

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KÜTAHYA VE ÇEVRESİNDE DEPREM VE YAPAY SARSINTI  
KAYITLARININ AYRIMLAŞTIRILMASI VE İSTASYON BAZLI  
DENKLEM SİSTEMLERİNİN OLUŞTURULMASI**

**BAHAR TÜRKYILMAZ**

**KOCAELİ 2021**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KÜTAHYA VE ÇEVRESİNDE DEPREM VE YAPAY SARSINTI  
KAYITLARININ AYRIMLAŞTIRILMASI VE İSTASYON BAZLI  
DENKLEM SİSTEMLERİNİN OLUŞTURULMASI**

**BAHAR TÜRKYILMAZ**

**Prof.Dr. Fadime SERTÇELİK**  
**Danışman, Kocaeli Üniv.**

.....

**Prof.Dr. Gündüz HORASAN**  
**Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.**

.....

**Doç.Dr. Tahir Serkan IRMAK**  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.**

.....

**Tezin Savunulduğu Tarih: 02.02.2021**

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, doğal ve yapay kaynaklı sarsıntı kayıtlarının ayırmlaştırılması için yapılmıştır.

Tez çalışmamda desteğini esirgemeyen, çalışmalarına yön veren, bana güvenen ve yüreklendiren danışmanım Sayın Prof. Dr. Fadime SERTÇELİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın tüm aşamalarında bilgi ve destekleriyle katkıda bulunan Sayın Dr.Evrım YAVUZ'a teşekkür ediyorum.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca görüşleri ile çalışmalarına katkıda bulunan, karşılaştığım her zorlukta desteğini ve zamanını esirgemeyen Deprem İzleme ve Değerlendirme Çalışma Grubu Başkanım Sayın Jeofizik Yüksek Mühendisi Meltem TÜRKOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Akademik çalışmalarım sırasında, birçok aşamada beni destekleyen AFAD – Deprem Dairesi, başta Daire Başkanım Sayın Dr. Murat NURLU olmak üzere tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Hayatım boyunca bana güç veren en büyük destekçilerim, her aşamada sıkıntılarımı ve mutluluklarımı paylaşan en başta sevgili kızım Ceren Türkyılmaz, değerli eşim Umut TÜRKYILMAZ, babam, annem ve kardeşlerime teşekkürlerimi sunarım.

Ocak – 2021

Bahar TÜRKYILMAZ

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT .....	xi
GİRİŞ .....	1
1. GENEL BİLGİLER .....	6
1.1. Deprem Nedir .....	6
1.2. Depremın Oluş Nedenleri ve Türleri.....	6
1.2.1. Odak noktası (Hiposantr).....	9
1.2.2. Dış merkez (Episantr) .....	9
1.2.3. Odak derinliği .....	10
1.2.4. Magnitüd.....	11
1.3. Sismik Dalgalar .....	12
2. AYRIM METOTLARI VE DİĞER YÖNTEMLER .....	17
2.1. Ayrım Metotları.....	17
2.1.1. Konum (Lokasyon) .....	17
2.1.2. Derinlik .....	18
2.1.3. $A_S / A_P$ - LogS ile karşılaştırılması .....	18
2.1.4. Karmaşıklık- Spektral oran (C-Sr).....	19
2.1.5. Kısa zamanlı Fourier Dönüşümü ile ayırma .....	20
2.1.5.1. Zaman-frekans ayrışımı.....	20
2.1.5.2. Kısa zamanlı Fourier Dönüşümü.....	22
2.1.6. Güç spektrumu ile ayırma .....	23
2.1.7. Diğer yöntemler .....	24
2.1.7.1. İlk hareket yönünün kullanılması .....	24
2.1.7.2. S dalgalarının gözlemlenmesi.....	25
2.1.7.3. Frekans içeriği .....	25
3. BÖLGENİN JEOLojİSİ VE TEKTONİĞİ.....	26
4. DEPREM VE YAPAY SARSINTI KAYITLARININ AYRIM ANALİZİ .....	28
4.1. Veriler ve Yöntemler.....	28
4.2. Çalışma Alanı ve Verilerin İşlenmesi .....	30
4.3. Ayırma Yöntemlerinin Uygulanması ve İstasyon Bazlı Ayrım Denklemlerinin Elde Edilmesi.....	32
4.3.1. Kütahya Domaniç - DOMA istasyonu için ayırma denklemlerinin elde edilmesi, analiz sonuçları.....	34
4.4. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) Uygulanması.....	37
4.5. Güç Spektrumu Uygulanması .....	40
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR .....	42
KAYNAKLAR .....	56
EKLER.....	58

KİŞİSEL YAYIN ESERLER.....	122
ÖZGEÇMİŞ .....	123



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Yer kabuğu hareketinin şematik anlatımı .....	6
Şekil 1.2.	Odak noktası, dış merkez ve sismik deprem dalgalarının yayılışı.....	9
Şekil 1.3.	P dalga ilerleme yönü.....	13
Şekil 1.4.	S Dalga ilerleme yönü.....	14
Şekil 1.5.	Rayleigh dalga hızı 3 boyutlu gösterimi .....	15
Şekil 1.6.	Love dalga hızı 3 boyutlu gösterimi .....	15
Şekil 1.7.	Heterojen ortam .....	15
Şekil 1.8.	Derine inildikçe hızları artan heterojen ortam .....	16
Şekil 2.1.	DEMİ istasyonunda kaydedilen (02.11.2019 ,08:05:14(UTC) MI:2,1 Kütahya Simav) depremin merkez üssü .....	18
Şekil 2.2.	a) İki sinüzoidalın toplamından oluşan zaman serisi, b) genlik spektrumu .....	21
Şekil 2.3.	Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü yönteminde zaman serisinin pencere fonksiyonu ile çarpılması ve Fourier Dönüşümü' nün alınması .....	23
Şekil 2.4.	DEMİ istasyonuna ait 02.11.2019 08:05 (T.S.) tarihli (MI:2,1 Kütahya Simav) deprem kayıt örneği E,N,Z Bileşeni.....	24
Şekil 2.5.	A) DOMA istasyonu 03.03.2018 11:10 (UTC) tarihli MI 1,9 Kütahya Simav deprem kaydı B) DOMA istasyonu 02.03.2018 09:57 tarihli 09:45 (UTC) tarihli MI1.8 Kütahya Tavşanlı patlatma kaydı .....	25
Şekil 3.1.	Simav ve çevresinin jeolojisi .....	27
Şekil 3.2.	Kütahya ilini etkileyen tektonik yapılar.....	27
Şekil 4.1.	AFYO, ANDZ, AUKIR, AUSIV, BILE, BNAZ, BYAT, DEMI, DOMA, EMET, GDZ, KURO, SGAZ, ULDT, USAK, AUBOZ, AUKUT, AUMIH, SIMV, BORA, ERE, DURS istasyonları ve 2017-2019 tarihleri arasında büyüklüğü $M_l \leq 2,5$ (Magnitüd) olan çalışmada kullanılmış olan verilerin dağılımı .....	29
Şekil 4.2.	Çalışma alanı Kütahya Tunçbilek Taş ocağı ve $M_l \leq 2,5$ patlatma kayıtlarının lokasyonlarını gösterir uydu görüntüsü .....	29
Şekil 4.3.	Çalışma yapılan alanda, meydana gelmiş olan sismik olayların yıllara göre değişimi.....	31
Şekil 4.4.	2017-2019 yılları arası sismik olay sayılarının saatlik değişimi.....	31
Şekil 4.5.	Verilerin zamansal dağılımı .....	32
Şekil 4.6.	DOMA istasyonuna ait sismik veriler kullanılarak en büyük S dalgası genliğinin en büyük P dalgası genliğine olan oranının, en büyük S dalgası genliğinin logaritmasına karşılık lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ile çizdirilen dağılım grafiği .....	35
Şekil 4.7.	DOMA istasyonuna ait sismik veriler kullanılarak en büyük S dalgası genliğinin en büyük P dalgası genliğine olan oranının, en büyük S dalgası genliğinin logaritmasına karşılık gelen karesel ayırma fonksiyonu (KAF) ile çizdirilen dağılım grafiği .....	35

Şekil 4.8. DOMA istasyonunun sismik veri kayıtları kullanılarak düşey bileşen hız sismogramının güçlerinin oranı ile hesaplanan karmaşıklık (C) nin, spektral oran (SR) ye karşılık lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) ile çizdirilen dağılım grafiği .....	36
Şekil 4.9. DOMA istasyonunun sismik veri kayıtları kullanılarak düşey bileşen hız sismogramının güçlerinin oranı ile hesaplanan karmaşıklık (C) nin, spektral oran (SR) ye karşılık gelen karesel ayırmaştırma fonksiyonu (KAF) ile çizdirilen dağılım grafiği .....	36
Şekil 4.10. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - DOMA istasyonu 06.01.2018 08:11 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi .....	38
Şekil 4.11. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi – DOMA istasyonu 14.02.2018 09:19 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi .....	39
Şekil 4.12. A) Kütahya Domaniç (DOMA) istasyonu depremlerin Güç Spektrumunun frekansla değişimi B) Kütahya Domaniç (DOMA) istasyonu patlatmaların Güç Spektrumunun frekansla değişimi .....	41
Şekil 5.1. Patlatmalar çıkarıldığında verilerin zamansal dağılımı .....	54

## TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Şiddete karşılık gelen Richter ölçeğine göre magnitüdler .....	12
Tablo 4.1. Çalışma alanı için kullanılan AFAD zayıf yer hareketi istasyonları ile ilgili genel bilgiler .....	30
Tablo 4.2. DOMA istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri .....	37
Tablo 4.3. DOMA istasyonu için 107 adet olayın sınıflandırma sonuçları .....	37
Tablo 5.1. Tüm yöntemler birlikte değerlendirilip istasyon bazlı kayıt edilen olayların kaynak türleri belirlendiğinde istasyonların deprem patlatma sayıları .....	53





## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Genlik
AP	: P dalgasının genliği
AS	: S dalgasının genliği
C	: Karmaşıklık
E	: Sismik enerji
fmax	: Maksimum frekans
h	: Odak derinliği
Hz	: Hertz
km	: Kilometre
Lg	: Yüzey dalgası fazı
M	: Magnitüd
mb	: Cisim dalgası magnitüdü
Md	: Süreye bağlı magnitüd
ML	: Lokal magnitüd
MS	: Yüzey dalgası magnitüd
P	: Cisim dalgası (P dalgası)
pP, sP	: Derinlik fazları
Pn	: Kabuk manto sınırında ilerleyen P dalgası
PcP, ScP	: Çekirdekten yansıyan derinlik fazları
Rg	: Rayleigh dalgası
S	: Cisim dalgası (S dalgası)
Sr	: Spektral
Sn	: Kabuk manto sınırında ilerleyen S dalgası
T	: Periyot
$\mu$	: Rijidite
Vp	: P Dalga Hızı (m/sn)
$\lambda$	: Dalga Boyu
$\rho$	: Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )
E	: Young Modülü (N/m <sup>2</sup> )
$\sigma$	: Poisson oranı olarak tanımlanır.

### Kısaltmalar

AFAD	: T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AFYO	: AFAD Afyon zayıf yer hareketi istasyonu
ANDZ	: AFAD Kütahya Andız zayıf yer hareketi istasyonu
AUBOZ	: AFAD Bilecik Bozüyük zayıf yer hareketi istasyonu
AUKIR	: AFAD Anadolu Üniversitesi Kırka Eskişehir zayıf yer hareketi ist.
AUKUT	: AFAD Kütahya Anadolu Üniversitesi zayıf yer hareketi istasyonu
AUMİH	: AFAD Eskişehir Mihaliççık zayıf yer hareketi istasyonu
AUSIV	: AFAD Eskişehir Sivrihisar zayıf yer hareketi istasyonu

BILE	: AFAD Bilecik zayıf yer hareketi istasyonu
BNAZ	: AFAD Uşak Banaz zayıf yer hareketi istasyonu
BORA	: AFAD Eskişehir Borabey Göleti zayıf yer hareketi istasyonu
BYAT	: AFAD Afyon Bayat zayıf yer hareketi istasyonu
DEMI	: AFAD Manisa Demirci zayıf yer hareketi istasyonu
DOMA	: AFAD Kütahya Domaniç zayıf yer hareketi istasyonu
DURS	: AFAD Balıkesir Dursunbey zayıf yer hareketi istasyonu
EMET	: AFAD Kütahya Emet zayıf yer hareketi istasyonu
ERE	: AFAD Bursa Orhaneli Erenler Köyü zayıf yer hareketi istasyonu
GDZ	: AFAD Kütahya Gediz zayıf yer hareketi istasyonu
KAF	: Karesel ayırmaştırma fonksiyonu
KURO	: AFAD Afyon Bolvadin Kurucaova Köyü zayıf yer hareketi istasyonu
KZFD	: Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü
LAF	: Lineer ayırmaştırma fonksiyonu
QNN	: Quadratic Neural Networks (Kuadratik Sinir Ağları)
SGAZ	: AFAD Eskişehir Seyitgazi zayıf yer hareketi istasyonu
SIMV	: AFAD Kütahya Simav zayıf yer hareketi istasyonu
ULDT	: AFAD Bursa Uludağ Kestel Türk Telekom zayıf yer hareketi ist.
USAK	: AFAD Uşak zayıf yer hareketi istasyonu
YSA	: Yapay sinir ağı

## KÜTAHYA VE ÇEVRESİNDE DEPREM VE YAPAY SARSINTI KAYITLARININ AYRIMLAŞTIRILMASI VE İSTASYON BAZLI DENKLEM SİSTEMLERİNİN OLUŞTURULMASI

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Kütahya ve çevresinde doğal ve yapay kaynaklı olaylar ayırt edilerek deprem kataloglardaki tanımlamanın net olarak ortaya konulmasıdır. Çalışma kapsamında, İçişleri Bakanlığı AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından işletilen AFYO, ANDZ, AUKIR, AUSIV, BILE, BNAZ, BYAT, DEMI, DOMA, EMET, GDZ, KURO, SGAZ, ULDT, USAK, BORA, DURS deprem kayıt istasyonları tarafından kayıt edilen lokal büyüklüğü  $M_l \leq 2,5$  ve 2017-2019 yılları arasında meydana gelen 1286 adet sismik olayın düşey bileşeni kullanılmıştır. Her bir istasyon için analiz edilen olay sayısı 50 – 130 arasında değişmektedir. Ayırt etme işleminde basit yöntemlerin yanısıra Genlik Oranı yöntemi(As/Ap), Karmaşıklık- Spektral Oranı yöntemleri uygulanmıştır. Bu yöntemlerle elde edilen değişkenler için doğrusal ayırma ve karesel ayırma fonksiyonları (LAF-KAF) kullanılarak deprem ve patlatma etkinlikleri birbirinden ayırt edilmiştir. Ayrıca bu yöntemlere ek olarak tüm verilerin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) ve Güç Spektrumlarının (GS) analiziyle deprem patlatma ayırma yapılmaya çalışılmıştır. Tüm yöntemler kullanılarak yapılan ayırım analizi sonucunda toplam 1284 adet sismik olayın 910 tanesi deprem, 374 tanesi ise patlatma olarak belirlenmiştir. Deprem kayıt istasyonlarının 15 inde kayıt edilen verilere bütün yöntemler uygulanmış ve istasyon bazlı ayırma fonksiyonları hesaplanmıştır. Çalışma da en az 10 patlatma kaydetmiş istasyonlar için denklem sistemleri oluşturulmuştur. Ayırma fonksiyonları elde edilemeyen ANDZ ve AUKIR deprem istasyonlarında ise sadece KZFD ve GS yöntemleri uygulanarak analizler yapılmıştır. ANDZ ve AUKIR istasyonlarında ise veri sorunu nedeniyle deprem patlatma ayırma analizi yapılması olanaksız olmuştur. Tüm yöntemlerin uygulandığı istasyonlar için olayların ilk tahmin ile kıyaslaması yapıldığında elde edilen başarı oranları, As/Ap-logS yöntemi için LAF'da %,82 ile %,89, KAF'da ise %,82 ile %,89 arasında değişmektedir. C-Sr(Karmaşıklık) yöntemi uygulamasında ise LAF başarı oranı %,79 ile %,92, KAF'da ise %,80 ile %,92 arasında değişmektedir. KZFD yönteminde ise başarı oranı %,51 ile %,96 arasında değişirken, GS yönteminde ise başarı oranı %,44 ile %,82 arasında değişmektedir. Genlik oranı yöntemi ve karmaşıklık yöntemleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde genlik oranı veya karmaşıklık analizlerinin birbirine olan üstünlüğü bulunamamıştır. Sonuçlar ilk gözlem ile kıyaslandığında KAF'ın LAF'a göre daha iyi bir sınıflandırma sunduğu gözlenmiştir. Depremlerin güç spektrumlarının frekansla değişiminin, patlatmalara oranla daha az olduğu, bu azalmanın patlatmalarda 6 – 7,5 Hz , depremlerde 10 Hz den sonra belirginleştiği gözlenmiştir. Ayrıca yapay kaynaklı verilerin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümleri incelendiğinde, frekans ve genlik yoğunluğunun kısa zaman aralığında, deprem verilerinde ise enerji yoğunluğu daha geniş zaman diliminde belirgin bir şekilde gözlenmiştir. Bu çalışma sonucunda Kütahya ve çevresi gibi özellikle sismik şebekenin yoğun olduğu, tektonik yönden aktif ve maden, taş ocağı, yol tünel

çalışmaları vb nedenlerle yapay patlatmaların yapıldığı bölgelerde, sarsıntı kaynağının belirlenmesine yönelik birden fazla yöntem uygulanması, ayırt etme çalışmalarında başarıyı arttırdığı ve mutlaka bu ayırım işlemlerinin yapılması gerektiği, bölgeler için yapılacak olan sismo tektonik çalışmalarında daha güvenilir verilerin kullanılması açısından büyük önem arz etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ayrımlaştırma Fonksiyonları, Deprem, Kütahya, Taş Ocağı Patlatması.



## **DISCRIMINATION OF EARTHQUAKE AND ARTIFICIAL QUAKE RECORDS IN KÜTAHYA SURROUNDINGS AND DETERMINATION OF STATION-BASED EQUATION SYSTEMS**

### **ABSTRACT**

The aim of this study is to distinguish between natural and artificial events in Kütahya surroundings and to provide a clear definition of the earthquake catalogs. Within the scope of the study, it is registered by AFYO, ANDZ, AUKIR, AUSIV, BILE, BNAZ, BYAT, DEMI, DOMA, EMET, GDZ, KURO, SGAZ, ULDT, USAK, BORA, DURS earthquake recording stations operated by the Ministry of Interior AFAD Earthquake Department, the vertical component of 1286 seismic events that occurred between 2017-2019 with a local magnitude of  $M_l \leq 2,5$  were used. The number of events analyzed for each station ranges from 50 to 130. In the discrimination process, besides the simple methods, the Amplitude Ratio method ( $A_s / A_p$ ), Complexity-Spectral Ratio methods were used. For the variables obtained by these methods, the earthquake and artificial quake activities were distinguished from each other by using linear and quadratic separation functions (LDF-QDF). In addition to these methods, the discrimination of earthquake and artificial quake has been tried to be made by using Short Time Fourier Transform (STFT) and Power Spectrum (PS) analysis of all data. As a result of the discrimination analysis using all methods, 910 of 1284 seismic events were determined as earthquakes and 374 as artificial quakes. All methods are applied to the data recorded in 15 of the earthquake recording stations and station-based discrimination functions are calculated. In the study, equation systems were created for stations that recorded at least 10 blasts. In earthquake stations where the discrimination functions cannot be obtained, analyzes were made by applying only STFT and PS methods. In ANDZ and AUKIR stations, it was impossible to perform earthquake and artificial quakes discrimination analysis due to data problems. When the events are compared with the first estimation for the stations where all methods are applied, the success rates obtained vary between 82% and 89% in LDF for the  $A_s / A_p$ -logS method and between 82% and 89% in the QDF. In the application of the C-Sr (Complexity) method, the success rate of LDF varies between 79% and 92%, and in QDF between 80% and 92%. The success rate in the STFT method varies between 51% and 96%, while the success rate in the PS method varies between 44% and 82%. When the amplitude ratio method and complexity methods are evaluated within themselves, the superiority of the amplitude ratio or complexity analysis has not been found. When the results are compared with the first observation, it was observed that QDF offers a better classification than LDF. It has been observed that the change of power spectrum of earthquakes with frequency is less than artificial quakes, and this reduction becomes evident after 6 – 7,5 Hz in artificial quakes and 10 Hz in earthquakes. In addition, artificial quake data when Short Time Fourier Transforms are examined while frequency and amplitude density are observed in a small time

interval, it was concluded that the energy in earthquakes continues its intensity in a larger time period. As a result of this study, applying more than one method to determine the quake source in areas such as Kütahya and its surroundings where the seismic network is intense, tectonically active and artificial quakes due to mines, stone quarries, road tunnel works, etc. it is of great importance in obtaining reliable results in the studies to determine the seismo-tectonic structures of the regions where it should be done.

**Keywords:** Discriminant Functions, Earthquake, Kütahya, Quarry Blast.



## GİRİŞ

Ülkemizde artan nüfus göz önüne alındığında konut üretimine, sanayi ve alt yapı çalışmalarına bağlı olarak yapay sarsıntı çalışmalarında artış olduğu görülmektedir. Yapay sarsıntı çalışmaları esnasında üretimin, şehirleşme açısından gerekli olan alt yapı hizmetlerini aksatmayacak, kontrollü yapay sarsıntı çalışmalarına izin verebilecek ve yerleşim birimlerine zarar vermeyecek şekilde sürdürülmesi gerekmektedir.

Artan yapay sarsıntı çalışmaları sismik kayıtçılar tarafından kaydedilmekte ve deprem kataloglarında yer almaktadır. Deprem kataloglarında karışıklığa neden olmaktadır. Bu durum sismik ve sismolojik çalışmalar açısından hatalara sebebiyet vermektedir. Kataloglardaki bu karmaşayı çözümlenmek amacı ile doğal ve yapay kaynaklı sarsıntı olaylarının birbirinden ayrılması çok büyük önem arz etmektedir.

Kataloglardaki bu karmaşıklığı önlemek amacı ile deprem ve patlatma kayıtlarını çeşitli yöntemlerle ayırtmak gerekir. Ayırım analizi yapılırken birden fazla yöntemin birlikte uygulanması gerekir.

Doğal ve yapay kaynaklı sarsıntıların ayırımı analizleri birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır. Sismologlar, yeraltı nükleer patlamalarını moment tensör ters çözüm, yüksek frekanslı P / S genlik oranları, Mb,Ms karşılaştırmaları ve P-pP diferansiyel seyahat süreleri kullanarak daha sık meydana gelen depremlerden ayırırlar. Bu yöntemler genellikle bölgesel-teleseismik mesafelerde (> 150 km) kaydedilen büyük sismik olaylar ( $M > 3-4$ ) için başarılıdır; ancak, yalnızca yerel mesafelerde (<150 km) kaydedilen küçük olaylarda ( $M < 3$ ) çalışmak üzere değiştirilip değiştirilemeyecekleri açık değildir. Del Pezzo ve diğerlerinin (2003) yaptığı çalışmada Flegraeon Sahalarındaki (İtalya) patlamadan kaynaklanan yapay sismik olayları ve yerel depremleri ayırt edebilen otomatik bir sistemin uygulanmasını göstermişlerdir. Ayırtma sistemi Yapay Sinir Ağına dayanmaktadır ve iki modülden oluşmaktadır. Birincisi sismogram izlerinin çıkarılması ve sismik olayların iki sınıfa ayrılması olarak ikiye ayrılmıştır. Özellik çıkarımı (ön işleme aşaması) için, geleneksel

Fourier spektral analizi yerine, Doğrusal Tahmin Kodlama (LPC-Linear Prediction Coding) algoritmasını kullanmışlardır. Test setinde sinir ağı, ağın genelleme konusunda iyi bir yeteneğini gösteren% 92'lik bir sınıflandırma performansı verdiğini belirtmişlerdir.

Napoli ve diğ. (2015), geleneksel  $M_s : M_b$  ayırım yöntemini, yoğun ağlar içindeki depremler ve patlamaları ayırt etmenin mümkün olduğunu ancak küçük depremlerin ayırmaştırılmasında analizlere ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Napoli ve diğ. (2015), tek istasyonlardan gelen mevcut bilgileri en üst düzeye çıkarmak ve ardından büyüklük tahminlerini ağ ortalamalarında birleştirmek için tasarlanmış birleşik bir Rayleigh ve Love dalgası büyüklük ölçeği ( $M_s U$ ) geliştirdi.

Sarı Deniz (Yellow Sea) ve Kore Yarımadası bölgesinde yer alan 39 depreme ( $3,21 < M_w < 5,08$ ) ve üç Kuzey Kore nükleer testine ( $4,1 < m_b < 5,1$ )  $M_s U$  uygulanmıştır.  $M_s U$ ,  $M_b$ 'yi ayırıcı olarak kullanarak, Kore Yarımadası'ndaki uygulamada gösterildiği gibi, seyrek ağlarda küçük depremler ve patlamaların ayırımında bir artış ve tanımsız değerlerde önemli bir azalma meydana getirmiştir.

Soung Eil Houg (2018)  $S / P$  genlik oranlarının azimut dağılımına göre doğal depremler ile patlamalar arasındaki ayırım yapmışlardır. Patlama sismogramları genellikle patlamadan sonra ikincil bir kaynak sinyali veya yayılma sırasında saçılma tarafından üretilen  $S$  dalgalarını içerir. Bu bazen ortalama  $S / P$  oranı ayırımını kullanılarak sismik ayırmaştırma başarısızlığa yol açar. Bu çalışmada araştırmacılar,  $S / P$  genliğinin azimut dağılımına dayalı yeni bir sismik ayırım yöntemi geliştirdiğini bildirmiştir.  $S / P$  genlik oranlarının azimut dağılımının Fourier spektrumları, patlama olaylarının aksine, doğrultu atımlı doğal depremler için güçlü  $90^\circ$  periyodiklik gösterir. Geleneksel ortalama  $S / P$  oranı ayırımını ile karşılaştırıldığında, azimut oran ayırt edicisinin olay büyüklüğüne ortalama orandan daha az duyarlı olduğu da bulunmuştur.

Koper ve diğ. (2020), yakın zamanda önerilen, Amerika Birleşik Devletleri'nin üç bölgesinde kaydedilen depremlerin ve gömülü, tek ateşli kimyasal patlamaların sismogramlarını kullanarak lokal magnitüd (ML) ve koda dalgası magnitüdü (MC) arasındaki fark yakın mesafeli bir sismik kaynak ayırımını değerlendirmişlerdir. ML-MC miktarının daha önce kaynak derinliğine duyarlı olduğu, maden patlamalarını,



indüklenen depremleri ve çok sığ tektonik depremleri daha derin kabuk depremlerinden etkili bir şekilde ayırt ettiği bulunmuştur. Bu çalışmada, daha önce incelenen sismik kaynakların aksine, yeraltı nükleer patlamaları için iyi analoglar olan gömülü, tek ateşli patlamalardan elde edilen verileri kullanan ML-MC nin derinlik ayırıcı ilk değerlendirmelerini sunmuşlardır.

Wang ve diğ. (2020), St. Helens Dağı yakınındaki kontrollü patlamaların ve depremlerin P / S oranlarını kullanarak sismik ayırımı yaptığı çalışmasında; patlamalar ve depremler, bölgesel ve telesismik mesafelerde ( $\geq 200$  km) gözlenen orta büyüklükteki olaylar ( $M \geq 4$ ) için P / S genlik oranları ile etkili bir şekilde ayırt edildiğinden ancak daha kısa mesafelerde gözlenen küçük depremler için P / S oranlarının etkili bir patlama ayırıcıları olup olmadığını araştırmışlardır. Frekans aralığı, mesafe, büyüklük, kaynak derinliği, sismograf sayısı ve yer etkileri dahil olmak üzere P / S oranlarında etkili olduğunu belirtmişlerdir. Yaklaşık 10–18 Hz'lik bir frekans bandı patlamanın neden olduğu S dalgası genlikleri, daha yüksek frekanslarda P'ye göre daha fazla azaldığını ifade etmişlerdir.

Sertçelik ve diğ. (2020), yaptıkları çalışmada; Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun batı kısmının iki kolunu da içeren Doğu Marmara Bölgesi'ndeki sismik depremlerin kaynağının doğal mı yoksa yapay mı olduğunu belirlemeye çalışmışlardır. Genlik oranı, karmaşıklık ve sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemleri uygulanmış; doğrusal ve ikinci dereceden ayırt edici fonksiyonlar (LAF, KAF), tüm dalga formlarına ve bunların sonuçlarına yönelik istatistiksel işlemler için kullanılmıştır. SDD (Sürekli Dalgacık Dönüşümü) analizi diğerlerinden güvenilir sonuçlar verdiği ayrıca genlik oranı yöntemi karmaşıklıktan daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Yavuz ve diğ. (2019), sismik kayıtlarda taş ocağı patlamalarını ve depremleri ayırt etmek için farklı yöntemler uygulamış ve karşılaştırmıştır. Beş farklı yöntem, (1) zaman dağılımı, (2) genlik tepe oranı ( $A_s / A_p - \log(A_s)$ ), (3) karmaşıklık-spektral oran ( $C - S_r$ ), (4) koda dalgası bozunma hızı ( $Q_c$ ), (5) güç spektrum yoğunluğu (PSD) ve iki istatistiksel yaklaşım, doğrusal diskriminant fonksiyon (LDF), ikinci dereceden diskriminant fonksiyon (QDF), tüm sismik olaylar aracılığıyla gerçekleştirilir. Sonuçlar daha sonra dikkatli bir manuel araştırma ile elde edilen "altın standart" ile karşılaştırılır.

Kekovalı ve diğ. (2012) Tunçbilek sahası ile Simav – Emet – Çavdarhisar sahalarına ait sismik sinyallerin zaman ve frekans ortamı analizleri farklı metodlarla gerçekleştirilmiştir. Zaman ortamında uygulanan yöntemde S dalgasına ait en büyük genlik değeri P dalgasına ait en büyük genlik değeri ile oranlanarak ( $S_{max}/P_{max}$ ) elde edilen değerler, en büyük S dalgası genliğinin logaritmasına karşılık ( $\log S_{max}$ ) ilişkilendirilmiştir. Karmaşıklık (C) ve Spektral oran( $S_r$ ) değerleri ile yapılan ayırım yönteminde ise karmaşıklık değerine (C) karşılık sismogramların spektral oranları ( $S_r$ ) ilişkilendirilmiştir. Deprem ve patlatma kaynaklı verilerin zaman-frekans ortamı analizlerinden elde edilen maksimum genlik oranları ( $S_{max}/P_{max}$ ), maksimum S dalga genlik logaritması (Log S), karmaşıklık (C), frekans ortamı spektral oranı ( $S_r$ ) ve güç spektrum değerleri kendi arasında çoklu iterasyona sokularak en yüksek doğrulukla ayırımı gerçekleştiren yeni bir algoritma bu çalışma kapsamında geliştirilmiş olup % 99,4 gibi çok yüksek bir oranda patlatma-deprem verisi ayırımı gerçekleştirilmiştir.

Ceydilek ve Horasan (2019), Manisa ve civarındaki sismik aktiviteleri inceleyerek doğal ve yapay kaynaklı olayları birbirinden ayırt etmişlerdir. Çalışma kapsamında, 2007-2014 yılları arası AFAD deprem kataloğunda yer alan Manisa-Akhisar (AKHS), Manisa-Saruhanlı (BLN), Manisa-Merkez (CAM) ve Manisa-Salihli (KTT) geniş bant istasyonlarında kaydedilen 296 sismik olaya ( $M_d \leq 3,2$ ) ait 411 düşey hız sismogramı kullanılmıştır. Doğrusal ayırmacılık fonksiyonu (DAF) kullanılarak deprem ve patlatma verilerini ayırt etmek için; düşey bileşen hız sismogramlarının maksimum S ve P-dalgası genliklerinin oranı (S/P), sismik olayların kayıt süresi, yukarıdaki dört istasyona ait ortak kayıtların güçlerinin oranı (Karmaşıklık-C) ve spektral oranlar (SR) hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, incelenen 296 sismik etkinliğin 124 tanesinin (%42) patlatma, 172 tanesinin (%58) deprem olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada; Yapay ve doğal sarsıntıların sınıflandırılması amacıyla İçişleri Bakanlığı AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından işletilen AFYO, ANDZ, AUKIR, AUSIV, BILE, BNAZ, BYAT, DEMI, DOMA, EMET, GDZ, KURO, SGAZ, ULDT, USAK, BORA, DURS sismik istasyonlarının kayıtları kullanılmıştır. 2017 ile 2019 yılları arasında meydana gelmiş lokal büyüklüğü 2,5'tan küçük olan 1284 adet olayın ayırım analizi yapılmaya çalışılmıştır. Böylece sismik çalışmalarda kullanılan

deprem kataloglarındaki patlatma (yapay kaynaklı sarsıntı) olaylarına ayırma yapılmış olacaktır.

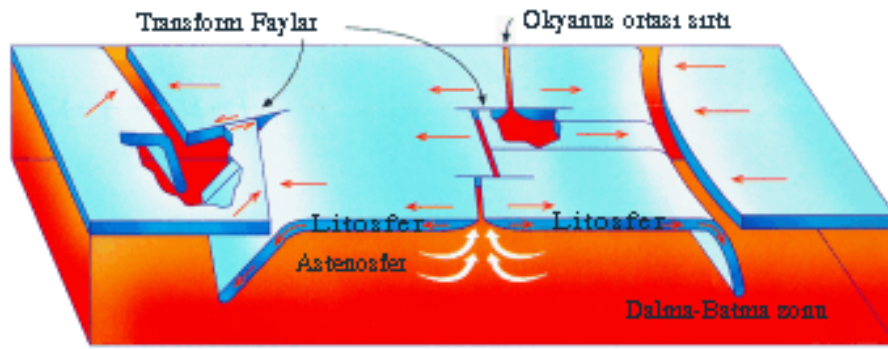


## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Deprem Nedir

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yeryüzeyini sarsma olayına "DEPREM" denir.

Deprem, insanın hareketsiz kabul ettiği ve güvenle ayağını bastığı toprağın da oynayacağını ve üzerinde bulunan tüm yapılarında hasar görüp, can kaybına uğrayacak şekilde yıkılabileceklerini gösteren bir doğa olayıdır.



Şekil 1.1. Yer kabuğu hareketinin şematik anlatımı

### 1.2. Depremi Oluş Nedenleri ve Türleri

Dünyanın iç yapısı konusunda, jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen verilerin desteklediği bir yeryüzü modeli bulunmaktadır. Bu modele göre, yerkürenin dış kısmında yaklaşık 70-100 km kalınlığında oluşmuş bir taşküre (Litosfer) vardır. Kıtalar ve okyanuslar bu taşkürede yer alır. Litosfer ile çekirdek arasında kalan ve kalınlığı 2.900 km olan kuşağa Manto adı verilir. Manto'nun altındaki çekirdeğin Nikel-Demir karışımından oluştuğu kabul edilmektedir. Yerin, yüzeyden derine gidildikçe ısının arttığı bilinmektedir. Enine deprem dalgalarının yerin çekirdeğinde yayılmadığı olgusundan giderek çekirdeğin sıvı bir ortam olması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Manto genelde katı olmakla beraber yüzeyden derine inildikçe içinde yerel sıvı ortamları bulundurmaktadır.

Taşküre'nin altında Astenosfer denilen yumuşak Üst Manto bulunmaktadır. Burada oluşan kuvvetler, özellikle konveksiyon akımları nedeni ile, taş kabuk parçalanmakta ve birçok "Levha"lara bölünmektedir.

Yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirine sürtündükleri, birbirlerini sıkıştırdıkları, birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri bu levhaların sınırları dünyada depremlerin oldukları yerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyada olan depremlerin hemen büyük çoğunluğu bu levhaların birbirlerini zorladıkları levha sınırlarında dar kuşaklar üzerinde oluşmaktadır.

Yukarıda, yerkabuğunu oluşturan "Levha"ların, Astenosferdeki konveksiyon akımları nedeniyle hareket halinde olduklarını ve bu nedenle birbirlerini ittiklerini veya birbirlerinden açıldıklarını ve bu olayların meydana geldiği zonların da deprem bölgelerini oluşturduğunu söylemistik.

Birbirlerini iten ya da diğerinin altına giren iki levha arasında, harekete engel olan bir sürtünme kuvveti vardır. Bir levhanın hareket edebilmesi için bu sürtünme kuvvetinin giderilmesi gerekir.

İtilmekte olan bir levha ile bir diğer levha arasında sürtünme kuvveti aşıldığı zaman bir hareket oluşur. Bu hareket çok kısa bir zaman biriminde gerçekleşir ve şok niteliğindedir. Sonunda çok uzaklara kadar yayılabilen deprem (sarsıntı) dalgaları ortaya çıkar. Bu dalgalar geçtiği ortamları sarsarak ve depremin oluş yönünden uzaklaştıkça enerjisi azalarak yayılır. Bu sırada yeryüzünde, bazen gözle görülebilen, kilometrelerce uzanabilen ve FAY adı verilen arazi kırıkları oluşabilir. Bu kırıklar bazen yeryüzünde gözlenemez, yüzey tabakaları ile gizlenmiş olabilir. Bazen de eski bir depremden oluşmuş ve yerüzüne kadar çıkmış, ancak zamanla örtülmüş bir fay yeniden oynayabilir.

Bu olay ani yer değiştirme hareketidir. Bu ani yer değiştirmeler ise bir noktada biriken birim deformasyon enerjisinin açığa çıkması, boşalması, diğer bir deyişle mekanik enerjiye dönüşmesi ile ve sonuç olarak yer katmanlarının kırılma ve yırtılma hareketi ile olmaktadır.

Aslında kayaların, önceden bir birim yerdeğiştirme birikimine uğramadan kırılmaları olanaksızdır. Bu birim yer değiştirme hareketlerini, hareketsiz görölen yerkabuğunda, üst mantoda oluşan konveksiyon akımları oluşturmakta, kayalar belirli bir deformasyona kadar dayanıklılık gösterebilmekte ve sonrada kırılmaktadır. İşte bu kırılmalar sonucu depremler oluşmaktadır. Bu olaydan sonra da kayalardan uzak zamandan beri birikmiş olan gerilmelerin ve enerjinin bir kısmı ya da tamamı giderilmiş olmaktadır.

Çoğunlukla bu deprem olayı esnasında oluşan faylarda, elastik geri sekmeler (atım), fayın her iki tarafında ve ters yönde oluşmaktadırlar.

FAYLAR genellikle hareket yönlerine göre isimlendirilirler. Daha çok yatay hareket sonucu meydana gelen faylara "Doğrultu Atımlı Fay"denir. Fayın oluşturduğu iki ayrı blokun birbirlerine görelilik olarak sağa veya sola hareketlerinden de bahsedilebilir ki bunlar sağ veya sol yönlü doğrultulu atımlı faya bir örnektir.

Düşey hareketlerle meydana gelen faylara da "Eğim Atımlı Fay"denir. Fayların çoğunda hem yatay, hem de düşey hareket bulunabilir.

Depremler oluş nedenlerine göre değişik türlerde olabilir. Dünyada olan depremlerin büyük bir bölümü yukarıda anlatılan biçimde oluşmakla birlikte az miktarda da olsa baska doğal nedenlerle de olan deprem türleri bulunmaktadır. Yukarıda anlatılan levhaların hareketi sonucu olan depremler genellikle "TEKTONİK" depremler olarak nitelenir ve bu depremler çoğunlukla levhalar sınırlarında olusurlar. Yeryüzünde olan depremlerin %90'ı bu gruba girer. Türkiye'de olan depremler de büyük çoğunlukla tektonik depremlerdir. İkinci tip depremler "VOLKANİK" depremlerdir. Bunlar volkanların püskürmesi sonucu olusurlar. Yerin derinliklerinde ergimiş maddenin yeryüzüne çıkışı sırasındaki fiziksel ve kimyasal olaylar sonucunda oluşan gazların yapmış oldukları patlamalarla bu tür depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bunlar da yanardağlarla ilgili olduklarından yereldirler ve önemli zarara neden olmazlar. Japonya ve İtalya'da olusan depremlerin bir kısmı bu gruba girmektedir. Türkiye'de aktif yanardağ olmadığı için bu tip depremler olmamaktadır.

