

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YAPAY VE DOĞAL KAYNAKLI SİSMOGRAMLARIN  
AYIRT EDİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeof. Müh. Oral BAŞER**

**Anabilim Dalı: Jeofizik Mühendisliği**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Fadime SERTÇELİK**

**KOCAELİ, 2009**

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YAPAY VE DOĞAL KAYNAKLI SİSMOGRAMLARIN  
AYIRT EDİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeof. Müh. Oral BAŞER

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 22 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih: 02 Ekim 2009

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Fadime SERTÇELİK

(.....)

Üye

Prof. Dr. Mithat Fırat ÖZER,

(.....)

Üye

Doç. Dr. Nilgün SAYIL

(.....)

KOCAELİ, 2009

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yoğun taş ocağı olan aktif tektonik bölgelerde, toplanan sismik sinyallere düzgün tanımlama ve ayırma metotları uygulanmadıysa, deprem kataloglarında taş ocağı patlamaları da yer alır. Mikro depremlerin ve taş ocağı patlamalarının meydana geldiği bölgelerde yapılan sismotektonik çalışmalarda, basit metotlar kullanılarak doğru olay tanımlaması yapılması gerekir. Bu konu, bir bölgenin sismik risk değerlendirmesi için de çok önemlidir. Global ölçekte, bir sismik olayın kaynağının tanımlanması, ağır politik problemlere yol açabileceği için nükleer patlama testi gibi durumlarda büyük önem taşır.

Güney Ege’de Muğla-Aydın çevresinde 2008 yılında meydana gelen sismik olayların kökeninin araştırıldığı bu çalışmada; S dalgası genliğinin P dalgası genliğine oranının S dalgası genliğinin logaritması ile karşılaştırılması yöntemi ve karmaşıklık-spektral oran yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarının yer bilimcilerin çalışmalarına faydalı olmasını dilerim.

Yüksek lisans danışmanım olarak beni onurlandıran ve çalışmalarım sırasında her türlü bilgi, eleştiri ve önerileri ile desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Fadime SERTÇELİK’e, kataloglarını kullandığım Bayındırlık Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesine, verilerini kullandığım Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü’ne, tez çalışmamda bilgilerine başvurduğum Sayın Yrd. Doç. Dr. T. Serkan IRMAK’a, çalışmalarım süresince benden manevi desteğini esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Demet GİDER’e teşekkür ederim. Ayrıca, maddi manevi destekleriyle her zaman arkamda duran sevgili babam Remzi BAŞER, annem Şükran BAŞER, kardeşlerim ve dostlarıma sonsuz saygı ve sevgilerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	iii
TABLolar DİZİNİ .....	v
SİMGELER.....	vi
ÖZET .....	vii
İNGİLİZCE ÖZET .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
2. DEPREMLER VE PATLATMALAR .....	2
2.1. Depremler .....	2
2.2. Depremlerin Sınıflandırılması .....	3
2.2.1. Oluşumlarına göre depremler .....	3
2.2.2. Derinliklerine göre depremler.....	5
2.2.3. Uzaklıklarına göre depremler .....	5
2.3. Deprem Parametreleri .....	6
2.4. Patlatmalar .....	6
2.4.1. Taş ocakları patlatmaları .....	6
2.4.2. Nükleer patlatmalar .....	8
2.5. Sismik Enerji .....	8
3. DEPREM VE PATLATMA VERİLERİ ARASINDAKİ FARKLAR VE AYRIM METOTLARI .....	10
3.1. Veriler Arasındaki Basit Farklar .....	10
3.2. Ayrım Metotları .....	12
3.2.1. Konum (Lokasyon) .....	13
3.2.2. Derinlik.....	13
3.2.3 . S/P oranının LogS ile karşılaştırılması .....	15
3.2.4. Karmaşıklık- Spektral oran (C-Sr).....	16
3.2.5. $m_b$ - $M_s$ ayrımı.....	17
3.2.6. $P_n/S_n$ ve $P_n/L_g$ genlik oranları .....	19
3.2.7 Koda azalım oranı .....	22
3.2.8. Diğer basit yöntemler .....	26
3.3. Önceki Çalışmalar .....	26
4. ÇALIŞMA ALANI JEOLJİSİ VE TEKTONİK ÖZELLİKLERİ .....	31
5. GÜNEY EGE'DEKİ DEPREM VE PATLATMALARIN AYIRDEDİLMESİ....	34
5.1. Verilerin Özellikleri .....	34
5.2. Verilerin Seçilmesi ve İşlenmesi .....	35
5.3. S/P – logS Ayrımı .....	40
5.4. C-Sr Ayrımı (Karmaşıklık-Spektral Oran).....	50
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	58
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	61

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Yer kabuğu hareketinin şematik anlatımı.....	2
Şekil 2.2: Bir taş ocağından görünüm.....	7
Şekil 2.3: Patlatma işleminde açığa çıkan enerji türleri.....	8
Şekil 2.4: 14 kilotonluk atom bombası denemesi, Nevada Deneme Sahası, 1951.....	8
Şekil 3.1: Bir taş ocağı patlatması (A) ve depremin (B) düşey bileşen hız sismogramının kaydı (Gündüz ve diğerleri, 2009).....	10
Şekil 3.2: Depremler ve patlatmalar için yayılma düzenlerinin farklılıkları (Ringdal, 1985).....	11
Şekil 3.3: New York'da gerçekleşen bir çökme ve patlatma kaydı.....	12
Şekil 3.4: New England bölgesi için bir deprem ve bir patlatmanın örnek kayıtları ve eş genlik spektrası (Kafka,1990).....	14
Şekil 3.5: İstanbul ve civarındaki dört bölgede incelenen olayların zaman ortamındaki S dalgası genliğinin logaritması karşısında S dalgası genliğinin P dalgası genliğine olan oranı (Gündüz ve diğerleri,2009) ..	15
Şekil 3.6: Karmaşıklığa (C) karşı hız sismogramının düşey bileşeninin spektral oranı (Sr) (Gündüz ve diğerleri,2009) ..	17
Şekil 3.7: Ms ve mb kullanılarak deprem ve patlatmaların ayrıştırılması (Sykes ve diğerleri, 1983) ..	18
Şekil 3.8: Bir patlatma ve bir depremin örnek kayıtları ve genlik spektrumları (Baumgardt ve Young, 1990).....	20
Şekil 3.9: Çalışmada kullanılan sismik olayların genlik oranları (Baumgardt ve Young, 1990).....	21
Şekil 3.10: Oranların logaritmalarına karşı RMS değerlerinin logaritmaları (Baumgardt ve Young, 1990).....	22
Şekil 3.11: Patlatma ve deprem verileri kullanılarak elde edilen kayma zamanı karşısında koda azalım oranı (Su ve diğerleri, 1991) ..	23
Şekil 3.12: $M \geq 2.7$ (noktalı çizgiler) ve $M \leq 2.4$ (koyu çizgiler) depremler için güç spektrumuna karşı önceki şeklin d bölümünden $T_r = 52$ sn frekansının eğrilerinin tekrar düzenlenmiş hali (Su ve diğerleri, 1991) ..	24
Şekil 3.13: Derin deprem (eğri 1), sığ deprem (eğri 2) ve patlatma (eğri 3) için frekans karşısında güç spektrumu (sağda) (Su ve diğerleri, 1991).....	25
Şekil 3.14: Kore Yarımadası'nda yapılan çalışmanın sonuçları (Kim ve diğerleri, 1998) ..	29
Şekil 4.1: Çalışma alanının (Muğla-Aydın) jeolojik haritası ..	32
Şekil 4.2: Çalışma alanındaki faylar, istasyonlar (kırmızı üçgenler) ve son 1 yıl içerisindeki sismik olaylar.....	33
Şekil 5.1: Kullanılan depremlerin (beyaz daireler), istasyonların (kırmızı üçgenler) ve taş ocaklarının (mavi yıldızlar) bölgedeki dağılımı ..	35
Şekil 5.2: Çalışılan bölgedeki sismik olayların yıllara göre dağılımı.....	36
Şekil 5.3: Verilerin gün içerisinde zamana göre dağılımı.....	37
Şekil 5.4: Çalışmada kullanılan kayıtların örnekleri.....	38
Şekil 5.5: YER istasyonundaki S/P – LogS değişimi ..	44
Şekil 5.6: MLSB istasyonundaki S/P – LogS değişimi ..	45

