.15. NARI İstasyonu

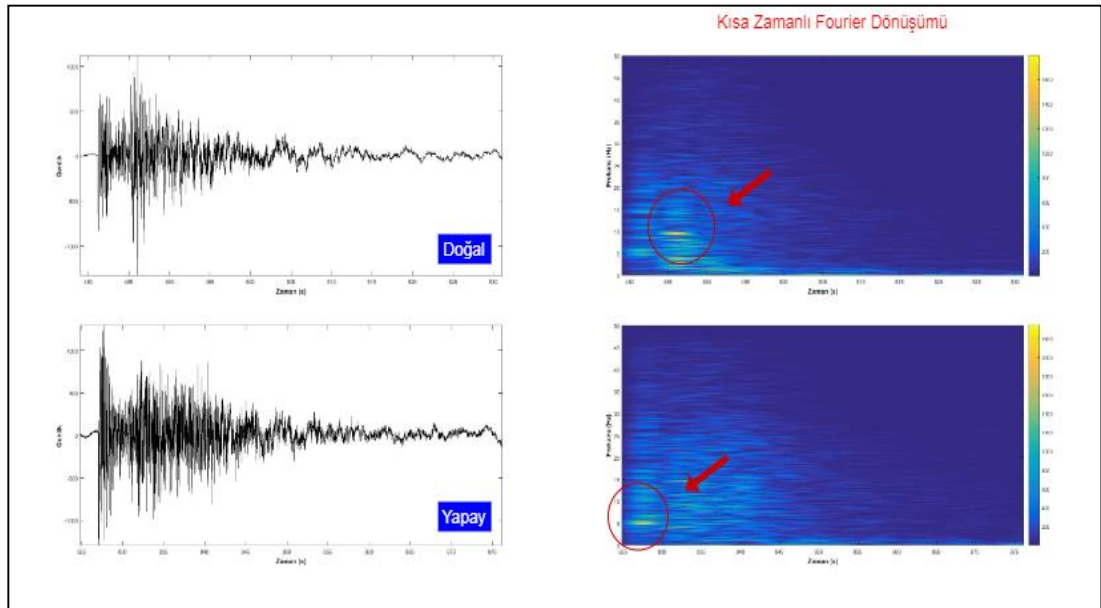


Şekil 4.36. NARI istasyonu için elde edilen Genlik Oran ve Karmaşıklık yöntemleri Lineer- Karesel ayrışım analizi grafikleri. (EQ=Deprem, QB=Patlatma).

NARI istasyonu için elde edilen sonuç grafiklerinde Genlik Oran KAA %93'lük başarı oranı ile en başarılı yöntem olmuştur. Seçilen 100 adet olay için ilk tahminde 71 doğal 29 yapay olay elde edilmiş ve analizler sonucu 1 adet olayın doğal olay olarak sınıflandırıldığı Tablo 4.15'de gösterilmektedir.

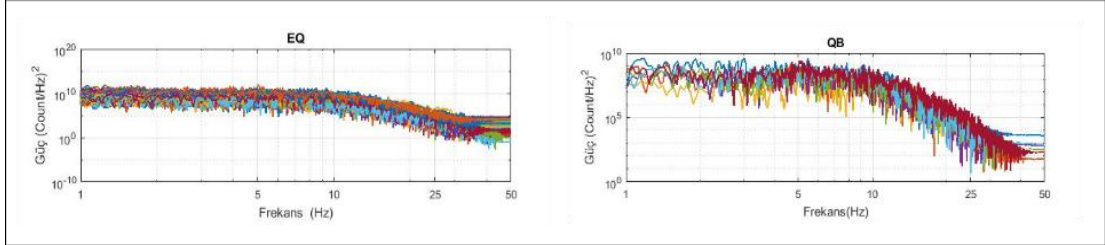
Tablo 4.15. NARI istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	71	29	-	-	-
Genlik Oranı	LAA	52	29	19	0	81,00
	KAA	65	28	6	1	93,00
Karmaşıklık	LAA	56	28	15	1	84,00
	KAA	60	29	11	0	89,00
KZFD	-	71	7	0	22	78,00
GS	-	71	1	0	29	72,00
Sonuç		72	28	-	-	-
GO	$F_{LAA} = -5.9735 + [0.8421 \quad 3.0001] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
	$F_{KAA} = (5.4903) + [4.6923 \quad -46.4669] * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix} + [\log A_s \quad A_s/A_p] * \begin{bmatrix} -1.4572 & 2.7629 \\ 2.7629 & 23.1577 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \log A_s \\ A_s/A_p \end{bmatrix}$					
K	$F_{LAA} = -1.0787 + [-1.5543 \quad 1.1418] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					
	$F_{KAF} = (6.8709) + [-3.8979 \quad -14.3732] * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix} + [Sr \quad C] * \begin{bmatrix} -1.4519 & 2.2903 \\ 2.2903 & 5.6499 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Sr \\ C \end{bmatrix}$					