Bir başka tip depremler de "ÇÖKÜNTÜ" depremlerdir. Bunlar yer altındaki boşlukların (mağara), kömür ocaklarında galerilerin, tuz ve jipsli arazilerde erime

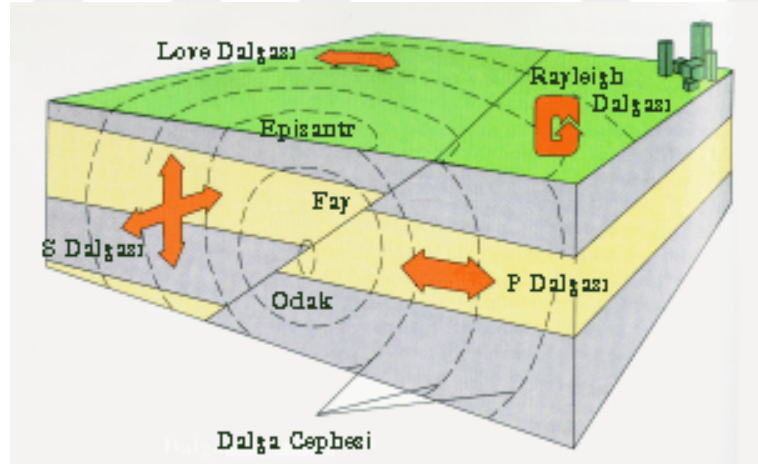
sonucu oluşan boşlukları tavan blokunun çökmesi ile oluşurlar. Hissedilme alanları yerel olup enerjileri azdır fazla zarar getirmezler. Büyük heyelanlar ve gökten düşen meteorların da küçük sarsıntılara neden olduğu bilinmektedir.

Odağı deniz dibinde olan Derin Deniz Depremlerinden sonra, denizlerde kıyılara kadar oluşan ve bazen kıyılarda büyük hasarlara neden olan dalgalar oluşur ki bunlara (Tsunami) denir. Deniz depremlerinin çok görüldüğü Japonya'da Tsunami'den 1896 yılında 30.000 kişi ölmüştür.

Herhangibir deprem oluştuğunda, bu depremin tariflenmesi ve anlaşılabilmesi için "DEPREM PARAMETRELERİ" olarak tanımlanan bazı kavramlardan söz edilmektedir. Aşağıda kısaca bu parametrelerin açıklaması yapılacaktır.

### 1.2.1. Odak noktası (Hiposantr)

Odak noktası yerin içinde depremin enerjisinin ortaya çıktığı noktadır. Bu noktaya odak noktası veya iç merkez de denir. Gerçekte , enerjinin ortaya çıktığı bir nokta olmayıp bir alandır , fakat pratik uygulamalarda nokta olarak kabul edilmektedir.



Şekil 1.2. Odak noktası, dış merkez ve sismik deprem dalgalarının yayılışı

### 1.2.2. Dış merkez (Episantr)

Odak noktasına en yakın olan yer üzerindeki noktadır. Burası aynı zamanda depremin en çok hasar yaptığı veya en kuvvetli larak hissedildiği noktadır. Aslında bu , bir noktadan çok bir alandır. Depremin dış merkez alanı depremin şiddetine bağlı olarak çeşitli büyüklüklerde olabilir. Bazen büyük bir depremin odak noktasının boyutları

yüzlerce kilometreyle de belirlenebilir. Bu nedenle "Episantr Bölgesi" ya da "Episantr Alanı" olarak tanımlama yapılması gerçeğe daha yakın bir tanımlama olacaktır.

### **1.2.3. Odak derinliği**

Depremde enerjinin açığa çıktığı noktanyeryüzünden en kısa uzaklığı, depremin odak derinliği olarak adlandırılır. Depremler odak derinliklerine göre sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma tektonik depremler için geçerlidir. Yerin 0-60 km. derinliğinde olan depremler sığ deprem olarak nitelenir. Yerin 70-300 km. derinliklerinde olan depremler orta derinlikte olan depremlerdir. Derin depremler ise yerin 300 km. den fazla derinliğinde olan depremlerdir. Türkiye'de olan depremler genellikle sığ depremlerdir ve derinlikleri 0-60 km. arasındadır. Orta ve derin depremler daha çok bir levhanın bir diğer levhanın altına girdiği bölgelerde olur. Derin depremler çok geniş alanlarda hissedilir, buna karşılık yaptıkları hasar azdır. Sığ depremler ise dar bir alanda hissedilirken bu alan içinde çok büyük hasar yapabilirler.

Odak derinliği, uzaklığı yapıların depreme karşı gösterdiği dayanıklılık dahi değişik olabilmektedir. Şiddet depremin kaynağındaki büyüklüğü hakkında doğru bilgi vermemekle beraber, deprem dolayısıyla oluşan hasarı yukarıda belirtilen etkenlere bağlı olarak yansıtır.

Depremin şiddeti, depremlerin gözlenen etkileri sonucunda ve uzun yılların vermiş olduğu deneyimlere dayanılarak hazırlanmış olan "Şiddet Cetvelleri"ne göre değerlendirilmektedir. Diğer bir deyişle "Deprem Şiddet Cetvelleri" depremin etkisinde kalan canlı ve cansız herşeyin depreme gösterdiği tepkiyi değerlendirmektedir. Önceden hazırlanmış olan bu cetveller, her şiddet derecesindeki depremlerin insanlar, yapılar ve arazi üzerinde meydana getireceği etkileri belirlemektedir.

Bir deprem oluştuğunda, bu depremin herhangi bir noktadaki şiddetini belirlemek için, o bölgede meydana gelen etkiler gözlenir. Bu izlenimler Şiddet Cetveli'nde hangi şiddet derecesi tanımına uygunsa, depremin şiddeti, o şiddet derecesi olarak değerlendirilir. Örneğin; depremin neden olduğu etkiler, şiddet cetvelinde VIII şiddet olarak tanımlanan bulguları içeriyorsa, o deprem VIII şiddetinde bir deprem olarak tariflenir. Deprem Şiddet Cetvellerinde, şiddetler romen rakamıyla gösterilmektedir.



Bugün kullanılan batlıca şiddet cetvelleri değiştirilmiş "Mercalli Cetveli (MM)" ve "Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK)" şiddet cetvelidir. Her iki cetvelde de XII şiddet derecesini kapsamaktadır. Bu cetvellere göre, şiddeti V ve daha küçük olan depremler genellikle yapılarda hasar meydana getirmezler ve insanların depremi hissetme şekillerine göre değerlendirilirler.

VI-XII arasındaki şiddetler ise, depremlerin yapılarda meydana getirdiği hasar ve arazide oluşturduğu kırılma, yarıma, heyelan gibi bulgulara dayanılarak değerlendirilmektedir.

#### **1.2.4. Magnitüd**

Deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Enerjinin doğrudan doğruya ölçülmesi olanağı olmadığından, Amerika Birleşik Devletleri'nden Prof. C. Richter tarafından 1930 yıllarında bulunan bir yöntemle depremlerin aletsel bir ölçüsü olan "Magnitüd" tanımlanmıştır. Prof. Richter, episantrdan 100 km. uzaklıkta ve sert zemine yerleştirilmiş özel bir sismografla (2800 büyütme, özel periyodu 0,8 saniye ve %80 sönümü olan bir Wood-Anderson torsiyon Sismografi ile) kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden (1 mikron 1/1000 mm) ölçülen maksimum genliğinin 10 tabanına göre logaritmasını bir depremin "magnitüdü" olarak tanımlamıştır. Bugüne dek olan depremler istatistik olarak incelendiğinde kaydedilen en büyük magnitüd değerinin 8,9 olduğu görülmektedir(31 Ocak 1906 Colombiya-Ekvator ve 2Mart 1933 Sanriku-Japonya depremleri).

Magnitüd, aletsel ve gözlemsel magnitüd değerleri olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

Aletsel magnitüd, yukarıda da belirtildiği üzere, standart bir sismografla kaydedilen deprem hareketinin maksimum genlik ve periyod değeri ve alet kalibrasyon fonksiyonlarının kullanılması ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilmektedir. Aletsel magnitüd değeri, gerek hacim dalgaları ve gerekse yüzey dalgalarından hesaplanılmaktadır.

Genel olarak, hacim dalgalarından hesaplanan magnitüdü ( $m$ ), ile yüzey dalgalarından hesaplanan magnitüdü ( $M$ ) ile gösterilmektedir. Her iki magnitüdü değerini birbirine dönüştürecek bazı bağıntılar mevcuttur.

Gözlemsel magnitüdü değeri ise, gözlemsel inceleme sonucu elde edilen episantr şiddetinden hesaplanmaktadır. Ancak, bu tür hesaplamalarda, magnitüdü-şiddet bağıntısının incelenilen bölgeden bölgeye değiştiği de gözönünde tutulmalıdır.

Gözlemevleri tarafından bildirilen bu depremin magnitüdü depremin enerjisi hakkında fikir vermez. Çünkü deprem sığ veya derin odaklı olabilir. Magnitüdü aynı olan iki depremden sığ olanı daha çok hasar yaparken, derin olanı daha az hasar yapacağından arada bir fark olacaktır. Yine de Richter ölçeği (magnitüdü) depremlerin özelliklerini saptamada çok önemli bir unsur olmaktadır.

Depremlerin şiddet ve magnitüdüleri arasında birtakım ampirik bağıntılar çıkarılmıştır. Bu bağıntılardan şiddet ve magnitüdü değerleri arasındaki dönüşümleri aşağıdaki gibi verilebilir.

Tablo 1.1. Şiddete karşılık gelen Richter ölçeğine göre magnitüdü

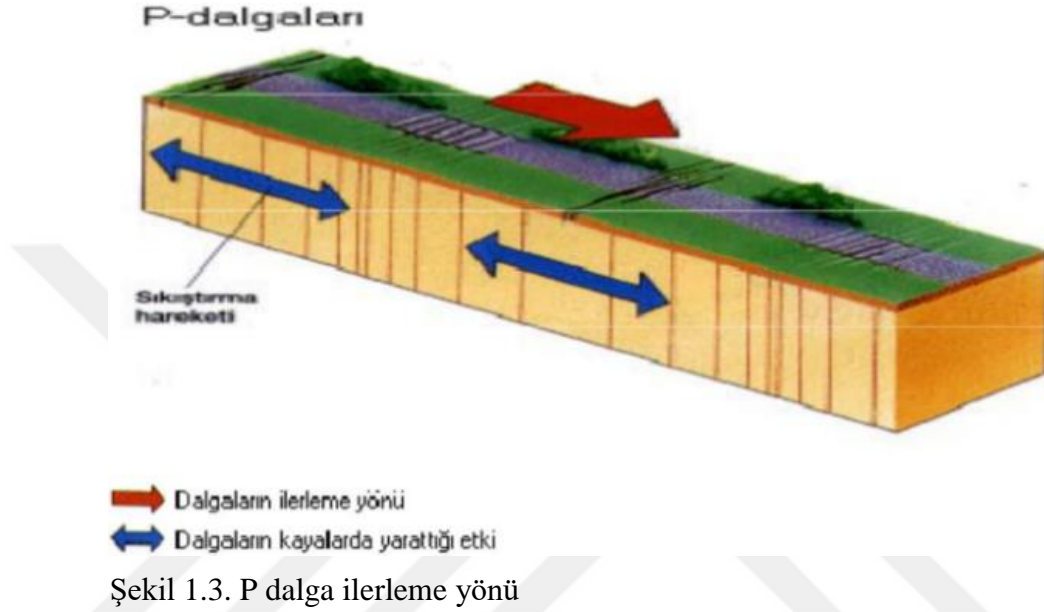
Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4	4.5	5.1	5.6	6.2	6.6	7.3	7.8	8.4

### 1.3. Sismik Dalgalar

Bir sismograma bakıldığında görülen eğriler, yer içerisinde ilerleyen sismik dalgaların yarattığı titreşimleri göstermektedir. Sismik dalgalar, hareketin meydana geldiği bir kaynaktan itibaren tüm enerjiyi bütün yönlerde iletirler. Basit olarak sismik dalgalar dört ana grupta toplanır. Bunlar;

- P Dalgası
- S Dalgası
- Love Dalgası
- Rayleigh Dalgası

Bir deprem olduğunda, ortaya çıkan P ve S dalgaları her yöne yayılır ve yerin yüzeyi ile sığ yapılara girdiklerinde, yüzey dalgalarını oluştururlar (Şekil 1.3 ve Şekil 1.4). Kayıtçıya yakın bir depremin sarsıntısı büyük olur ve sismogramda S (kayma) dalgası ve kısa peryotlu yüzey dalgaları baskın olur. Bu dalgalar, binalarda, köprülerde, vb. yapılarda büyük hasarlara neden olurlar.



P dalga hızı aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır;

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E(1 - \sigma)}{\rho(1 + \mu)(1 - 2\mu)}} \quad (1.1)$$

Burada,

$V_p$  = P Dalga Hızı (m/sn)

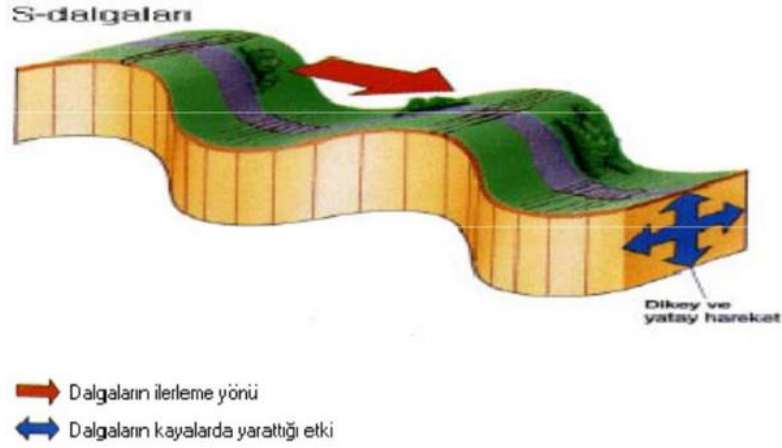
$\lambda$  = Dalga Boyu

$\mu$  = Sıkışmazlık Modülü (N/m<sup>2</sup>)

$\rho$  = Yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>)

E = Young Modülü (N/m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Poisson oranı olarak tanımlanır.



Şekil 1.4. S Dalga ilerleme yönü

S dalga hızı aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}} \quad (1.2)$$

Burada,

$\mu$  = Sıkışmazlık Modülü (N/m<sup>2</sup>)

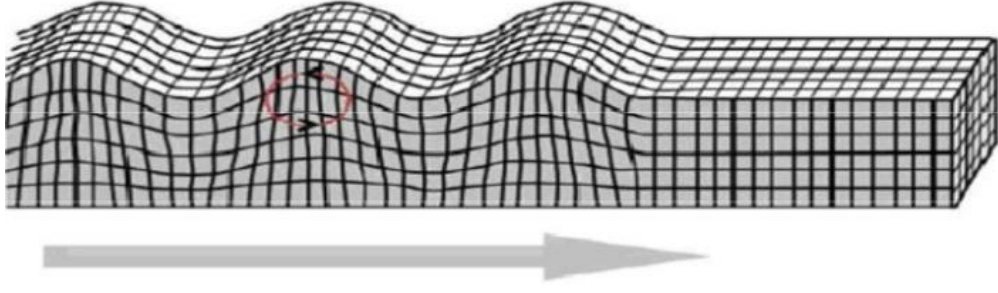
$\rho$  = Yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>)

E = Young Modülü (N/m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Poisson oranı olarak tanımlanır.

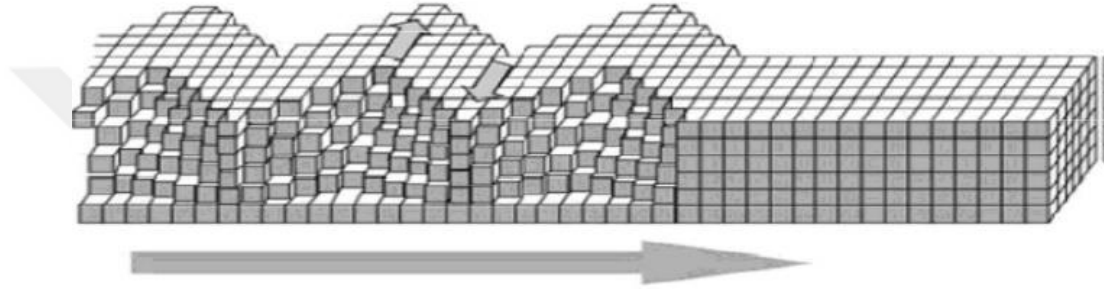
Kaynaktan uzaklaştıkça, sismik dalgaların genliği, depremin enerjisinin azalmasına bağlı olarak azalır. Ayrıca, depremin odak noktasından uzaklaştıkça dalgalar dispersif özellik kazanır. Çünkü P, S ve yüzey dalgaları, farklı hızlarla seyahat ederler. P ve S dalgaları, cisim dalgaları olarak adlandırılırlar ve bu dalgalar, yerin içinde ilerlerler. Love ve Rayleigh dalgaları ise, yer kabuğu üzerinde ilerlerler ve genlikleri derinlere doğru azalır. Bu dalgalara yüzey dalgaları denir. Yüzey dalgaları, yer-hava ara yüzeyinde yayılan dalgalardır (Shearer, 1999). Yüzey dalgaları çok uzak mesafelerde bile kaydedilebilen dalgalar oldukları için, bu dalgaların faz hızı ve dispersiyon eğrileri karakteristikleri kullanılarak kabuk ve üst manto yapıları incelenebilmektedir (Aki and Richards, 1980). Böylece incelenen alana ait tabakaların özellikleri hakkında bilgi edinilir (Şekil 1.5 ve Şekil 1.6).

### Rayleigh Dalgası



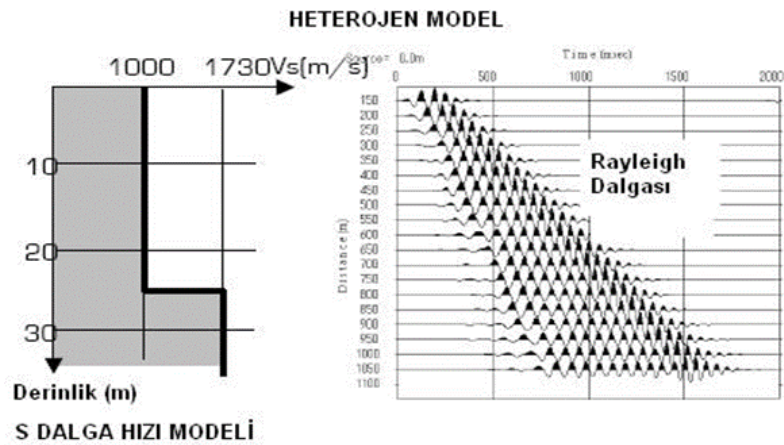
Şekil 1.5. Rayleigh dalgası hızı 3 boyutlu gösterimi (Bolt, 1976)

### Love Dalgası

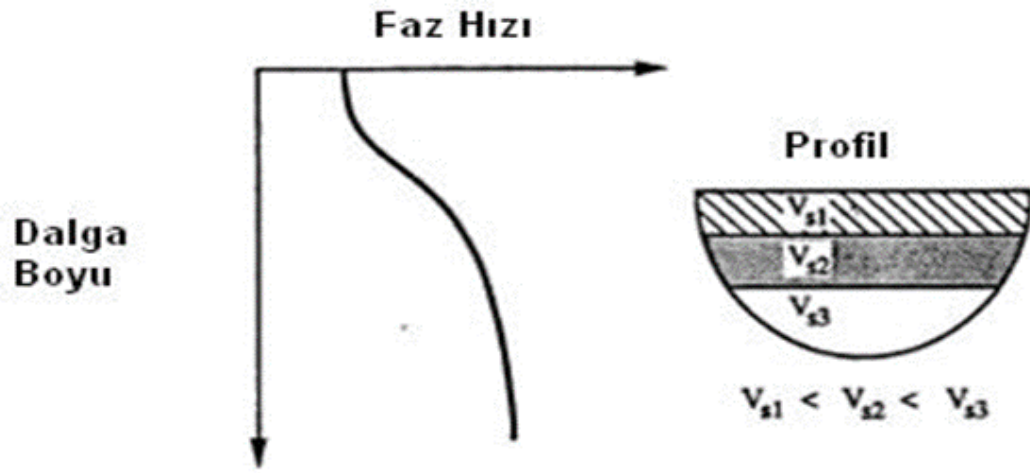


Şekil 1.6. Love dalgası hızı 3 boyutlu gösterimi (Bolt, 1976)

Yeraltına ait S dalgası hızı bilgisi, yüzey dalgalarının karakteristik özelliği olan faz hızının frekansa bağlı değişiminden yararlanılarak elde edilmektedir. Uzun dalga boyulu yüzey dalgası bileşenleri, kısa dalga boyulu bileşenlerine göre daha derinlere iner (Xia ve diğ., 1999). Yatay, homojen ve izotrop bir yer modeli için, Rayleigh dalgalarının oluşma şartı P ve S dalgalarının serbest bir yüzeyde ilerlemesidir. Buna karşın, Love dalgalarının oluşması için, en az iki tabakalı ve derine inildikçe hızları artan ortamlarda yalnızca S dalgalarının ilerlemesi gerekir (Shearer, 1999. Şekil 1.7 ve Şekil 1.8).



Şekil 1.7. Heterojen ortam



Şekil 1.8. Derine inildikçe hızları artan heterojen ortam



## 2. AYRIM METOTLARI VE DİĞER YÖNTEMLER

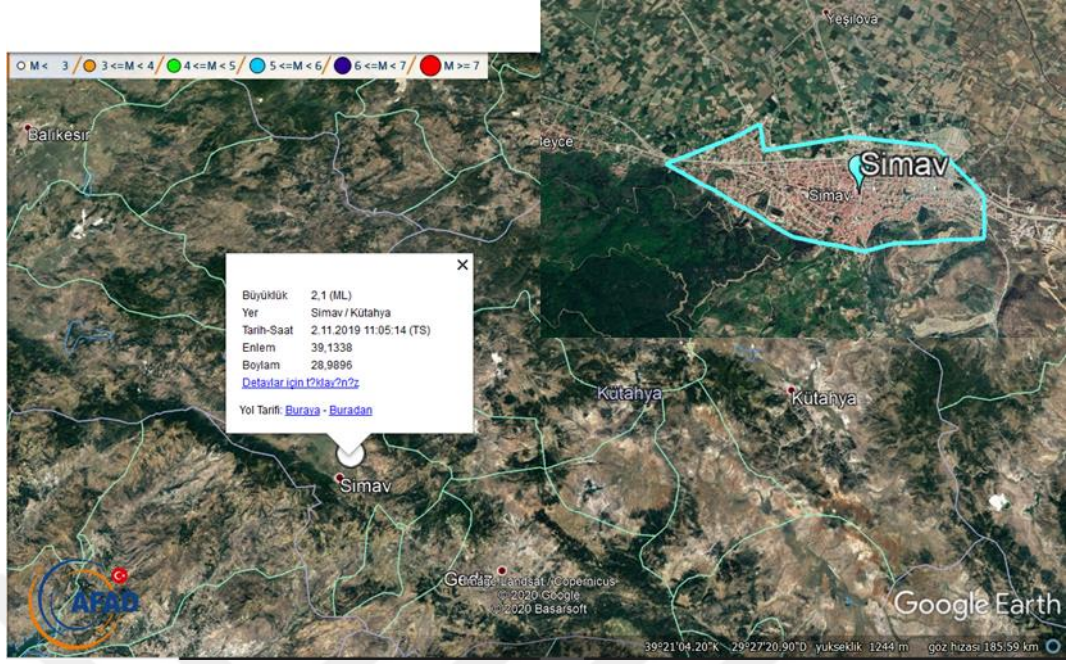
### 2.1. Ayrım Metotları

Taş ocakları patlatmaları ya da nükleer patlatmalar buldukları bölgedeki sismik ağ kayıtlarında gözlenen sismik aktiviteye düzenli olarak kirlenici etki yapmaktadır. Bu olaylar kayıtlara deprem olarak geçirildiğinden yapılan sismik risk analizleri ve aktif tektonizma çalışmalarındaki yorumlarda hatalara neden olmaktadır.

1. Konum (Lokasyon)
2. Derinlik
3.  $A_S / A_P$  - LogS ile karşılaştırılması
4. Karmaşıklık- Spektral oran (C-Sr)
5. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD)
6. Diğer basit yöntemler
  - a) İlk hareketin kullanılması
  - b) S dalgalarının gözlemlenmesi
  - c) Frekans içeriği

#### 2.1.1. Konum (Lokasyon)

Bu metot sismik kaynağın konumunun tespit edilmesine dayanır. Sismik olayların dışmerkez çözümü önemlidir. Konumu incelenen bir sismik olayın patlatma mı yoksa deprem mi olduğu yorumlara dayanılarak bulunur (Şekil 2.1). Aşağıda Şekil 2.1 de görüldüğü gibi M1:2.1 lik olayın lokasyonuna baktığımızda; lokasyonun yerleşim yeri olduğunu ve dolayısıyla kaydedilen olayın deprem olduğunu tespit etmiş oluruz.



Şekil 2.1. DEMİ istasyonunda kaydedilen (02.11.2019 ,08:05:14(UTC) Ml:2.1 Kütahya Simav) depremin merkez üssü (deprem.afad.gov.tr – Google Earth)

### 2.1.2. Derinlik

Sismik kaynağın derinliği de yapay ve doğal kaynaklı sismogramların ayırt edilmesinde kullanılmaktadır. Günümüzde 10 km'den daha derin sondaj kuyuları açılmadığından, sismik olay ayırımında, derinliğin düzgün belirlenmesi gerçekten yararlı bir malzemedir. Derinlik ve derinliğe bağlı fazlar görülmediği gibi Rg fazının varlığı sığ bir olay için çok iyi bir gösterge olabilir ve Rg fazının varlığı olayın ne kadar sığ olduğu hakkında ipucu verebilir. Yaklaşık 0,4 ile 2,5 saniye (Rg) arasında periyotlara sahip temel mod Rayleigh dalgaları, genellikle patlamaların sismogramlarında ve çok sığ odaklı depremlerde gözlenir. Rg fazı, özellikle taş ocağı patlamalarının sismogramlarında belirgindir. (Kafka, 1990; Kim ve diğ., 1994; Sertçelik ve diğ., 2016; Tibi ve diğ., 2018a)

### 2.1.3. A<sub>S</sub> / A<sub>P</sub> - LogS ile karşılaştırılması

Ayrılaştırma analizi, farklı normal (Gaussian) dağılımlar ile oluşturulmuş farklı gruplardaki verilerin sınıflandırılması için yapılmaktadır. Bir sınıflandırıcı oluşturabilmek için, ayrılaştırma fonksiyonu her bir gruba ait normal dağılımın parametrelerine yaklaşım yapmaktadır. Ayrılaştırma fonksiyonları, en küçük sınıflandırma hatası neticesinde ilk olarak girilen veri gruplarının sonrasında yeni veri



sınıflarına ait bir sınıflandırma yapmaktadır. Bu çalışmada, hem genlik oranı hem de karmaşıklık yöntemleri bulgularına, lineer ve karesel ayırma fonksiyonları ile sınıflandırma uygulanmıştır. Lineer ayırma fonksiyonu (LAF) (Denklem 1) tüm gruplara ait tek kovaryans matrisi sağlarken, karesel ayırma fonksiyonu (KAF) (Denklem 2) ise aynı kovaryans matrisini her bir gruba sağlamaktadır.

$$F_{LAF} = K + L(1) * x + L(2) * y \quad (2.1)$$

$$F_{KAF} = K1 + [x \ y] * L1 + \sum\{([x \ y] * Q1) * [x \ y]\} \quad (2.2)$$

Burada K, sınır denkleminin sabit terimidir. L değerleri sınır denkleminin lineer katsayıları iken Q değeri ise sınır denkleminin karesel katsayısıdır.

Bu çalışmada kullanılan yöntemde zaman ortamındaki sinyallerden en büyük P dalgası ve en büyük S dalgası genlik değerleri okunarak birbirlerine oranlanır. Patlatma kaynaklı sismogramlarda P dalgası genliği S dalgası genliğinden daha büyüktür. Deprem kaynaklı sismogramlarda ise P dalgası genliği S dalgası genliğinden daha küçüktür. En büyük S/P dalgası genlik oranlarının, en büyük S dalgası genliklerinin logaritmlarına (logS) karşılık çizim sonuçları grafikler üzerine çizdirilerek Lineer ve Karesel Ayırma Fonksiyonları (LAF-KAF) (Fisher, 1936) ile sınıflandırma yapılmıştır.

#### 2.1.4. Karmaşıklık- Spektral oran (C-Sr)

Bu yöntemde ilk olarak sismogram iki ayrı pencereye ayrılmaktadır ( $t_0$   $t_1$ ,  $t_1$   $t_2$ ). Bu pencereler arasında kalmış sinyallerin güçleri  $S^2$  hesaplanmaktadır. İki ayrı pencerenin de oranı alınarak bulunan bu değere, karmaşıklık (C) adı verilir (Denklem 3). Sonrasında ise yüksek ve alçak olmak üzere iki ayrı frekans bandında ( $f_1$ - $f_2$ ,  $f_1$ - $f_2$ ) veriye filtre işlemi uygulanarak sinyalin spektral genliği  $a(f)$  hesaplanır. İki ayrı filtrenin spektral genlikleri birbirine oranlanır ve elde edilen bu değere de spektral oran (Sr) adı verilir (Denklem 4)

$$C = \frac{\int_{t_1}^{t_2} S^2(t)dt}{\int_{t_0}^{t_1} S^2(t)dt} \quad (2.3)$$

$t_0$  sinyalin başlangıç zamanını belirtir (P dalgası varış zamanı).

İstasyonlardan alınan kayıtlar için düşey bileşen hız sismogramlarının spektrumlarının alçak ve yüksek frekanslı kısımları oranlanarak spektral oran (SR) parametresi bulunur.

$$SR = \frac{\int_{h1}^{h2} a(f)df}{\int_{I1}^{I2} a(f)df} \quad (2.4)$$

Burada  $h^1$  ve  $h^2$  yüksek frekans,  $I^1$  ve  $I^2$  alçak frekans aralık değerlerini belirtir.

## 2.1.5. Kısa zamanlı Fourier Dönüşümü ile ayırma

### 2.1.5.1. Zaman-frekans ayrışımı

Sinyal işleme, sinyalde bulunan bilgilerin elde edilmesi için kullanılan teknikleri içerir. Sinyal işleme ile bir sinyalin özellikleri zaman ve frekans uzaylarında eşzamanlı olarak incelenir.

Bir sinyalin özellikleri zamanla değişmiyorsa, bunlara "durağan sinyal" denir. Durağan bir sinyalde de beklenmeyen olaylar görülebilir, fakat bu olayların olasılığı istatistik olarak tahmin edilebilir bilgilerdir. Durağan sinyalleri incelemek için Fourier Dönüşümü kullanılır. Fourier Dönüşümü ile bu sinyaller, sinüs ve kosinüs dalgalarının lineer birleşime ayrıştırılır. Herhangi bir  $f(t)$  fonksiyonunun Fourier Dönüşümü (FD),

$$F(f) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i 2 \pi f t} dt \quad (2.5)$$

ile verilir. Böyle bir fonksiyonun Ters Fourier Dönüşümü (TFD) ise izleyen bağıntı ile tarif edilebilir.

$$f(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(f) e^{i 2 \pi f t} dt \quad (2.6)$$

(2.5) ve (2.6) bağıntıları periyodik olmayan fonksiyonlar için düzenlenmiş ve bu fonksiyonların zaman ve frekans ortamında tanımlarını vermektedir.

Simgesel olarak Fourier Dönüşümü, Fourier Transform (FD), ve Ters Fourier Dönüşümünü, Inverse Fourier Transform (TFD), aşağıdaki gibi gösterebiliriz.

$$f(t) \xrightarrow{FD} F(f)$$

$$F(f) \xrightarrow{TFD} f(t)$$

Eğer  $F(f)$  karmaşık bir fonksiyon ise,

$$F(f) = R(f) + iI(f) = A(f) e^{i\Phi(f)} \quad (2.7)$$

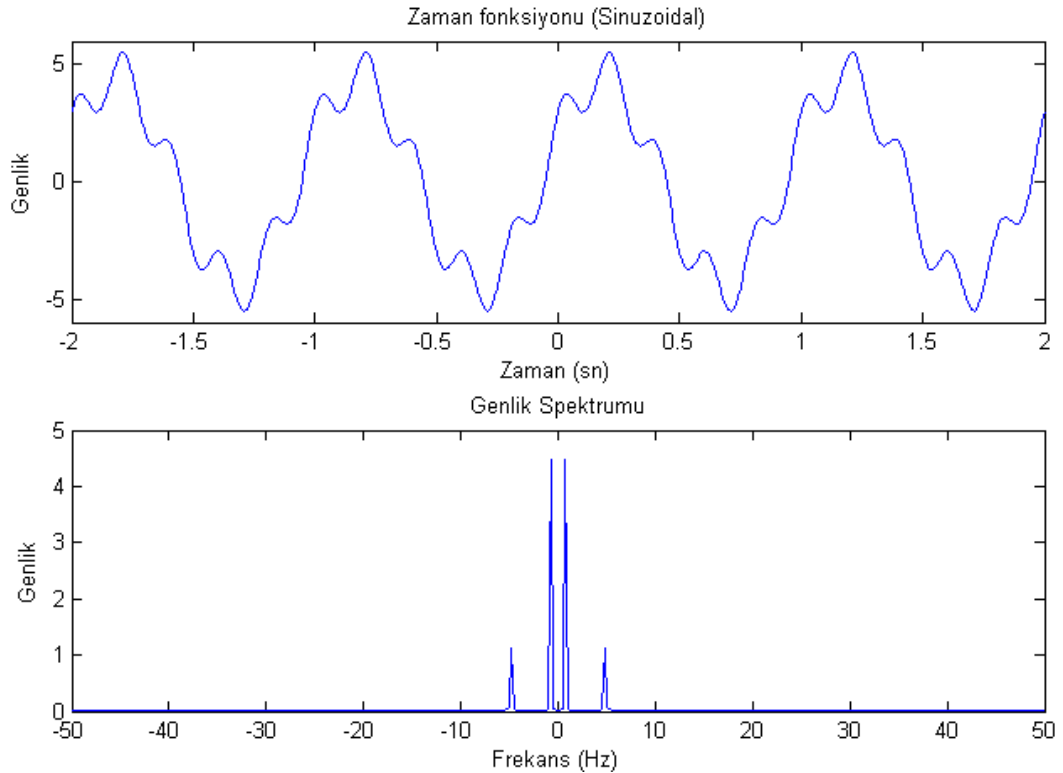
Burada  $R(f)$ ,  $F(f)$  fonksiyonunun gerçel (real) kısmı,  $I(f)$  ise  $F(f)$  fonksiyonunun sanal (imaginer) kısmını göstermektedir. Burada genlik ve faz bağıntıları ise,

$$A(f) = \sqrt{R(f)^2 + I(f)^2} \quad (2.8)$$

ve

$$\Phi(f) = \arctan\left(\frac{I(f)}{R(f)}\right) \quad (2.9)$$

şeklinde yazılabilir. Şekil 2.2a' da sayısal olarak türetilen 2 sinüzoidalın toplamı ve Şekil 2.2b' de ise genlik spektrumu verilmektedir.



Şekil 2.2. a) İki sinüzoidalın toplamından oluşan zaman serisi, b) genlik spektrumu

Şekil 2.2' de gösterildiği gibi Fourier Dönüşümü kullanılarak, sinyalin frekans spektrumu oluşturulur. Ancak bu yöntem frekans değerlerinin hangi zaman dilimlerine karşılık geldiği hakkında bilgi vermez. Bunun sebebi standart Fourier analizinde kullanılan taban fonksiyonlarının sınırsız olmasıdır. Bu nedenle sinyalin zamanla değişimi için bir şey söylenemez. Bu sebeplerden dolayı Fourier Dönüşümü durağan olmayan sinyallerin analizinde yetersiz kalır.

Doğadaki sinyallerin büyük çoğunluğu durağan olmayan sinyallerdir. Durağan olmayan sinyallere en iyi örnek olarak insan sesi verilebilir. Sinyaller belirli zaman aralıklarında incelendiğinde, frekans spektrumları daha iyi gözlemlenebilir. Hem zamanda hem de frekansta sınırlı fonksiyonlar kullanılarak sinyalin analizi yapılırsa zaman ve frekans düzlemlerinde sinyal daha iyi incelenebilir.

Bir sinyalin zaman-frekans dağılımını incelemek için günümüzde birçok yöntem kullanılmaktadır.

#### **2.1.5.2. Kısa zamanlı Fourier Dönüşümü**

Daha önce FD' nün durağan olmayan sinyaller için elverişli olmadığı ifade edilmişti. Gabor 1946, pencereleme yöntemini kullanarak, işaretin küçük bir parçasını zaman tanım aralığında ele almış, işareti zaman ve frekansın fonksiyonu olarak iki boyutta ifade etmiştir. Bu dönüşüm yönteminde işaretin belirli bir kesiminin durağan olduğu kabul edilebilecek (Miner, 1998) bir pencereden geçirilir ve yerel bir frekans parametresiyle FD işlemi gerçekleştirilir. KSFD' de sinyal küçük çerçeveler bölünür ve bu çerçeve anlarında sinyalin durağan olduğu kabul edilir. Durağanlığın geçerli olduğu bu çerçeveler sinyalin bir pencere fonksiyonu ile çarpılmasıyla elde edilir. FD' nün yerelleştirilmesi fikrine dayanan bu teknik ilgilenilen yerde uygun bir pencere seçilerek dönüşüm işlemi gerçekleştirilir. (Polikar, 1999). Durağan olmayan sinyallerin spektral analizi çok iyi zaman ve frekans çözünürlüğü sunması gereken yetenekli işlemlere ihtiyaç duyar.

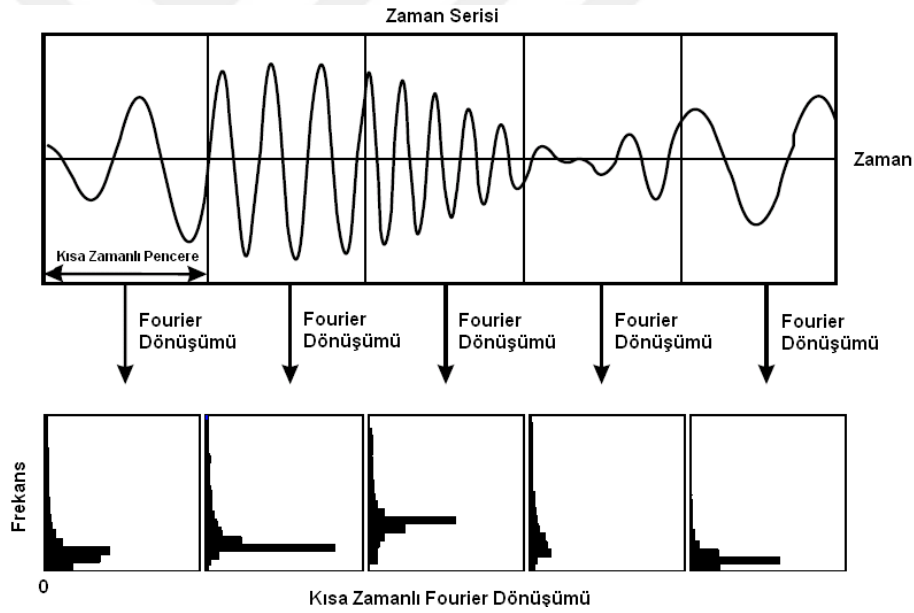
KSFD yönteminde zaman eksenini üzerinde kaydırılan pencere fonksiyonunun o anki pencere merkez değeri  $\tau$  ise pencerelenmiş zaman serisi aşağıda verilen bağıntı ile ifade edilebilir.

$$g(t) = f(t) \cdot g(t - \tau) \quad (2.10)$$

Daha sonra (2.10) bağıntısı ile ifade edilen pencerelemiş zaman serisinin bu ilgili zaman aralığında Fourier Dönüşümü alınırsa,

$$KSFD(\tau, f) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) \cdot \exp(-i2\pi ft) dt \quad (2.11)$$

yazılabilir. Daha sonra pencere yeni bir zaman değerine kaydırılır ve tekrar bu pencerelemiş zaman serisinin Fourier Dönüşümü alınır. Bu işlem devam etmesi ile iki-boyutlu zaman-frekans görüntü haritası oluşturulabilir. Pencerenin zaman serisi üzerinde kaydırılması ve her pencerelemiş zaman serisinin Fourier Dönüşümünü' nün alınarak zaman-frekans görüntü haritasının oluşturulması Şekil 2.3' te özetlenmiştir.