Şekil 5.7: DAT istasyonundaki S/P – LogS değişimi.....	45
Şekil 5.8: DALT istasyonundaki S/P – LogS değişimi.....	46
Şekil 5.9: BODT istasyonundaki S/P – LogS değişimi .....	46
Şekil 5.10: Patlatma ve deprem kayıtları .....	49
Şekil 5.11: Patlatma ve deprem kayıtlarının genlik spektrumları .....	51
Şekil 5.12: C-Sr dağılımı (siyah daireler depremleri, mavi karolar ise patlatmaları gösterir) .....	55
Şekil 5.13: Depremler ve patlatmalar (kırmızı üçgenler deprem istasyonları, mavi yıldızlar ocakları, beyaz daireler patlatmaları, siyah daireler depremleri, kırmızı daireler uymayan sismik olayları gösterir).....	57

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1: Depremde yayılan enerjinin TNT patlayıcısıyla kıyaslanması.....	9
Tablo 5.1: Çalışmada kullanılan istasyonlar hakkında genel bilgiler .....	34
Tablo 5.2: Kayıtlar üzerinde yapılan hesaplamalar .....	40
Tablo 5.3: İstasyonlara göre sismik olayların dağılımı.....	47
Tablo 5.4: S/P –log S Ayrım analizi sonucunda depremler .....	48
Tablo 5.5: Hesaplanan C ve Sr değerleri .....	53
Tablo 5.6: İki ayırım metodu sonucunda deprem olarak belirlenen sismik olaylar (Kırmızı yazılı sismik olaylar ilk yöntemde deprem olarak belirlenmiş ancak ikinci yöntemde turtalılık göstermemiş olaylardır) .....	56

## SİMGELER

$C$	: karmaşıklık
$C_s$	: integrasyon sabiti
$C_b$	: integrasyon sabiti
ES	: ERG cinsinden sismik enerji
$F_p$	: deprem P dalgası radyasyon modeli
Hz.	: hertz
km.	: kilometre
Lg	: yüzey dalgası fazı
M	: magnitüd
$m_b$	: cisim dalgası magnitüdü
$M_d$	: süreye bağlı magnitüd
$M_s$	: yüzey dalgası magnitüdü
P	: boyuna sismik dalga
$P_0(\omega)$	: güç spektrumu
Pn	: kabuk-manto sınırında ilerleyen P dalgası
pP, sP	: derinlik fazları
PcP, ScP	: çekirdekten yansıyan derinlik fazları
Rg	: yüzey dalgası fazı
$Q_c^{-1}$	: koda azalımı
S	: enine sismik dalga
Sn	: kabuk-manto sınırında ilerleyen S dalgası
$X_q$	: kaynak derinliğine bağlı yüzey dalgası tepki fonksiyonu
$\rho_q$	: yoğunluk
$\alpha_q$	: deprem kaynağındaki P dalga hızı

## Kısaltmalar

BODT	: Bodrum deprem istasyonu
DALT	: Dalyan deprem istasyonu
DAT	: Datça deprem istasyonu
FFT	: Fast Fourier Transform
GMT	: Greenwich Mean Time
GRSN	: German Regional Seismic Network
KRDAE	: Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü
LDF	: Linear Discrimination Function
MLSB	: Milas deprem istasyonu
NEIS	: National Earthquake Information Service
NESN	: New England Seismic Network
NTS	: Nevada Test Site
RMS	: Root Mean Square
UDİM	: Ulusal Deprem İzleme Merkezi
USGS	: United States Geological Service
YER	: Yerkesik deprem istasyon



## YAPAY VE DOĞAL KAYNAKLI SİSMOGRAMLARIN AYIRT EDİLMESİ Oral BAŞER

**Anahtar Kelimeler:** Deprem, Maden ve Taş Ocağı Patlatmaları, S-P Dalgaları Genlikleri, Ayrım, Ayrım Metotları.

**Özet:** Güney Ege’de, Muğla-Aydın arasında kalan bölgede, oluşan sismik olayların kaynak tipinin belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada; Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM) tarafından kurulan Bodrum (BODT), Dalyan (DALT), Datça (DAT), Milas (MLSB) ve Yerkesik (YER) geniş bant istasyonlarına ait 148 adet deprem verisi kullanılmıştır. 37.22°-37.50° K enlem ve 26.70°-28.40° D boylamları arasında olan depremlerin episantr koordinatları ve magnitüdüleri Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Daire Başkanlığı Sismoloji Şube Müdürlüğü tarafından belirlenmiştir. Seçilen sismik olayların magnitüdü  $2 \leq M_d \leq 3$ , oluş zamanları 08:00-17:00 (GMT) aralığındadır. Depremlerin ve istasyonların bölgedeki dağılımı ise GMT çizim programı ile haritalanmıştır. Sismik olay kayıtlarına, 1-15 Hz band geçişli filtre uygulanmıştır.

Çalışmada S/P-logS ve karmaşıklık (Complexity)- spektral oran (Sr) ayırım yöntemleri kullanılmıştır. BODT, DALT, DAT, MLSB ve YER istasyonlarında kaydedilen 148 sismik olayın düşey bileşen kayıtlarının P ve S dalgaları genlikleri okunmuştur. S dalgalarının genliklerinin P dalgası genliklerine oranları ve S dalgaları genliklerinin logaritmaları hesaplanmış ve grafikleri çizilmiştir. Daha sonra karmaşıklık (C) karşısında spektral oran (Sr) grafiklenmiştir. C ve Sr’nin hesaplanmasında kullanılan zaman pencereleri;  $t_1-t_2=2-4$  sn,  $t_0-t_1=P$  dalgası başlangıç zamanı-2 sn ve frekans bantları;  $h_1-h_2=5-10$  Hz,  $l_1-l_2=1-5$  Hz’dir. Yapılan ayırım analizi sonucunda toplam 148 adet sismik olayın 31 tanesi deprem 117 tanesi patlatma olarak belirlenmiştir. Bu iki yöntemin sonuçları karşılaştırıldığında belirlenen olaylar arasında %83.87 oranında tutarlılık görülmüştür. Kaynak tipi ayırımı analizinde daha fazla yöntemin ardarda uygulanması başarı oranını yükseltmektedir.

## DISCRIMINATION OF ARTIFICIAL AND NATURAL SOURCED SEISMOGRAMS

Oral BAŞER

**Key Words:** Earthquake, Mine and Quarry Blasts, Amplitudes of S-P Waves, Discrimination, Discrimination Methods.

**Abstract:** In this study, 148 seismic events data that recorded by Bodrum (BODT), Dalyan (DALT), Datça (DAT), Milas (MLSB) and Yerkesik (YER) broad-band stations were set by 'Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute-National Earthquake Monitoring Center' are used to identify the source type of these seismic events occurred between Muğla and Aydın in Southern Ege. Epicentre locations and magnitudes of these events in  $7.22^{\circ}$ - $37.50^{\circ}$  N and  $26.70^{\circ}$ - $28.40^{\circ}$  E were estimated by Ministry of Public Works and Settlement General Directorate of Disaster Affairs Earthquake Research Department Seismology Division. The magnitudes of seismic events were  $2 \leq M_d \leq 3$  and occurring time range is between 08:00-17:00 (GMT). Distribution of events and stations in study area were mapped by GMT software. Vertical components of 750 records were analyzed during the study. These records has been made available for discrimination analyze by a band pass filter with frequency range of 1-15 Hz.