Şekil 4.37. NARI istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.

Şekil 4.37'de NARI istasyonu için örnekte üstte 07.11.2019 22:41:13 (GMT) $M_L=2.4$ doğal olayı ve altta 05.09.2019 18:13:40 (GMT) $M_L=2.1$ yapay olayına uygulanan KZFD sonucu gösterilmektedir. NARI istasyonu için KZFD başarı oranı %78, GS yöntemi (Şekil 4.38) için %72'lik oranla en başarısız yöntem olduğu belirlenmiştir.

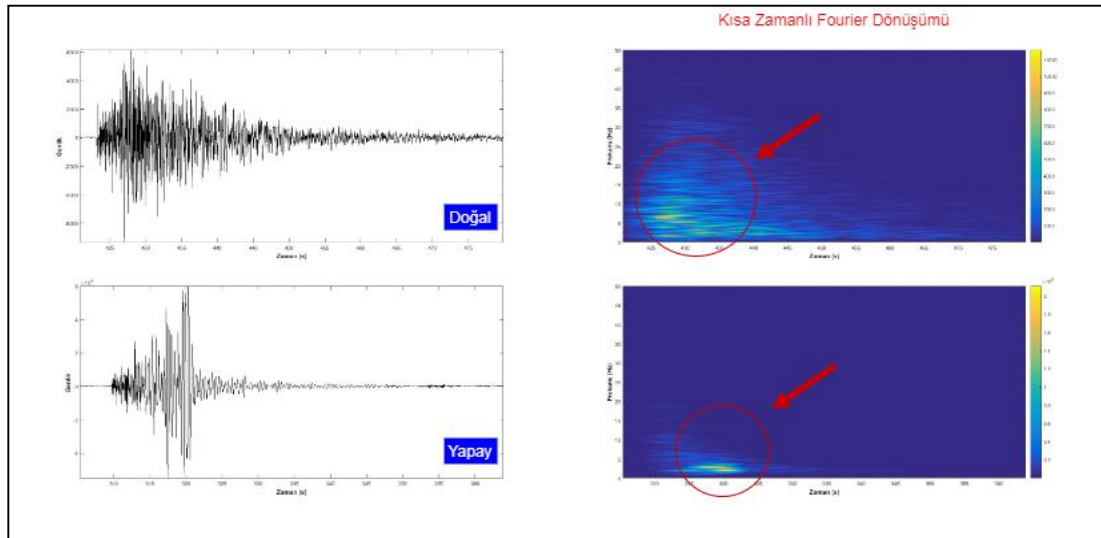


Şekil 4.38. NARI istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu.

4.16. RHAN İstasyonu

Tablo 4.16. RHAN istasyonuna ait verilere uygulanan yöntemlerin başarı oranları. Hatalı olaylar ilk tahmin üzerinden farklı sonuç elde edilen olaylardır.