Şekil 2.3. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü yönteminde zaman serisinin pencere fonksiyonu ile çarpılması ve Fourier Dönüşümü'nün alınması (Chen ve Ling 2002' den alınmıştır)

### 2.1.6. Güç spektrumu ile ayırma

Güç spektrumu, Jeofizikte yaygın kullanılır. Enerji sinyalleri, “∞” bir zaman aralığındadır. Oysa mühendislikte, sınırlı işlevlerle uğraşılır. Bu nedenle, genelde dönemsiz (veya dönemi bilinmeyen) olan enerji sinyalleri, kullanışsızdır. Uygulamada,

enerji sinyalleri yerine güç sinyalleri yeğlenir. Bunun için (2.12) denklemi, belirli bir süreçte (sınırlı), limit koşullarında incelenir.(2.13) Denklemi ile güç hesaplanır.

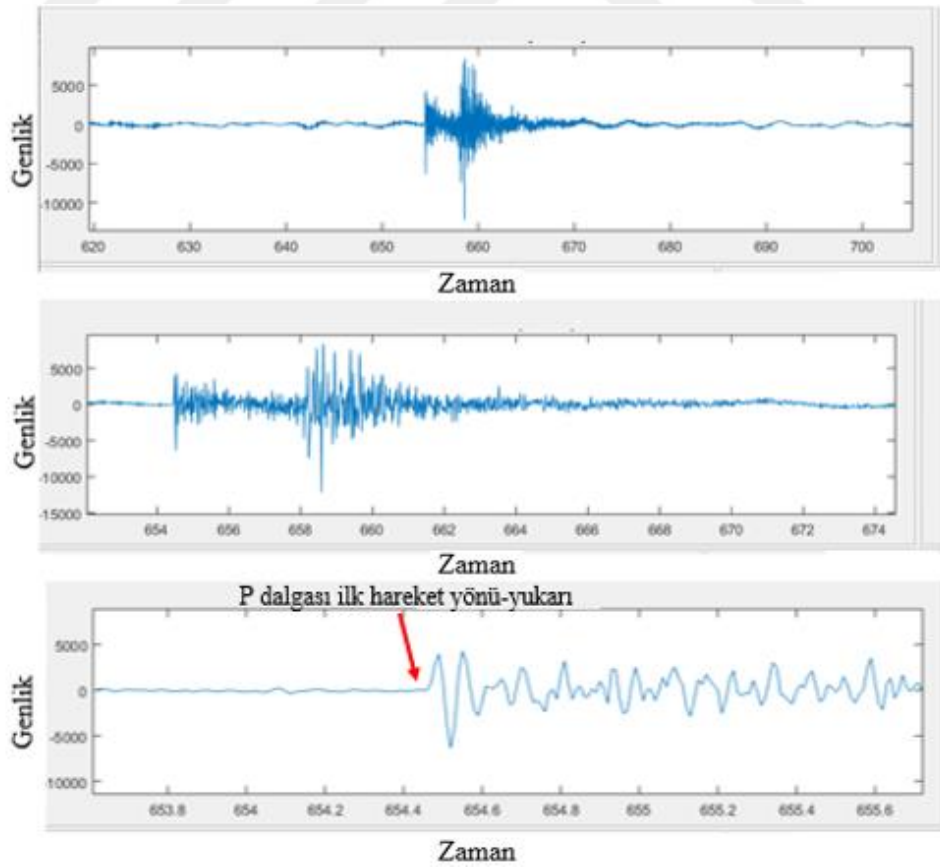
$$E = \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt < \infty \quad (\text{Joule}) \quad (2.12)$$

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} |f(t)|^2 dt \quad (2.13)$$

## 2.1.7. Diğer yöntemler

### 2.1.7.1. İlk hareket yönünün kullanılması

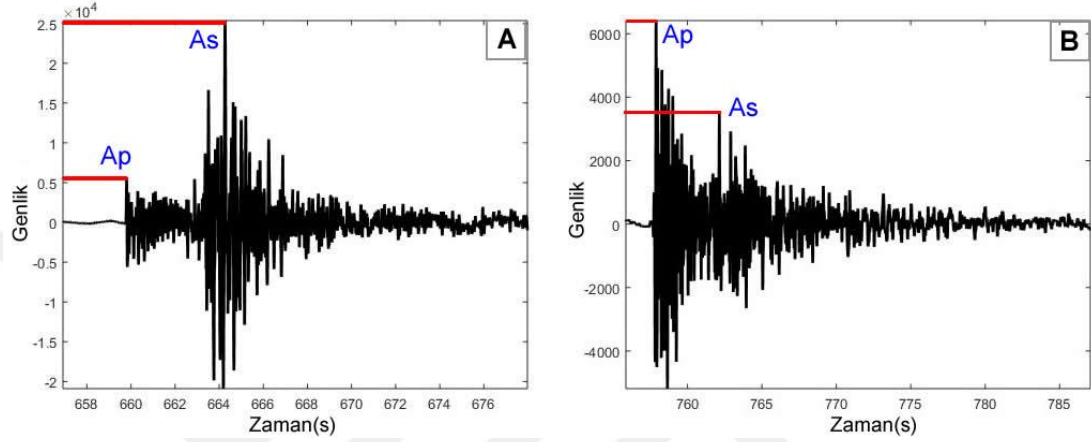
P dalgalarının ilk hareketinin doğrultusundaki değişiklikleri esas alan bir metottur. Patlatmanın, kaynaktan uzaklaşan tüm doğrultularda ilk sıkışma hareketine neden olması beklenir (Şekil 2.4). Sıkışma dalgasında zeminde kaynaktan uzaklaşan ilk hareket gözlemlenir. Genişlemede zemindeki ilk hareket kaynağa doğru olur. Sinyal / Gürültü oranı büyüdükçe yöntemin güvenilirliği artar.



Şekil 2.4. DEMİ istasyonuna ait 02.11.2019 08:05 (T.S.) tarihli (M1:2.1 Kütahya Simav) deprem kayıt örneği E,N,Z Bileşeni

### 2.1.7.2. S dalgalarının gözlemlenmesi

Deprem kayıtlarında S dalga genliği P dalga genliğinden büyüktür. Patlatma kayıtlarında bu durum tam tersidir. Şekil 2.5 A) daki deprem kaydında P dalga genliğinin S dalga genliğine göre küçük olduğunu görülmektedir. Şekil 2.5 B) de P dalga genliği S dalga genliğinden daha büyük olduğu görülmektedir.



Şekil 2.5. A) DOMA istasyonu 03.03.2018 11:10 (UTC) tarihli MI 1.9 Kütahya Simav deprem kaydı B) DOMA istasyonu 02.03.2018 09:57 tarihli 09:45 (UTC) tarihli MI 1.8 Kütahya Tavşanlı patlatma kaydı

### 2.1.7.3. Frekans içeriği

Deprem ve patlatma kayıtlarının frekans içerikleri birbirinden farklılıklar gösterir. Bu farklılığa bakılarak ayırım yapılabilir. Birden fazla yöntem bir arada kullanılarak ayırım gücü artırılabilir.

### 3. BÖLGENİN JEOLJİSİ VE TEKTONİĞİ

Kütahya ili ve çevresinin de içinde bulunduğu; Türkiye'nin ana tektonik yapılarından biri olan Ege Graben Sistemi, kuzeyden güneye doğru birçok çöküntü alanlarından oluşmaktadır. Bu alanlar, Edremit Körfezi, Bakırçay-Simav, Gediz-Küçük Menderes, Büyük Menderes ve Gökova Körfezi olarak sayılabilir (Demirtaş ve Erkmen, 2000). Genellikle D-B uzanımlı normal fayların hüküm sürdüğü Ege Graben Sistemi içerisinde yer alan Kütahya ve yakın çevresinin jeoloji haritası incelendiğinde, bölgenin en yaşlı birimi Prekambriyen yaşlı metamorfikler olarak görülür. Bunların üzerinde Triyas yaşlı granitoidler, Orta Miyosen-Miyosen yaşlı piroklastik kayalar ve ayrılmamış volkanitler, karasal kırıntılılar ve karbonatlar, en üstte ise özellikle Simav civarında Kuvaterner yaşlı birimler gözlenmektedir (Şekil 3.1) (Şenel vd., 2001). Emre ve Duman (2011)'a göre, KKD-GGB yönlü bir açılma sistemi içerisinde bulunan Kütahya ili kuzeydoğudan Tavşanlı, Şahmelek ve Kütahya Fayları, güneybatıdan ise Simav Fay Zonu ile sınırlanmıştır. İlin güneyinde Emet-Gediz Fay Zonu ve Çukurören Fayı yer almaktadır (Şekil 3.2). Simav havzası, fay sistemi içerisinde gelişmiş en büyük yapısal çöküntüdür ve Simav-Şaphane segmentleri arasında sağa sıçramalı büklümde gelişmiş açılmalı bir havzadır. Bu havza güneyden, sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olan Simav Fayı, kuzeyden ise normal fayların oluşturduğu Naşa Fay Zonu ile sınırlandırılmıştır. Naşa Fay Zonu genişliği 5 km'yi bulan KB-GD yönünde birbirine paralel uzanan bir seri normal faydan oluşur. Fay zonu toplam 20 km uzunlukta olup alt fayların uzunlukları 2 ile 8 km arasında değişir. Zondaki faylar 55°-65° güneybatıya eğimlidir (Emre ve Duman, 2011).

Kütahya yöresinde etkin olan depremler, tektonik depremlerdir. Gediz–Emet Fay Zonu, Simav Fay Zonu ve Kütahya Fay Zonu'nun denetlediği Kütahya deprem yöresi, Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Gediz Graben Sistemi ile Sultandağı Fay Zonu ve Eskişehir Fay Zonu gibi komşu illerdeki fay sistemleri içerisinde, deprem tehdidi altındadır. Bu özellikleriyle de Batı Anadolu'nun en önemli deprem yörelerinden birisi durumundadır. Bölgede, maden ve taş ocakları yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Bunlara ait işletmelerde malzeme temini için patlayıcılar kullanılmaktadır. Dolayısıyla





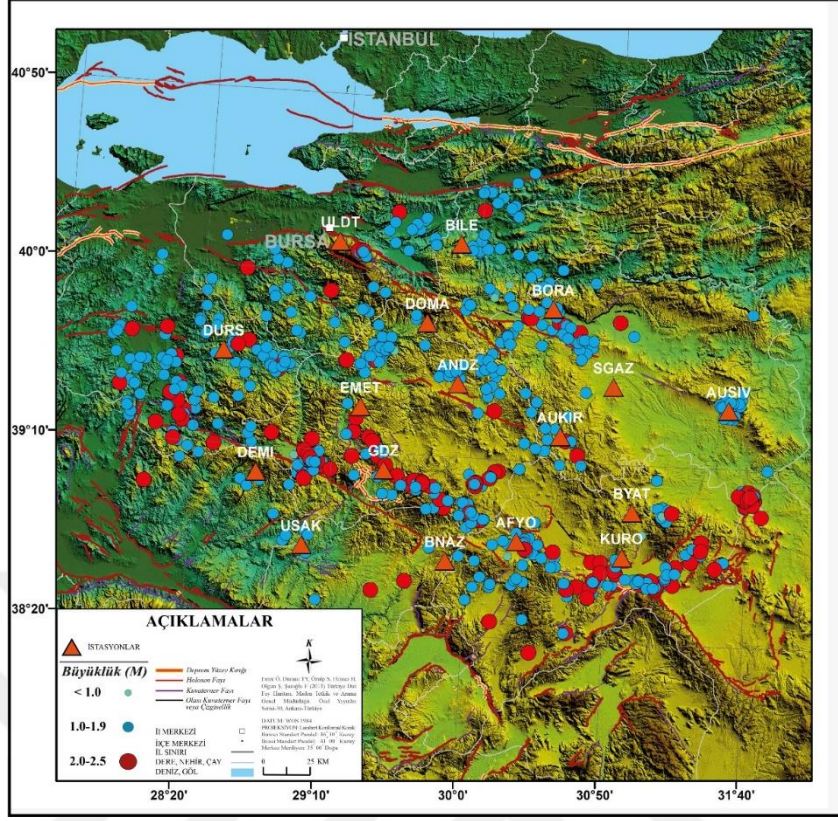
## 4. DEPREM VE YAPAY SARSINTI KAYITLARININ AYRIM ANALİZİ

### 4.1. Veriler ve Yöntemler

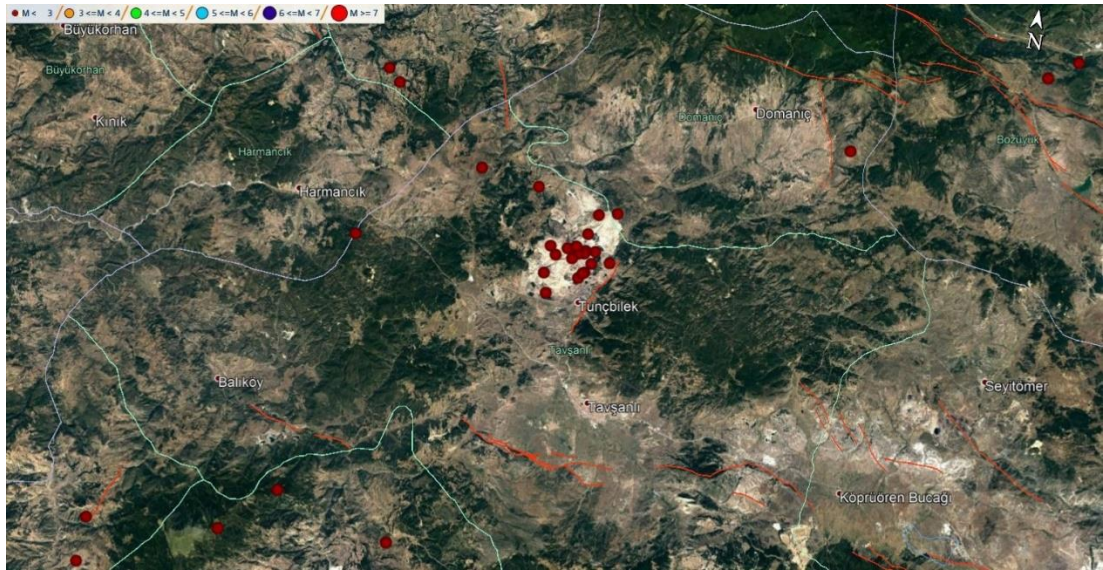
Yapay ve doğal sarsıntıların sınıflandırılması amacıyla İçişleri Bakanlığı AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından işletilen AFYO, ANDZ, AUKIR, AUSIV, BILE, BNAZ, BYAT, DEMI, DOMA, EMET, GDZ, KURO, SGAZ, ULDT, USAK, BORA, DURS istasyonlarında kaydedilen AFAD- Deprem Dairesi veri tabanı (www.deprem.afad.gov.tr) DDA Katalog dan elde edilen 2017, 2018, 2019 yılları kayıtlar kullanılmıştır. 2017 ile 2019 yılları arasında meydana gelmiş lokal büyüklüğü (Ml) 2,5'tan küçük olan yaklaşık 5000 olaydan seçim yapılarak 1284 adet olayın analizi yapılmıştır. Burada sinyal/gürültü oranı yüksek olan, veri kaybına uğramamış temiz kayıtlar kullanılmıştır. P varış S ve F faz okumaları yapılmıştır. Bu faz okumaları üzerinden de genlik oranı, karmaşıklık, Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) ve Güç Spektrumu (GS) yöntemleri uygulanmıştır. Veri çeşitliliğinin ve sayısının yeterli olduğu durumlarda ise Lineer ve Karesel Ayrımlaştırma Fonksiyonları (LAF – KAF) hesaplanmıştır.

Ayrıca verileri kullanılan bu 17 istasyonun ; kullanılan veriler ve istasyon dağılımı birlikte olarak Şekil 4.1 de gösterilmiştir.

Çalışılan bölgede depremler yaygın olmakla birlikte taş ocakları da yaygındır. Güneye doğru Simav tarafında depremler , kuzeyde Kütahya Tunçbilek tarafında taş ocakları yaygındır. Şekil 4.2 te Tunçbilek te bulunan taş ocağı görüntüsü ve burdaki patlatma kayıtlarının lokasyonarı gösterilmektedir.



Şekil 4.1. AFYO, ANDZ, AUKIR, AUSIV, BILE, BNAZ, BYAT, DEMI, DOMA, EMET, GDZ, KURO, SGAZ, ULDT, USAK, AUBOZ, AUKUT, AUMİH, SIMV, BORA, ERE, DURS istasyonları ve 2017-2019 tarihleri arasında büyüklüğü  $M \leq 2.5$  (Magnitüd) olan çalışmada kullanılmış olan verilerin dağılımı (AFAD, Deprem Dairesi Başkanlığı)



Şekil 4.2. Çalışma alanı Kütahya Tunçbilek Taş ocağı ve  $M \leq 2.5$  patlatma kayıtlarının lokasyonlarını gösterir uydu görüntüsü (Google Earth)

Çalışma bölgesi içerisinde kalan sismik istasyonlar hakkında detaylı bilgi Tablo 4.1 de verilmiştir.

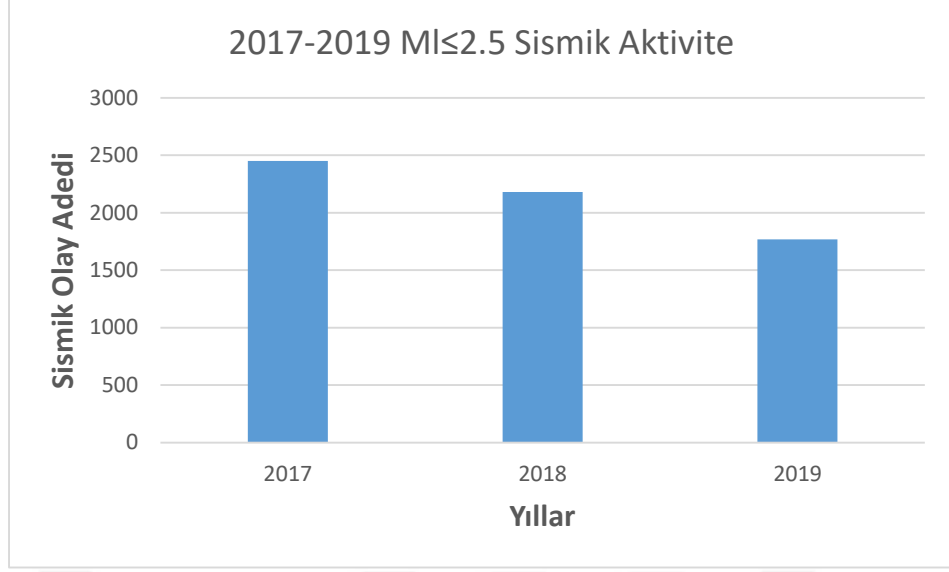
Tablo 4.1. Çalışma alanı için kullanılan AFAD zayıf yer hareketi istasyonları ile ilgili genel bilgiler

	<b>Yer</b>	<b>İstasyon Adı</b>	<b>Enlem</b>	<b>Boylam</b>	<b>Açılış Tarihi</b>
1	Afyon	<b>AFYO</b>	38.7871	30.2988	19.02.2013
2	Kütahya	<b>ANDZ</b>	39.5094	29.899	25.11.2014
3	Eskişehir	<b>AUKIR</b>	39.2872	30.5308	7.02.2010
4	Eskişehir	<b>AUSIV</b>	39.4396	31.5397	28.01.2010
5	Bilecik	<b>BILE</b>	40.1615	29.875	25.11.2014
6	Uşak	<b>BNAZ</b>	38.679	29.8795	13.12.2017
7	Afyon	<b>BYAT</b>	38.9469	30.9831	24.05.2018
8	Manisa	<b>DEMI</b>	39.0428	28.7162	23.05.2007
9	Kütahya	<b>DOMA</b>	39.7859	29.6952	12.12.2017
10	Kütahya	<b>EMET</b>	39.3755	29.3205	12.12.2017
11	Kütahya	<b>GDZ</b>	39.0874	29.4815	19.01.2005
12	Afyon	<b>KURO</b>	38.734	30.9336	6.02.2017
13	Eskişehir	<b>SGAZ</b>	39.5293	30.8387	24.11.2014
14	Balıkesir	<b>ULDT</b>	40.1416	29.1357	1.06.1996
15	Uşak	<b>USAK</b>	38.7143	29.0181	19.02.2013
16	Eskişehir	<b>BORA</b>	39.8801	30.4534	6.08.2005
17	Balıkesir	<b>DURS</b>	39.6011	28.4742	31.05.2007

#### 4.2. Çalışma Alanı ve Verilerin İşlenmesi

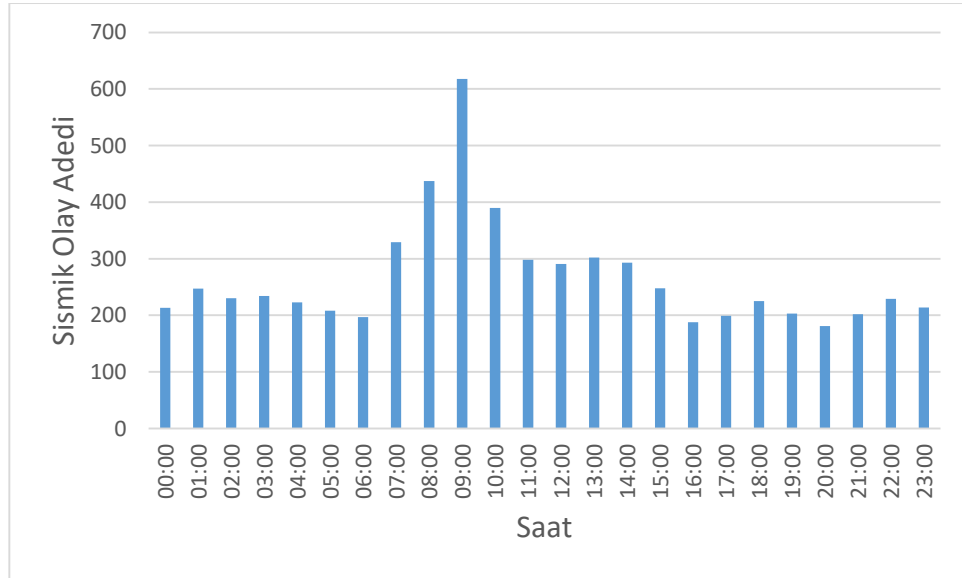
Çalışmamızın amacının sismik olayların kaynak türlerini belirlemek olduğundan, çalışma yapmak için seçmiş olduğumuz bölgede hem yapay kaynaklı hem de doğal kaynaklı olaylardan kaynaklanmış sismik olayların olması gerekmektedir. Bölgede, maden ve taş ocakları yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Bunlara ait işletmelerde malzeme temini için patlayıcılar kullanılmaktadır. Dolayısıyla bölgede sadece tektonik olaylar değil yapay kaynaklı patlatmalar da sismik istasyonlar tarafından kayıt edilmektedir.

Çalışma alanında  $M \leq 2,5$  büyüklüğündeki sismik olayların, yıllara göre değişimini gösteren grafik Şekil 4.3 te verilmiştir.



Şekil 4.3. Çalışma yapılan alanda, meydana gelmiş olan sismik olayların yıllara göre değişimi

Şekil 4.3 te görüldüğü gibi yıllara ait sismik aktivite sayısı değişmektedir. Bölgede bulunan istasyonlardan elde etmiş olduğumuz verilerden bazı sinyallerin gürültülü olması ya da istasyonların çeşitli sebeplerden dolayı verileri kaydedememesi sebebiyle analiz edilemeyerek çalışmada 17 istasyon verisi, 1284 adet olay kullanılmıştır.

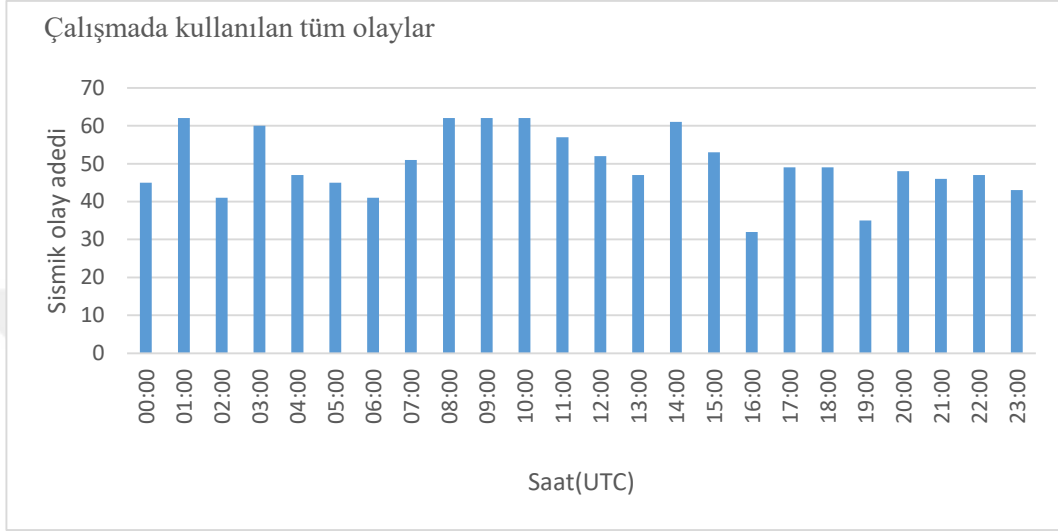


Şekil 4.4. 2017-2019 yılları arası sismik olay sayılarının saatlik değişimi

Elde etmiş olduğumuz bu verilere, ilk olarak konumlarına göre ayırım işlemi uygulanmış, sonrasında ise olayların oluş zamanları incelenmiştir. (Şekil 4.4) Bu

işlemlerin ardından elde etmiş olduğumuz verilerin gün içerisinde gerçekleşmiş olduğu zamanları Şekil 4.5’de verilmiştir.

Verilerin zamansal dağılımı incelendiğinde saat 07:00 ile 15:00 saatleri arasındaki olay sayısı fazlalığı dikkat çekmektedir.



Şekil 4.5. Verilerin zamansal dağılımı

Şekil 4.5 de verilerin zamansal dağılımına bakıldığında 01:00-15:00 arası olayların en fazla olduğu görülmektedir.

### 4.3. Ayrıştırma Yöntemlerinin Uygulanması ve İstasyon Bazlı Ayrım Denklemlerinin Elde Edilmesi

Ayrıştırmanın yapılabilmesi için ilk olarak sinyallerin deprem veya patlatma olduğu göz ile tespit edilmiştir. Sonrasında ise yöntemler sonucu bulunan sonuçlar ile kıyaslanmaya çalışılmıştır. En yüksek  $P$  ve  $S$  dalgası genliklerin birbirlerine oranını ve buna karşılık en yüksek genlikli  $S$  dalgasının logaritmasının hesaplandığı genlik oranı yöntemi kullanılmıştır (Baumgardt ve Young 1990; Wüster 1993). Ardından iki ayrı pencerenin zaman ortamında ve frekans ortamındaki enerjilerini kıyaslamak üzerine geliştirilen karmaşıklık yöntemine başvurulmuştur (Gitterman ve Shapira 1993; Arai ve Yoshida 2004). Sonuçlar grafikler üzerine çizdirilerek Lineer ve Karesel Ayrıştırma Fonksiyonları (LAF-KAF) (Fisher, 1936) ile sınıflandırma yapılmıştır.

Sismogramlar da düşey bileşen incelendiğinde, patlatmalarda  $S$  dalgası genliğinin  $P$  dalgası genliğine nazaran daha küçük olarak gözlemlenmektedir. Depremlerde ise  $S$

dalgası genliğinin P dalgası genliğine nazaran daha büyük olarak gözlemlenmektedir. Deprem ve patlatmalarda P ve S dalga genlikleri farklıdır yani tam tersi olduğu bilinmektedir (Yavuz ve diğ., 2019). Bu yöntem, zaman ortamında kayıt edilen verilere uygulanır. Aynı zamanda bu yöntemde yalnızca genlik okumalarından faydalandığı için genlik oranı yöntemi kolay, hızlı ve başarılı sonuçlar veren bir ayırım yöntemi olmasından ötürü çalışmalarda tercihen kullanılmış bir yöntem olmuş ve uygulanmıştır.

AFYO, AUSIV, BILE, BNAZ, BYAT, DEMİ, DOMA, EMET, GDZ, KURO, SGAZ, ULDT, USAK, BORA, DURS istasyonları için Genlik Oranı Yöntemi, Karmaşıklık Yöntemi, KZFD (Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü) ve GS (Güç Spektrumu) ile ayırma analizi yapılmıştır.

Düşey bileşen kayıtları olan P ve S dalgaları genlikleri tek tek okunmuş olup, sonrasında ise S dalgalarının genliklerinin P dalgalarının genliklerine oranları ve S dalgalarının logaritmaları hesaplanmıştır, hesaplanarak lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) kullanılarak ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, deprem ve patlatma verilerinin ayırma bir diğer yöntem olan karmaşıklık spektral oran (C-Sr) yöntemi kullanılmıştır. Bu ayırma yöntemini, MATLAB programını kullanarak elde etmiş olduğumuz tüm verilerin, karmaşıklık (C) ve spektral oran (Sr) katsayıları hesaplanarak lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) kullanılarak ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Deprem istasyonlarında kaydedilen veriler için LAF ve KAF elde edilmiş olup KZFD ve GS yöntemleri uygulanmıştır. Özellikle sinyal/gürültü oranının yüksek olması, mikro-deprem etkinliğinin gözlenmesi ve istasyonların konum itibari ile aktif patlatma sahalarına yakın olması sonucunda tüm analizlerin uygulanabildiği gözlenmiştir.

#### 4.3.1. Kütahya Domaniç - DOMA istasyonu için ayırmaştırma denklemlerinin elde edilmesi, analiz sonuçları

İstasyon bazlı Ayırım analizi ; AFAD tarafından işletilen hız kayıtçılarının verileri kullanılarak Türkiye’de deprem istasyonu bazlı doğal ve yapay kaynaklı olayların farklı yöntemler kullanılarak ayırmaştırılmasına dayanmaktadır.

Maden sahalarında, yol tünel inşaat alanlarında yapılan patlatmalar, sismik ağlarda istenmeyen kayıtların oluşmasına ve kataloglarda bu olayların deprem olarak yer almasına neden olmaktadır. Türkiye genelinde 2023 civarında patlatma sahası olması ve son 5 yılın AFAD katalogları incelendiğinde yılda ortalama  $M \leq 2,5$  olan 15000 sarsıntının istasyonlar tarafından kayıt edilmesi, ayırmaştırma analizlerinin yapılmasının kaçınılmazlığını açıkça ortaya koymaktadır.

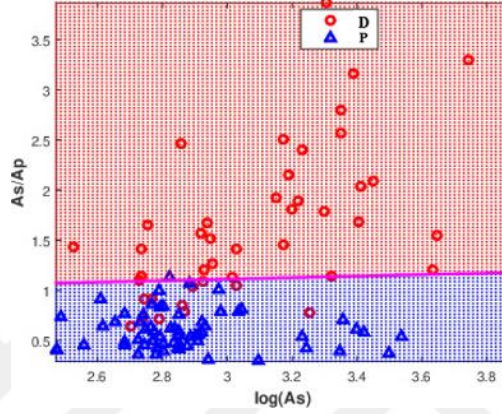
DOMA istasyonunda kaydedilen 107 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırmaştırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil4.6, Şekil4.7’de gösterilmiştir. Genlik Oranı yönteminde ilk önce en büyük P dalga varış zamanı ve S dalga varış zamanı ve sinyalin bitiş zamanı (F) işaretlenmiş P dalga ve S dalga genlikleri de okunmuştur. En Büyük S dalga genliği logaritması hesaplatılmıştır. En büyük S dalga genliğinin en büyük P dalga genliğine olan oranının en büyük S dalgası genliğinin logaritmasına karşılık gelen LAF ve KAF fonksiyonu ile çizdirilen dağılım grafikleri elde edilmiştir.

Karmaşıklık Yönteminde ise ilk olarak sismogram iki ayrı pencereye ayrılmaktadır (to t1, t1 t2). Bu çalışmada,; to - t1 pencere aralığı P dalga varış ve S dalga varış işaretlenerek P ve S dalgaları varış zamanları arasındaki süreden elde edilen zaman penceresidir. t1 - t2 ikinci pencere olup ilk pencere ile aynı değerde alınmıştır. Bu pencereler arasında kalmış sinyallerin güçleri  $S^2$  hesaplanmaktadır. İki ayrı pencerenin de oranı alınarak bulunan bu değere, karmaşıklık (C) adı verilir.

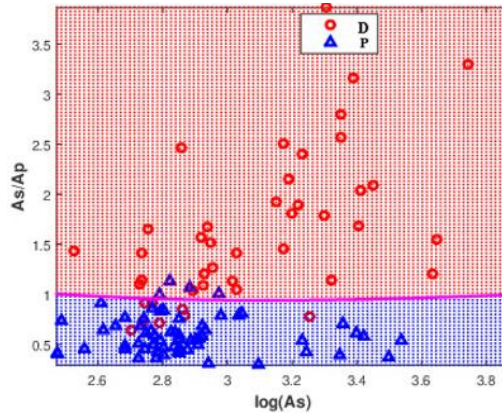
Sonrasında ise yüksek ve alçak olmak üzere iki ayrı frekans bandında (h1-h2, 11-12) veriye filtre işlemi uygulanarak sinyalin spektral genliği a(f) hesaplanır. Burada 11-12 alçak frekans 1Hz-5Hz, h1-h2 yüksek frekans 5Hz-10Hz, olarak alınmıştır. İki ayrı filtrenin spektral genlikleri birbirine oranlanır ve elde edilen bu değere de spektral oran



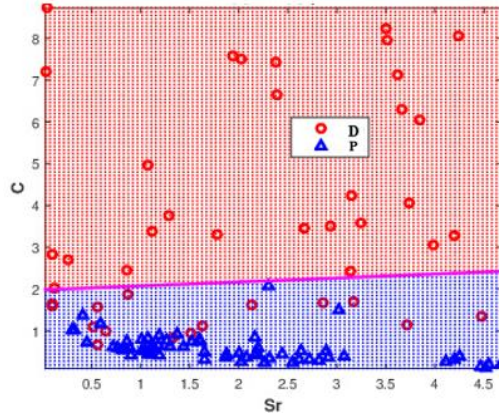
(Sr) adı verilir. Sr hesaplanırken sinyalin P varıştan (F) bitişine kadar olan kısım kullanılır. İstasyonlardan alınan kayıtlar için düşey bileşen hız sismogramlarının spektrumlarının alçak ve yüksek frekanslı kısımları oranlanarak spektral oran (SR) parametresi bulunur. Karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırmaştırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.8. ve Şekil 4.9’da gösterilmektedir.



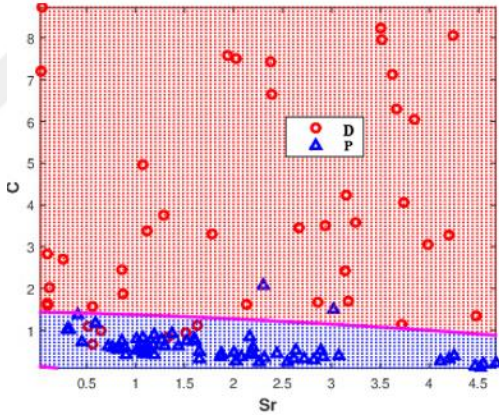
Şekil 4.6. DOMA istasyonuna ait sismik veriler kullanılarak en büyük S dalgası genliğinin en büyük P dalgası genliğine olan oranının, en büyük S dalgası genliğinin logaritmasına karşılık lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) ile çizdirilen dağılım grafiği



Şekil 4.7. DOMA istasyonuna ait sismik veriler kullanılarak en büyük S dalgası genliğinin en büyük P dalgası genliğine olan oranının, en büyük S dalgası genliğinin logaritmasına karşılık gelen karesel ayırmaştırma fonksiyonu (KAF) ile çizdirilen dağılım grafiği



Şekil 4.8. DOMA istasyonunun sismik veri kayıtları kullanılarak düşey bileşen hız sismogramının güçlerinin oranı ile hesaplanan karmaşıklık (C) nin, spektral oran (SR) ye karşılık lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ile çizdirilen dağılım grafiği



Şekil 4.9. DOMA istasyonunun sismik veri kayıtları kullanılarak düşey bileşen hız sismogramının güçlerinin oranı ile hesaplanan karmaşıklık (C) nin, spektral oran (SR) ye karşılık gelen karesel ayırma fonksiyonu (KAF) ile çizdirilen dağılım grafiği

Tablo 4.2 te Kütahya Domaniç DOMA istasyonuna ait Genlik Oranı ve Karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçlarına göre elde edilen ayırım denklemleri görülmektedir.