In this study, S/P-logS and complexity (C)- spectral ratio (Sr) discrimination methods were used. P and S wave amplitudes of vertical components of 148 data recorded by BODT, DALT, DAT, MLSB and YER stations has been read individually. The amplitude peak ratios of S waves to P waves versus logarithms of amplitude peaks of S waves were estimated and plotted. Then, complexities and spectral ratios of datas were estimated and plotted. The time windows and frequency bands used in calculation of C and Sr were selected as  $t_1-t_2=2-4$  s,  $t_0-t_1$ =the onset time of P wave-2 s and  $h_1-h_2=5-10$  Hz,  $l_1-l_2=1-5$  Hz. As a result of discrimination analyze of 148 seismic events, 31 of events were determined as earthquake and 117 of events were determined as quarry blast. When the results of these two methods were checked it could seen there is %83.87 similarity between the pointed events. Applying more methods in succession for discrimination analyze of source types increase the success rates.

## 1. GİRİŞ

Düşük magnitüdü deprem sonucu elde edilen sismik sinyaller ile insanlar tarafından belli amaçlar doğrultusunda yapılan patlatma sinyallerini ayırt etme işlemi bir bölgenin deprem aktivitesinin belirlenmesi çalışmalarında oldukça önemlidir. Ancak bu sinyaller çoğu zaman karıştırılmaktadır. Taş ocakları patlatmaları ya da nükleer patlatmalar buldukları bölgedeki sismik ağ kayıtlarından gözlenen sismik aktiviteye düzenli olarak kirletici etki yapmaktadır. Bunlar deprem olarak kayıtlara geçirildiğinden bu bölgelerde yapılan sismik risk analizleri ve aktif tektonizma çalışmalarındaki yorumlarda hatalara neden olmaktadır. Bu nedenle patlatmaların depremlerden ayıklanması oldukça önemli bir konu olup ve bu gibi problemleri olan bölgelere uygulanması gerekmektedir. Yıllar içinde sismik olayları tanımlama yöntemleri elde edilen verilerin duyarlılığıyla artmıştır.

Bu çalışmada, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi'ne ait geniş band Bodrum (BODT), Milas (MLSB), Yerkesik (YER), Dalyan (DALT) ve Datça (DAT) istasyonları kayıtları kullanılmış ve 2008 yılında meydana gelmiş 148 adet sismik olayın kaynağının belirlenmesi amaçlanmıştır.

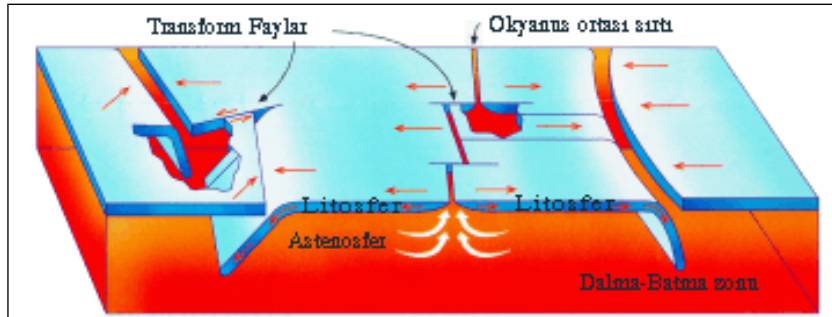
Yapılan çalışmanın, ikinci bölümde deprem ve patlatmalar hakkında genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde bu iki tip kaynaktan elde edilen verilerin belirgin farkları ve birbirinden ayırt edilebilmesi için uygulanan en bilinen ve başarılı sonuçlar veren yöntemler anlatılmıştır. Dördüncü bölümde çalışma alanının jeolojik özelliklerinden bahsedilmiştir. Beşinci bölümde ayırım yöntemlerinden iki tanesi kullanılarak uygulama alanındaki verilerin kaynaklarının saptaması yapılmıştır. Altıncı bölümde çalışmanın sonuçlarından bahsedilmiştir.

## 2. DEPREMLER VE PATLATMALAR

### 2.1. Depremler

Kayaçların maruz kaldığı itme ve çekme kuvvetlerinden kaynaklı stresin kayaçların dayanımını aştığı anda gerçekleşen yırtılma sonucunda ortaya çıkan enerjiye deprem denir.

Depremin nasıl oluştuğunu, deprem dalgalarının yeryuvarı içinde ne şekilde yayıldıklarını, ölçü aletleri ve yöntemlerini, kayıtların değerlendirilmesini ve deprem ile ilgili diğer konuları inceleyen bilim dalına sismoloji denir.



Şekil 2.1: Yer kabuğu hareketinin şematik anlatımı

Dünyanın içyapısı konusunda, jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen verilerin desteklediği bir yeryüzü modeli bulunmaktadır (Şekil 2.1). 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 2900 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 yayılamadığı 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. Üst Manto'da oluşan konveksiyon akımları, radyoaktivite nedeni ile oluşan yüksek ısıya bağlanmaktadır. Konveksiyon akımları yukarılara yükseldikçe taşıyuarda gerilmelere ve daha sonra da zayıf zonların kırılmasıyla levhaların oluşmasına neden olmaktadır. Halen 10 kadar büyük levha ve çok sayıda küçük levhalar vardır. Bu levhalar üzerinde duran kıtalarla birlikte, Astenosfer üzerinde sal gibi yüzmekte olup, birbirlerine göre insanların hissedemeyeceği bir hızla hareket etmektedirler.

Konveksiyon akımlarının yükseldiği yerlerde levhalar birbirlerinden uzaklaşmakta ve buradan çıkan sıcak magmada okyanus ortası sırtlarını oluşturmaktadır. Levhaların birbirlerine değdikleri bölgelerde sürtünmeler ve sıkışmalar olmakta, sürtünen levhalardan biri aşağıya Manto'ya batmakta ve eriyerek yitme zonlarını oluşturmaktadır. Konveksiyon akımlarının neden olduğu bu ardışıklı olay taşkürenin altında devam edip gitmektedir. İşte 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.

## **2.2. Depremlerin Sınıflandırılması**

### **2.2.1. Oluşumlarına göre depremler**

Depremler oluş nedenlerine göre değişik türlerde olabilir. Dünyada olan depremlerin büyük bir bölümü yukarıda anlatılan biçimde oluşmakla birlikte az miktarda da olsa başka doğal nedenlerle de olan deprem türleri bulunmaktadır.

#### a) Tektonik depremler

Yukarıda anlatılan levhaların hareketi sonucu olan depremler genellikle tektonik depremler olarak nitelenir ve bu depremler çoğunlukla levhalar sınırlarında oluşurlar. Yeryüzünde olan depremlerin %90'i bu gruba girer. Türkiye'de olan depremler de büyük çoğunlukla tektonik depremlerdir.

#### b) Volkanik depremler

Bunlar volkanların püskürmesi sonucu oluşurlar. 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 oluşan depremlerin bir kısmı bu gruba girmektedir. Türkiye'de aktif yanardağ olmadığı için bu tip depremler olmamaktadır.

#### c) Çöküntü depremler

Bir başka tip depremler de çöküntü depremlerdir. Bunlar yeraltındaki boşlukların (mağara), kömür ocaklarında galerilerin, tuz ve jipsli arazilerde erime sonucu oluşan boşlukların tavan bloğunun çökmesi ile oluşurlar. Hissedilme alanları yerel olup enerjileri azdır fazla zarar getirmezler. Büyük heyelanlar ve gökten düşen meteorların da küçük sarsıntılara neden olduğu bilinmektedir.