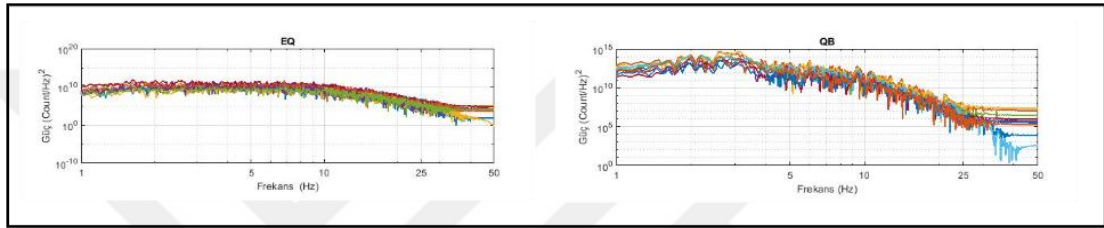
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Sayı				Başarı Oranı (%)
		Doğal Olay	Yapay Olay	Hatalı Doğal Olay	Hatalı Yapay Olay	
İlk Tahmin	-	21	0	-	-	-
KZFD	-	12	0	9	0	57,14
GS	-	12	0	9	0	57,14
Sonuç		12	9	-	-	-



Şekil 4.39. RHAN istasyonunda kaydedilen doğal ve yapay olaylar için KZFD uygulaması.

RHAN istasyonu için 21 adet olay seçilmiş ve herhangi bir ayırma analizi uygulanmamıştır. Seçilen 21 olayın ilk tahminde doğal olay olarak belirlenmesi ve yöntemler sonucunda 9 tanesini yapay olay olduğu elde edilip sonuçta buna göre düzenlendiği Tablo 4.16'da gösterilmektedir. Her iki yöntemde %57.14'lük başarı oranı elde edilmiştir.

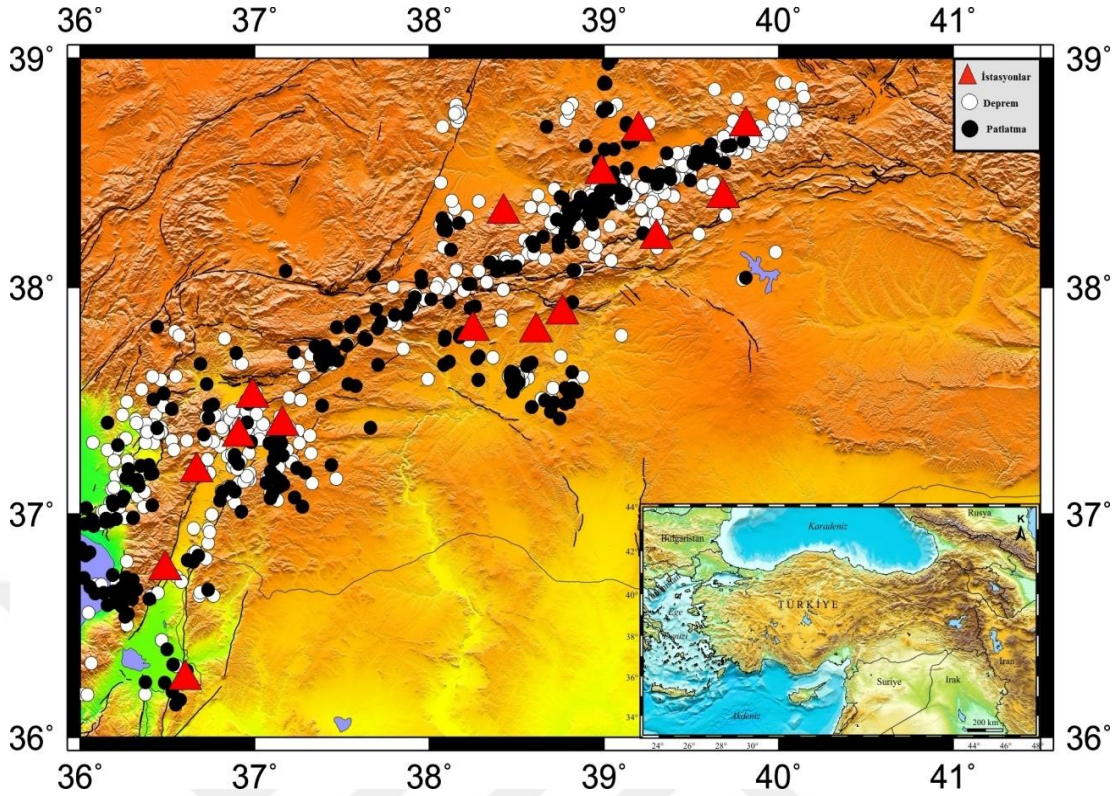
Şekil 4.39'da RHAN istasyonu için örnekte üstte 29.05.2018 00:21:28 (GMT) $M_L=2.4$ doğal olayı ve altta 15.03.2019 14:20:06 (GMT) $M_L=1.5$ yapay olayına uygulanan KZFD sonucu gösterilmektedir. GS yöntemi sonucu Şekil 4.40'da gösterilmektedir.