Tablo 4.2. DOMA istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
DOMA	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = -3.7397 - 0.3161 * \log A_S + 4.2167 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = -2.1371 + [\log A_S A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 5.4554 \\ -25.0644 \end{bmatrix} + \sum \left\{ ([\log A_S A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -1.5023 & 2.0787 \\ 2.0787 & 12.5635 \end{bmatrix}) * [\log A_S A_S/A_P] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = -2.4241 - 0.1161 * \log A_S + 1.2253 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = 1.1316 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -1.8560 \\ -8.6998 \end{bmatrix} + \sum \left\{ ([S_r \ C] * \begin{bmatrix} 0.2139 & 0.7623 \\ 0.7623 & 5.5001 \end{bmatrix}) * [S_r \ C] \right\}$

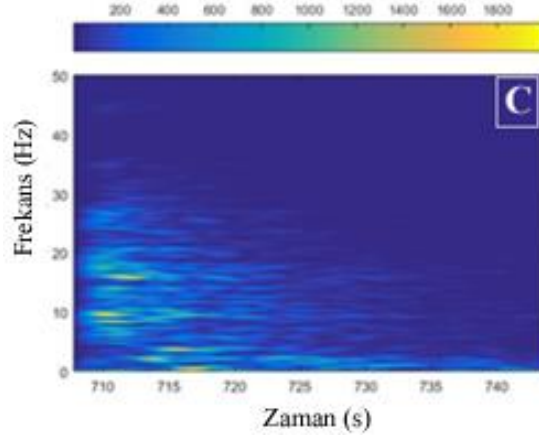
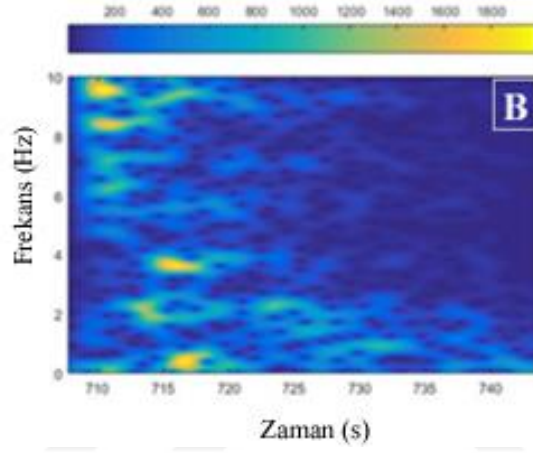
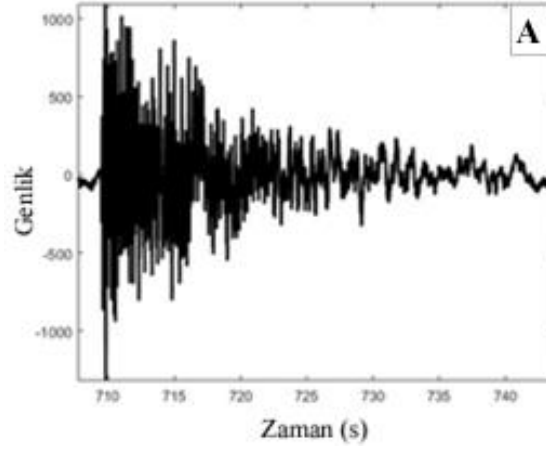
Tablo 4.3. DOMA istasyonu için 107 adet olayın sınıflandırma sonuçları

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	43	64	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	32	63	11	1	88,78
	KAF	35	60	8	4	88,78
Karmaşıklık	LAF	28	64	15	-	85,98
	KAF	37	62	6	2	92,52
KZFD	-	30	49	13	15	73,83
GS	-	30	17	13	47	43,92

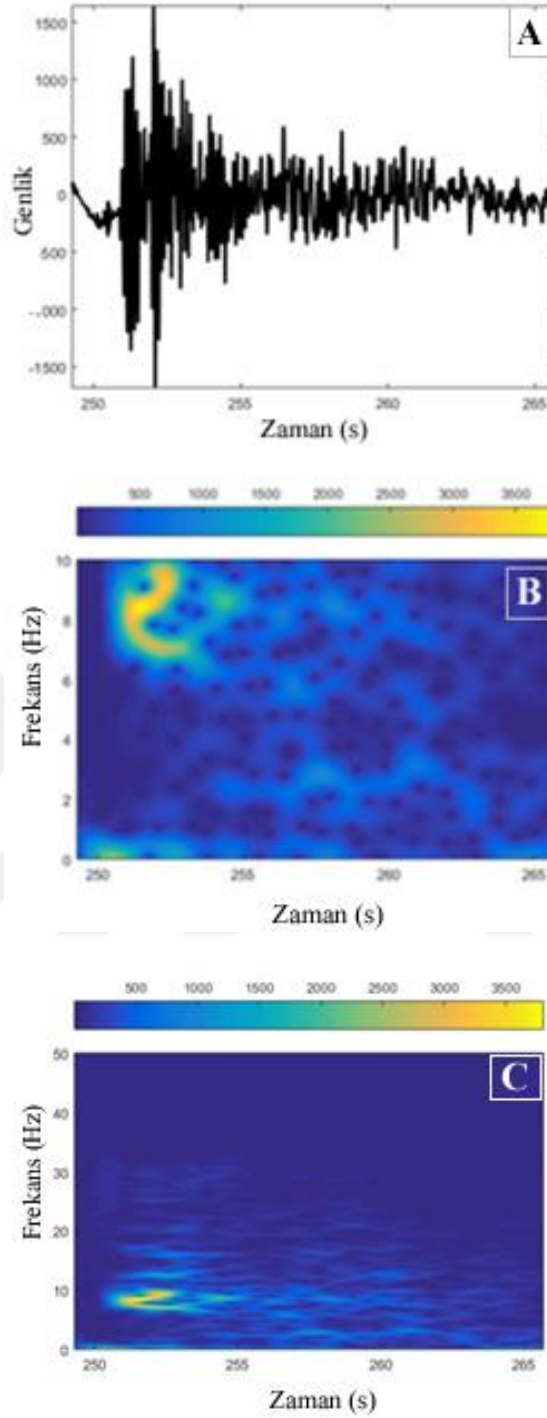
DOMA istasyonu için elde edilen grafiklere göre karmaşıklık yönteminin KAF denklemi ile yapılan ayırma işlemi için %92,52 lık genel başarı oranı ile en güvenilir sonuçlar verdiği, genlik oranı yönteminin LAF ve KAF ta genel başarının %88,78 ile aynı olduğu gözlemlenmiştir. (Tablo 4.3). Her iki yöntem ve istatistiksel yaklaşıma göre ayırma analizinin sonuçlarının yaklaşık %80'in üzerinde hesaplandığı gözükmektedir.

#### 4.4. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) Uygulaması

Tüm bilim dallarında kullanılan bu dönüşümler özellikle jeofizik çalışmalarda sismik dalgaların nitelendirilmesinde, kaynak enerji karakteristiğinin belirlenmesinde ve doğal-yapay sarsıntı analizlerinde kullanılmaktadır (Başokur, 2007). Bu çalışmada Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü analizi (KZFD) yapılmıştır.



Şekil 4.10. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - DOMA istasyonu 06.01.2018 08:11 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



Şekil 4.11. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi – DOMA istasyonu 14.02.2018 09:19 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

DOMA istasyonu 06.01.2018 08:11 tarihli Şekil 4.10 A’da deprem kaydı ve Şekil 4.10 B de 1-10 Hz de yüksek genlikler birden fazla görülmektedir. 4.10 C de yüksek genlikli grupların çok sayıda olduğu ve 1-25 Hz arasında dağılım gösterdiği

görülmektedir. DOMA istasyonu 14.02.2018 09:19 tarihli Şekil 4.11 A'de patlatma kaydı verilmektedir. 4.11 B'de KZFD analizi 1 – 10 Hz arası incelenmiş olup , 4.11 C'de 6 Hz – 10 Hz arası yüksek genlikler belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir.

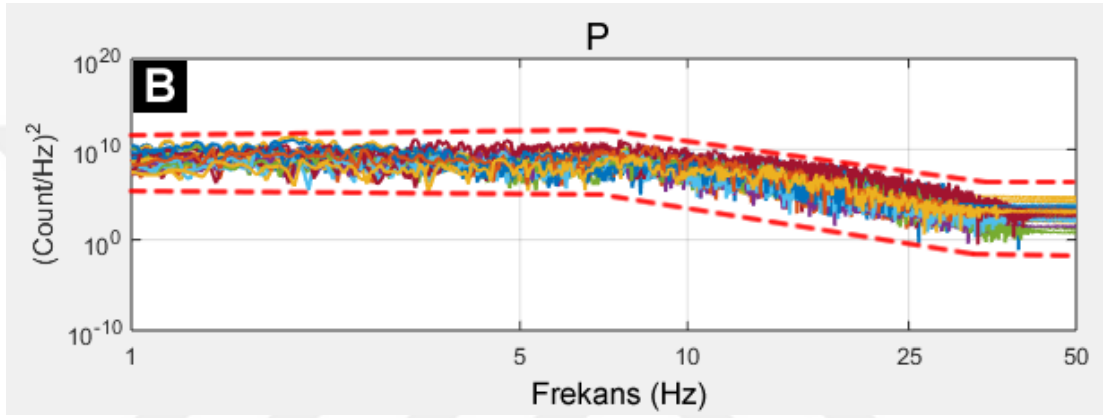
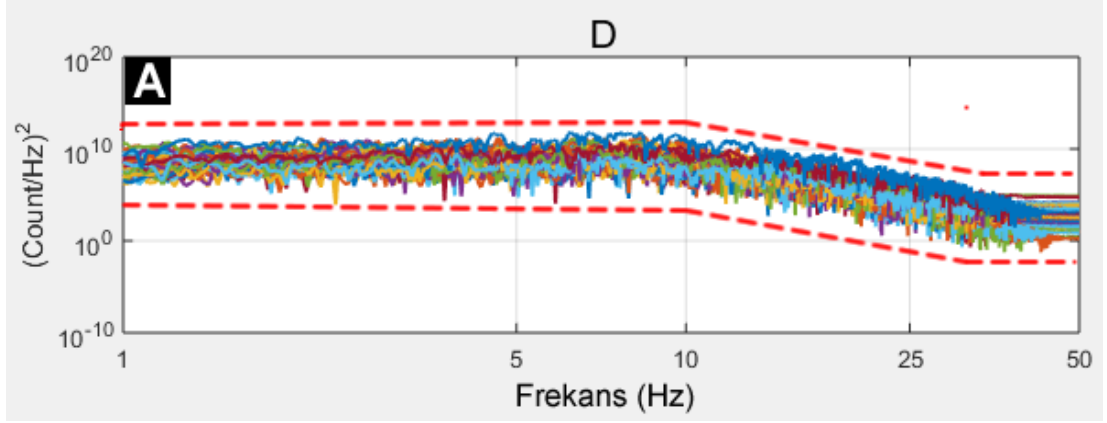
#### **4.5. Güç Spektrumu Uygulaması**

Belirli bir sinyal üzerindeki toplam enerji ile birlikte güçlü veya zayıf enerji değişiminin yoğunluğunu ifade eden kavrama Güç Spektrumu (GS) adı verilir. Fiziksel bilimin birçok alanında yaygın olarak kullanılan bu yöntemde esas amaç bir frekans bandındaki sinyal üzerinde belirlenen penceredeki tüm örneklerin karesini alma prensibine dayanır (Bormann, 2009).

Bu çalışmada AFYO, ANDZ, AUKIR, AUSIV, BILE, BNAZ, BYAT, DEMI, DOMA, EMET, GDZ, KURO, SGAZ, ULDT, USAK, BORA, DURS istasyonlarında kaydedilen olayların güç spektrumları ile ayırma yapılmıştır. Tüm olayların güç spektrumu Ekler de verilmektedir.

Yapay kaynaklı olayların enerji yoğunluğunun artan frekanslarda daha keskin bir şekilde azaldığı tespit edilirken tektonik olaylarda daha durağan olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak 1 ile 10 Hz arasındaki bir enerji yoğunluğunun değişiminin incelenmesi patlatma ve depremlerin sınıflandırılmasında önemli sonuçlar verdiği görülmektedir. Böylece bu yöntem sismik istasyonlarda kaydedilen farklı kaynak tiplerine sahip olayların sınıflandırılmasında kullanılabilir (Su ve diğ., 1991; Yavuz ve diğ., 2019a).

Şekil 4.12 de yapay kaynaklı olayların enerji yoğunluğunun artan frekanslarda daha keskin bir şekilde azaldığı tespit edilirken tektonik olaylarda daha durağan olduğu gözlemlenmiştir. Burada Şekil 4.12 A da depremlerde 10Hz den sonra güç kaybının başladığı Şekil 4.12 B de ise patlatmaların ise güç kaybının 7 Hz frekanslarda başladığı açıkça görülmektedir.



Şekil 4.12 A) Kütahya Domaniç (DOMA) istasyonu depremlerin Güç Spektrumunun frekansla değişimi B) Kütahya Domaniç (DOMA) istasyonu patlatmaların Güç Spektrumunun frekansla değişimi

D:Deprem P:Patlatma

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada Kütahya ve çevresinde deprem ve yapay sarsıntı kayıtlarının ayırım analizi yapılmıştır. Toplamda 17 adet AFAD İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından işletilen zayıf yer hareketi istasyonu kullanılmıştır. Kütahya ve çevresi patlatmaların ve tektonik depremlerin yaygın olarak bulunduğu bir bölge olduğundan deprem olaylarının patlatma kayıtlarından ayrılması sismolojik ve sismik çalışmalar için zaruriyet doğurmaktadır.

Genlik oranı yöntemi (As/Ap) ve karmaşıklık (C-Sr) yönteminde ayırma çalışmaları; istatistik yöntemlerden lineer ve karesel ayırma fonksiyonları (LAF ve KAF) faydalanılmıştır.

Çalışmada kullanılan her bir istasyon veri özellikleri analiz sonuçları aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

38.7871, 30.2988 koordinatlarında kurulan Afyon (AFYO) istasyonu için yapılan çalışmada 79 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil :A.1. de AFYO istasyonunda kaydedilmiş olayların As/Ap genlik oranı yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayırma çalışması ile elde edilen grafikler, Şekil:A.2. de AFYO istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayırma çalışması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo:A.1: AFYO istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo:A.2'de AFYO istasyonu için 79 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre Genlik Oranı yöntemi KAF ve Karmaşıklık Yöntemi LAF % 82,27 başarı oranı ile en başarılı yöntem , onu izleyen Karmaşıklık KAF %81,01, Genlik Oranı LAF %78,48, %62 ile KZFD ve % 48 ile GS yöntemidir. Burada Güç Spektrumu yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil:A.3 ve A.4 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil:A.3 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi AFYO istasyonu 18.10.2019 03:51 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz



KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.4 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi – AFYO istasyonu 24.01.2017 07:43 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil: A.3.C de yüksek genlikli gruplar 1-25 Hz arası görülürken Şekil:A.4.C de 1-12 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil:A.5 de AFYO istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7 Hz de başladığı görülmektedir.

39.4396, 31.5397 koordinatlarında kurulan Eskişehir (AUSIV) istasyonu için yapılan çalışmada 60 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil :A.6 de AUSIV istasyonunda kaydedilmiş olayların As/AP genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrıştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil:A.7. de AUSIV istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrıştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo:A.3 AUSIV istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo: A.4’de AUSIV istasyonu için 60 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre Genlik Oranı yöntemi KAF % 83,33 başarı oranı ile en başarılı yöntem ve Karmaşıklık Yöntemi LAF, Genlik Oranı LAF, % 81,66, onu izleyen Karmaşıklık KAF %80, %62 ile KZFD ve % 60 ile GS yöntemidir. Burada Güç Spektrumu yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil:A.8 ve A.9 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil:A.8 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - AUSIV istasyonu 16.03.2019 11:50 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.9 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - AUSIV istasyonu 23.03.2017 08:03 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.8.C de yüksek genlikli gruplar 1-15 Hz arası görülürken Şekil:A.9.C de 1-8 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil:A.10 de AUSIV istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7 Hz de başladığı görülmektedir.

40.1615, 29.8750 koordinatlarında kurulan Bilecik (BILE) istasyonu için yapılan çalışmada 51 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil :A.11. de BILE istasyonunda kaydedilmiş olayların As/Ap genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil: A.12. de BILE istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo:A.5: BILE istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo: A.6'de BILE istasyonu için 51 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre Genlik Oranı yöntemi KAF % 90,19 başarı oranı ile en başarılı yöntem ve Karmaşıklık Yöntemi LAF ve KAF % 86,27, onu izleyen Genlik Oranı LAF % 82,35, % 67 ile KZFD ve % 51 ile GS yöntemidir. Burada Güç Spektrumu yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil A.13 ve A.14 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil:A.13 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - BILE istasyonu 24.12.2018 06:08 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.14 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - BILE istasyonu 02.10.2017 12:19 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.13.C de yüksek genlikli gruplar 1-12 Hz arası görülürken Şekil:A.14.C de 1-5 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil:A.15 de BILE istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7,5 Hz de başladığı görülmektedir.

38.6790, 29.8795 koordinatlarında kurulan Uşak (BNAZ) istasyonu için yapılan çalışmada 59 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil :A.16. de BNAZ istasyonunda kaydedilmiş olayların As/Ap genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil:A.17 de BNAZ istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo:A7: BNAZ istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo: A.8'de BNAZ istasyonu için 59 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre Genlik Oranı yöntemi KAF - Genlik Oranı LAF % 81,35 başarı oranı ile en

başarılı yöntem ve Karmaşıklık Yöntemi LAF - Karmaşıklık KAF % 77,96 onu izleyen % 68 ile KZFD ve % 54 ile GS yöntemidir. Burada Güç Spektrumu yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil A.18 ve A.19 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil: A.18 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi BNAZ istasyonu 24.11.2019 23:13 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.19 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi – BNAZ istasyonu 04.01.2018 14:20 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.18.C de yüksek genlikli gruplar 1-20 Hz arası görülürken Şekil:A.19.C de 1-9 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.20 de BNAZ istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 6 Hz de başladığı görülmektedir.

38.9469, 30.9831 koordinatlarında kurulan Afyon (BYAT) istasyonu için yapılan çalışmada 62 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil:A.21. de BYAT istasyonunda kaydedilmiş olayların As/Ap genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil:A.22. de BYAT istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo:A9: BYAT istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo: A.10'de BYAT istasyonu için 62 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre % 86 ile KZFD başarı oranı ile en başarılı yöntem, Genlik Oranı yöntemi KAF % 79,03 ve onu izleyen Karmaşıklık Yöntemi KAF % 77,41, Genlik Oranı LAF % 75,80, % 71 ile GS Yöntemi, Karmaşıklık Yöntemi LAF % 66,12. Burada Karmaşıklık Yöntemi LAF yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil A.23 ve EK.A.24 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil:A.23 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi BYAT istasyonu 12.11.2018 03:54 tarihli) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.24. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - BYAT istasyonu 24.06.2019 07:21 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir.

Şekil: A.23.C de yüksek genlikli gruplar 1-20 Hz arası görülürken Şekil:A.24.C de 1-8 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.25 de BYAT istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7,5 Hz de başladığı görülmektedir.

39.0428, 28.7162 koordinatlarında kurulan Manisa (DEMI) istasyonu için yapılan çalışmada 104 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil :A.26. de DEMI istasyonunda kaydedilmiş olayların As/Ap genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrıştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil:A.27. de DEMI istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrıştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo:A11: DEMI istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo: A.12'de DEMI istasyonu için 104 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre Genlik Oranı yöntemi KAF % 85,6 ve Karmaşıklık Yöntemi KAF % 85,58 başarı oranı ile en başarılı yöntem , onu izleyen Genlik Oranı LAF % 82,70, Karmaşıklık LAF % 79,81, % 79 ile GS % 76 ile KZFD yöntemidir. Burada KZFD yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil A.28 ve A.29 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil:A.28 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi DEMI istasyonu 01.11.2019 22:10 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.29 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi – DEMI istasyonu 24.05.2019 11:38 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.28.C de yüksek genlikli gruplar 1-30 Hz arası görülürken Şekil:A.29.C de 1-35 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.30 de DEMI istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7,5 Hz de başladığı görülmektedir.

39.3755, 29.3205 koordinatlarında kurulan Kütahya (EMET) istasyonu için yapılan çalışmada 131 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil :A.31. de EMET istasyonunda kaydedilmiş olayların As/Ap genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrıştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil:A.32. de EMET istasyonunda

kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo:A.13: EMET istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo: A.14'de EMET istasyonu için 131 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre Karmaşıklık KAF % 89,31 başarı oranı ile en başarılı yöntem Genlik Oranı yöntemi KAF % 87,78, Genlik Oranı LAF % 84,73,Karmaşıklık Yöntemi LAF % 81,68, % 70 ile KZFD ve % 51 ile GS yöntemidir. Burada Güç Spektrumu yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil A.33 ve A.34 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil: A.33 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi EMET istasyonu 20.09.2019 05:50 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.34 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - EMET istasyonu 22.09.2019 10:24 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil: A.33.C de yüksek genlikli gruplar 1-25 Hz arası görülürken Şekil:A.34.C de 1-5 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.35 de EMET istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7,5 Hz de başladığı görülmektedir.

39.0874, 29.4815 koordinatlarında kurulan Kütahya (GDZ) istasyonu için yapılan çalışmada 114 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil :A.36. de GDZ istasyonunda kaydedilmiş olayların As/Ap genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil:A.37. de GDZ istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo: A15: GDZ istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo: A.16'de GDZ istasyonu için 114 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre Genlik Oranı yöntemi KAF % 95,61 başarı oranı ile en başarılı yöntem ve Genlik Oranı LAF % 89,47, Karmaşıklık Yöntemi KAF % 87,72 onu izleyen Karmaşıklık LAF % 85,96, % 72 ile KZFD ve % 59 ile GS yöntemidir. Burada Güç Spektrumu yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil A.38 ve A.39 da bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil:A.38

Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - GDZ istasyonu 14.10.2019 15:33 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.39 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - GDZ istasyonu 14.10.2019 15:33 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil: A.38.C de yüksek genlikli gruplar 1-20 Hz arası görülürken Şekil: A.39.C de 1-15 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.40 de GDZ istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7,5 Hz de başladığı görülmektedir.

38.7340, 30.9336 koordinatlarında kurulan Afyon (KURO) istasyonu için yapılan çalışmada 97 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil : A.41. de KURO istasyonunda kaydedilmiş olayların As/Ap genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil:A.42. de KURO istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo:A17: KURO istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo: A.18'de KURO istasyonu için 97 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre % 93 başarı oranı ile en başarılı yöntem KZFD, Genlik Oranı yöntemi LAF - Genlik Oranı KAF %83,5, ve Karmaşıklık Yöntemi LAF % 80,41, onu izleyen Karmaşıklık KAF % 79,38 ve % 77 ile GS yöntemidir. Burada Güç Spektrumu yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil A.43 ve A.44 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil:A.43 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi KURO istasyonu 17.01.2018 16:43 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-50 Hz KZFD analizi C) 1-10Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil :A.44 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - KURO istasyonu 14. 02.2018 04:04 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-50 Hz analizi C) 1-10Hz KZFD KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil: A.43.B de yüksek genlikli gruplar 1-10 Hz arası görülürken Şekil:A.44.B de 1-18 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.45 de KURO istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada

deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7 Hz de başladığı görülmektedir.

40.1416, 29.1357 koordinatlarında kurulan Balıkesir (ULDT) istasyonu için yapılan çalışmada 79 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil :A.46. de ULDT istasyonunda kaydedilmiş olayların As/Ap genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil: A.47. de ULDT istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo: A19: ULDT istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo: A.20'de ULDT istasyonu için 80 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre Karmaşıklık KAF % 88,75 başarı oranı ile en başarılı yöntem, Genlik Oranı LAF % 85,00 Genlik Oranı yöntemi KAF % 83,75 ve Karmaşıklık Yöntemi LAF % 81,25, onu izleyen, , % 78 ile GS ve % 65 ile KZFD yöntemidir. Burada KZFD yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil A.48 ve A.49 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil: A.48 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi ULDT istasyonu 16.11.2019 00:28 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.49 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi – ULDT istasyonu 22.03.2017 13:34 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil: A.48.C de yüksek genlikli gruplar 1-10 Hz arası görülürken Şekil:A.49.C de 1-20 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.50 de ULDT istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7 Hz de başladığı görülmektedir.

38.7143, 29.0181 koordinatlarında kurulan Uşak (USAK) istasyonu için yapılan çalışmada 73 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil : A.51 de USAK istasyonunda kaydedilmiş olayların As/Ap genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil: A.52 de USAK istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo: A21: USAK istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo:

A.22'de USAK istasyonu için 73 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre Genlik Oranı yöntemi KAF % 90,41 başarı oranı ile en başarılı yöntem ve Karmaşıklık KAF % 83,56, Karmaşıklık Yöntemi LAF % 80,82 , Genlik Oranı LAF % 79,45, % 63 ile KZFD ve % 60 ile GS yöntemidir. Burada Güç Spektrumu yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil A.53 ve A.54 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil: A.53 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi USAK istasyonu 19.02.2018 01:33 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.54 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - USAK istasyonu 26.03.2019 08:03 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil: A.53.C de yüksek genlikli gruplar 1-12 Hz arası görülürken Şekil: A.54.C de 1-30 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.55 de USAK istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7 Hz de başladığı görülmektedir.

39.8801,30.4534 koordinatlarında kurulan Eskişehir (BORA) istasyonu için yapılan çalışmada 47 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil : A.56. de BORA istasyonunda kaydedilmiş olayların As/Ap genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil: A.57. de BORA istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo: A23: BORA istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo: A.24'de BORA istasyonu için 47 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre % 96 başarı oranı ile en başarılı yöntem KZFD Genlik Oranı yöntemi KAF % 93,61, Genlik Oranı LAF % 91,48, Karmaşıklık KAF % 85,10, Karmaşıklık Yöntemi LAF % 80,85, onu izleyen % 75 ile GS yöntemidir. Burada Güç Spektrumu yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil A.58 ve A.59 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil: A.58 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi BORA istasyonu 01.02.2019 01:41 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.59 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü



Analizi - BORA istasyonu 17.10.2018 08:30 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil: A.58.C de yüksek genlikli gruplar 1-12 Hz arası görülürken Şekil: A.59.C de 1-10 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.60 de BORA istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7 Hz de başladığı görülmektedir.

39.6011, 28.4742 koordinatlarında kurulan Balıkesir (DURS) istasyonu için yapılan çalışmada 100 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil : A.61. de DURS istasyonunda kaydedilmiş olayların As/AP genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayırıştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil: A.62 de DURS istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayırıştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo: A25: DURS istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo: A.26'de DURS istasyonu için 100 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre Karmaşıklık KAF % 93 başarı oranı ile en başarılı yöntem, Genlik Oranı yöntemi KAF% 88 ve Karmaşıklık Yöntemi LAF % 86, onu izleyen, Genlik Oranı LAF % 84, % 81 ile KZFD ve % 80 ile GS yöntemidir. Burada Güç Spektrumu yöntemi en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil A.63 ve A.64 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil: A.63 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi DURS istasyonu 30.07.2018 17:57 A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.64 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi – DURS istasyonu 21.06.2017 09:43 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil: A.63.C de yüksek genlikli gruplar 1-5 Hz arası görülürken Şekil: A.64.C de 1-10 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.65 de DURS istasyonu depremlerin 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı görülmektedir.

39.5293,30.8387 koordinatlarında kurulan Eskişehir (SGAZ) istasyonu için yapılan çalışmada 28 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil : A.66. de SGAZ istasyonunda kaydedilmiş olayların As/AP genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF

ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler, Şekil: A.67. de SGAZ istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler görülmektedir. Tablo: A27: SGAZ istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri verilmektedir. Tablo: A.28'de SGAZ istasyonu için 28 adet olayın sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Buna göre Genlik Oranı yöntemi KAF ve Karmaşıklık Yöntemi LAF, Karmaşıklık KAF % 85,71 başarı oranı ile en başarılı yöntem , onu izleyen % 82 ile KZFD ve GS yöntemidir. ta başarı oranı % 78,57 dir. Burada Genlik Oranı yöntemi LAF en düşük başarı oranına sahiptir. Şekil A.68 ve EK.A.69 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil: A.68 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi SGAZ istasyonu 26.09.2019 19:23 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.69 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - SGAZ istasyonu 14.11.2018 09:56 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil: A.68.C de yüksek genlikli gruplar 1-20 Hz arası görülürken Şekil: A.69.C de 1-5 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.70 de SGAZ istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7,5 Hz de başladığı görülmektedir.

39.5094,29.899 koordinatlarında kurulan Kütahya (ANDZ) istasyonu için yapılan çalışmada 61 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil A.71 ve A.72 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil: A.71 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi ANDZ istasyonu 28.03.2018 12:39 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.72 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - ANDZ istasyonu 07.05.2019 10:09 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil: A.71.C de yüksek genlikli gruplar 1-8 Hz arası görülürken Şekil: A.72.C de 1-2 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.73 de ANDZ istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde

ise güç kayıplarının 7,5 Hz de başladığı görülmektedir. Tablo:A.29. da ANDZ istasyonuna ait 61 adet olayın KZFD ve GS yöntemlerinin başarı oranları görülmektedir. Buna göre başarı oranları GS yöntemi % 62, KZFD yöntemi %56 dir.

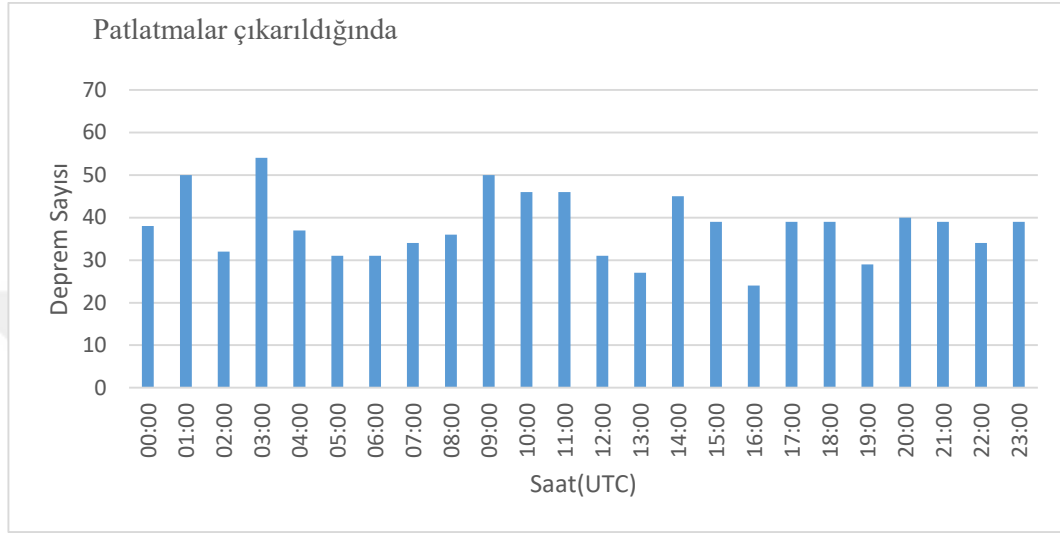
39.2872, 30.5308 koordinatlarında kurulan Eskişehir (AUKIR) istasyonu için yapılan çalışmada 33 adet sismik olay kullanılmıştır. Şekil A.74 ve A.75 de bir adet deprem ve patlatma sismogramı ve buna ait KZFD analizi verilmiştir. Şekil: A.74 Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi AUKIR istasyonu 05.04.2019 09:49 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil:A.75 Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - AUKIR istasyonu 02.01.2018 04:56 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi gösterilmiştir. Şekil: A.74.C de yüksek genlikli gruplar 1-5 Hz arası görülürken Şekil: A.75.C de 1-2 Hz arası yüksek genlikler görülmektedir. Şekil A.76 de AUKIR istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi verilmektedir. Burada deprem kayıtlarında 10 Hz den sonra güç kayıplarının başladığı, patlatmaların güç spektrumu görüntüsünde ise güç kayıplarının 7 Hz de başladığı görülmektedir. Tablo:A.30. da AUKIR istasyonuna ait 33 adet olayın KZFD ve GS yöntemlerinin başarı oranları görülmektedir. Buna göre başarı oranları KZFD yöntemi % 52, GS yöntemi % 49 dur.

Tablo 5.1. Tüm yöntemler birlikte değerlendirilip istasyon bazlı kayıt edilen olayların kaynak türleri belirlendiğinde istasyonların deprem patlatma sayıları

No	İstasyon	Olay sayısı	Deprem	Patlatma
1	AFYO	79	53	26
2	ANDZ	61	21	40
3	AUKIR	33	16	17
4	AUSIV	60	36	24
5	BILE	51	36	15
6	BNAZ	59	47	12
7	BYAT	62	53	9
8	DEMI	104	91	11
9	DOMA	107	41	66
10	EMET	131	103	28
11	GDZ	114	92	22
12	KURO	97	71	26
13	SGAZ	28	12	16
14	ULDT	80	51	29
15	USAK	73	68	5
16	BORA	47	37	10
17	DURS	100	82	18

Tüm yöntemler birlikte değerlendirildiğinde istasyonların deprem patlatma sayıları Tablo 5.1. da verilmiştir.

Yöntemlerin sayısının arttırılması ve bir arada birden fazla yöntem uygulanması ayırt etme çalışmalarında başarıyı arttırmaktadır.



Şekil 5.1. Patlatmalar çıkarıldığında verilerin zamansal dağılımı

Çalışmanın ilk aşamasında bölgede meydana gelmiş ve bu çalışmada kullanılan verilerin gün içerisinde dağılımları Şekil 4.5 de gösterilmiştir. Şekil 5.1 de ise ayırım analizi sonucunda sismik olaylar içerisinde patlatmalar çıkarıldığında bölgede meydana gelen depremlerin saatlere göre oluş adedi verilmiştir. Burada şekilde depremlerin neredeyse günün tüm saatlerine dağıldığını görülmektedir. Patlatma kayıtlarının 07:00 - 15:00 arası daha fazla olduğu görülmektedir(Şekil 4.5).

Tablo 5.1 de tüm yöntemlerin uygulanması sonucunda , istasyon bazlı kayıt edilen olayların, kaynak türleri yani belirlenen deprem ve patlatma sayıları verilmiştir.

Çalışmanın sonucunda 1284 adet sismik olayın 910 tanesi deprem, 374 tanesi ise patlatma olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan yöntemler kıyaslandığında; Genlik Oranı Yönteminin Karmaşıklık yöntemine göre, Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Yönteminin Güç Spektrumu yöntemine göre daha güvenilir sonuçlar verirken, Karesel Ayırma Fonksiyonunun Lineer Ayırma Fonksiyonuna göre veri gruplarını ayırmada daha başarılı olduğu gözlenmiştir.

Yeterli veriye sahip 15 istasyon verilerine tüm yöntemler uygulanmış ve istasyon bazlı ayırmaştırma fonksiyonları hesaplanmıştır. ANDZ ve AUKIR deprem istasyonlarında ise ayırmaştırma sadece Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Yöntemi ve Güç Spektrumu yöntemi ile yapılmıştır.

Çalışma kapsamında kullanılan verilerin titizlikle seçilmesi ve ilk gözlemlerle kaynak belirlenmesinin profesyonelce yapılmasına rağmen, elde edilen sonuçlar ile ilk gözlem sonuçlarının farklılık göstermesi ayırmaştırma işlemlerinin mutlaka yapılması gerekliliğini de ortaya koymuştur. Çalışma sonucunda elde edilen istasyon bazlı ayırmaştırma fonksiyonları, çalışma kapsamındaki istasyonların verilerini kullanacak araştırmacılara bu işlemi kolaylıkla yapma fırsatı sunmuştur.

Bu çalışmalar güvenli veri elde edilmesinde, mikro deprem çalışmalarında önemlidir. Kaynak bilgisi elde edilmeden çalışmalara başlanmaması önerilir.

## KAYNAKLAR

Aki K., Chouet B., Origin of Coda Waves: Source, Attenuation and Scattering Effects, *J. Geophys Res.*, 1975, **80**, 3322–3342.

Alexander S. S., Hsu R., Banmgardt D. R., Identification of Earthquakes and Explosions Using Pattern Recognition Techniques on Frequency-Slowness Seismic Images, *EOS*, 1992, 73-360.

Başokur A. T., *Spektral Analiz Ve Sayısal Süzgeçler*, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları, Ankara, 2007.

Birdem M., Doğu Marmara'da deprem ve patlatma verilerinin ayırt edilmesi ve istasyon bazlı ayırım denklemlerinin elde edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2019, 596883.

Emre Ö., Duman T. Y., Özalp S., Elmacı H., Olgun Ş., Şaroğlu, F., 1/1.250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi*, 2013, Ankara, Türkiye.

Kafka A. L., Rg as a depth discriminant for earthquakes and explosions: a case study in New England, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 1990, **80**(2), 373-394.

Kanamori H., Magnitude Scale and The Quantification of Earthquakes. *Tectonophysics*, 1983, **93**, 185-199.

Kanamori H., The Energy Release in Great Earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, 1977, **82**, 2981-2987.

Kartal Ö. F., Trabzon ve Civarındaki Deprem ve Patlatma Verilerinin Birbirinden Ayırt Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2010, 274735.

Kekovalı K., Kalafat D., Deniz P., Spectral Discrimination Between Mining Blast and Natural Earthquakes: Application to The Vicinity of Tunçbilek Mining Area, Western Turkey, *International Journal of The Physical Sciences*, 2012, **35**(7), 5339- 5352.

Kim W. Y., Simpson D. W., Richards P. G., High-frequency spectra of regional phases from earthquakes and chemical explosions, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 1994, **84**(5), 1365-1386.

Şahin Ş., Türkelli N., Teoman U. M., Şekercioğlu E., Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Deprem Verilerinden Ayrılması, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Ankara, Türkiye, 11-14 Ekim 2011.

Sertçelik F., Irmak T. S., Livaoglu H., Yavuz E., Sertçelik İ., Kurtuluş C., Spectral analysis of recent Ankara (Turkey) terrorist attacks, *5th Annual International Conference on Geological and Earth Sciences*, Singapur, Singapur Cumhuriyeti, 10-11 Ekim 2016.

Su F., Aki K., Biswas N. N., Discriminating quarry blasts from earthquakes using coda waves, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 1991, **81**(1), 162-178.

Tibi R., Koper K. D., Pankow K. L., Young C. J., Depth discrimination using Rg-toSg spectral amplitude ratios for seismic events in Utah recorded at local distances, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 2018a, **108**(3A), 1355-1368.

Tibi R., Koper K. D., Pankow K. L., Young C. J., Discrimination of Anthropogenic Events and Tectonic Earthquakes in Utah Using a Quadratic Discriminant Function Approach with Local Distance Amplitude Ratios, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 2018b, **108**(5A), 2788-2800.

URL-1: <https://deprem.afad.gov.tr/ddakatalogu>, (Ziyaret Tarihi: 24 Aralık 2020).

URL-2: [earth.google.com/web/](http://earth.google.com/web/), (Ziyaret Tarihi: 29 Aralık 2020).

Yavuz E., Sertçelik F., Livaoglu H., Woith H., Lühr B. G., Discrimination of Quarry Blasts from Tectonic Events in the Armutlu Peninsula, *Turkey, J. Seismol*, 2019, **23**(1), 59-76.