#### d) Yapay depremler

Günümüzde hızla gelişen nükleer teknolojiler sonucu çeşitli amaçlarla yeraltında büyük ölçekli patlatmalar şeklinde deneyler yapılmakta, bu patlatmalar nedeniyle oluşan deprem etkisi de bazen yüzlerce kilometrelik bir alanda hissedilebilmektedir. Bunların yanında taş ocakları işletmeleri için yapılan patlatmalarda küçük magnitüdü de olsa depremler üretmektedirler. Bu tür işlemler denetim altında ve bilinçli yapıldıklarından hasar yapmaları bugüne kadar önlenebilmiştir. Ancak bunun her zaman böyle sürüp gideceğini de kimse garanti edemez. Belki de zaman içinde

çok daha güçlü patlatmalar gerçekleştirilerek, bilinçli ya da bilinçsiz bir şekilde insanlar bunun sonucunu deprem etkisi olarak yaşamak durumunda kalacaklardır.

Yapay depremler patlatmanın gerçekleştiği alanın yakın çevresindeki belli bir alanda etkili olmaktadır. Yani yerel depremlerdir ve bugüne kadar kayda değer bir hasar yapıcı etkileri söz konusu olmamıştır.

### **2.2.2. Derinliklerine göre depremler**

#### a) Sığ depremler

Bu tür depremler 0-60 km arası derinliklerde oluşurlar ve genelde kıtasal alanlarda (örn. Türkiye) meydana gelir.

#### b) Orta derinlikte depremler

Bunlar 60-300 km. derinliklerde oluşurlar ve bir levhanın diğer bir levha altına daldığı bölgelerde (örn. Japonya, Şili) görülürler.

#### c) Derin depremler

Bu tür depremler ise yine aynı bölgelerde levhanın dalan ucunda 300-700 km. derinliklerde oluşan depremlerdir.

### **2.2.3. Uzaklıklarına göre depremler**

#### a) Yerel depremler

Dışmerkez uzaklığı 100 km den küçük olan depremlere denir.

#### b) Bölgesel depremler

Dışmerkez uzaklığı 100 km ile 800 km arasında olan depremlere verilen isimdir.

c) Uzak depremler

Dışmerkez uzaklığı 800 km den büyük olan depremlerdir.

### **2.3 Deprem Parametreleri**

Herhangi bir deprem oluştuğunda, bu depremin tariflenmesi ve anlaşılabilmesi için deprem parametreleri olarak tanımlanan bazı kavramlardan söz edilmektedir. Bu parametreler şöyledir;

1. Odak noktası
2. Dış merkez
3. Odak derinliği
4. Şiddet
5. Magnitüd

### **2.4. Patlatmalar**

#### **2.4.1. Taş ocakları patlatmaları**

Taş ocakları, taş çıkartmak için yerkabuğunun yüzeyinde açılan ocaktır (Şekil 2.2). Ocaktan çıkartılan taş, ya belirli boyutlarda bloklar halinde ya da kırılarak küçük parçalar halinde çıkarılır. Taş ocakları, genellikle inşaatlarda ve sanayide gerekli olan çeşitli türden sert taş, kırma taş, kum, asfalt yapımı için mıcır, karayolu ve demir yolunda dolgu malzemesi, sıva malzemesi, çimento ve beton üretimi amacıyla kurulmaktadır. Taş ocaklarında üretilen ve mıcır olarak kullanılan kayalar; granit, kumtaşı ve kireç taşıdır. Yol yapımında, traverslerin altına sermek için, beton yapımında da kırılmış granit ve kumtaşı kullanılmaktadır. Aynı amaçlarla kireçtaşı da kullanılmaktadır. Kireçtaşı bundan başka kireç haline getirilerek kimya sanayisinde ve tarımda kullanılmaktadır. Bir taş ocağı yaklaşık olarak 1000-2500 m<sup>2</sup> alan üzerine kurulmaktadır.





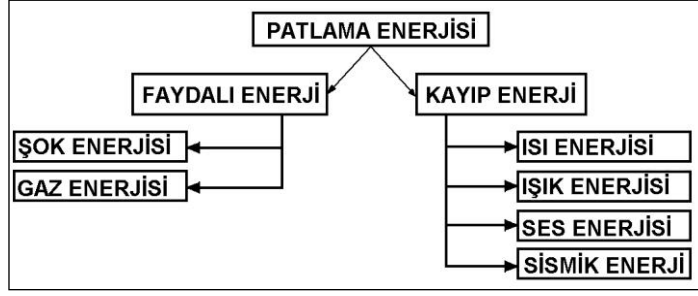
Şekil 2.2: Bir taş ocağından görünüm

Yılda yaklaşık üretim miktarı  $24000\text{m}^3$ 'tür. Bu miktarlar işletmenin çalışma kapasitesine göre değişiklik göstermektedir. Bu ve benzeri işletmelerin çalışmalarını düzenleyen mevzuat 30.02.2005 tarih ve 25716 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Maden Kanunu ve Taş Ocakları Tüzüğü'dür.

Taş ocaklarındaki patlatmalar için çeşitli patlayıcılar kullanılmaktadır. Dinamit (Jelatin ,Gom), Gamzit, Taş Barutu vs. başlıcalarıdır.

Madencilikğin temel işlemlerinden olan patlatma işi, yine bir madencilik faaliyeti olan taş ocaklarındaki kırma taş (agrega) amaçlı üretimin de vazgeçilmez temel bir işlemidir.

Patlatma esnasında çeşitli enerji tipleri açığa çıkar. Bunlar faydalı enerji ve faydasız enerji olarak iki ana bölümde toplanabilirler (Şekil 2.3). Bunlardan ilk grupta yer alan, şok enerji ve bunun yarattığı şok basıncı ile gaz enerjisi ve gaz basıncı patlatma çalışmalarında yapılan işi gerçekleştiren enerjilerdir. Bunların toplam faydalı enerji içinde dağılımı sırasıyla % 15 ve % 85 oranlarındadır. İkinci grupta yer alan enerji türleri ise patlatmanın amacı olan kaya parçalanmasına yardımcı olmayan ısı, ışık, ses ve sismik enerji gibi patlatma sürecindeki kayıp enerji türleridir.



Şekil 2.3: Patlatma işleminde açığa çıkan enerji türleri

## 2.4.2. Nükleer patlatmalar

Nükleer patlatmalar genellikle ülkelerin silah geliştirmek ve araştırma yapmak amacıyla yaptıkları patlatmalardır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: 14 kilotonluk atom bombası denemesi, Nevada Deneme Sahası, 1951

## 2.5. Sismik Enerji

Hem depremin büyüklüğü hem de sismik moment, deprem sırasında ortaya çıkan enerji ile direk bağlantılıdır. Richter, daha önce beraber çalıştığı Dr. Beno Gutenberg ile enerji-büyüklük bağlantısını kurmuştur.

$$\log ES = 11.8 + 1.5M \quad (2.1)$$

ES: Erg cinsinden sismik enerji, M Richter ölçeği ile büyüklüktür.

(Burada ES'nin depremin içsel enerjisi olmadığını ama sismik dalgalarla yayılan enerjisi olduğunu not etmekte fayda vardır).

Sismik moment ile sismik dalga enerjisi için aşağıdaki bağlantı Dr. Hiroo Kanamori tarafından geliştirilmiştir.

$$\text{Energy} = (\text{Moment})/20.000 \quad (2.2)$$

Enerji erg, moment dyn-cm cinsindedir.

Şimdiye kadar bahsedilen büyüklükleri daha iyi açıklamak için aşağıdaki tablo incelenmelidir (Tablo 2.1.). Bu tabloda depremde yayılan enerji TNT patlayıcısıyla kıyaslanmıştır (1ons (~28.3gr) TNT'nin yeraltında patlamasının 640 milyon erg enerji açığa çıkardığı varsayılmıştır).