Şekil 4.40. RHAN istasyonu GS yöntemi için doğal (EQ=deprem) ve yapay (QB=patlama) olay sonucu.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, 2017-2020 yılları arasında kaydedilen yerel büyüklükleri $1.0 \leq M_L \leq 3.0$ olan Doğu Anadolu bölgesinde AFAD'ın işletmekte olduğu zayıf yer hareketi istasyonlarından 16 tanesi için 1324 dalga formu kullanılarak ayırma ve sınıflandırma analizi yapılmıştır. Kullanılan sinyaller P-S dalgalarının seçiminin kalitesine, veri kaybı, sayısallaştırma hatası gibi durumlara dikkat edilerek seçilmiştir. Sinyaller üzerinde yöntem uygulamaları için P (P varış), S (S başlangıç) ve F (sinyal bitişi) işaretlemeleri yapılarak Genlik Oran, Karmaşıklık, Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü ve Güç Spektrumu sonuçları elde edilmiştir. KZFD yöntemi için sinyalin P varış noktasından birkaç sn öncesi ve F bitiş sinyalin bitişi olarak iki nokta seçimi yapılmıştır ve elde edilen görüntüde P ve S dalga genlik dağılımları gözlenerek tahminde bulunulmuştur. KZFD yöntemi için değişken pencereler kullanılmıştır. GS için yine sinyalde P başlangıç ve F bitiş olarak iki nokta seçimi yapılmış ve bu aralıktaki sinyalin 1-50 Hz deki enerji değişim görüntüleri elde edilmiştir. Kullanılan istasyonlarda 23 ile 103 arası veri seçimi yapılmıştır. Çalışma öncesi istasyon başına 100 veri seçimi hedeflenmiş ve %20'sinin yapay kaynaklı olması gerekmekte iken çalışma sırasında her istasyonda yeterli veriye ulaşılamadığından 5 adet istasyonda sınıflandırmalar gözlemsel olarak belirlenen ilk tahmin üzerinden yapılmıştır ve GS-KZFD yöntemleri uygulanmıştır. 10 istasyonda dört yöntem uygulama ve Lineer-Karesel Analiz grafikleri çizdirilmiştir. KAH istasyonunda ise kullanılabilir veri olmadığı için hiçbir sonuca ulaşılamamıştır. Şekil 5.41'de bölgenin aktif fay üzerinde deprem ve patlatma dağılımı ve Şekil 5.42'de ise pafta bazlı sonuç dağılımları gösterilmektedir. 16 istasyonda analizi yapılan 1324 adet olayın ilk tahmin ile 943 doğal ve 381 yapay olarak belirlenirken, yöntem uygulamalarından sonra 954 doğal ve 370 yapay olarak sonuçlanmıştır. Genlik oran, Karmaşıklık, KZFD ve GS yöntemleri ile ayırma yapmak için MATLAB programı kullanılmıştır. Her yöntem için ayrı ayrı yazılan kodlar ile analiz yapılmıştır. Haritalar GMT programı ile hazırlanmıştır.