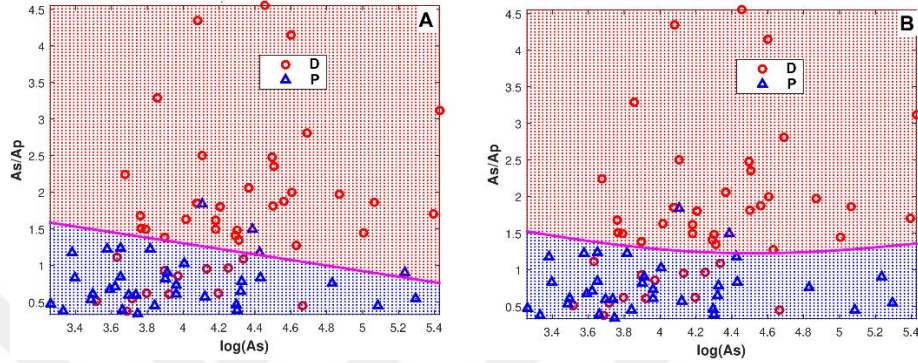


**EKLER**

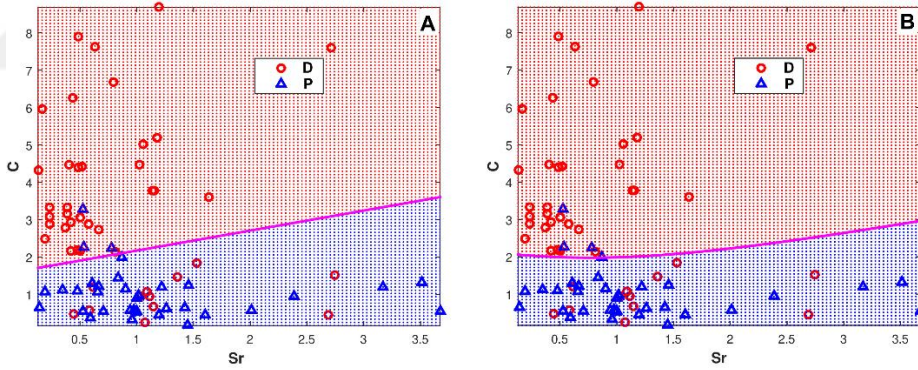


## Ek-A

### İSTASYON BAZLI GENLİK-KARMAŞIKLIK YÖNTEMİ LİNEER VE KARESEL AYRIMLAŞTIRMA GRAFİKLERİ, FONKSİYONLARI VE ANALİZ SONUÇ TABLOLARI, KISA ZAMANLI FOURIER DÖNÜŞÜM VE GÜM SPEKTRUMU ANALİZLERİ



Şekil A.1. AFYO istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrımlaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



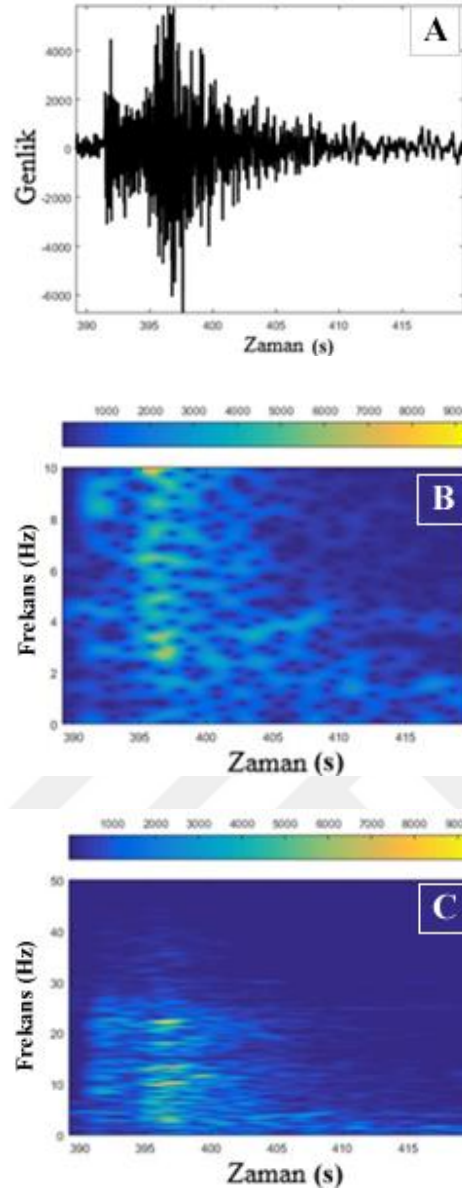
Şekil A.2. AFYO istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrımlaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.1. AFYO istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

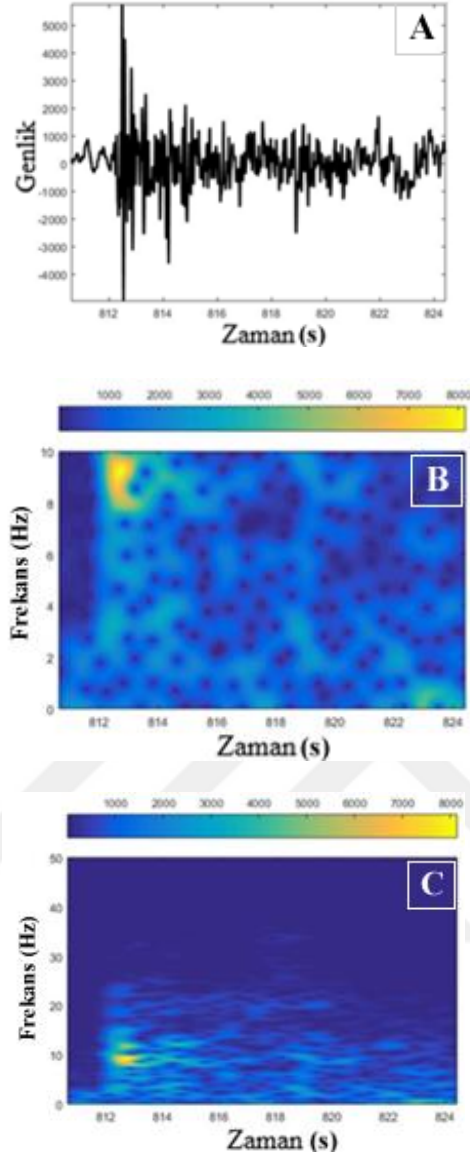
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
AFYO	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = -4.2087 + 0.5670 * \log A_S + 1.4902 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = -14.7085 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 7.2876 \\ -7.2930 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -0.8929 & 0.3180 \\ 0.3180 & 3.6153 \end{bmatrix} \right) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	LAF	$F_{LAF} = -1.3247 - 0.4333 * \log A_S + 0.8092 * A_S/A_P$	
	Karmaşıklık	KAF	$F_{KAF} = -0.5826 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} 0.2878 \\ -2.0891 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -0.5160 & 0.1271 \\ 0.1271 & 1.1300 \end{bmatrix} \right) * [S_r \ C] \right\}$

Tablo A.2. AFYO istasyonu için 79 adet olayın sınıflandırma sonuçları

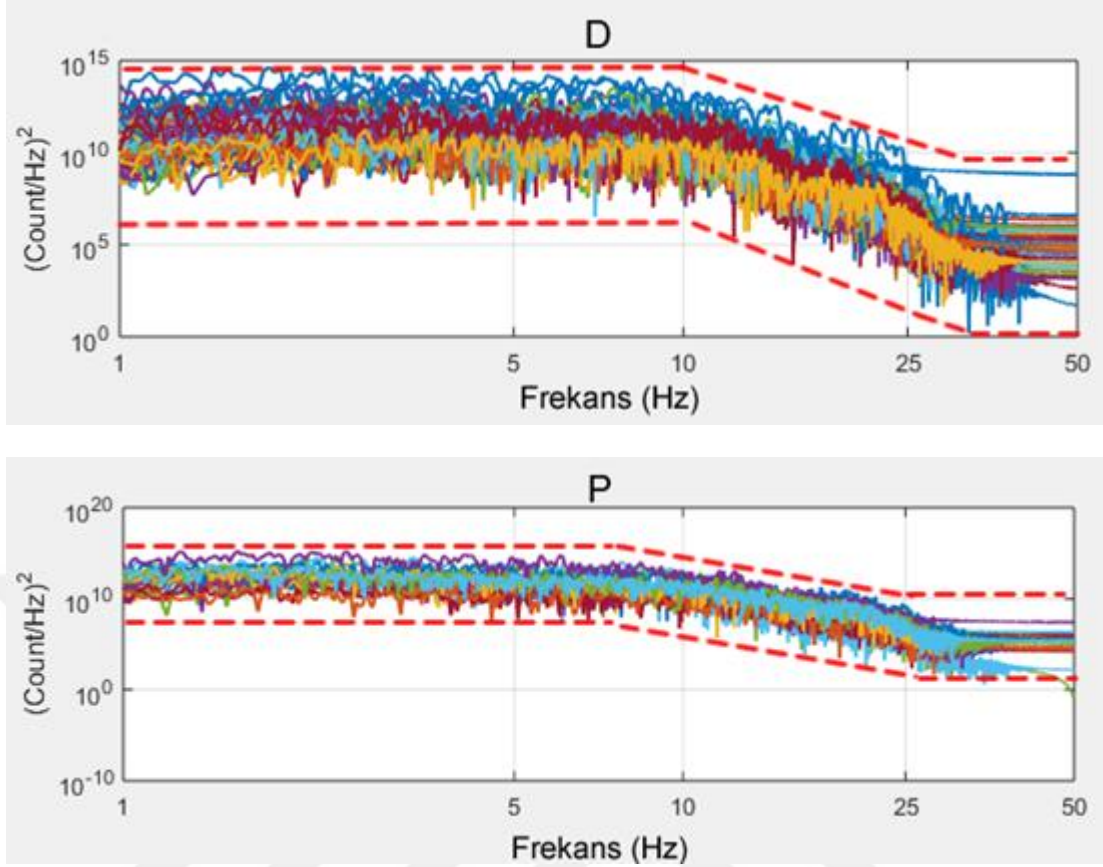
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	36	43	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	23	39	13	4	78,48
	KAF	23	42	13	2	82,27
Karmaşıklık	LAF	25	40	11	3	82,27
	KAF	25	39	11	4	81,01
KZFD	-	32	17	4	26	62
GS	-	27	11	9	32	48



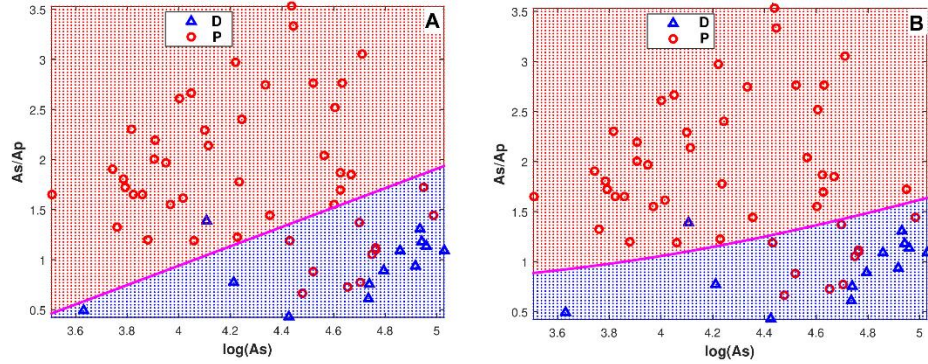
Şekil A.3. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi AFYO istasyonu 18.10.2019 03:51 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



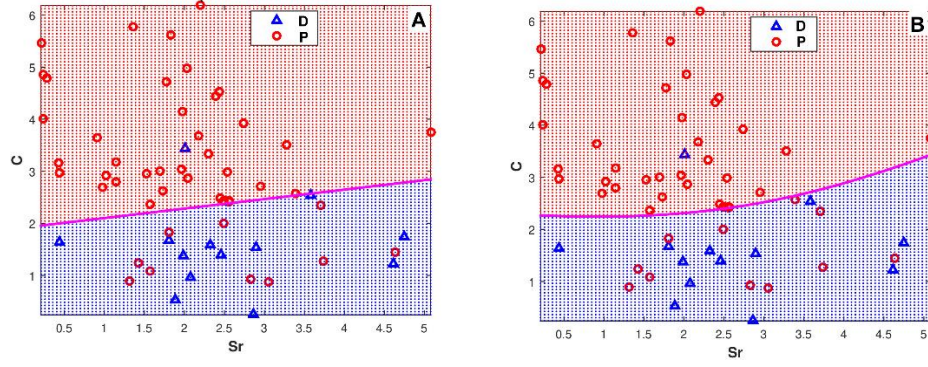
Şekil A.4. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi – AFYO istasyonu 24.01.2017 07:43 tarihli A) Patlatma kaydı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



Şekil A.5. AFYO istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



Şekil A.6. AUSIV istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayırıştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



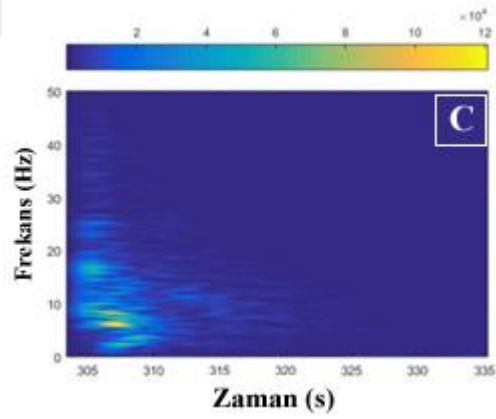
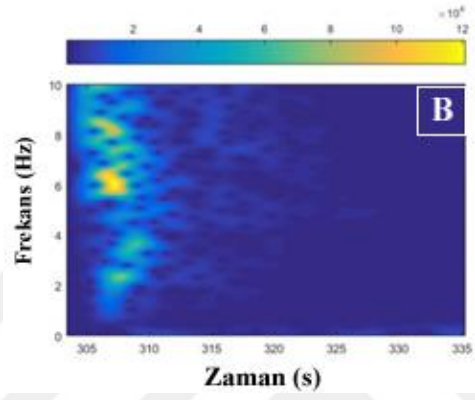
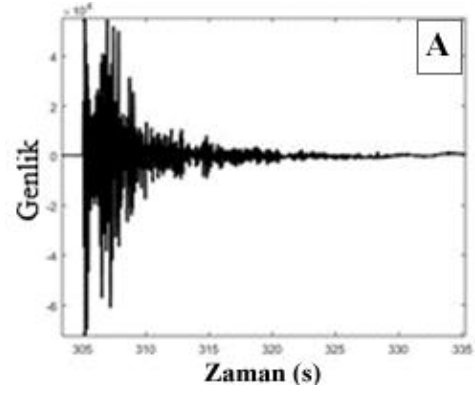
Şekil A.7. AUSIV istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.3. AUSIV istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

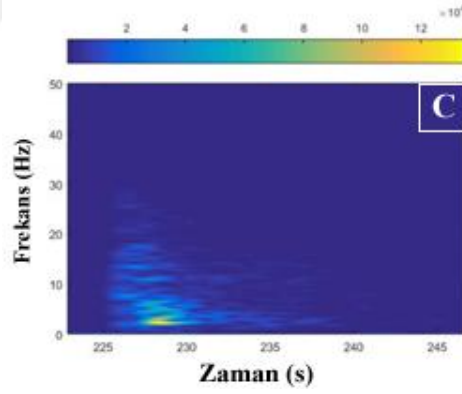
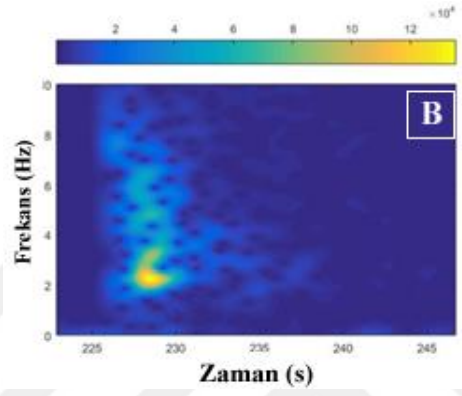
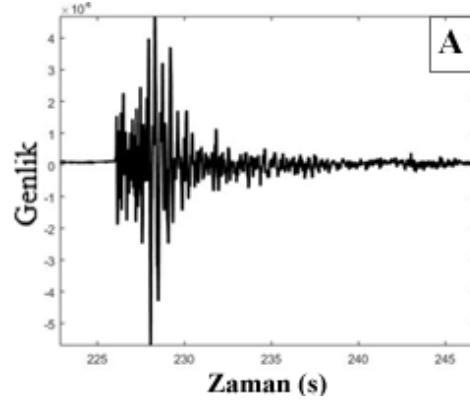
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
AUSIV	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = -6.5601 + 2.1658 * \log A_S - 2.2381 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = 10.2318 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -2.7678 \\ -12.5642 \end{bmatrix} + \sum \left\{ ([\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 0.0659 & 2.2910 \\ 2.2910 & -5.6471 \end{bmatrix}) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = 1.9041 + 0.1805 * \log A_S - 0.9919 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = 2.5837 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -0.7294 \\ -0.0833 \end{bmatrix} + \sum \left\{ ([S_r \ C] * \begin{bmatrix} 0.0996 & 0.1215 \\ 0.1215 & -0.4587 \end{bmatrix}) * [S_r \ C] \right\}$

Tablo A.4. AUSIV istasyonu için 60 adet olayın sınıflandırma sonuçları

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	40	20	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	30	19	10	1	81,66
	KAF	31	19	9	1	83,33
Karmaşıklık	LAF	30	19	10	1	81,66
	KAF	29	19	11	1	80
KZFD	-	24	13	16	7	62
GS	-	34	2	6	18	60

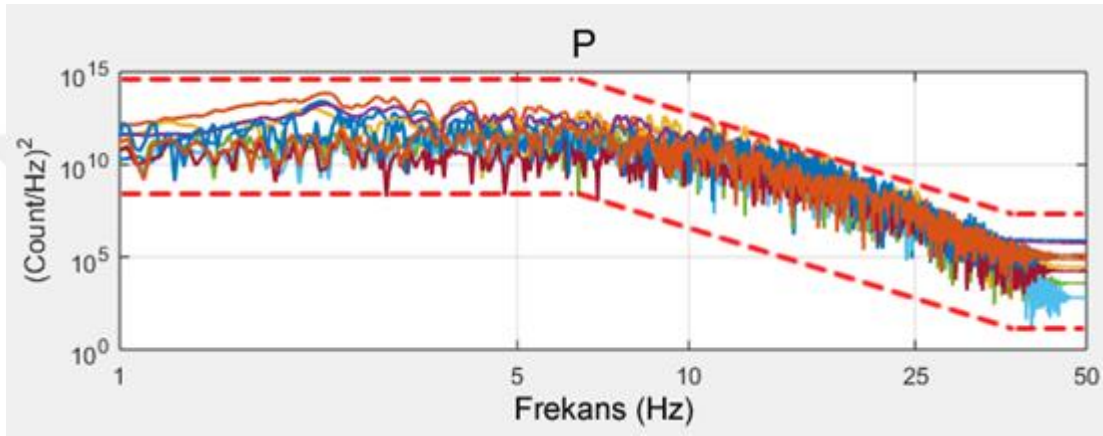
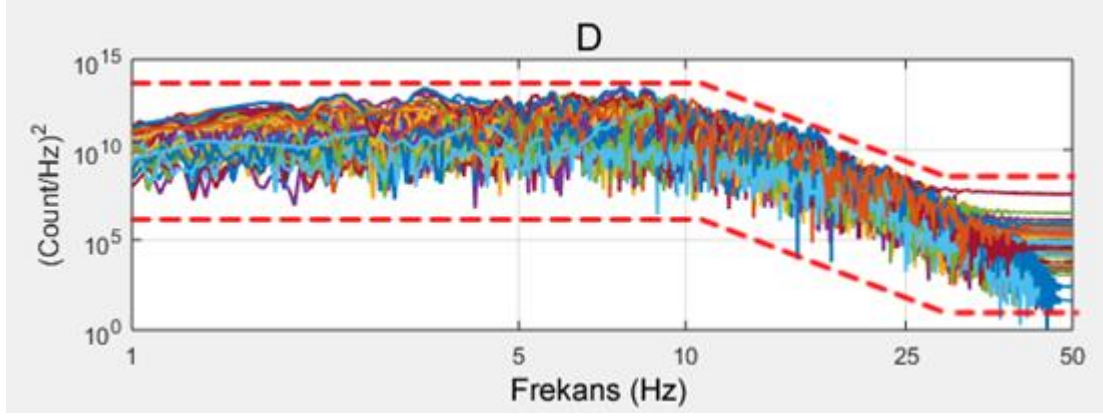


Şekil A.8. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - AUSIV istasyonu 16.03.2019 11:50 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

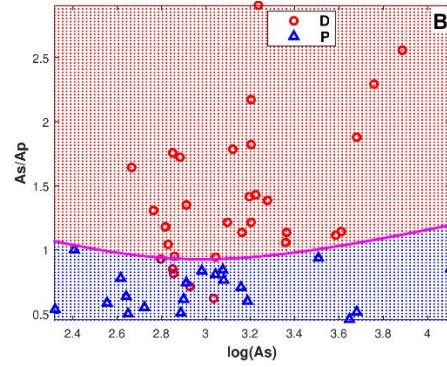
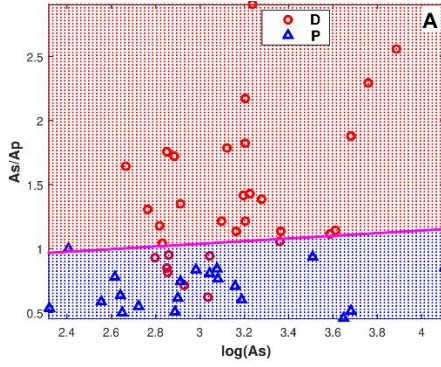


Şekil A.9. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi – AUSIV istasyonu 23.03.2017 08:03 tarihli A) Patlatma kaydı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

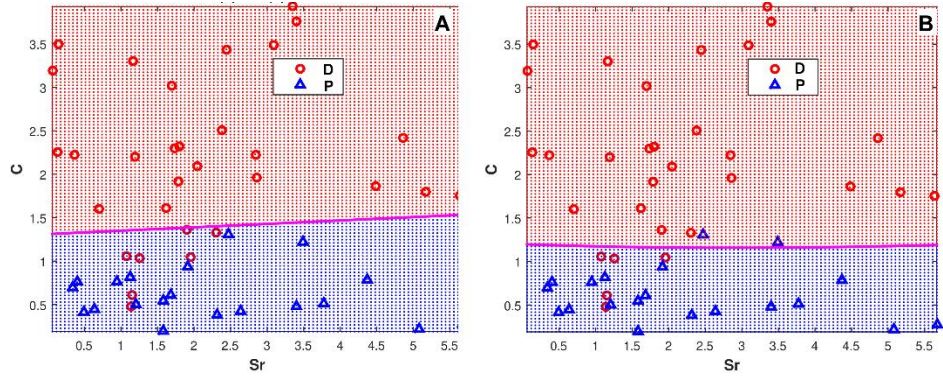




Şekil A.10. AUSIV istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spektrumunun frekansla değişimi D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



Şekil A.11. BILE istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



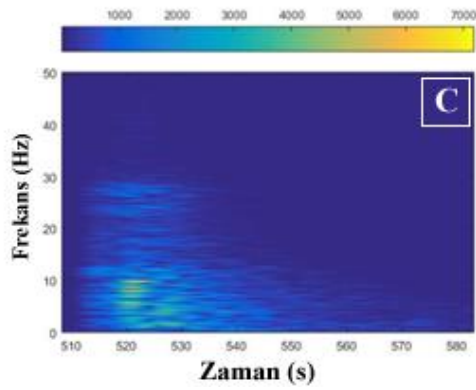
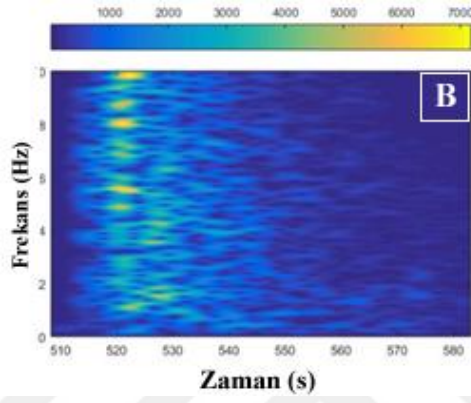
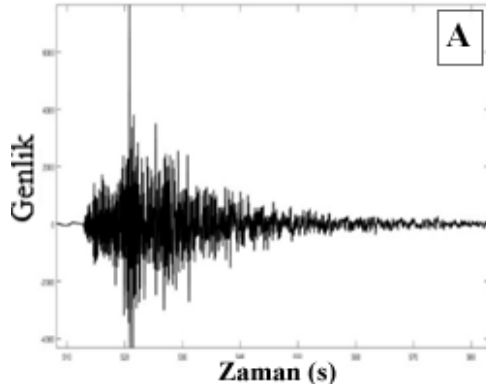
Şekil A.12. BILE istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir

Tablo A.5. BILE istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

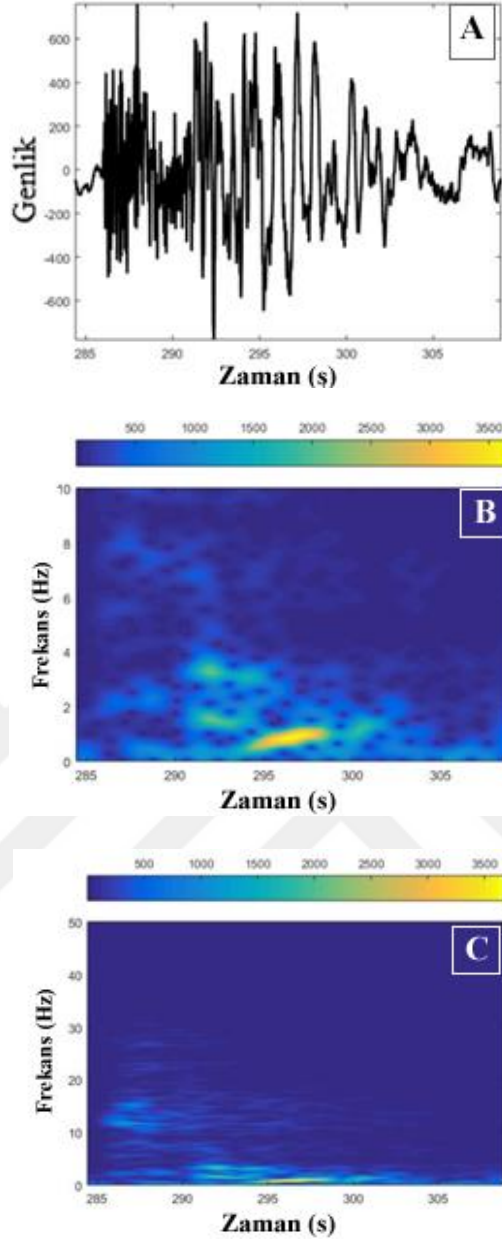
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
BILE	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = -2.7827 - 0.4007 * \log A_S + 3.8421 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = -23.4208 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 21.0292 \\ -28.1907 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -3.8545 & 1.0640 \\ 1.0640 & 17.7436 \end{bmatrix} \right) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	LAF	$F_{LAF} = -3.6989 - 0.1106 * \log A_S + 2.8214 * A_S/A_P$	
	Karmaşıklık	KAF	$F_{KAF} = -1.0606 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -0.2351 \\ -5.1278 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -0.0338 & 0.1846 \\ 0.1846 & 5.0174 \end{bmatrix} \right) * [S_r \ C] \right\}$

Tablo A.6. BILE istasyonu için 51 adet olayın sınıflandırma sonuçları

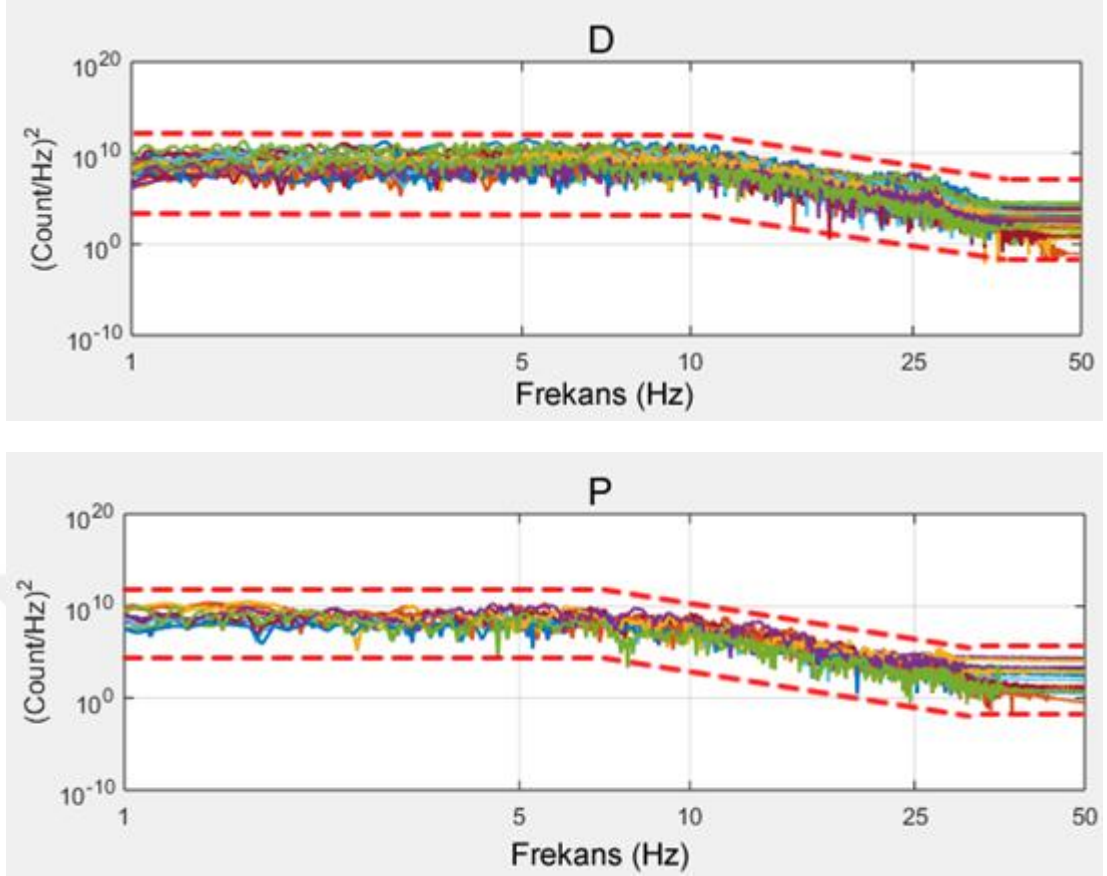
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	26	25	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	18	24	8	1	82,35
	KAF	21	25	5	-	90,19
Karmaşıklık	LAF	19	25	7	-	86,27
	KAF	21	23	5	2	86,27
KZFD	-	23	11	3	14	67
GS	-	20	6	6	19	51



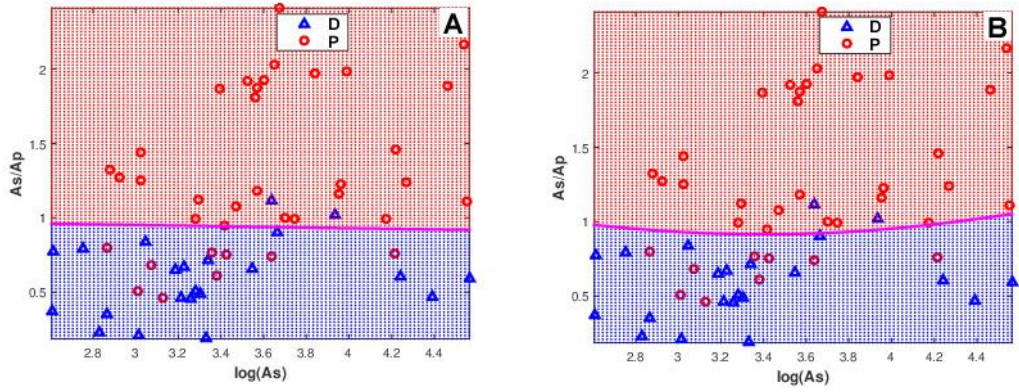
Şekil A.13. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - BILE istasyonu 24.12.2018 06:08 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



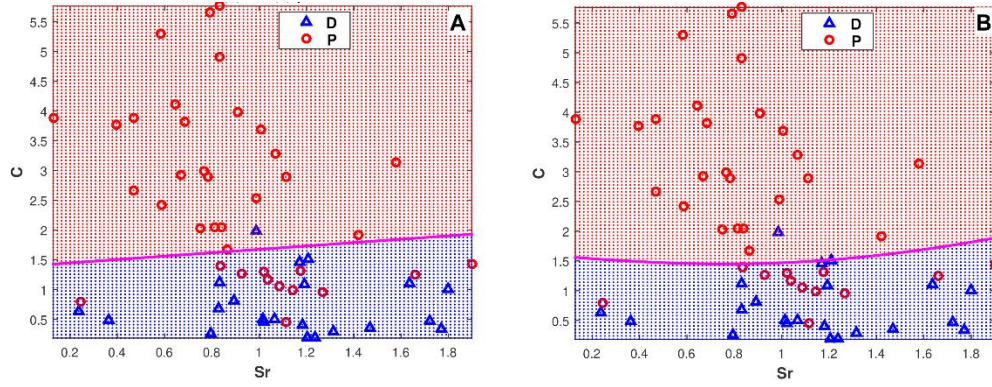
Şekil A.14. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - BILE istasyonu 02.10.2017 12:19 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



Şekil A.15. BILE istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



Şekil A.16. BNAZ istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



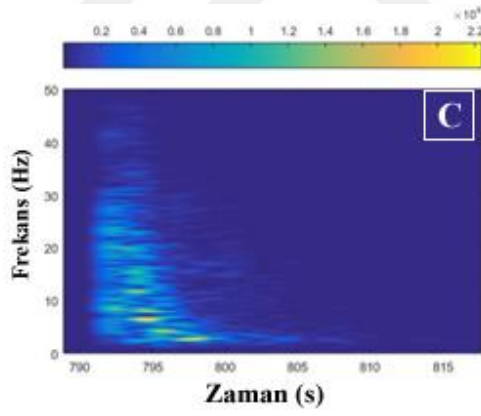
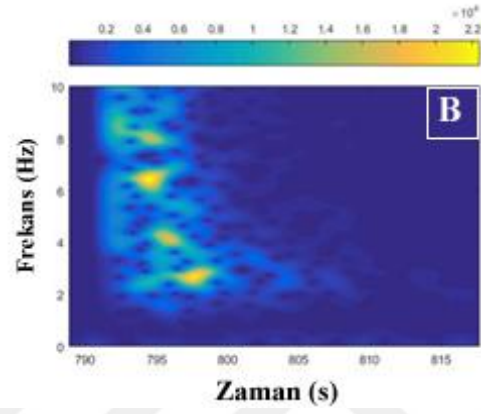
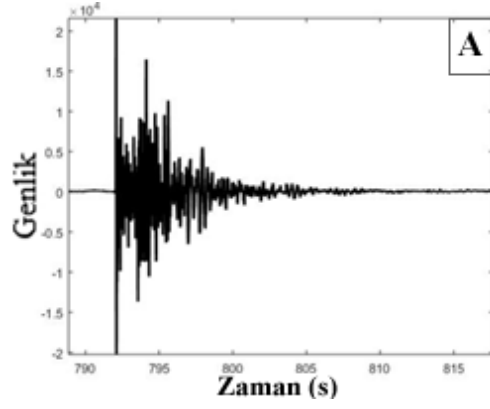
Şekil A.17. BNAZ istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.7. BNAZ istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

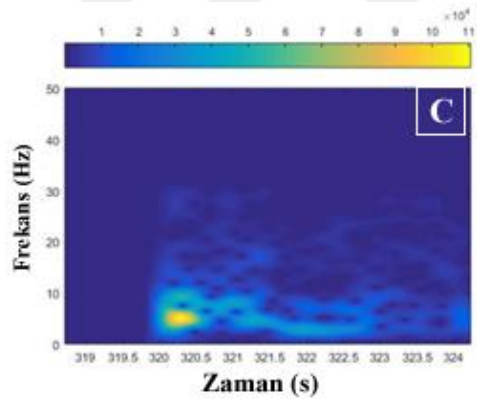
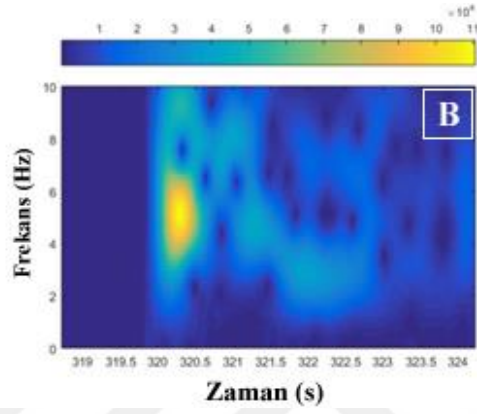
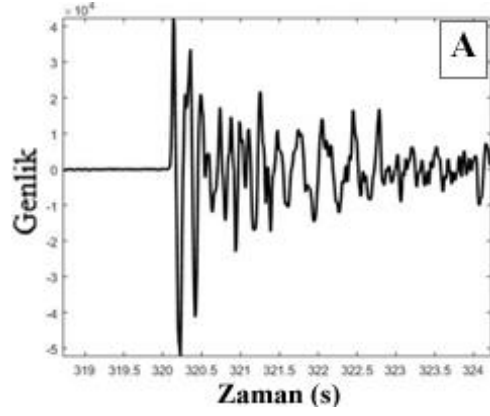
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
BNAZ	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = 3.5971 - 0.0760 * \log A_S - 3.5398 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = 10.0631 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -5.1844 \\ 3.8267 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 0.7156 & 0.1707 \\ 0.1707 & -6.3003 \end{bmatrix} \right) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = 1.8674 + 0.3821 * \log A_S - 1.3439 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = 3.3970 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -3.1107 \\ 0.8414 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [S_r \ C] * \begin{bmatrix} 1.2674 & 0.4067 \\ 0.4067 & -1.8460 \end{bmatrix} \right) * [S_r \ C] \right\}$

Tablo A.8. BNAZ istasyonu için 59 adet olayın sınıflandırma sonuçları.

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	36	23	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	27	21	9	2	81,35
	KAF	27	21	9	2	81,35
Karmaşıklık	LAF	24	22	12	1	77,96
	KAF	24	22	12	1	77,96
KZFD	-	33	7	3	16	68
GS	-	27	5	9	18	54

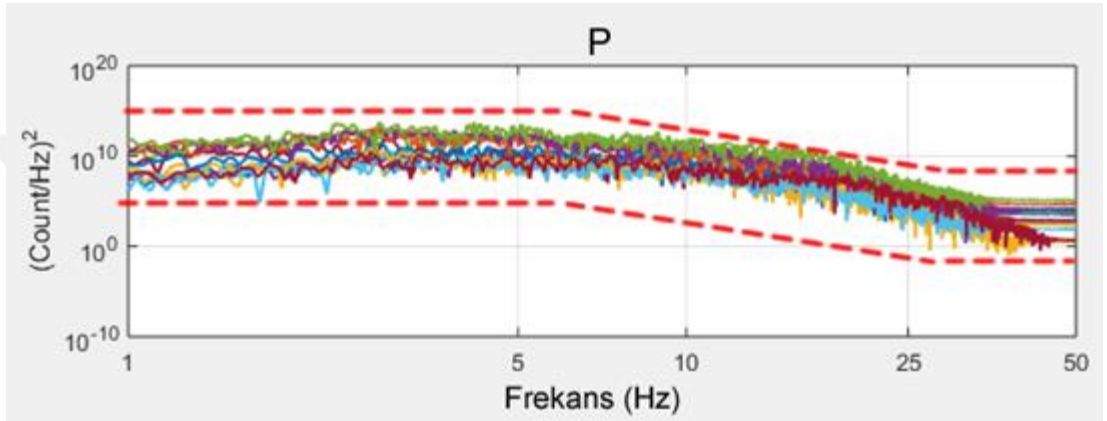
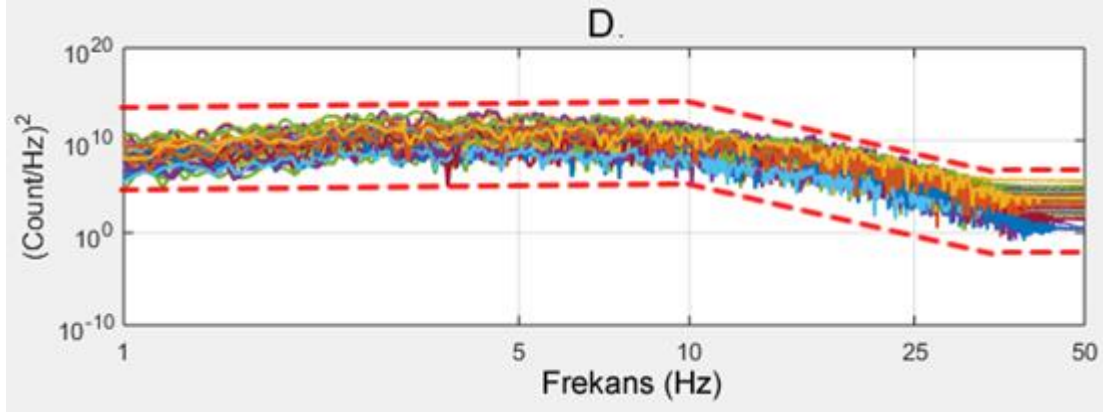


Şekil A.18. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - BNAZ istasyonu 24.11.2019 23:13 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

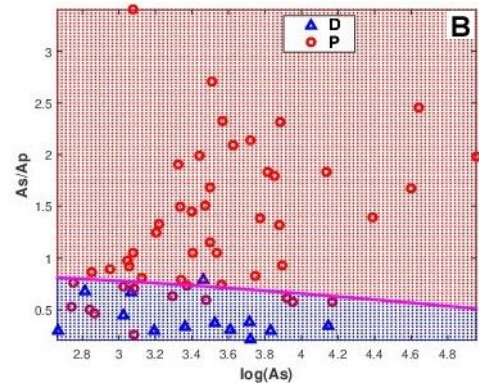
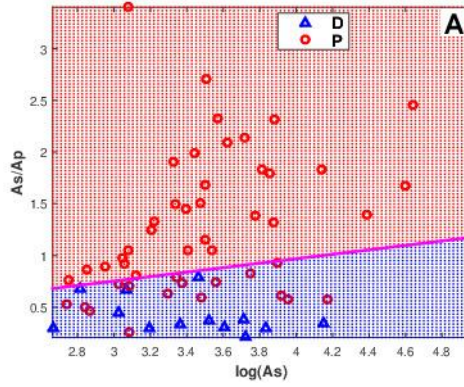


Şekil A.19. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - BNAZ istasyonu 04.01.2018 14:20 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

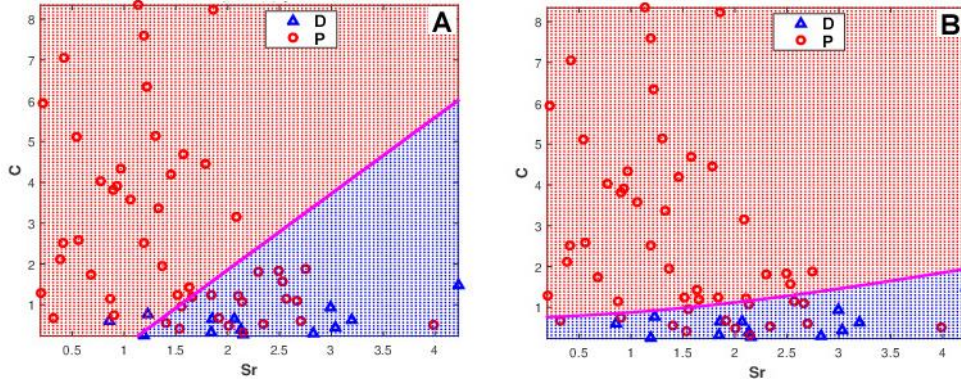




Şekil A.20. BNAZ istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spektrumunun frekansla değişimi D: Deprem, P: Patlatmaları göstermektedir.