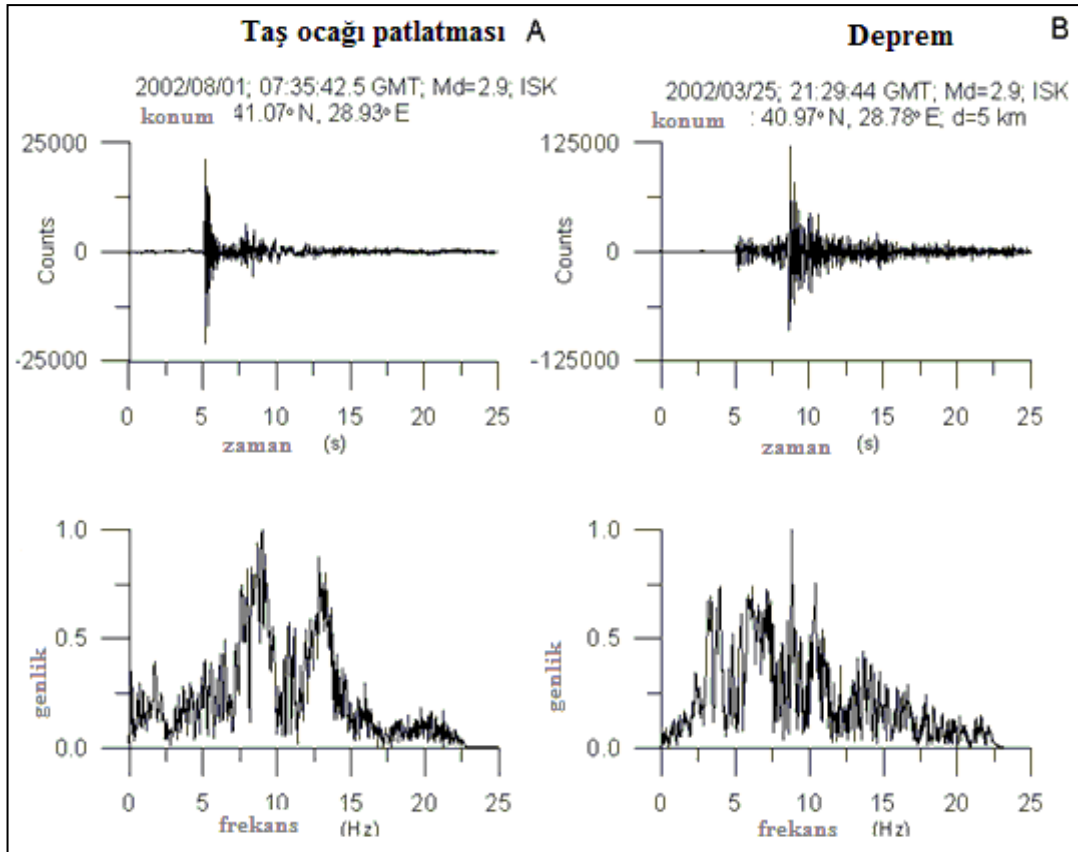
Tablo 2.1: Depremde yayılan enerjinin TNT patlayıcısıyla kıyaslanması  
([www.yapiworld.com/deprem/Richter\\_detay.asp](http://www.yapiworld.com/deprem/Richter_detay.asp))

<b>Richter Büyüklüğü</b>	<b>TNT olarak Sismik Enerji Yayımı</b>	<b>Fiziksel İfadesi (yaklaşık)</b>
(-)1.5	170.10 gram	Masada bir kaya parçası kırmak
1.0	13.61 kilogram	Şantiyede büyük bir patlama
1.5	320 pound	
2.0	1 ton	Maden ocağı patlaması
2.5	4.6 ton	
3.0	29 ton	
3.5	73 ton	
4.0	1,000 ton	Küçük nükleer bomba
4.5	5,100 ton	Ortalama bir hortum
5.0	32,000 ton	
5.5	80,000 ton	Little Skull Mtn., NV depremi, 1992
6.0	1 milyon ton	Double Spring Flat, NV depremi, 1994
6.5	5 milyon ton	Northridge, Kaliforniya Quake, 1994
7.0	32 milyon ton	Hyogo-Ken Nanbu, Japonya depremi, 1995
7.5	160 milyon ton	Doğu Marmara Depremi, 1999
8.0	1 milyar ton	San Francisco, Kaliforniya, 1906
8.5	5 milyar ton	Anchorage, depremi, 1964
9.0	32 milyar ton	Şili depremi, 1960
10.0	1 trilyon ton	(San-Andreas tipi bir fay)

### 3. DEPREM VE PATLATMA VERİLERİ ARASINDAKİ FARKLAR VE AYRIM METOTLARI

#### 3.1. Veriler Arasındaki Basit Farklar

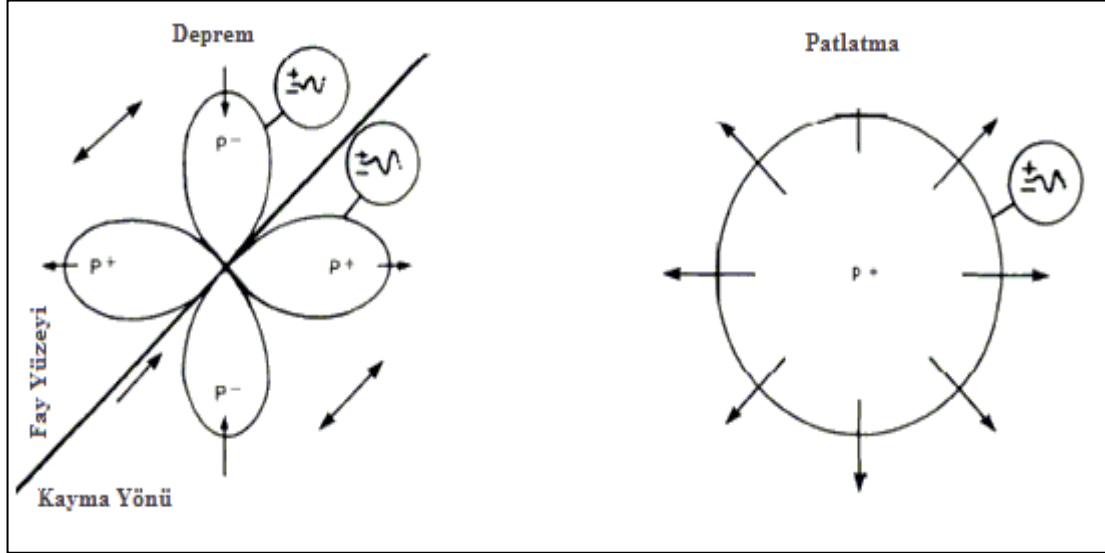
Deprem verileri ile taş ocağı patlatmaları sonucu sismik ağlardan elde edilen veriler bir takım farklılıklar içerirler. Aynı istasyonda kaydedilmiş taş ocağı patlatması ve deprem dalgaları ve genlik spektrumları Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Bir taş ocağı patlatması (A) ve depremin (B) düşey bileşen hız sismogramının kaydı (Gündüz ve diğerleri,2009)

Kayıtlar incelendiğinde, ilk olarak patlatma kaydındaki P dalgasının genliğinin depreme nazaran daha yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Bu fark patlatmanın bir nokta kaynak olmasından ileri gelmektedir. Depremler ile patlatmaların yayılma düzeni farklıdır (Şekil 3.2). Depremin yırtılma süreci bilinmemekle birlikte

modellenecek bulunabilmektedir. Bunlara ek olarak patlatmalarda P dalgası ilk hareket yönü her zaman yukarı (up) olarak tespit edilmektedir.