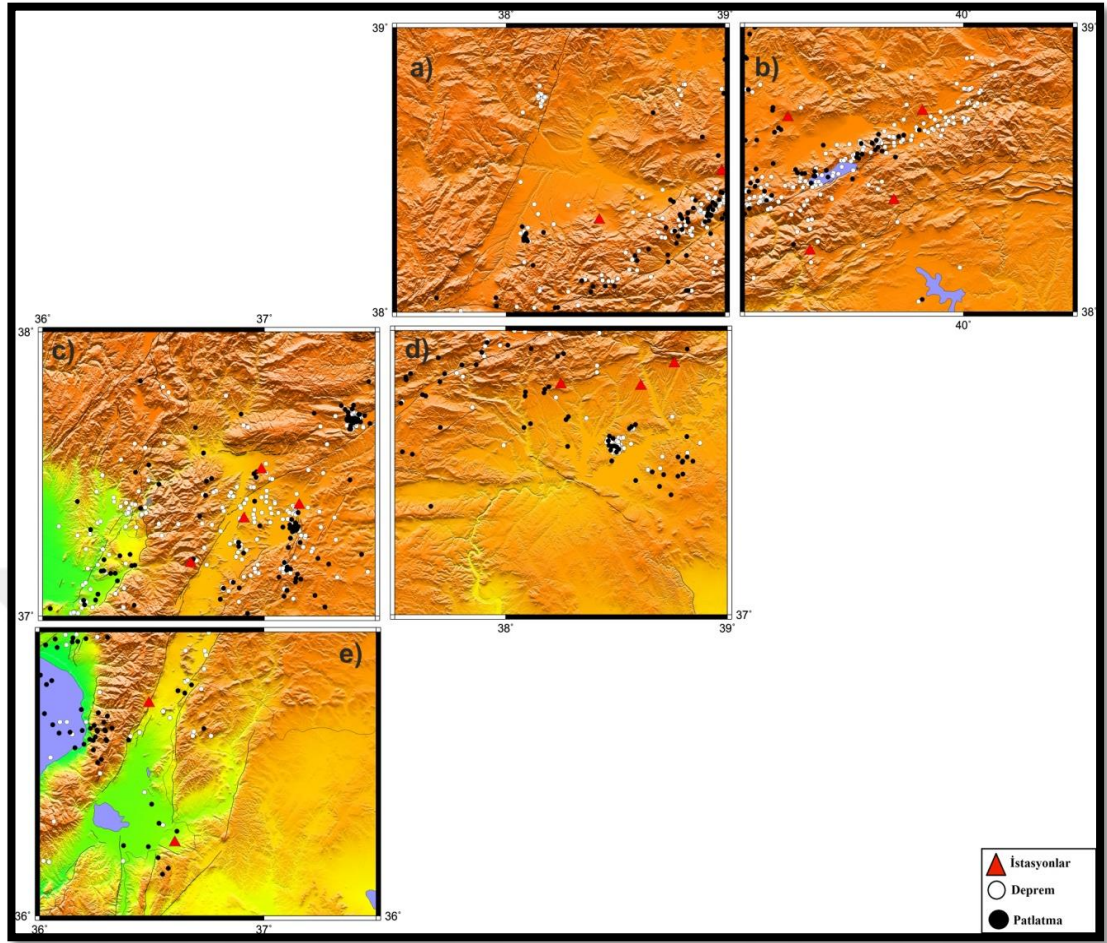


Şekil 5.41. Çalışmada kullanılan tüm olayların ayırma analiz sonucu deprem ve patlatma dağılım haritası.

Yöntemlere ait sonuçlar ilk tahminde belirlenen sonuç ile kıyaslanmış ve her yöntemin başarı oranı hesaplanmıştır. Genlik Oran'ın Karmaşıklık yöntemine göre daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. İstatistiksel yaklaşımlardan Genlik Oran Karesele Ayırma Analizinin Lineer ayırma göre daha başarılı sonuç verdiği tespit edilmiştir. KZFD yöntemi, GS yöntemine göre daha güvenilir sonuç vermektedir.

Diğer yöntemlerde daha az başarı oranına sahip olan spektral yöntemlerin gürültü, uzaklık, enerji miktarı ve jeolojik yapıdan kaynaklıdır. Bütün yöntem uygulamalarında en başarılı analiz Genlik Oran yöntemine uygulanan Karesele ayırma analizidir. Güç Spektrumu %96'lık başarı oranı ile NAR istasyonunda diğer istasyonlara göre en yüksek başarı sonucuna sahiptir. KHMR ve KOVA istasyonlarına uygulanan KZFD ve GS yöntem başarı oranı değeri %100'dür.