Şekil A.21. BYAT istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayırıştırılması ile elde edilen grafikler. D:depremler, P:Patlatmaları göstermektedir.



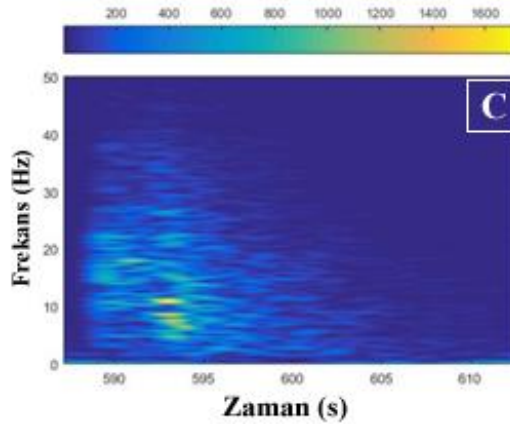
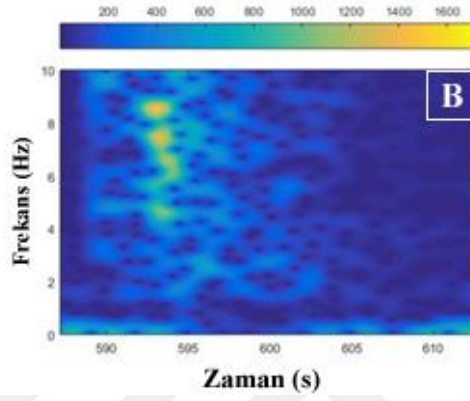
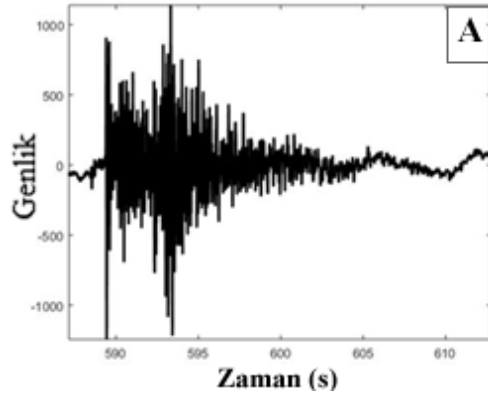
Şekil A.22. BYAT istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrımlaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.9. BYAT istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

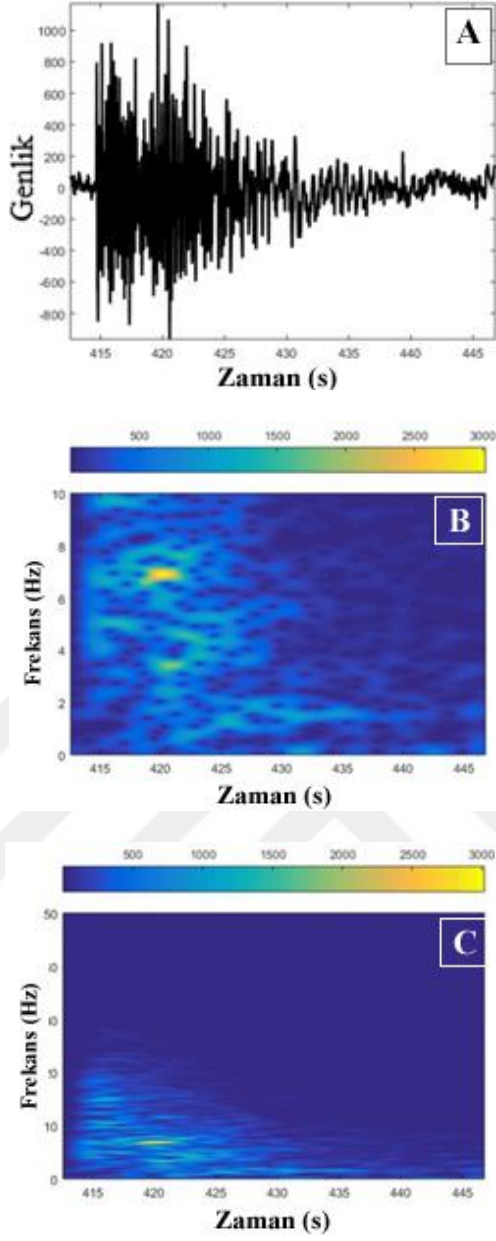
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
BYAT	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = 0.2580 + 0.5228 * \log A_S - 2.4264 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = -20.1835 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 8.7675 \\ 33.9409 \end{bmatrix} + \sum \left\{ ([\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -0.8030 & -3.2775 \\ -3.2775 & 16.5067 \end{bmatrix}) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = -0.8127 + 0.8054 * \log A_S - 0.4308 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = 2.6485 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -1.1660 \\ 0.8462 \end{bmatrix} + \sum \left\{ ([S_r \ C] * \begin{bmatrix} 0.1146 & 1.2997 \\ 1.2997 & -6.0271 \end{bmatrix}) * [S_r \ C] \right\}$

Tablo A.10. BYAT istasyonu için 62 adet olayın sınıflandırma sonuçları.

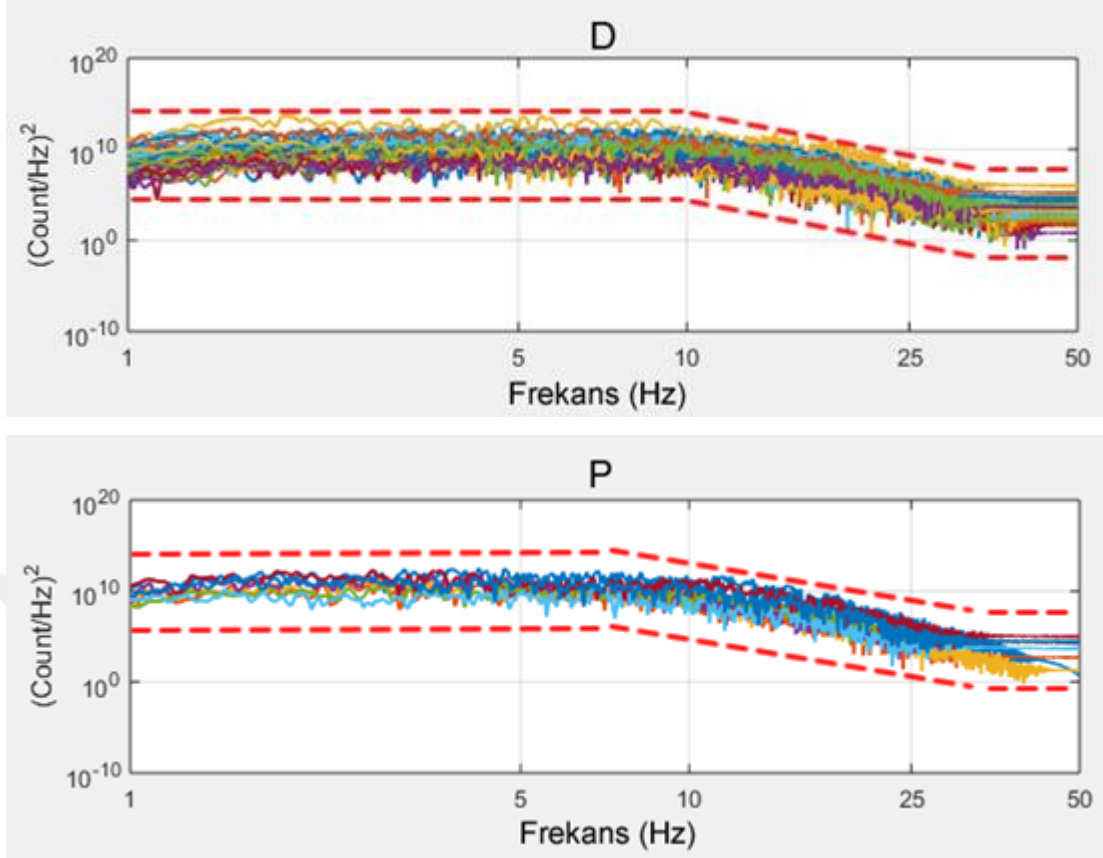
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	46	16	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	31	16	15	-	75,80
	KAF	34	15	12	1	79,03
Karmaşıklık	LAF	27	14	19	2	66,12
	KAF	32	16	14	-	77,41
KZFD	-	46	7	-	9	86
GS	-	41	3	5	13	71



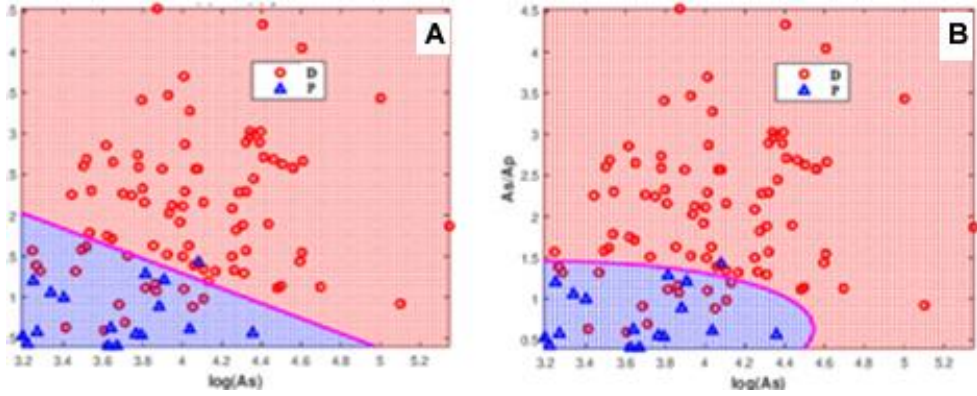
Şekil A.23. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - BYAT istasyonu 12.11.2018 03:54 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



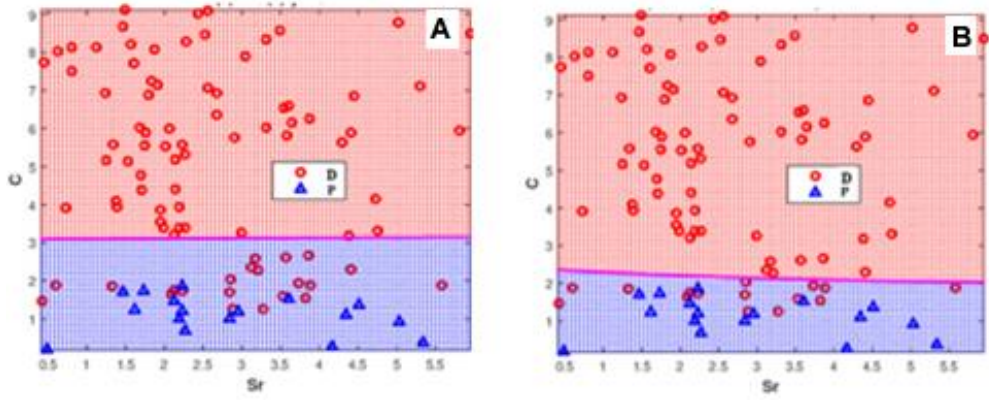
Şekil A.24. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - BYAT istasyonu 24.06.2019 07:21 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



Şekil A.25. BYAT istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spektrumunun frekansla değişimi D: deprem, P: Patlatmaları göstermektedir.



Şekil A.26. DEMI istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrımlaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



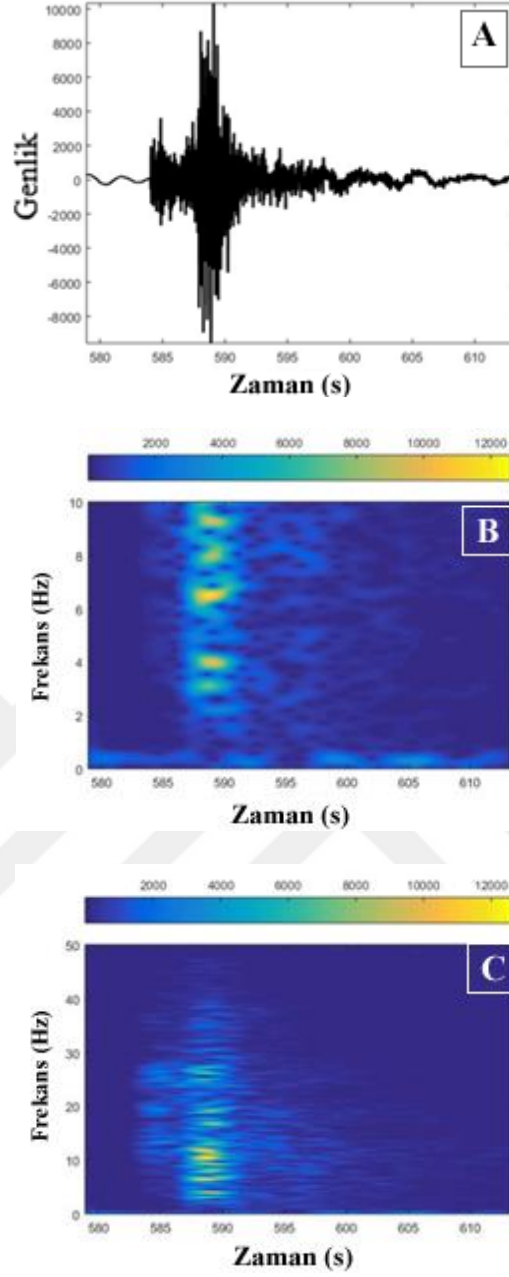
Şekil A.27. DEMI istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.11. DEMI istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

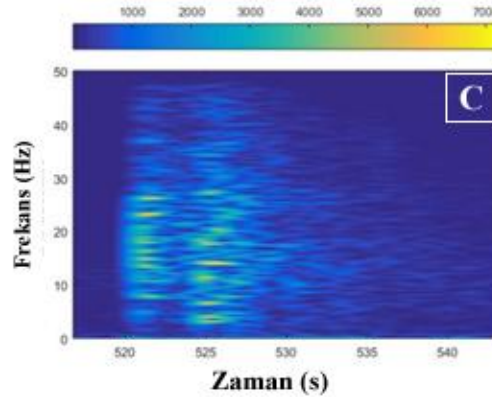
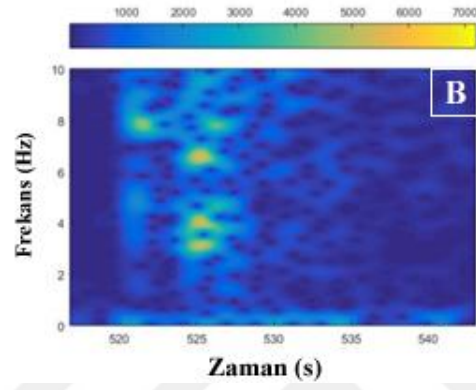
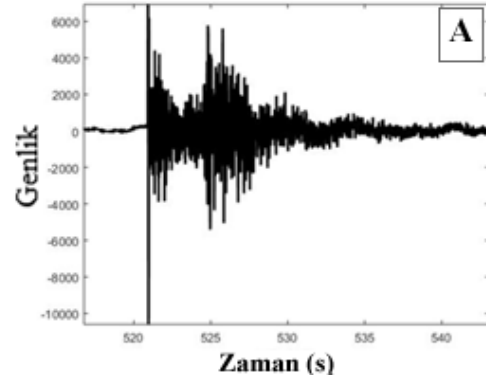
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
DEMI	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = -9.4931 + 1.754 * \log A_S + 1.9215 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = 8.5989 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -7.8061 \\ -1.3175 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 1.3717 & -0.3560 \\ -0.3560 & 3.5830 \end{bmatrix} \right) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	LAF	$F_{LAF} = -2.5328 - 0.0088 * \log A_S + 0.8195 * A_S/A_P$	
	Karmaşıklık	KAF	$F_{KAF} = -0.4364 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -0.1810 \\ -4.6640 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -0.0323 & 0.1573 \\ 0.1573 & 2.0151 \end{bmatrix} \right) * [S_r \ C] \right\}$

Tablo A.12. DEMI istasyonu için 104 adet olayın sınıflandırma sonuçları.

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	87	17	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	70	16	17	1	82,7
	KAF	73	16	14	1	85,6
Karmaşıklık	LAF	66	17	21	-	79,81
	KAF	72	17	15	-	85,58
KZFD	-	74	5	13	12	76
GS	-	81	1	6	16	79
	-	91				

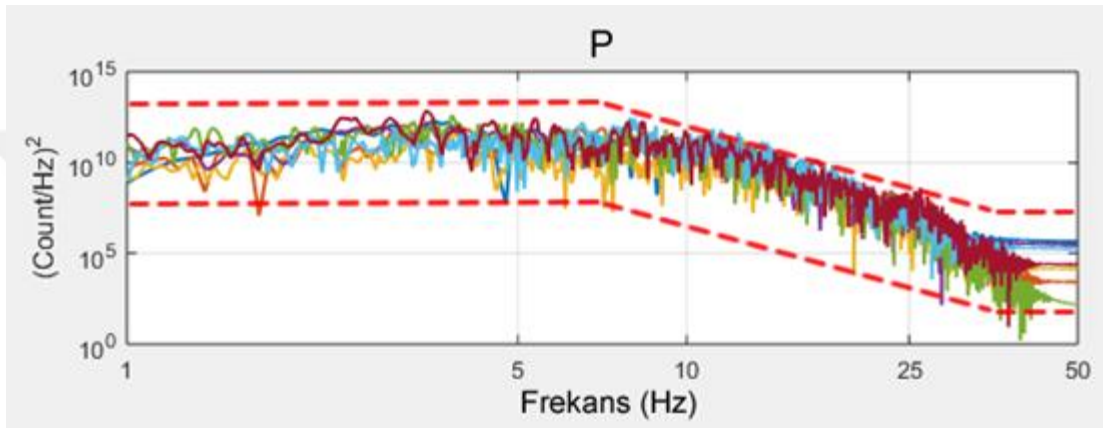
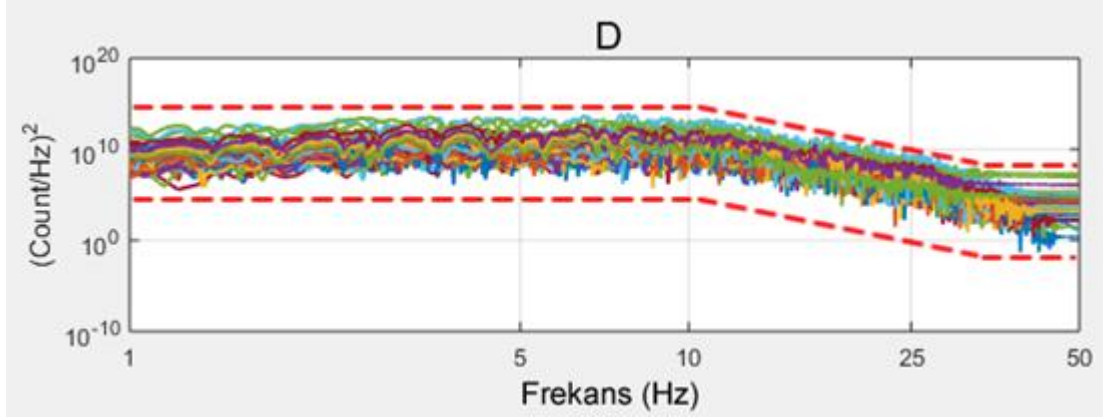


Şekil A.28. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - DEMI istasyonu 01.11.2019 22:10 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

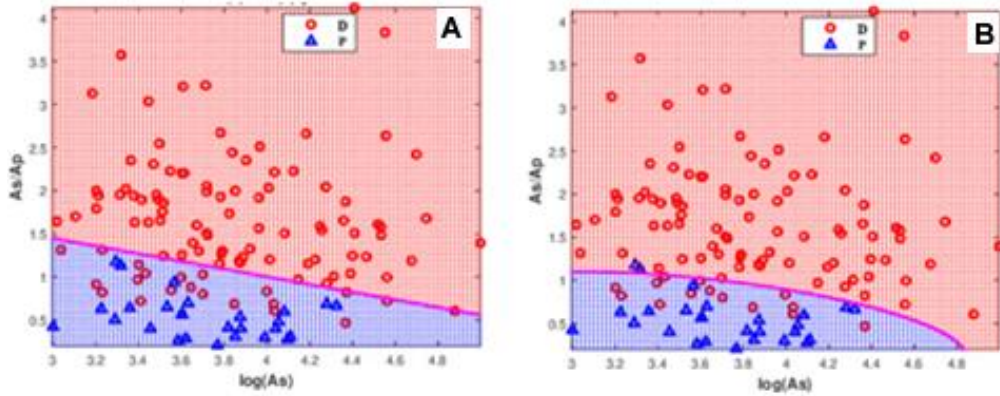


Şekil A.29. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - DEMI istasyonu 24.05.2019 11:38 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

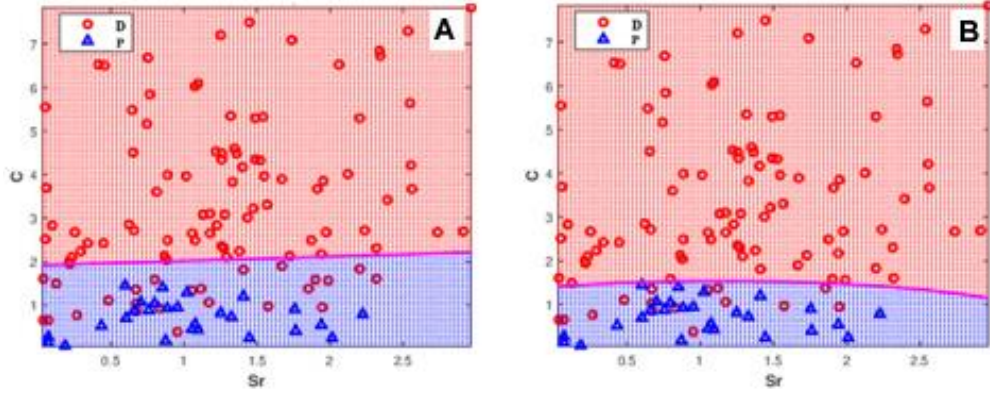




Şekil A.30. DEMI istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



Şekil A.31. EMET istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayırtılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



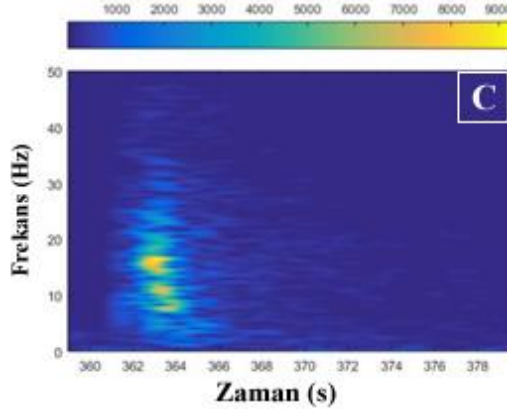
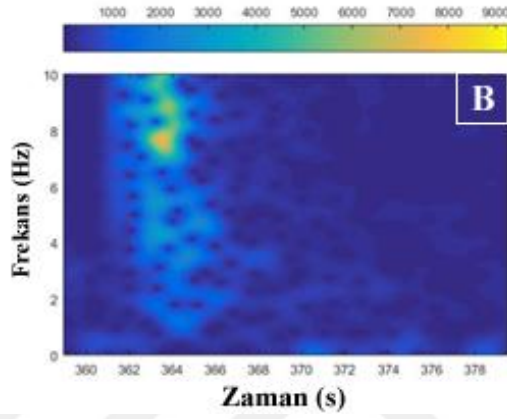
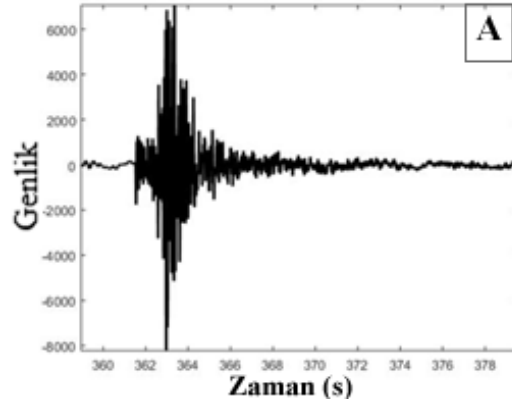
Şekil A.32. EMET istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrımlaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.13. EMET istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

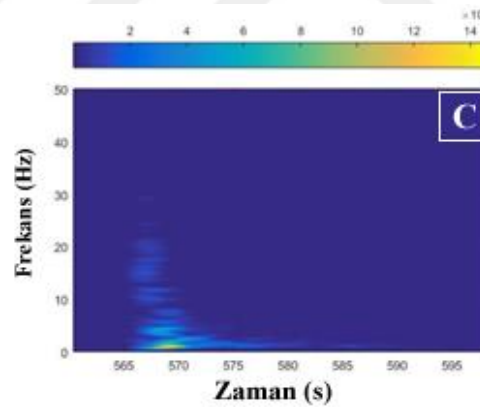
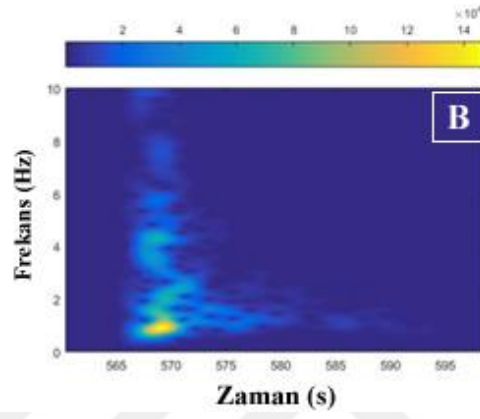
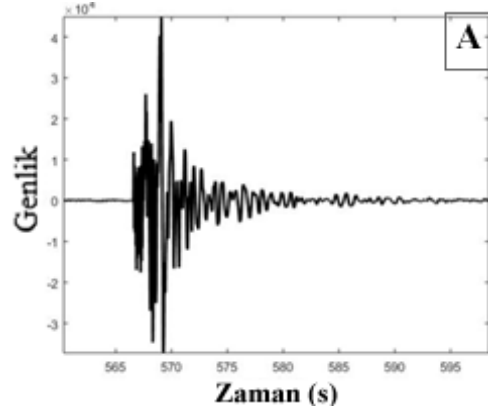
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
EMET	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = -7.6485 + 1.2223 * \log A_S + 2.7514 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = 33.8468 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -18.0731 \\ -20.9193 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 2.2951 & 1.9455 \\ 1.9455 & 8.1465 \end{bmatrix} \right) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	LAF	$F_{LAF} = -1.8559 - 0.0967 * \log A_S + 0.9678 * A_S/A_P$	
	KAF	$F_{KAF} = -1.1555 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -1.1963 \\ -3.5381 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [S_r \ C] * \begin{bmatrix} 0.5518 & -0.0231 \\ -0.0231 & 3.0824 \end{bmatrix} \right) * [S_r \ C] \right\}$	

Tablo A.14. EMET istasyonu için 131 adet olayın sınıflandırma sonuçları

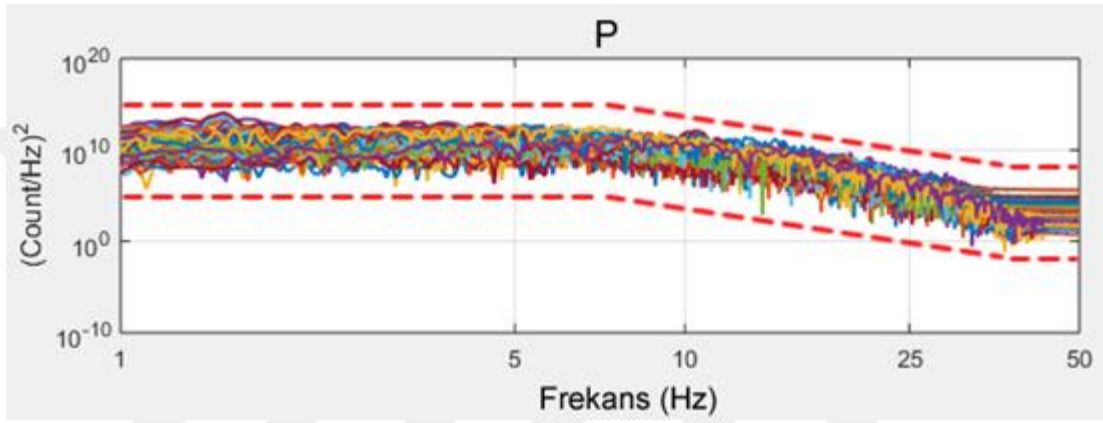
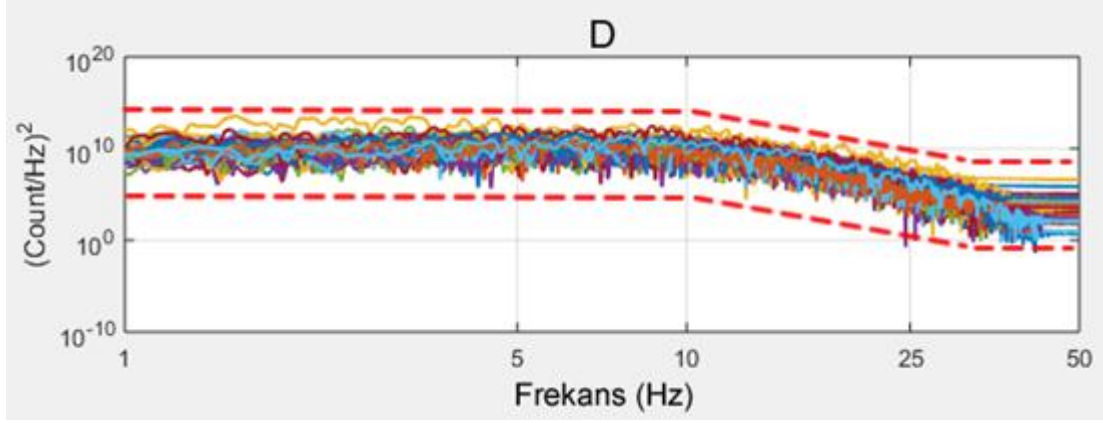
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	104	27	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	84	27	20	-	84,73
	KAF	90	25	14	2	87,78
Karmaşıklık	LAF	80	27	24	-	81,68
	KAF	90	27	14	-	89,31
KZFD	-	83	8	21	19	70
GS	-	52	14	52	13	51



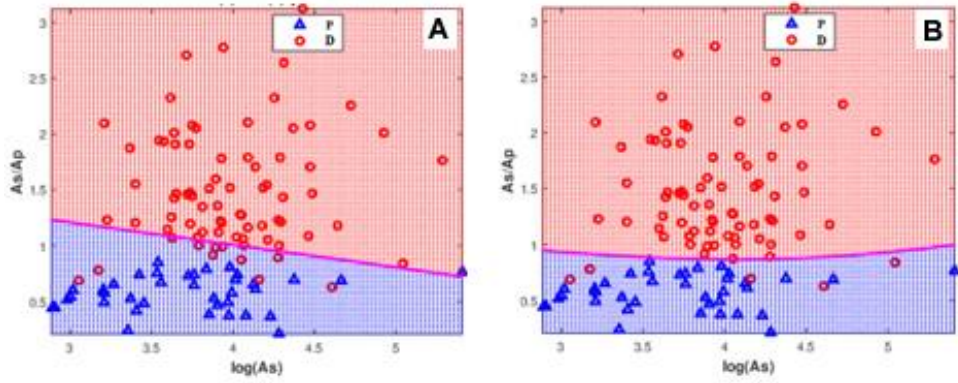
Şekil A.33. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - EMET istasyonu 20.09.2019 05:50 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



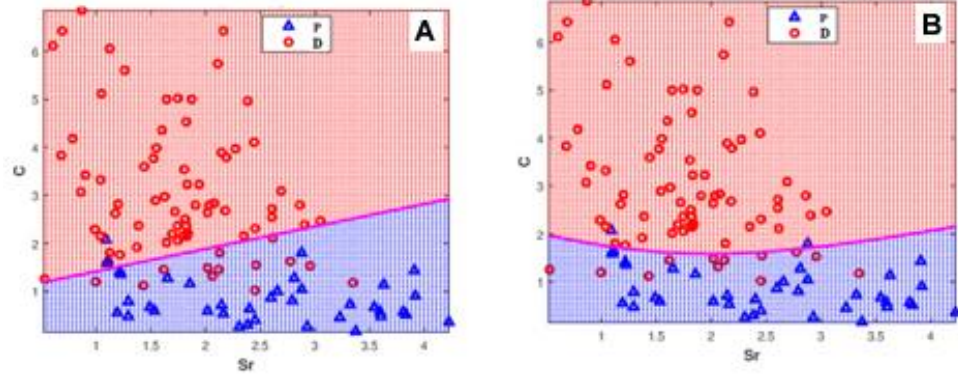
Şekil A.34. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - EMET istasyonu 22.09.2019 10:24 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



Şekil A.35. EMET istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



Şekil A.36. GDZ istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



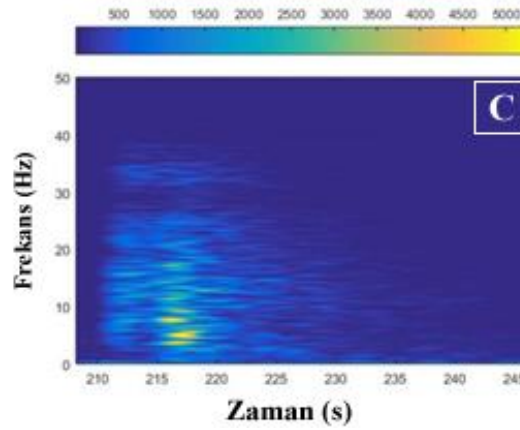
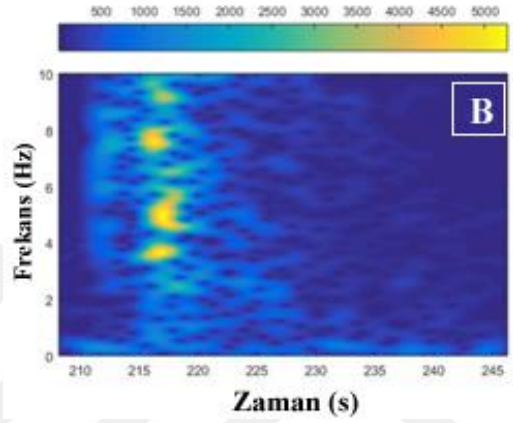
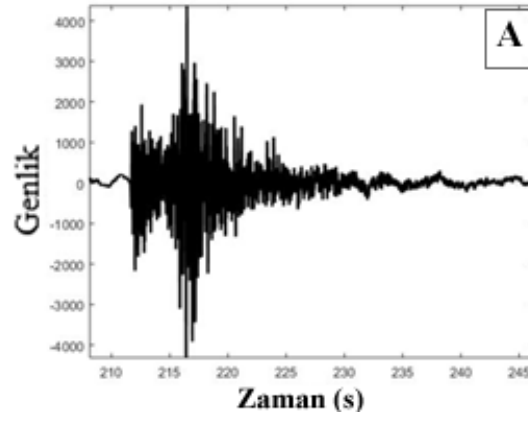
Şekil A.37. GDZ istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayırmaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.15. GDZ istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

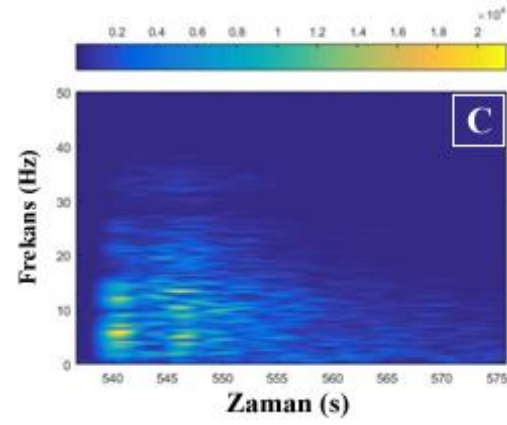
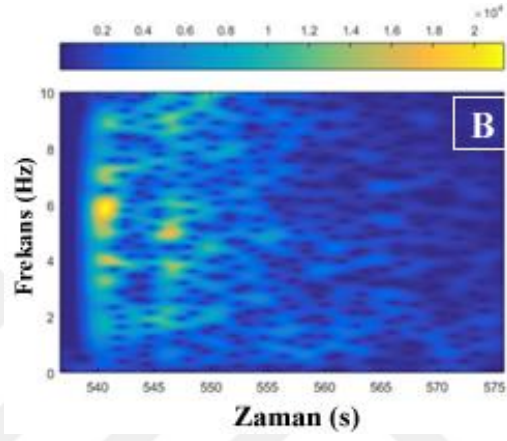
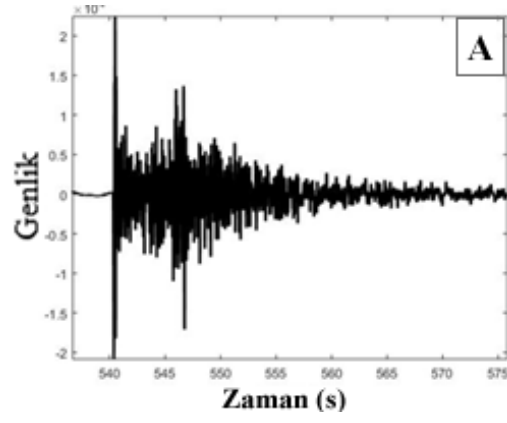
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
GDZ	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = 8.5033 - 0.9447 * \log A_S - 4.6950 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = 20.6077 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -9.6386 \\ 11.2053 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 0.9835 & 0.9404 \\ 0.9404 & -18.6656 \end{bmatrix} \right) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = 1.3491 + 0.6665 * \log A_S - 1.4250 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = 1.9786 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -2.1433 \\ 4.2778 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [S_r \ C] * \begin{bmatrix} 0.7469 & -0.2613 \\ -0.2613 & -2.3136 \end{bmatrix} \right) * [S_r \ C] \right\}$

Tablo A.16. GDZ istasyonu için 114 adet olayın sınıflandırma sonuçları.