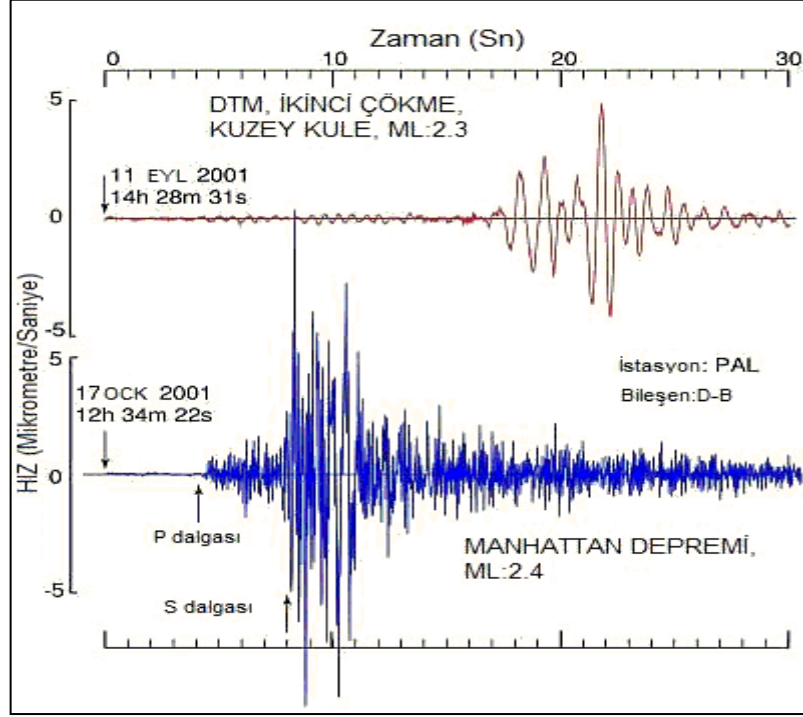
Şekil 3.2: Depremler ve patlatmalar için yayılma düzenlerinin farklılıkları (Ringdal, 1985)

Dikkati çeken bir başka özellik ise patlatmalarda yüzey dalgasının küçük genlikli olmasıdır. Patlatmalar yüzeye yakın derinliklerde fakat düşük enerji ile yapıldıkları zaman yüzey dalgaları oluşamayabilir.

Depremler ve patlatmaların frekans içerikleri incelendiğinde patlatmalar yüksek frekans içeriğine sahiptir. Depremler ise düşük frekans özelliğini taşırlar. Aynı zamanda patlatmaların frekanslarında ondülasyonlar gözükmemektedir. Bunun nedeni patlatmalarda enerji sürekliliğinin olmamasından ileri geldiği şeklinde açıklanabilir.

Nükleer patlatmalarda ise taş ocağı patlatmalarına göre daha fazla enerji ortaya çıkar. Depremler ve nükleer patlatmalar, binlerce kilometre uzağa ulaşabilen sismik dalgalar oluştururlar. Bilim adamları istasyonlardaki kayıtları inceleyerek depremler ile nükleer patlatmalar arasındaki farkı ayırt etmeye çalışırlar. Nükleer patlatmalar çok kuvvetli yüzey dalgası oluşturmazlar. Bu bilgi kayıtların tanınması konusunda önemli katkılar sağlar.

Patlatmalar, yüksek genlikli P dalgası oluştururlar. Depremler, bir hat boyunca blokların hareketini temsil eder. Depremin kaynak boyutu patlatmalara nazaran daha büyüktür. Bu nedenle depremler yüksek genlikli S dalgaları oluştururlar (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: New York'da gerçekleşen bir çökme ve patlatma kaydı

Yukarıdaki şekilde, 1998 yılında Hindistan nükleer testi yaklaşık olarak bir depremlerle aynı boyutlu bir patlatmadır. Patlatma ile depremin kayıt istasyonuna olan uzaklığı yaklaşık olarak aynıdır. Grafik incelendiğinde ilk gelen dalga olan P depremlerde küçükken nükleer patlatmada ise büyük ölçekte gelir. S dalgası ise depremlerde büyük patlatmalarda ise küçüktür.

### 3.2. Ayrım Metotları

Deprem ve patlatmaları birbirinden ayırabilmek için birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda başarısı kanıtlanan farklı metotlar ortaya çıkmıştır. Ayrım metotlarının birkaçını ardı ardına uygulamak daha başarılı ayırım yapılabilmesini sağlayacaktır.

### 3.2.1. Konum (Lokasyon)

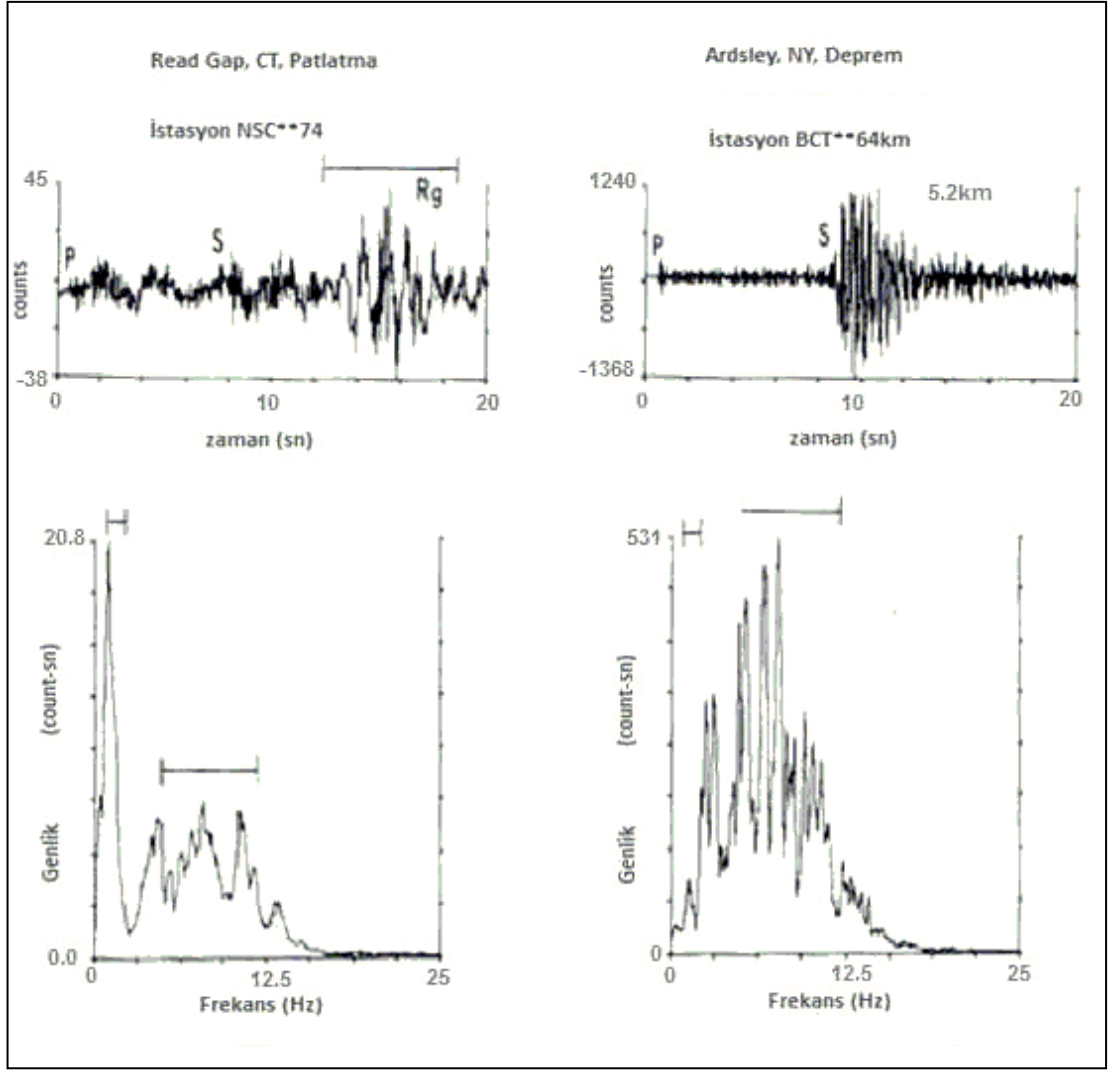
Tanımlama metodunun temeli bulunan bir sismik kaynağın yerinin tespit edilmesine dayanır. Bu yöntemde sismik olayların dışmerkez çözümü önem kazanmaktadır. Konumu incelenen bir sismik olayın patlatma mı yoksa deprem mi olduğu yorumlara dayanılarak bulunur. Örneğin; oluş yeri nüfusun yoğun olduğu bir bölgeyi işaret eden kaydın patlatma değil deprem olduğu yorumuna gidilir. Bu yöntemin başarısı, dışmerkez çözümü hassasiyetinin ve güvenilirliğinin yüksek olduğu kataloglara sahip olunmasından geçer.