Bu çalışma sonucunda, kullanılan AFAD'ın deprem ve patlatma kataloglarının oluşturulmasında doğal ve yapay sarsıntı ayırma dikkat edilmesi önerilmektedir. Patlatma kataloglarında genellikle gürültü oranı fazla, P-S faz okumaları yapılamayan ya da arızalı istasyon kayıtlarının fazla olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.42. Çalışmada kullanılan olayların deprem ve patlama dağılımı MTA diri Fay haritası pafta bazlı sonuç dağılım haritaları. (a)Malatya Paftası b)Elazığ Paftası c)Gaziantep Paftası d)Şanlıurfa Paftası e)Antakya Paftası).

Doğu Anadolu bölgesinde taş ocağı ve maden sahalarının zenginliği ve yerleşim alanlarına yakın işletmelerin bulunması, yer altı ve üstü inşaat çalışmalarının olması, yine bölgede bulunan DAF sisteminin aktif mikrosismik aktivitesi göz önünde bulundurulduğunda yapılan çalışmanın önemini ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda doğal ve yapay sarsıntılarının gelecekteki katalog çalışmalarını etkileyeceğinden kurumların bu durumu dikkate almaları ve ayırıştırma çalışmalarına önem göstermeleri önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Aki K., Discriminating underground explosions from earthquakes using seismic coda waves, *University of Southern California Los Angeles Center for Earth Sciences*, 1995.

Allmann B. P., Shearer P. M., Hauksson E., Spectral discrimination between quarry blasts and earthquakes in Southern California, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 2008, **98**(4), 2073-2079.

Arai N., Yosida Y., Discrimination by short-period seismograms, *International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute (IISEE)*, 2004, Lecture Note, Global Course, Tsukuba, Japan, p. 10.

Arpat E., Şaroğlu F., Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlem ve düşünceler, *MTA Dergisi*, 1972, 78, 44-50.

Arpat E., Şaroğlu F., Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 1975, **18**(1), 91-101.

Bennett T. J., Barker B. W., McLaughlin K. L., Murphy J. R., Regional discrimination of quarry blasts, earthquakes and underground nuclear explosions, *S-CUBED LA JOLLA CA*, 1989.

Bilgin H. A., Açık İşletmelerde patlatma sorunları ve tasarımı, *TKİ Genel Müdürlüğü Yayını, ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü Seminerleri*, Seminer No : 2, Ankara, 1986.

Bregman Y., Lindenbaum O., Rabin N., Array Based earthquakes-explosion discrimination using diffusion maps, *Pure and Applied Geophysics*, 2020.

Cohen L., *Time-Frequency Analysis*, Prentice Hall, 1995.

Fisher R. A., 138: The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems, 1936.

Gabor D., Theory of communication. Part 1: The analysis of information, *Journal of the Institution of Electrical Engineers – Part III: Radio and Communication Engineering*, 1946, **93**(26), 429-441.

Gitterman Y., Pinsky V., Shapira, A., Spectral classification methods in monitoring small local events by the Israel Seismic Network, *Journal of Seismology*, 1998, **2**(3), 237-256.

Gitterman Y., Pinsky V., Shapira A., Spectral discrimination analysis of Eurasian nuclear tests and earthquakes recorded by the Israel Seismic Network and The NORESS Array, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 1999, **113**(1-4), 111-129.

Hedlin M. A., Minster J. B., Orcutt J. A., The time-frequency characteristics of quarry blasts and calibration explosions recorded in Kazakhstan, USSR, *Geophys J. Int.*, 1989, **99**(1), 109-121.

Horasan G., Güney A. B., Küsmezer A., Bekler F., Öğütçü Z., Musaoğlu N., Contamination of seismicity catalogs by quarry blasts: An example from Istanbul and its vicinity, Northwestern Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 2009, **34**(1), 90-99.