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	76	38	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	65	37	11	1	89,47
	KAF	71	38	5	-	95,61
Karmaşıklık	LAF	63	35	13	3	85,96
	KAF	64	36	12	2	87,72
KZFD	-	65	17	11	21	72
GS	-	65	2	11	36	59

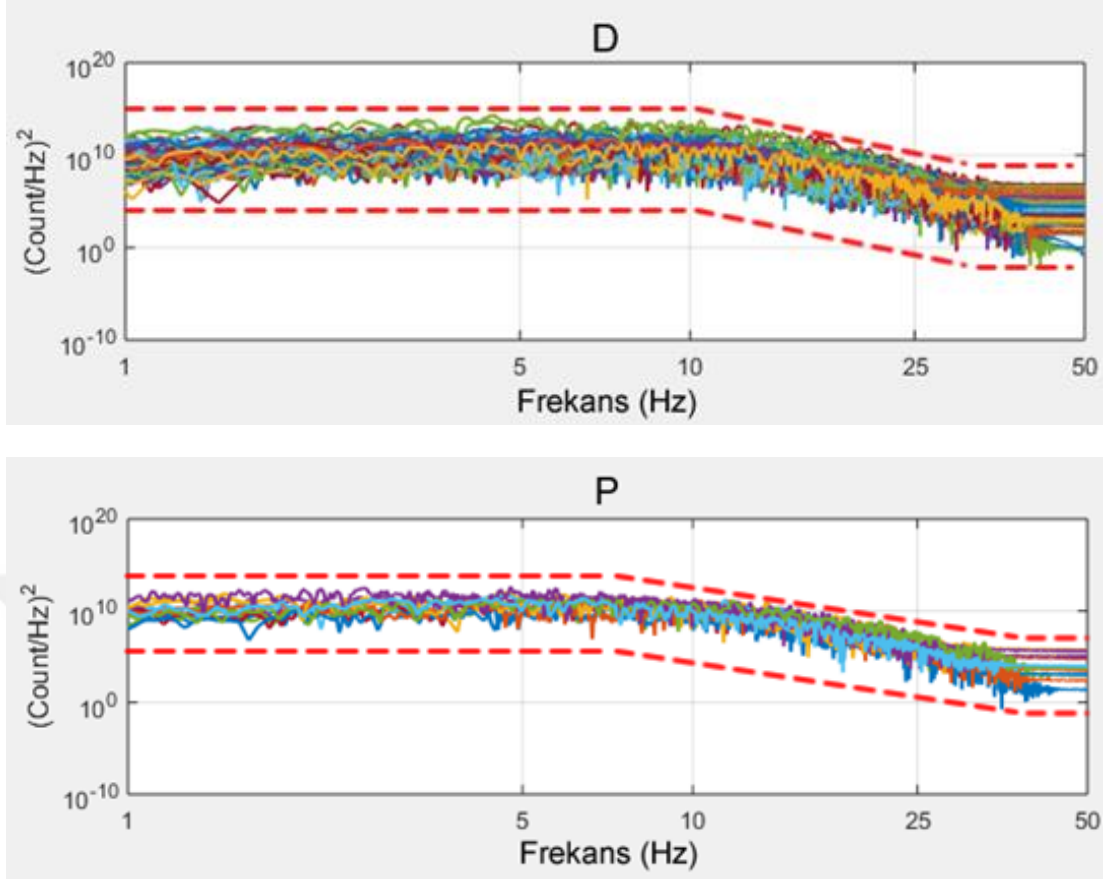


Şekil A.38. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - GDZ istasyonu 14.10.2019 15:33 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

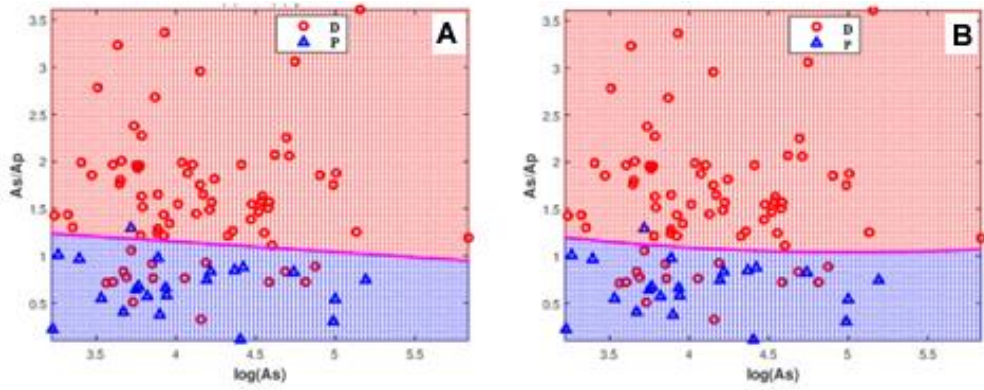


Şekil A.39. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - GDZ istasyonu 24.10.2019 16:08 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

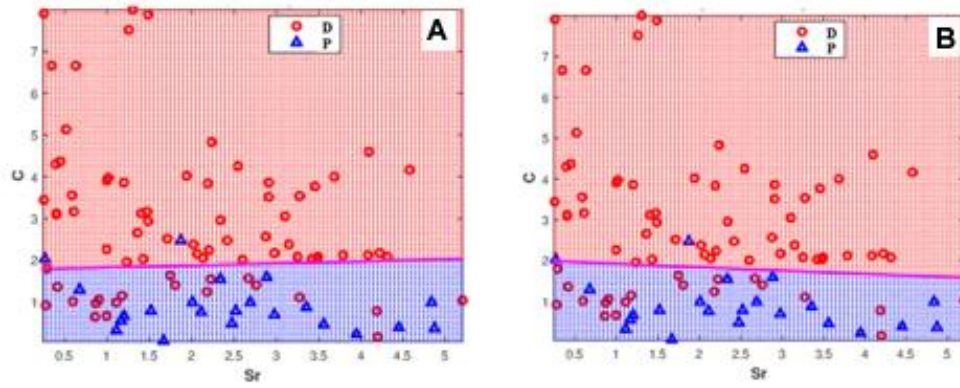




Şekil A.40. GDZ istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir



Şekil A.41. KURO istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



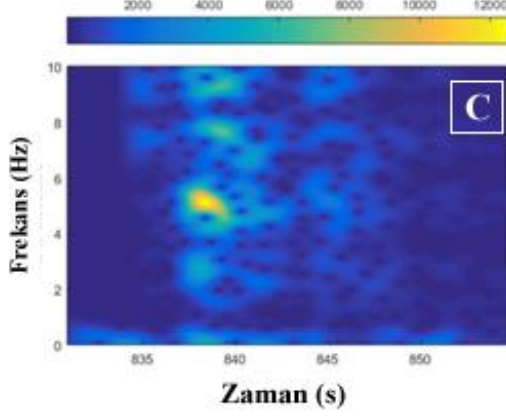
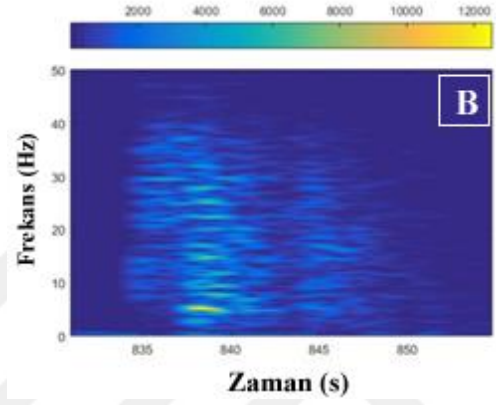
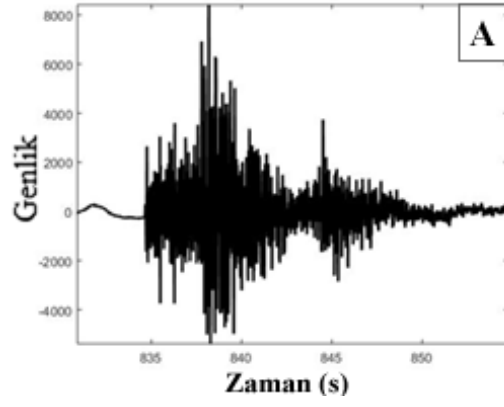
Şekil A.42. KURO istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrımlaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.17. KURO istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

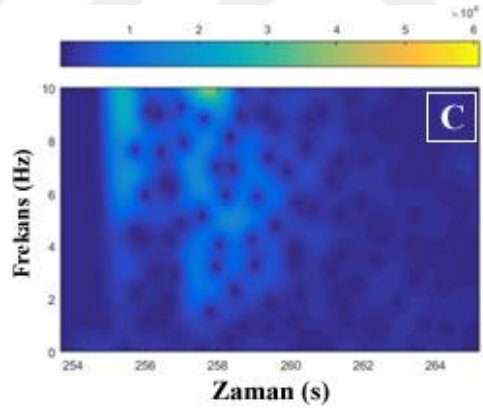
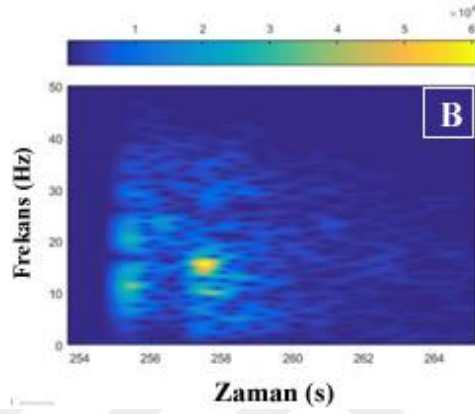
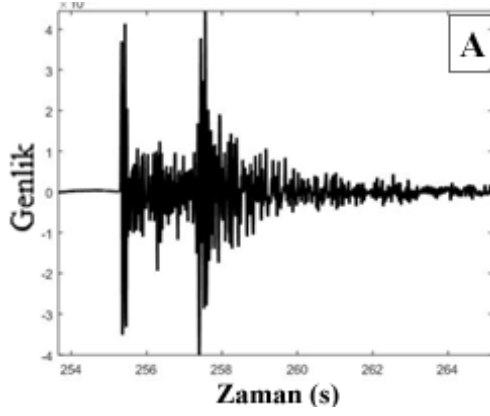
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
KURO	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = -4.1343 + 0.2864 * \log A_S - 2.6011 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = -4.6101 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 2.1443 \\ -8.2116 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -0.3020 & 0.4200 \\ 0.4200 & 5.1839 \end{bmatrix} \right) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = -1.4093 - 0.0381 * \log A_S + 0.7934 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = -0.2522 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -0.4355 \\ -2.6771 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [S_r \ C] * \begin{bmatrix} 0.0140 & 0.1752 \\ 0.1752 & 1.3937 \end{bmatrix} \right) * [S_r \ C] \right\}$

Tablo A.18. KURO istasyonu için 97 adet olayın sınıflandırma sonuçları

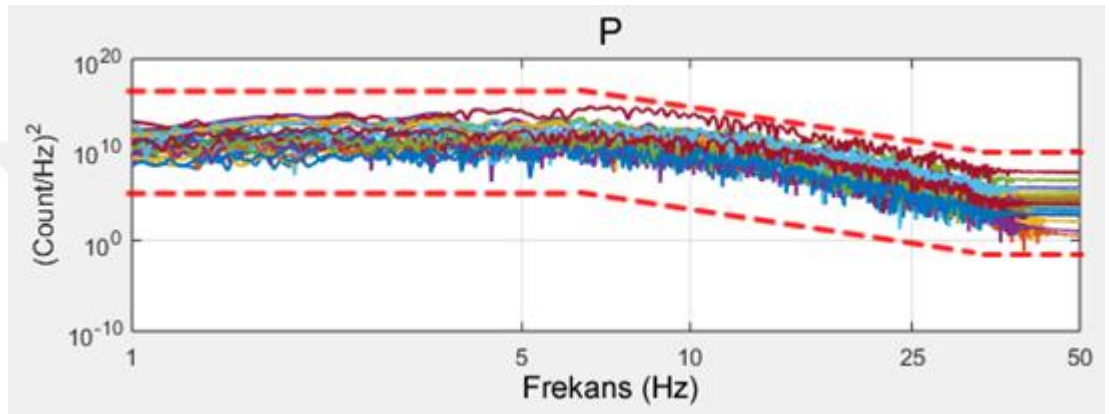
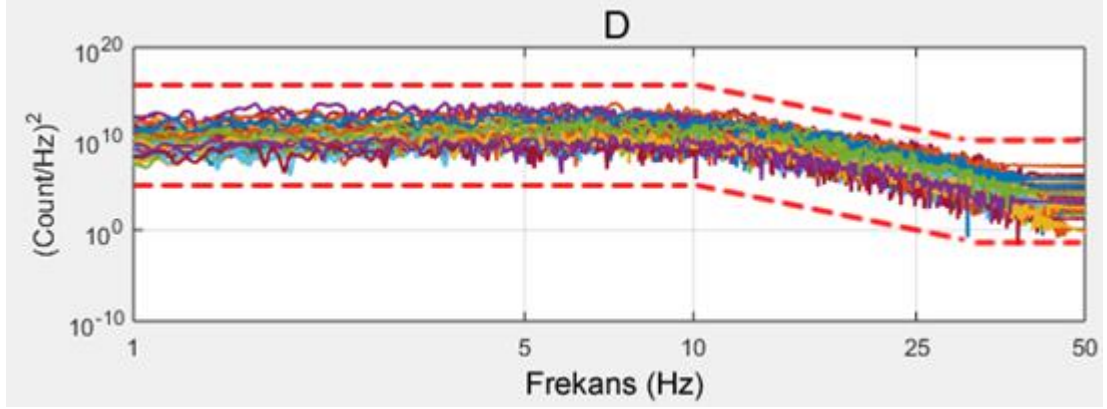
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	75	22	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	60	21	15	1	83,5
	KAF	60	21	15	1	83,5
Karmaşıklık	LAF	58	20	17	2	80,41
	KAF	57	20	18	2	79,38
KZFD	-	70	20	5	2	93
GS	-	55	20	20	2	77



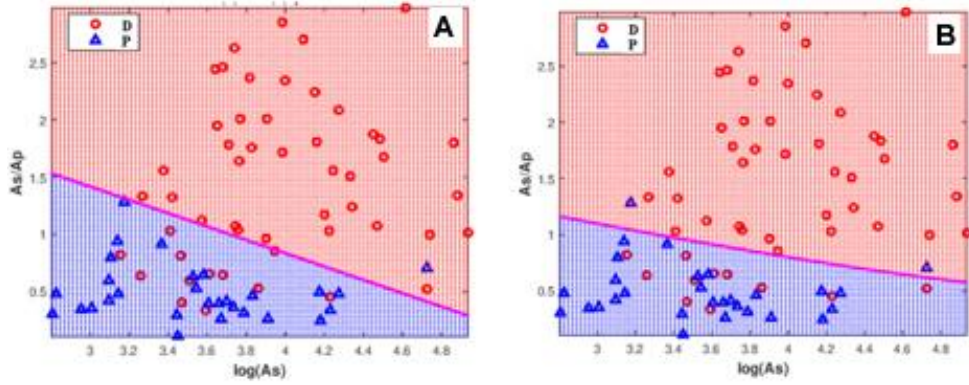
Şekil A.43. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - KURO istasyonu 17.01.2018 16:43 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



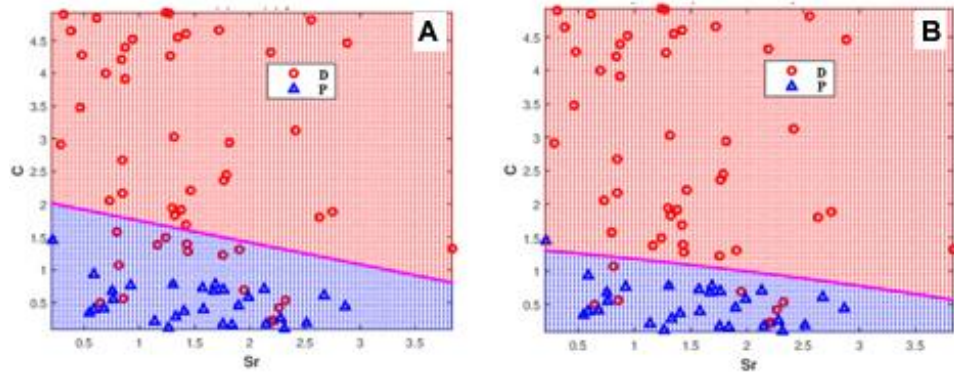
Şekil A.44. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - KURO istasyonu 14. 02.2018 04:04 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



Şekil A.45. KURO istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



Şekil A.46. ULDT istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



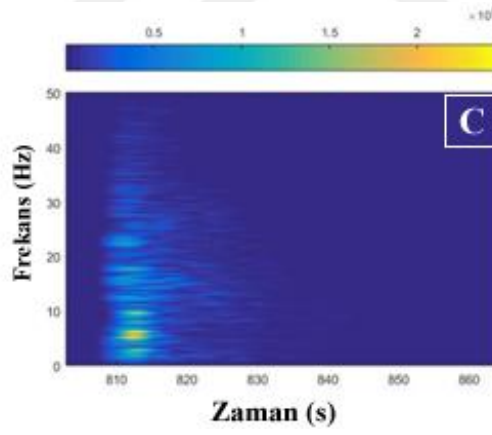
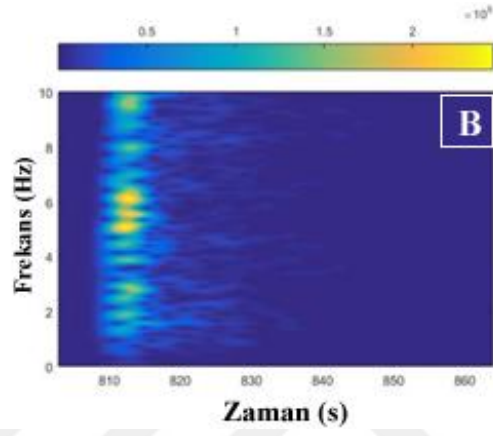
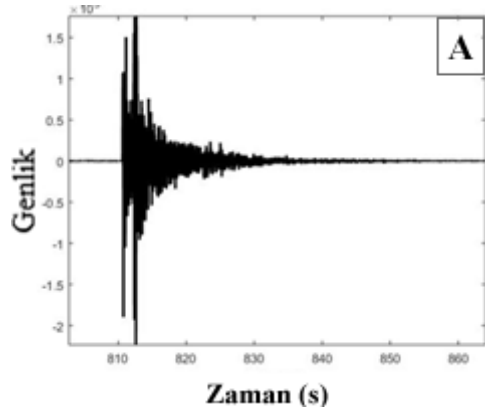
Şekil A.47. ULDT istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrımlaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.19. ULDT istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

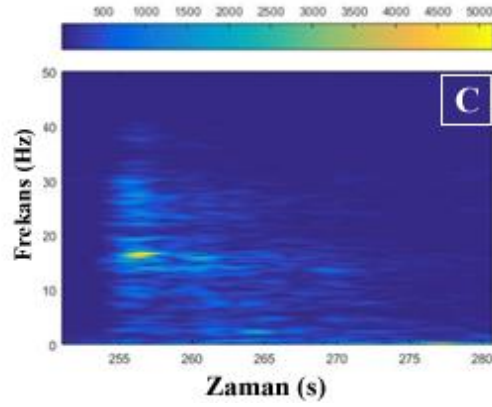
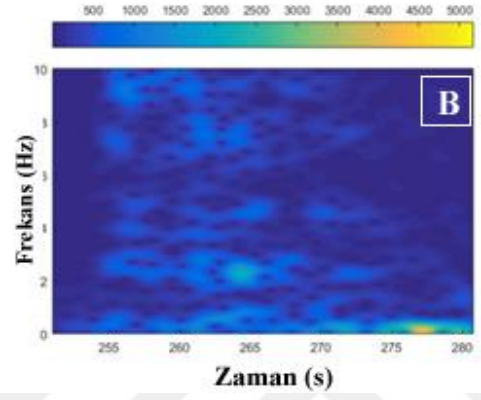
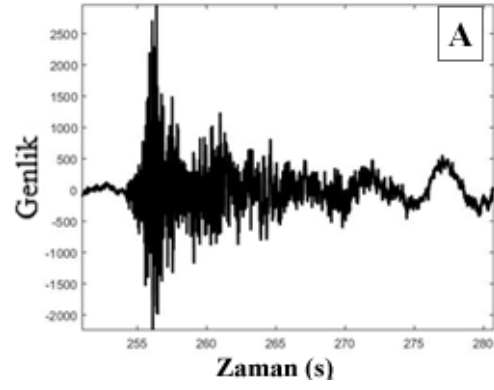
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
ULDT	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = -8.7614 + 1.6133 * \log A_S + 2.7678 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = -6.0514 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 2.0790 \\ 12.4065 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -0.2125 & 1.0058 \\ 1.0058 & 7.2380 \end{bmatrix} \right) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = -3.0654 + 0.4905 * \log A_S + 1.4728 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = -0.2230 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -1.4088 \\ -8.3579 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [S_r \ C] * \begin{bmatrix} 0.2708 & 0.9999 \\ 0.9999 & 6.3706 \end{bmatrix} \right) * [S_r \ C] \right\}$

Tablo A.20. ULDT istasyonu için 80 adet olayın sınıflandırma sonuçları

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	51	29	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	39	29	12	-	85,00
	KAF	40	27	11	2	83,75
Karmaşıklık	LAF	36	29	15	-	81,25
	KAF	43	28	8	1	88,75
KZFD	-	42	7	9	22	65
GS	-	45	7	6	22	78

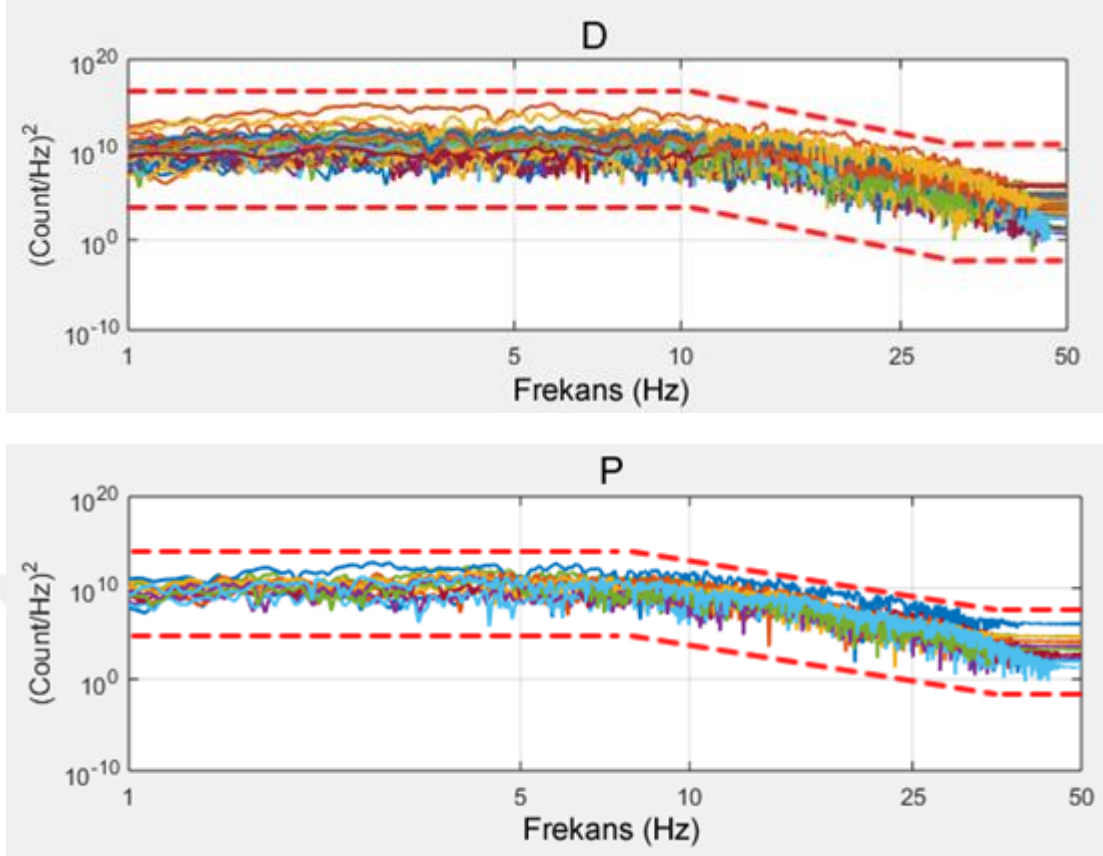


Şekil A.48. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - ULDT istasyonu 16.11.2019 00:28 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

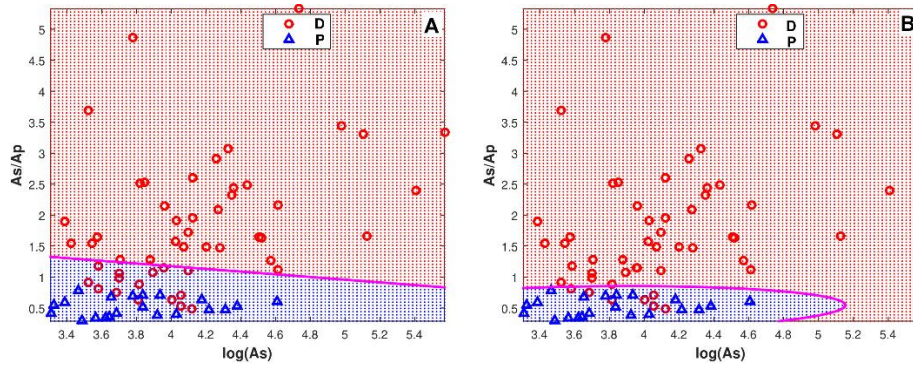


Şekil A.49. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - ULDT istasyonu 22.03.2017 13:34 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

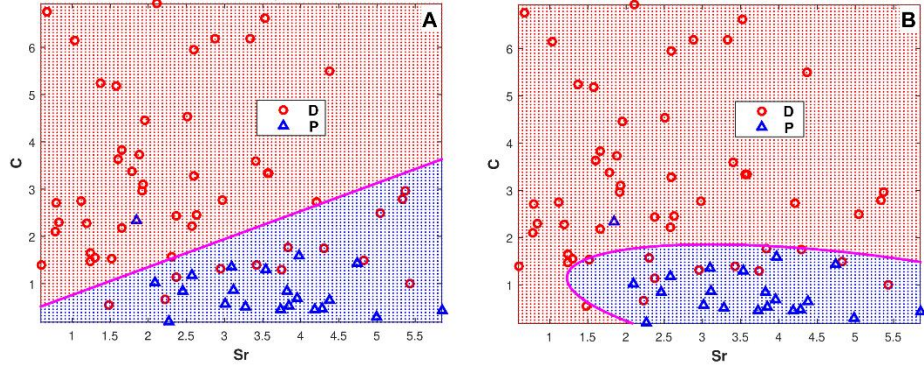




Şekil A.50. ULDT istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



Şekil A.51. USAK istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



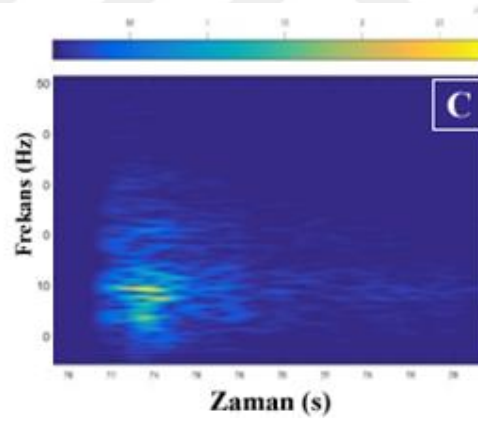
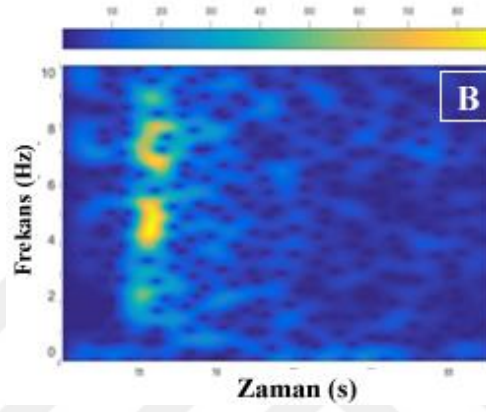
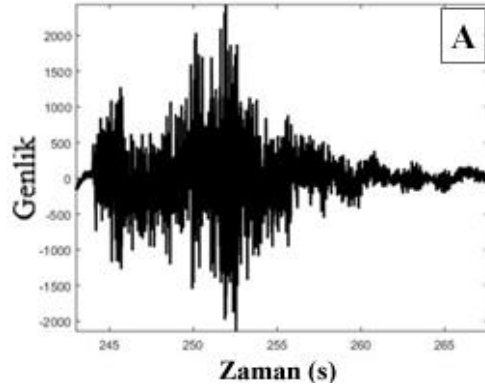
Şekil A.52. USAK istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.21. USAK istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

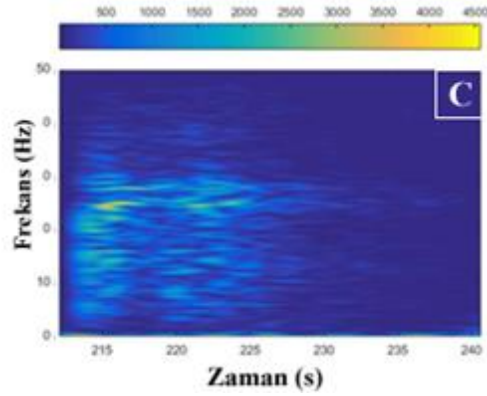
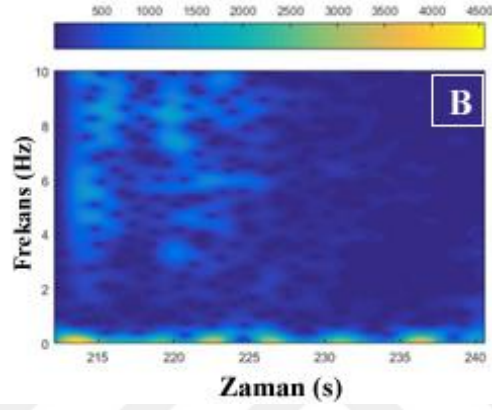
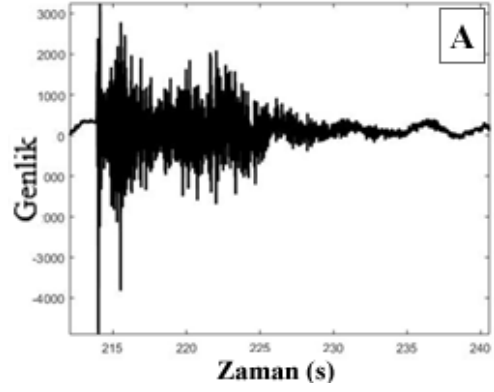
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
USAK	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = -3.3104 + 0.3521 * \log A_S + 1.6190 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = 19.1234 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -9.9024 \\ -16.0654 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 1.4659 & -0.9328 \\ -0.9328 & 23.4860 \end{bmatrix} \right) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	LAF	$F_{LAF} = -0.1581 - 0.5632 * \log A_S + 0.9510 * A_S/A_P$	
	KAF	$F_{KAF} = 6.1300 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -3.2212 \\ -5.5151 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [S_r \ C] * \begin{bmatrix} 0.2828 & 0.3949 \\ 0.3949 & 1.9839 \end{bmatrix} \right) * [S_r \ C] \right\}$	

Tablo A.22. USAK istasyonu için 73 adet olayın sınıflandırma sonuçları

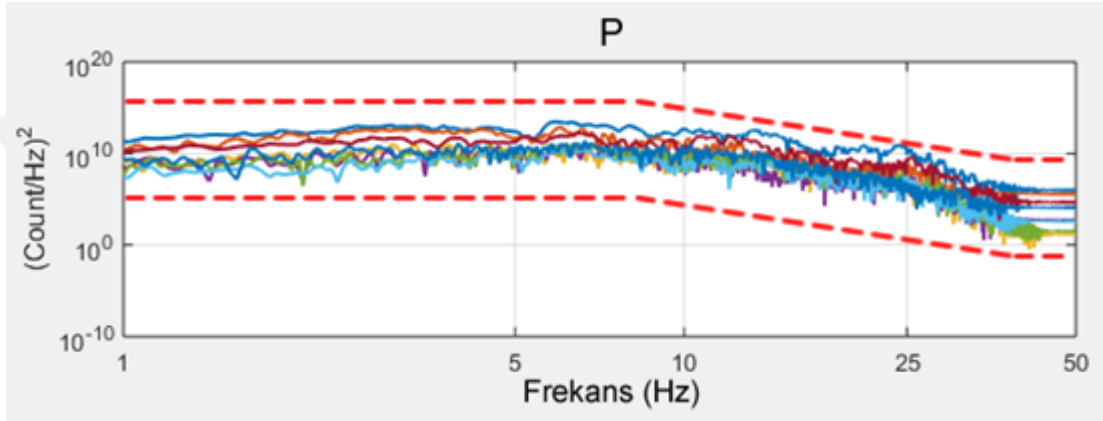
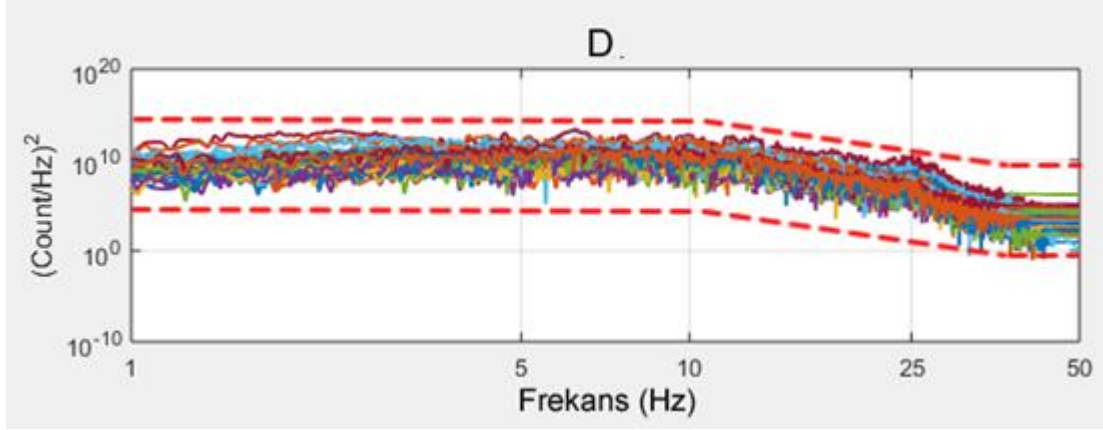
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	52	21	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	37	21	15	-	79,45
	KAF	45	21	7	-	90,41
Karmaşıklık	LAF	39	20	13	1	80,82
	KAF	41	20	11	1	83,56
KZFD	-	43	3	9	18	63
GS	-	44	0	8	21	60



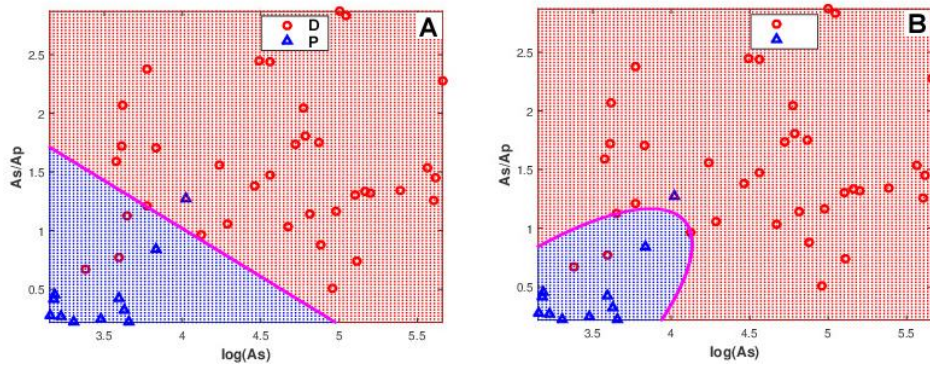
Şekil A.53. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - USAK istasyonu 19.02.2018 01:33 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



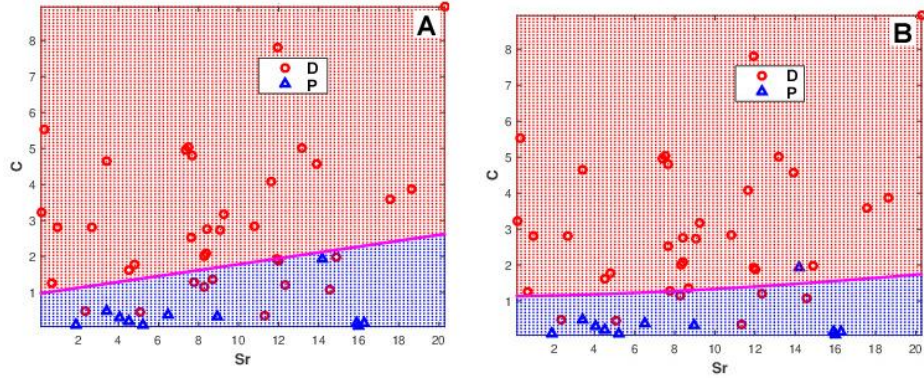
Şekil A.54. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - USAK istasyonu 26.03.2019 08:03 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



Şekil A.55. USAK istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



Şekil A.56. BORA istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



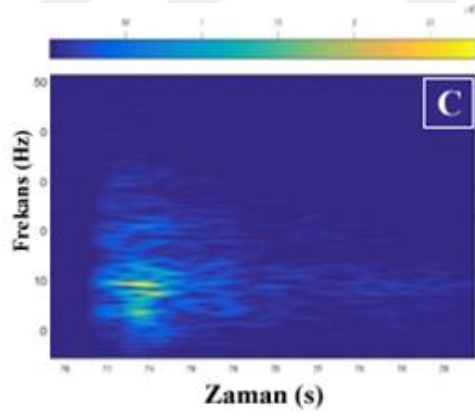
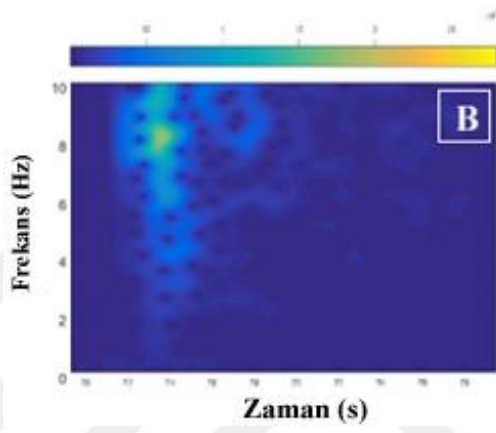
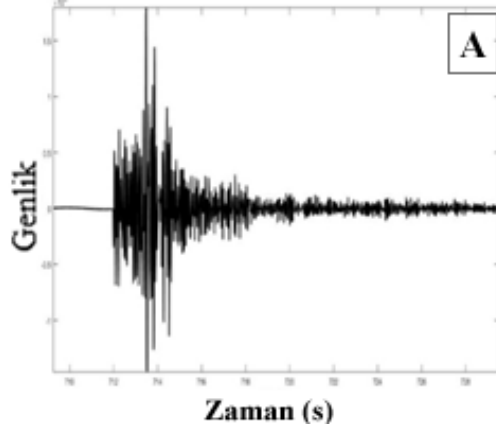
Şekil A.57. BORA istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrılaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.23. BORA istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

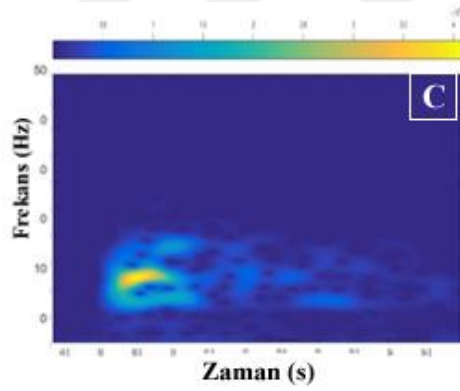
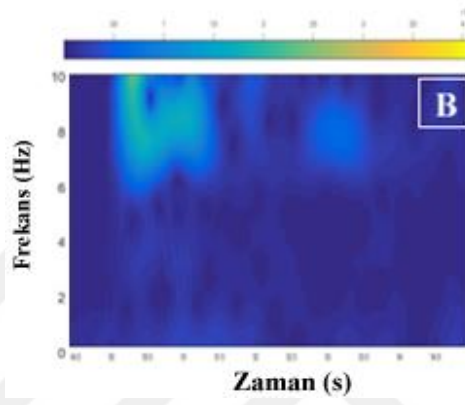
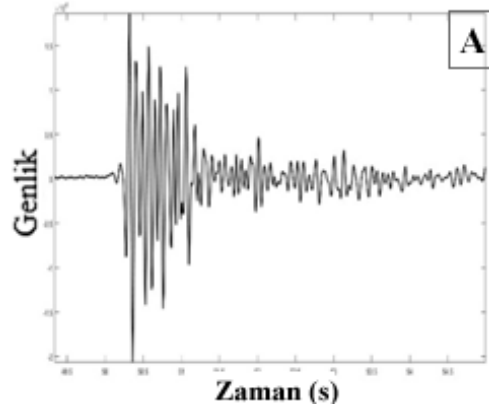
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
BORA	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = -13.9744 + 2.6658 * \log A_S + 3.2562 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = 90.6683 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -63.3462 \\ 45.9232 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 10.3693 & -7.2285 \\ -7.2285 & 7.9990 \end{bmatrix} \right) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = -0.8725 - 0.0743 * \log A_S + 0.9075 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = -1.9845 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} 0.0162 \\ -0.1987 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -0.0044 & -0.0205 \\ -0.0205 & 1.7187 \end{bmatrix} \right) * [S_r \ C] \right\}$