### 3.2.2. Derinlik

Konum bilgisinin yanında sismik kaynağın derinliği de depremlerle patlatmaların ayıklanması aşamasında katkılar sağlamaktadır. Sismik bir olayın derinliği eğer bir kaç km ile 5km'den aşağıda olarak tespit edilirse, olayın yüksek güvenilirlikle bir deprem olduğu düşünülebilir. İnsanoğlu şu anda 10 km' den daha derin sondaj kuyuları açabilme kapasitesine sahip olmadığından, sismik olay ayırımında, bir sismik olay için derinliğin düzgün belirlenmesi gerçekten yararlı bir malzemedir. Derinlik fazları (pP, sP) ve derinliğe bağlı fazların (PcP, ScP) doğru bir şekilde tanımlanması bu amaç için uygundur. Bu fazlar telesismik olayların karakteridir ve yerel, bölgesel olaylarda görülmezler. Derinlik çözümlerinin duyarlılığı göz önüne alındığında derinlik sınırını yüksek tutmakta yarar vardır.

Derinlik ve derinliğe bağlı fazların görülmeişinin yanı sıra Rg fazının varlığı sığ bir olay için çok iyi bir gösterge olabilir ve Rg fazının varlığı olayın ne kadar sığ olduğu hakkında ipucu verebilir. 100–200 km'den kısa dışmerkez uzaklıklarında, yakın yüzeydeki bir olayın Rg fazı, kaydedilen dalga treninde baskın olur.

Rg genlikleri kaynak derinliğine bağlıdır, ama bu basit prensip kısa periyotlu yerel ve bölgesel sismogramların karmaşıklığından dolayı uygulamada problemlili olabilir (Kafka,1990).



Şekil 3.4: New England bölgesi için bir deprem ve bir patlatmanın örnek kayıtları ve eş genlik spektrası (Kafka,1990)

New England bölgesi için Alan F. Kafka tarafından yapılan çalışmada bir deprem ve bir patlatmanın kayıtları ve genlik spektrumları verilmiştir (Şekil 3.4). En güçlü Rg sinyalleri genellikle 0.5-1.5 saniye periyot aralığında (0.67 ve 2.0 Hz) kaydedilir. Rg dalgası yer içerisinde 1-5 km derinliğindeki tabakalarda hareket eder. Genelde 2-3 km'lik kısımda yoğunlaşır.

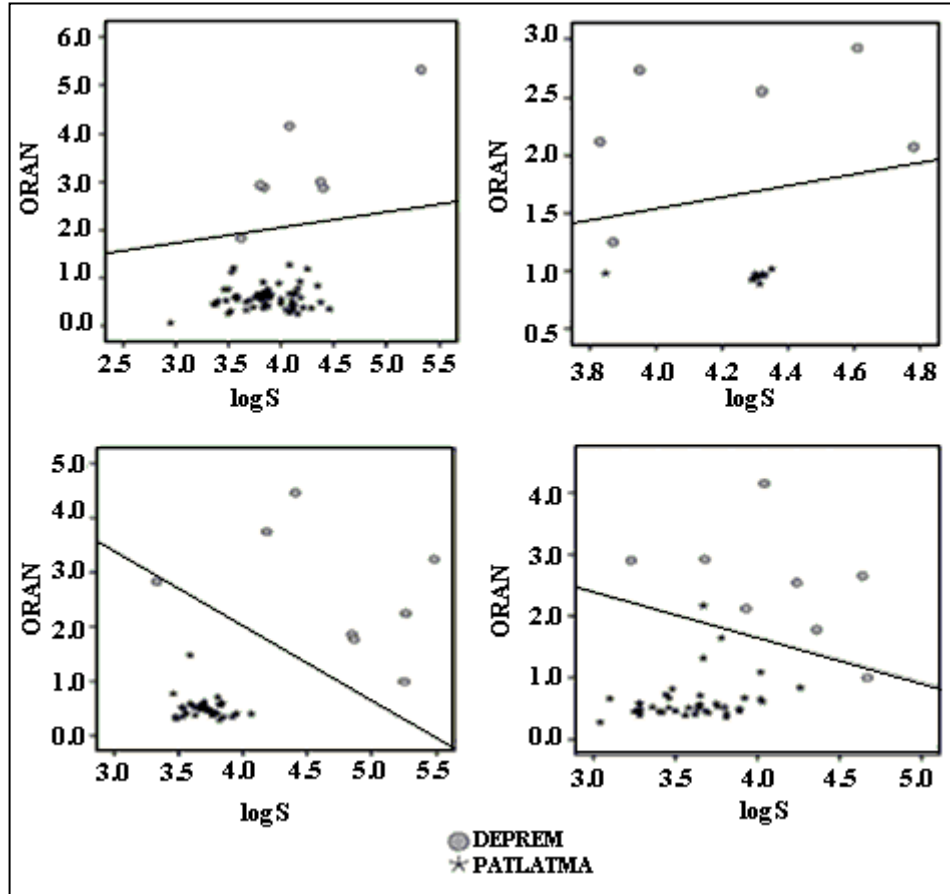
Böylelikle 4 km den daha derin kaynakların güçlü Rg sinyalleri üretmesi beklenemez veya başka bir deyişle, eğer Rg sismogramda açıkça tanımlanabilirse kaynak muhtemelen sıgıdır. Bu anlamda Rg fazına bağlı sismik olay ayrımı, fazın doğru bir şekilde tanımlanmasına ve sismogramdaki diğer fazlardan ayırt edilmesine dayanır (Kafka, 1990).



### 3.2.3. S/P oranının LogS ile karşılaştırılması

Bu yöntemde, S dalgası genliğinin P dalgası genliğine olan oranı karşısında zaman ortamındaki düşey bileşen kayıttan okunan S dalgası genliğinin logaritması grafiklenir. Aynı magnitüde sahip depremlerle karşılaştırıldığında patlatmalarda S dalgası enerjisinden daha fazla P dalgası enerjisi ortaya çıkmaktadır.

Aşağıdaki şekilde İstanbul ve civarındaki dört bölgede incelenen olayların zaman ortamındaki S dalgası genliğinin logaritması karşısında S dalgası genliğinin P dalgası genliğine olan oranı gösterilmiştir (Şekil 3.5). Taş ocağı patlatmalarını depremlerden ayıran çizgiler lineer ayırım fonksiyonu kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 3.5: İstanbul ve civarındaki dört bölgede incelenen olayların zaman ortamındaki S dalgası genliğinin logaritması karşısında S dalgası genliğinin P dalgası genliğine olan oranı (Gündüz ve diğerleri,2009)

Çalışmalar; zaman ortamındaki düşey bileşen kaydın S dalgası genliğinin logaritmasına karşı S dalgasının P dalgasının genliğine olan oranının depremler ile patlatmalar arasında çok iyi ayırım sağladığını göstermektedir.