Kafka A. L., Rg as a depth discriminant for earthquakes and explosions: a case study in New England, , *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1990, **80**(2), 373-394.

Ketin İ., Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, *MTA dergisi*, 1966, **66**(20).

Kim W. Y., Simpson D. W., Richards P. G., Discrimination of earthquakes and explosions in The Eastern United States using regional high-frequency data, *Geophysical Research Letters*, 1993, **20**(14).

Kim S., Chapter Four Difference between micro-earthquakes and artificial explosions on the basis of frequency contents1 So Gu Kim And Yong-Cheol Park., *Forensic Explosion Seismology: Technologies and Applications*, 2020, **78**.

Kim S., Lee K., You K., Seismic discrimination between earthquakes and explosions using support vector machine, *Sensors*, 2020, **20**(7), 1879.

Kiszely M., Discrimination of quarry blasts from earthquakes using spectral analysis and coda waves in Hungary, *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 2001, **36**(4), 439-448.

Kiszely M., Discrimination of small earthquakes from quarry blasts in The Vértes Hills, Hungary using complex analysis, *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 2009, **44**(2), 227-244.

Musil M., Plešinger A., Discrimination between local microearthquakes and quarry blasts by multi-layer perceptrons and kohonen maps, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1996, **86**(4), 1077-1090.

Perinçek D., Bitlis metamorfitlelerinde volkanitli Trias, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 1980, **22**(2), 201-211.

Sertçelik F., Başer O., Güney Ege Bölgesi'nde yapay ve doğal kaynaklı titreşimlerin ayırt edilmesi, *Yerbilimleri*, 2010, **31**(3), 141-168.

Su F., Aki K., Biswas N. N., Discriminating quarry blasts from earthquakes using coda waves, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1991, **81**(1), 162-178.

Şaroğlu F., Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler; jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 1981, **24**, 39-50.

Şengör A. M. C., Kidd W. S. F., Post-Collisional tectonics of the Turkish-Iranian plateau and a comparison with Tibet, *Tectonophysics*, 1979, **55**(2-3), 361-376.

URL - 1: <https://deprem.afad.gov.tr/ddakatalogu> (Ziyaret Tarihi: 15 Mart 2021).

Wiemer S., Baer M., Mapping and removing quarry blast events from seismicity catalogs, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 2000, **90**(2), 525-530.

Wüster J., Discrimination of chemical explosions and earthquakes in central Europe a case study, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1993, 83(4), 1184-1212.

Yavuz E., Afad zayıf yer hareketi istasyonları bazlı doğal ve apay kaynaklı sarsıntı ayırımının yapılması ve kaynak türünü belirleyen yazılım algoritmasının tasarlanması, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2021, 668276

Yavuz E., Sertçelik F., Livaoğlu H., Irmak T. S., Gaziantep-Kahramanmaraş Bölgesinde meydana gelen deprem ve taş ocağı patlatmalarının zaman ve frekans ortamı yöntemleri ile sınıflandırılması, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2019, **8**(2), 642-651.

Yıldırım E., Gülbağ A., Horasan G., Doğan E., Discrimination of quarry blasts and earthquakes in the vicinity of Istanbul using soft computing techniques, *Computers and Geosciences*, 2011, **37**(9), 1209-1217.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Gözsüz S.**, Yavuz E., Irmak T. S., Doğu Anadolu Fayı Çevresinde Meydana Gelen Doğal ve Yapay Sarsıntıların Ayrımı, *5. Uluslararası Marmara Fen Bilimleri Kongresi*, Kocaeli, Türkiye, 4-5 Aralık 2020.



ÖZGEÇMİŞ

Lise eğitimini Kahramanmaraş'ta Gülizar Şamil Aktaş Anadolu Lisesinde tamamladı. Gümüşhane Üniversitesi Doğa Bilimleri Fakültesi Jeofizik Mühendisliği bölümünde 2017 yılında lisans eğitimini tamamlayıp mezun oldu. 2019 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doç.Dr. Tahir Serkan IRMAK danışmanlığında Yüksek lisans programına başladı.