Tablo A.24. BORA istasyonu için 47 adet olayın sınıflandırma sonuçları

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	37	10	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	34	9	3	1	91,48
	KAF	35	9	2	1	93,61
Karmaşıklık	LAF	28	10	9	-	80,85
	KAF	31	9	6	1	85,10
KZFD	-	35	10	2	-	96
GS	-	35	-	2	10	75

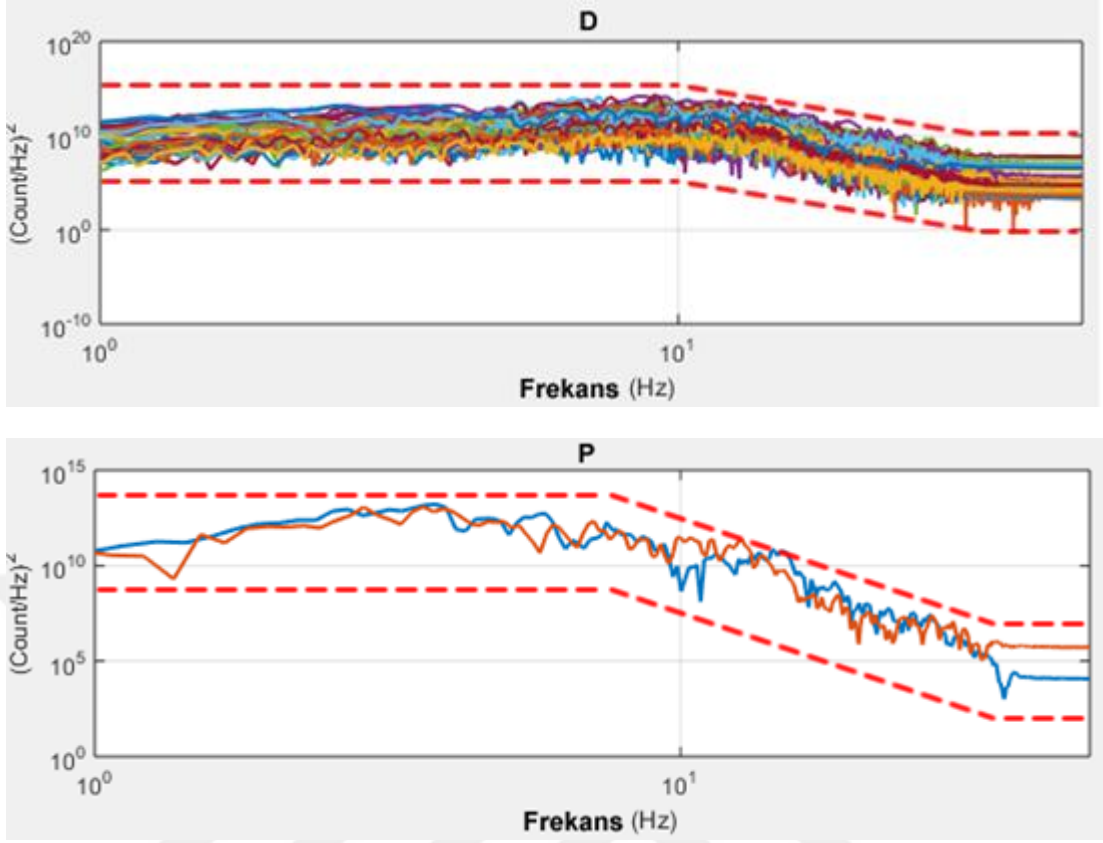


Şekil A.58. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - BORA istasyonu 01.02.2019 01:41 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

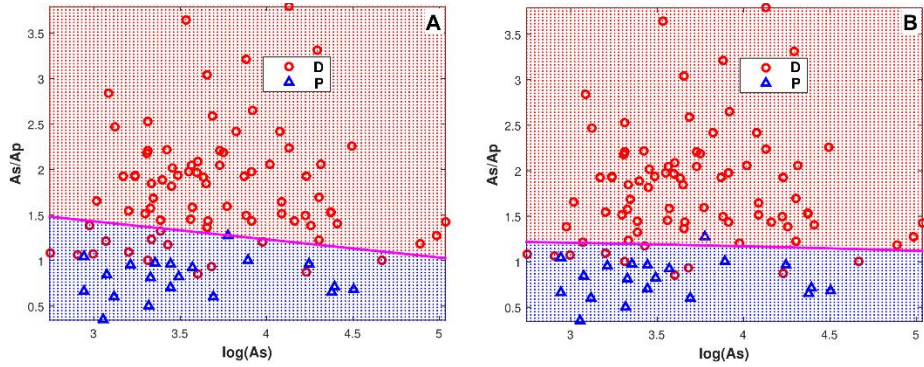


Şekil A.59. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - BORA istasyonu 17.10.2018 08:30 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

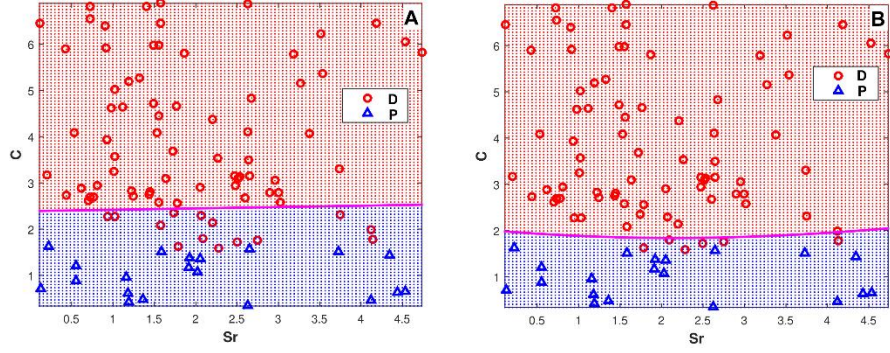




Şekil A.60. BORA istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir



Şekil A.61. DURS istasyonunda kaydedilmiş olayların  $A_s/A_p$  genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrımlaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



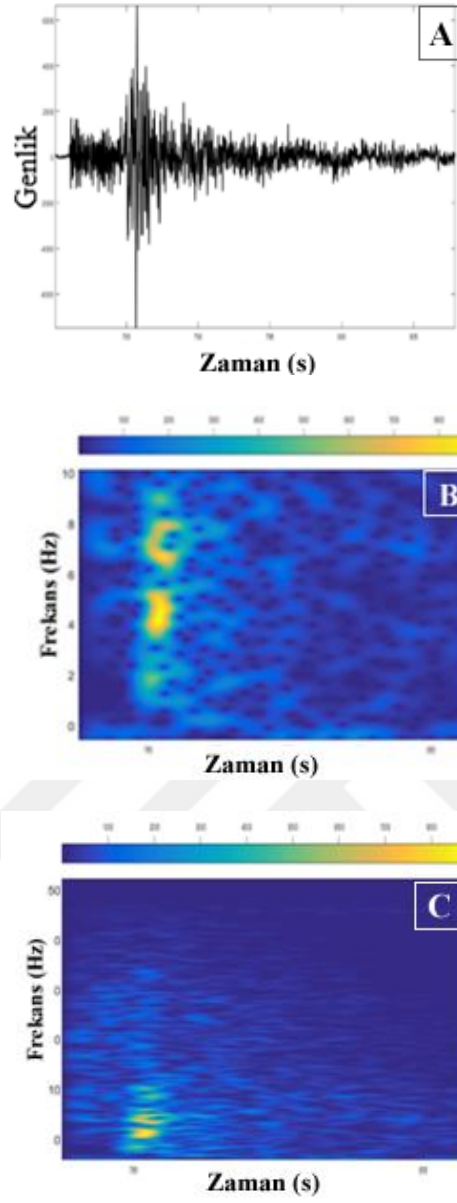
Şekil A.62. DURS istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrımlaştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.25. DURS istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

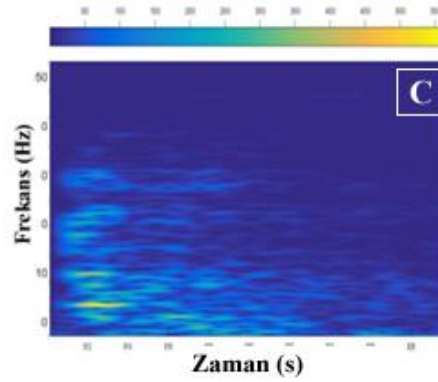
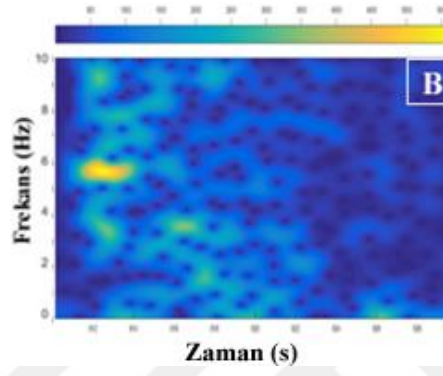
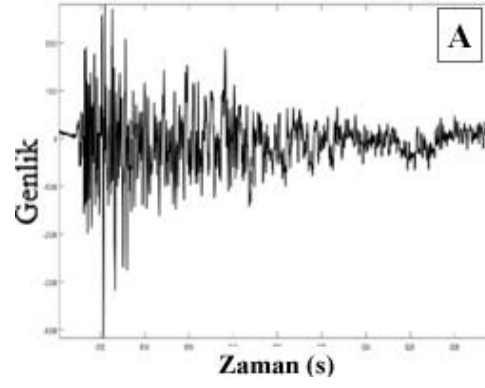
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
DURS	LAF	$F_{LAF} = -6.4843 + 0.6358 * \log A_S + 3.1977 * A_S/A_P$
	Genlik Oranı	$F_{KAF} = -2.8552 + [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 1.2077 \\ -9.8860 \end{bmatrix}$
	KAF	$+ \sum \left\{ \left( [\log A_S \ A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 0.0017 & -0.3511 \\ -0.3511 & 9.3880 \end{bmatrix} \right) * [\log A_S \ A_S/A_P] \right\}$
	LAF	$F_{LAF} = -3.3498 - 0.0411 * \log A_S + 1.4020 * A_S/A_P$
Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = -3.3498 - 0.0411 * \log A_S + 1.4020 * A_S/A_P$
	KAF	$F_{KAF} = -1.9212 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} 0.6437 \\ -3.9037 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left( [S_r \ C] * \begin{bmatrix} -0.1849 & 0.0410 \\ 0.0410 & 2.4387 \end{bmatrix} \right) * [S_r \ C] \right\}$

Tablo A.26. DURS istasyonu için 100 adet olayın sınıflandırma sonuçları

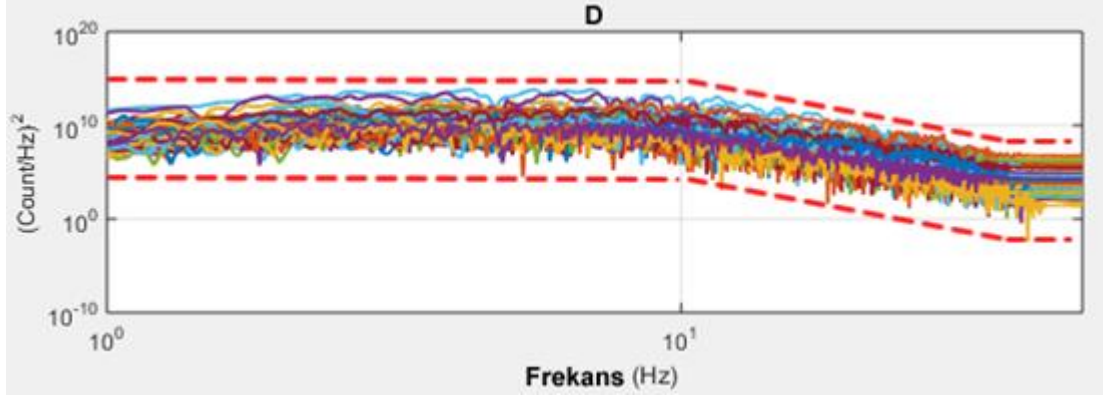
Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	80	20	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	65	19	15	1	84
	KAF	69	19	11	1	88
Karmaşıklık	LAF	66	20	14	-	86
	KAF	73	20	7	-	93
KZFD	-	80	1	-	19	81
GS	-	80	-	-	20	80



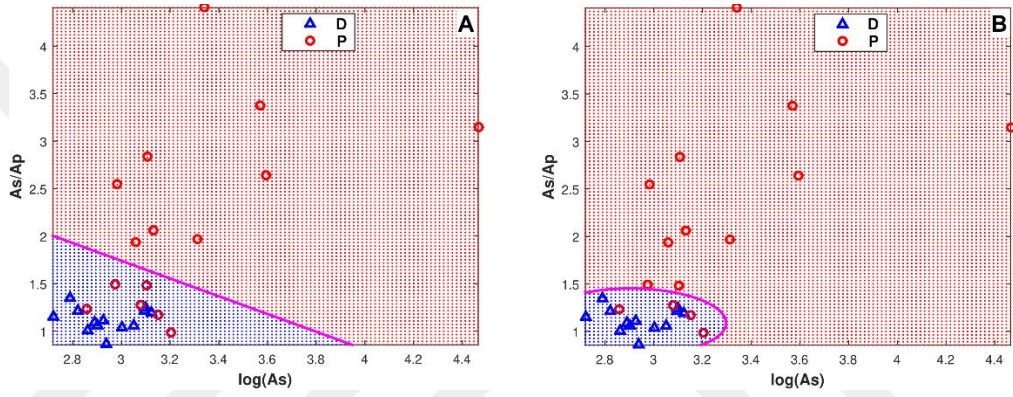
Şekil A.63. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - DURS istasyonu 30.07.2018 17:57 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



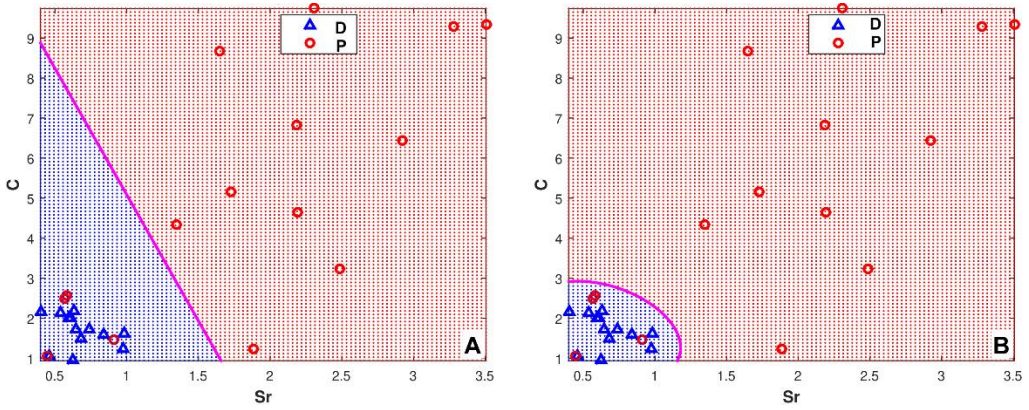
Şekil A.64. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - DURS istasyonu 21.06.2017 09:43 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



Şekil A.65. DURS istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spectrumunun frekansla değişimi D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



Şekil A.66. SGAZ istasyonunda kaydedilmiş olayların As/AP genlik oran yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrıştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



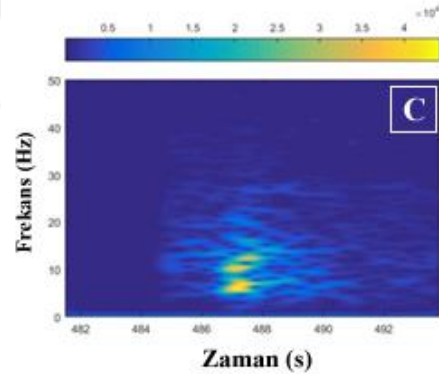
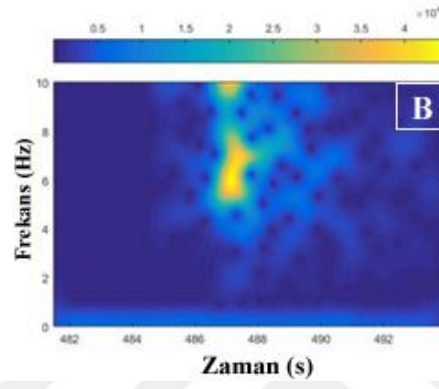
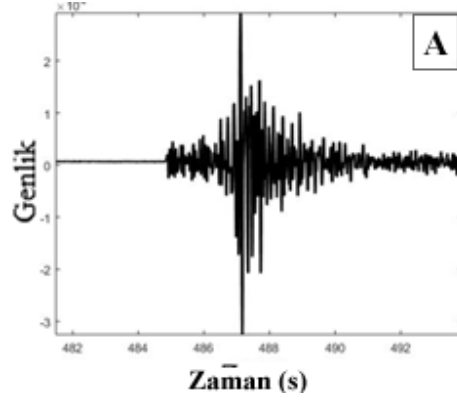
Şekil A.67. SGAZ istasyonunda kaydedilmiş olayların Karmaşıklık (C-SR) yöntemi sonuçlarının, A) LAF ve B) KAF ile ayrıştırılması ile elde edilen grafikler. D:deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.27. SGAZ istasyonu için analiz sonucu elde edilen ayırım denklemleri

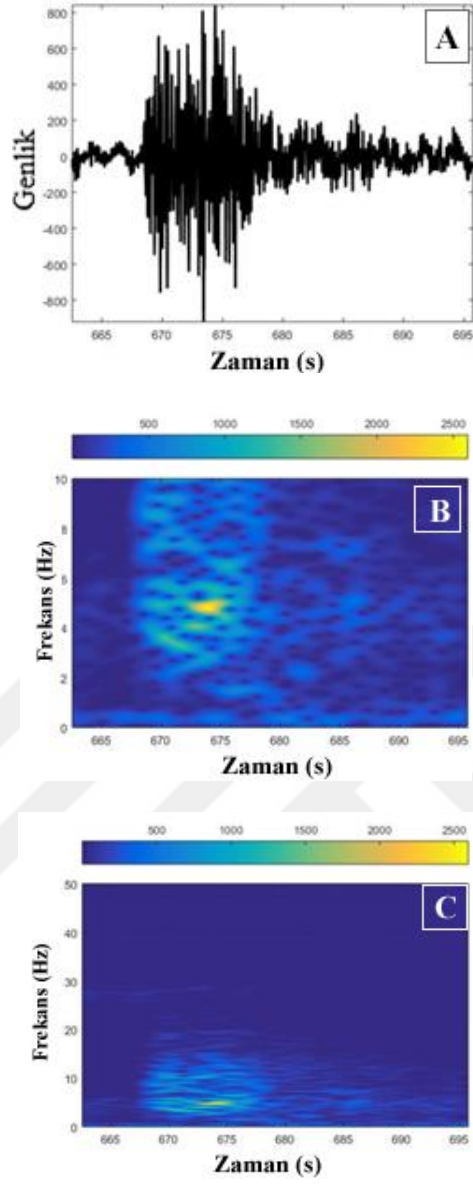
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
SGAZ	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = 7.6993 - 1.5831 * \log A_S - 1.6954 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = -268.4166 + [\log A_S A_S/A_P] * \begin{bmatrix} 156.8775 \\ 77.3243 \end{bmatrix} + \Sigma \{ ([\log A_S A_S/A_P] * \begin{bmatrix} -26.2448 & -1.5635 \\ -1.5635 & -30.7867 \end{bmatrix}) * [\log A_S A_S/A_P] \}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = 3.0452 - 1.6852 * \log A_S - 0.2674 * A_S/A_P$
		KAF	$F_{KAF} = -16.4682 + [S_r \ C] * \begin{bmatrix} 29.1759 \\ 13.4200 \end{bmatrix} + \Sigma \{ ([S_r \ C] * \begin{bmatrix} 16.4484 & -2.3883 \\ -2.3883 & -3.0736 \end{bmatrix}) * [S_r \ C] \}$

Tablo A.28. SGAZ istasyonu için 28 adet olayın sınıflandırma sonuçları

Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	-	13	15	-	-	-
Genlik Oranı	LAF	7	15	6	-	78,57
	KAF	9	15	4	-	85,71
Karmaşıklık	LAF	9	15	4	-	85,71
	KAF	9	15	4	-	85,71
KZFD	-	11	12	2	3	82
GS	-	10	13	3	2	82

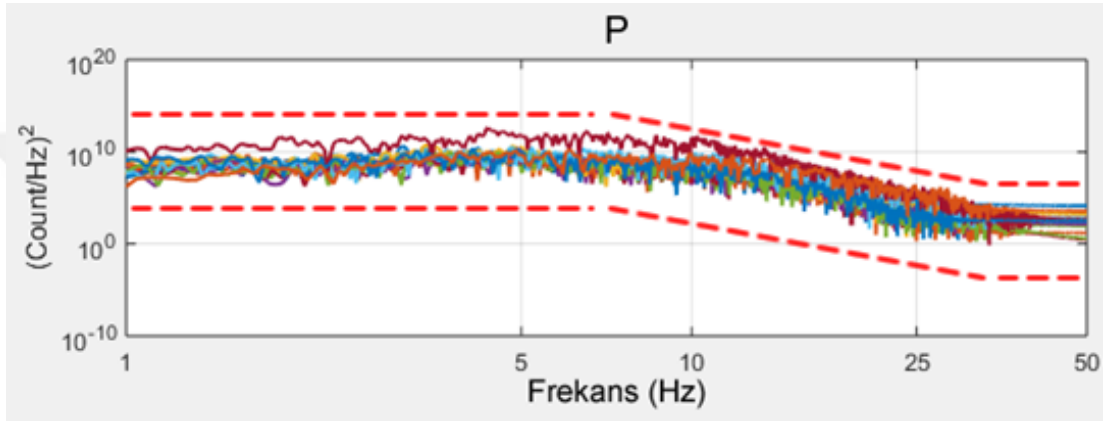
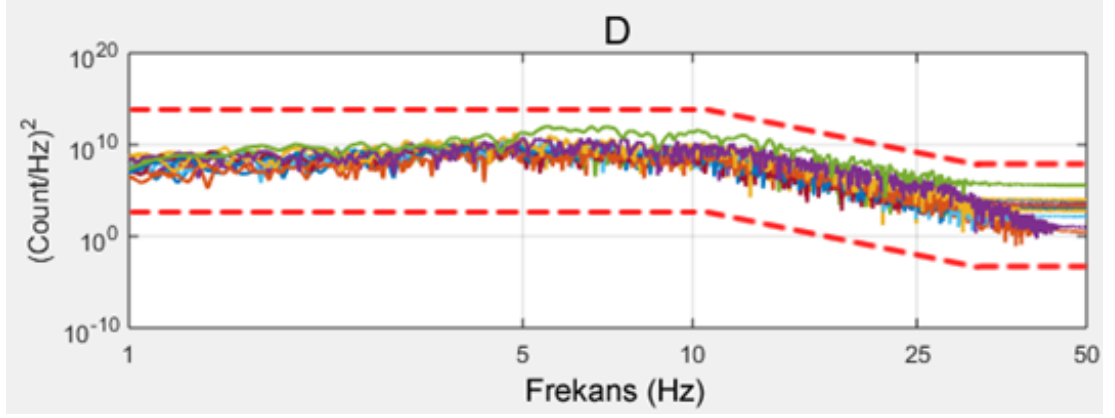


Şekil A.68. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - SGAZ istasyonu 26.09.2019 19:23 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

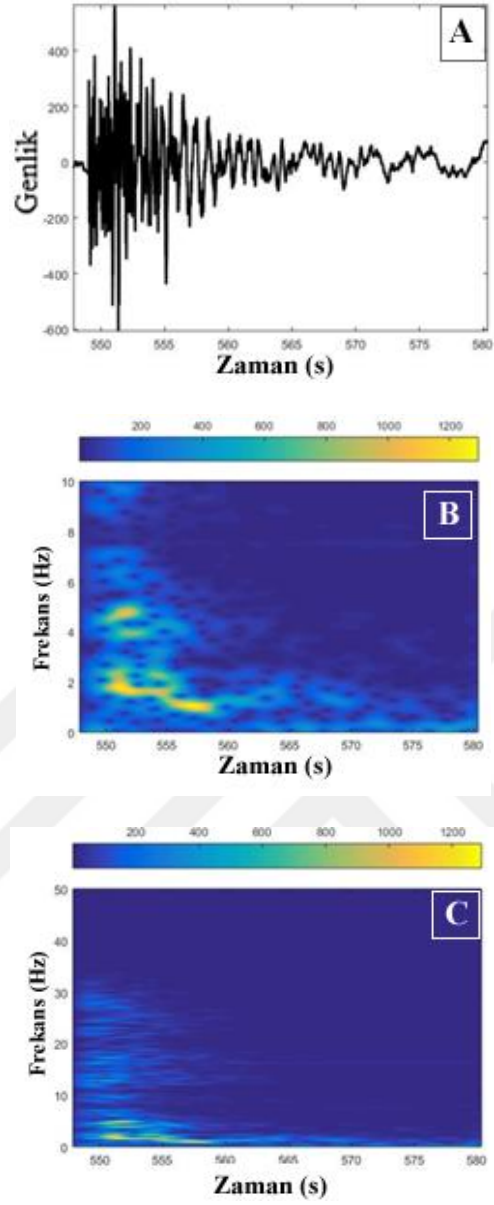


Şekil A.69. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - SGAZ istasyonu 14.11.2018 09:56 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi

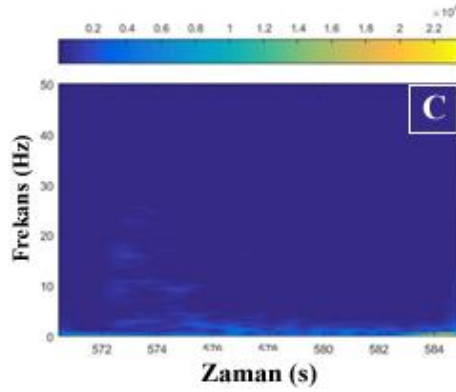
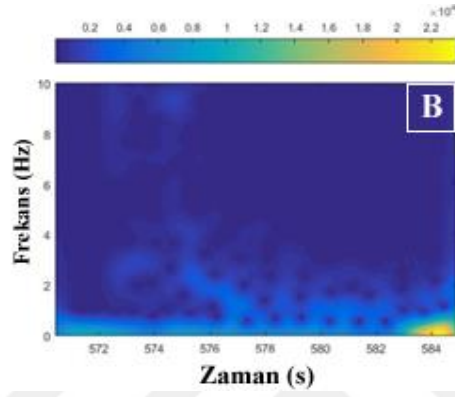
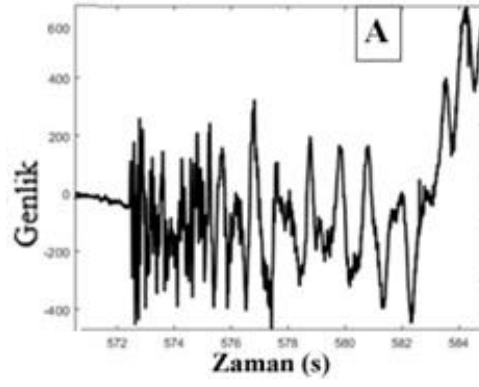




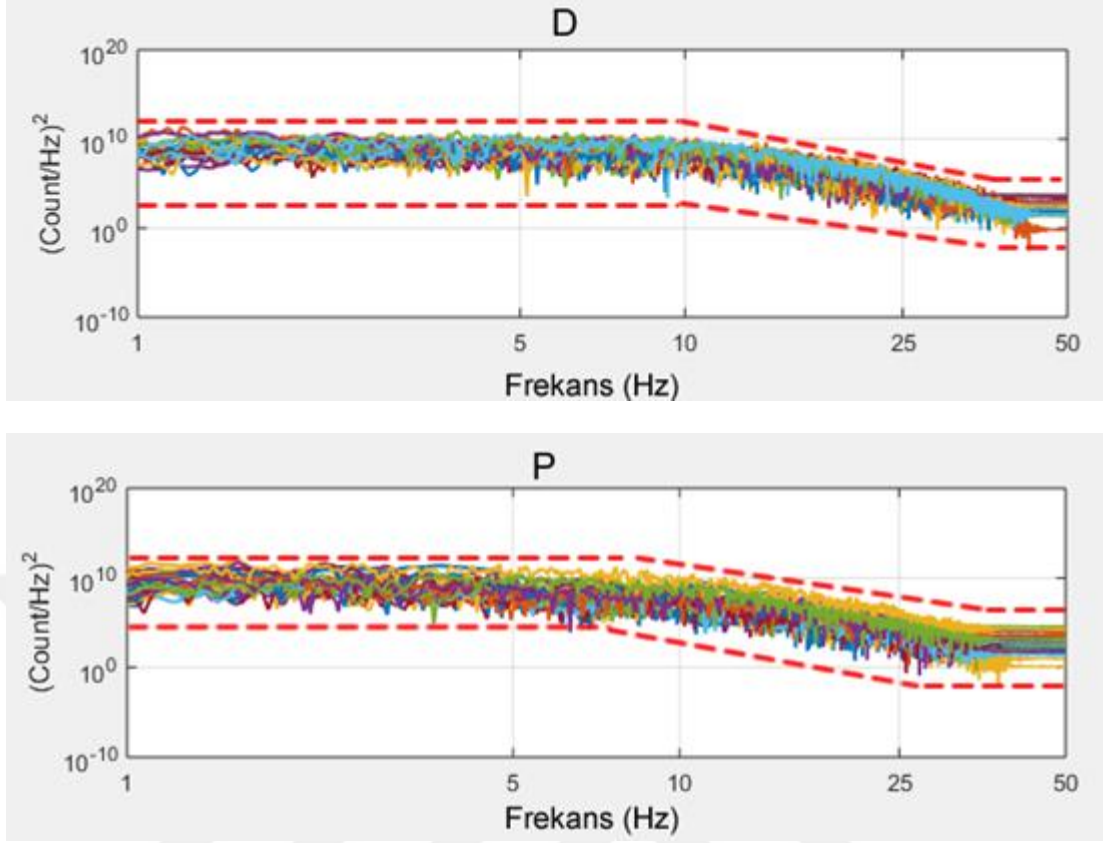
Şekil A.70. SGAZ istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spektrumunun frekansla değişimi D:Deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.



Şekil A.71. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - ANDZ istasyonu 28.03.2018 12:39 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



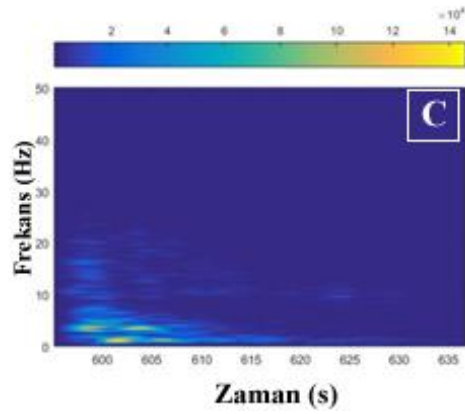
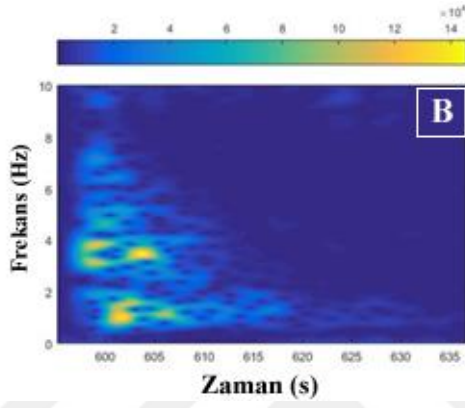
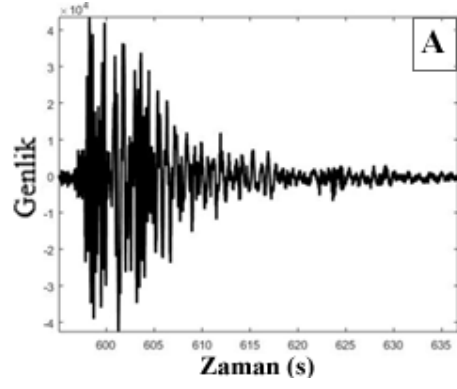
Şekil A.72. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - ANDZ istasyonu 07.05.2019 10:09 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



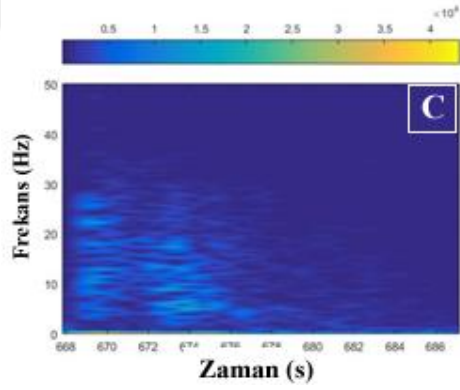
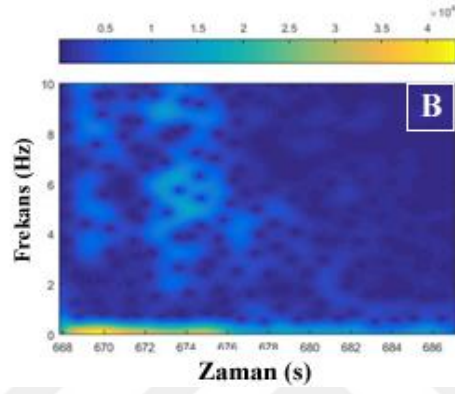
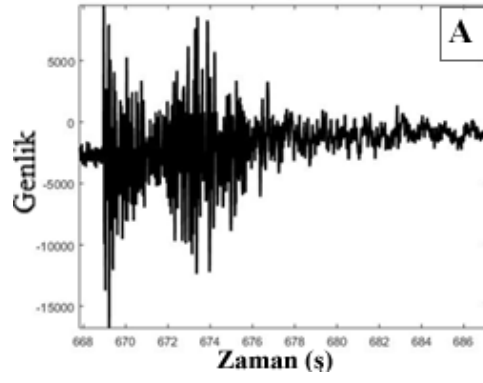
Şekil A.73. ANDZ istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spektrumunun frekansla değişimi D:Deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.29. ANDZ istasyonuna ait 61 adet olayın KZFD ve GS yöntemlerinin başarı oranları

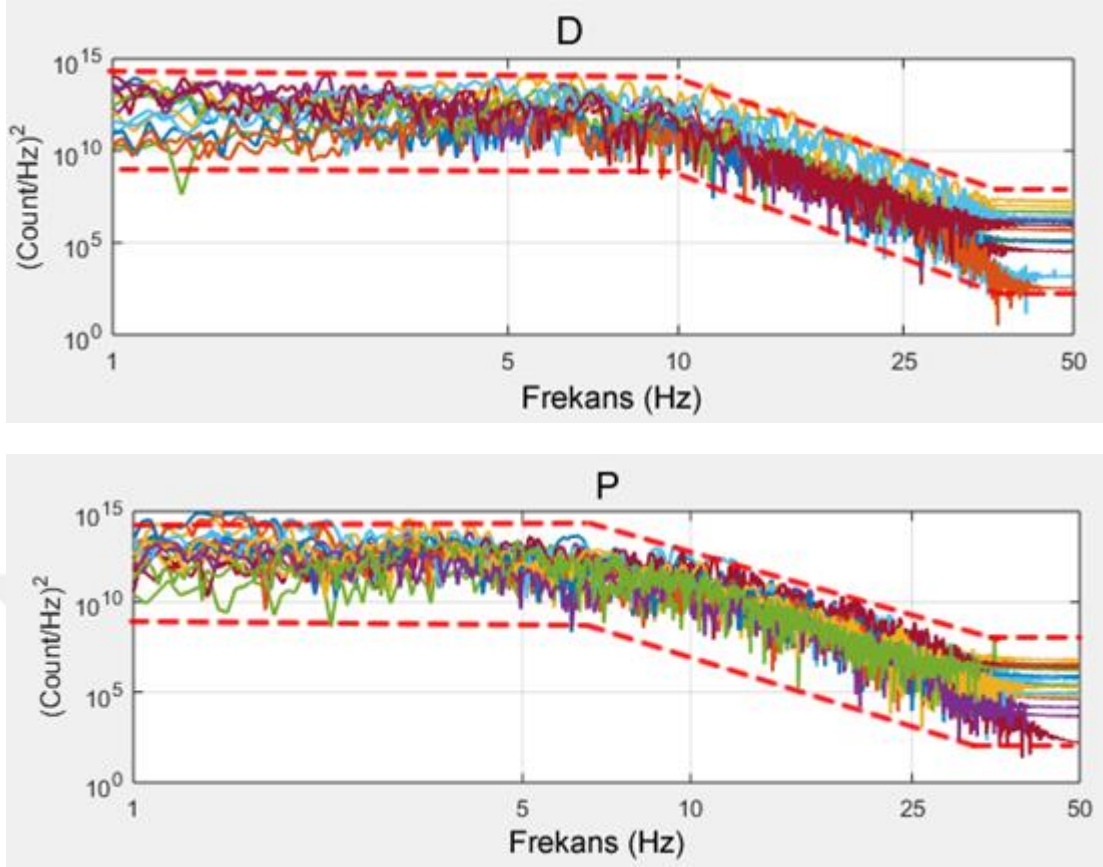
Yöntem	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	25	36	-	-	-
KZFD	12	22	13	14	56
GS	14	24	11	12	62



Şekil A.74. Deprem sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - AUKIR istasyonu 05.04.2019 09:49 tarihli A) Deprem sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



Şekil A.75. Patlatma sinyalinin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü Analizi - AUKIR istasyonu 02.01.2018 04:56 tarihli A) Patlatma sismogramı B) 1-10Hz KZFD analizi C) 1-50 Hz KZFD analizi



Şekil A.76. AUKIR istasyonu depremlerin ve patlatmaların 1Hz – 50 Hz güç spektrumunun frekansla değişimi D:Deprem, P:Patlatmaları göstermektedir.

Tablo A.30. AUKIR istasyonuna ait 33 adet olayın KZFD ve GS yöntemlerinin başarı oranları

Yöntem	Deprem	Patlatma	Hatalı Deprem	Hatalı Patlatma	Başarı Oranı (%)
İlk Tahmin	15	18	-	-	-
KZFD	10	7	5	11	52
GS	6	10	9	8	49

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

**Türkyılmaz B.**, Sertçelik F., Yavuz E., Kütahya ve Çevresinde Düşük Magnitüdü Deprem ve Patlatmaların Ayırımı, *VI. International Earthquake Symposium*, Kocaeli, Türkiye, 25-27 Eylül 2019.





## ÖZGEÇMİŞ

İlköğretimini Yavuz Selim İlkokulu, ortaokul ve lise eğitimini Amasya Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2000 yılında Trabzon Karadeniz Teknik Üniversitesinde Jeofizik Mühendisliği'nde lisans eğitimine başlayıp, 2.sınıfta yatay geçiş ile Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliğinde devam ettiği ve lisans eğitimini 2005 yılında tamamladı. Lisans eğitimi süresince TMMOB(Türkiye Mühendisler ve Mimarlar Odaları Birliği), Ankara Jeofizik Mühendisleri Odasında Basın Yayın biriminde çalıştı. 2006 da Özel bir Petrol şirketinde Jeofizik Mühendisi olarak çalıştı. 2010 Yılında Amasya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünde başladığı görevine, 2014 yılından beri İç İşleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD) bünyesinde, Deprem Dairesi Başkanlığı – Deprem İzleme ve Değerlendirme çalışma grubunda Jeofizik Mühendisi olarak devam etmektedir.