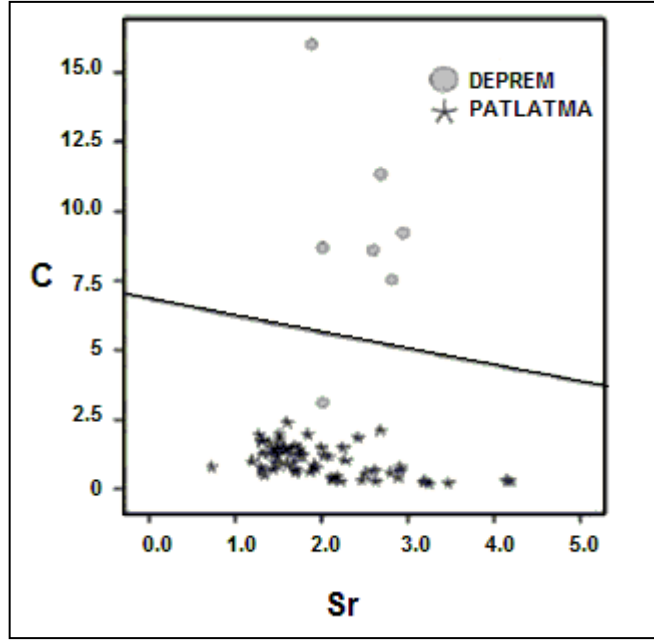
### 3.2.4. Karmaşıklık- Spektral oran (C-Sr)

Karmaşıklık ile spektral oran ilişkisi, deprem ve patlatma verilerinin ayırımında önemli bir metot olarak kullanılmıştır. C, seçilen zaman penceresinde ( $t_0-t_1= P$  dalgasının başlangıcı-2sn,  $t_1 - t_2=2-4$  sn) sismogramın gücünün ( $s^2(t)$ ) integralinin oranıdır. Sr, seçilen frekans bandında (yüksek frekans bandı  $h_1-h_2=5-10$  Hz, düşük frekans bandı  $l_1-l_2=1-5$  Hz) sismogramın spektral genliklerinin ( $a(f)$ ) integralinin oranıdır. C ve Sr aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$C = \int_{t_1}^{t_2} s^2(t)dt / \int_{t_0}^{t_1} s^2(t)dt \quad (3.1)$$

$$Sr = \int_{h_1}^{h_2} a(f)df / \int_{l_1}^{l_2} a(f)df \quad (3.2)$$

Hızlı fourier dönüşümü (FFT) sismogramların genlik spektrumunun hesaplanması için kullanılır. C integralinin limitleri, aynı magnitüdeki deprem ve patlatmaların her ikisi için de en iyi C değerlerini elde etmek için deneme yanılma yöntemiyle belirlenir. Örneğin; patlatmaların ve depremlerin C değerleri,  $t_0=0$ sn,  $t_1=2$ sn,  $t_2=4$ sn olarak seçilen zaman penceresinde 0.59 ve 11'dir. Seçilen zaman penceresi uzunluğu arttıkça patlatmaların C değerleri artar ( $t_0=0$ sn,  $t_1=2$ sn,  $t_2=4$ sn için C=0.59 ve  $t_0=0$ sn,  $t_1=2$ sn,  $t_2=5$ sn için C=0.62). Bu nedenle, depremlerin patlatmalardan ayrılmasına uygun olan ideal zaman penceresi uzunluğu hesaplanan C değerine bağlı olarak seçilmelidir. Sr için spektral genliklerin hesaplanmasında kullanılan integral limitleri ( $h_1, h_2, l_1, l_2$ ) depremlerle patlatmaların spektrumları karşılaştırılarak belirlenir.

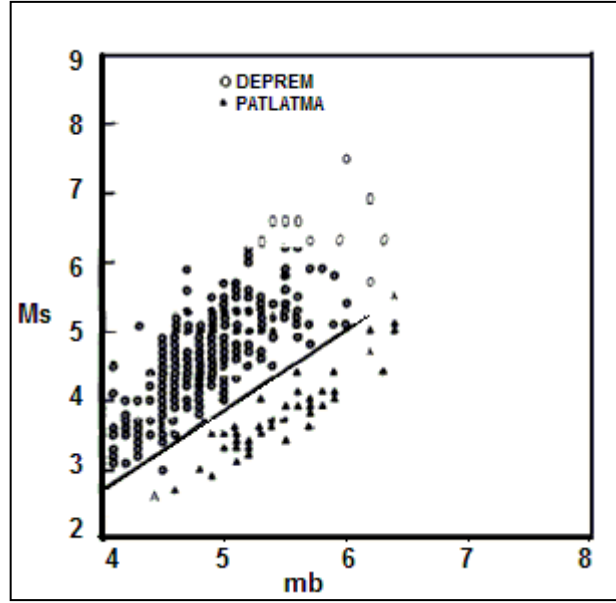


Şekil 3.6: Karmaşıklığa (C) karşı hız sismogramının düşey bileşeninin spektral oranı (Sr) (Gündüz ve diğerleri,2009)

Yukarıdaki şekil karmaşıklığa (C) karşı hız sismogramının düşey bileşeninin spektral oranını (Sr) göstermektedir (Şekil 3.6). C seçilen zaman penceresinde sismogramın düşey bileşeninin güç spektrumunun integralinin oranıdır ve Sr seçilen frekans bandında sismogramın düşey bileşeninin spektral genliklerinin integralinin oranıdır.

### 3.2.5. $m_b$ - $M_s$ ayrımı

Depremler ile patlatmalar arasında sinyal içerikleri bakımından farklılıklar vardır. Patlatmalarda P dalgasının yüksek genlikli ve yüzey dalgalarında ise kuvvetli olmadığı bilinmektedir. Bu özellik kullanılarak, mevcut veriler, cisim dalgası ve yüzey dalgası türünde ifade edilip grafiklenirse buradan depremler ve patlatmalar için bir ayrıma gidilebilir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7:  $M_s$  ve  $m_b$  kullanılarak deprem ve patlatmaların ayrıştırılması (Sykes ve diğerleri, 1983)

$m_b - M_s$ , iki farklı frekanstaki ( $f_1 - f_2$ ) genliklerle ayrı ayrı ilişkilendirilerek dikkate alındığında bir depremin  $M_s$  ve  $m_b$  değerleri aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$M_s^q = \log |M_q(f_1)X_q(f_1)| + C_s \quad (3.3)$$

$$m_b^q = \log \left| M_q(f_2)F_p / ((\rho_q \alpha_q)^3)^{1/2} \right| C_b \quad (3.4)$$

$q$  depremi belirtir.  $M(f)$  sismik dalganın spektrumu,  $\rho_q$  ve  $\alpha_q$  yoğunluk ve deprem kaynağındaki P dalga hızı,  $F_p$  deprem P dalgası radyasyon modeli,  $X_q$  kaynak derinliğine bağlı yüzey dalgası tepki fonksiyonu,  $C_s$  ve  $C_b$  sabitlerdir.

Aynı şekilde bir patlatmanın  $M_s$  ve  $m_b$  değerleri aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$M_s^x = \log |M_x(f_1)X_x(f_1)| + C_s \quad (3.5)$$

$$m_b^x = \log \left| M_x(f_2)F_p / ((\rho_x \alpha_x)^3)^{1/2} \right| C_b \quad (3.6)$$

$x$  patlatmadır.

Deprem ve patlatmanın  $m_b - M_s$  değerleri karşılaştırılırsa;

$$(m_b^x - M_s^x) - (m_b^q - M_s^q) = \log \left[ \left| \frac{M_x(f_2)M_q(f_1)}{M_x(f_1)M_q(f_2)} \right| \left( \frac{(\rho_q \alpha_q)^3}{(\rho_x \alpha_x)^3} \right)^{1/2} \left| \frac{X_q(f_1)}{F_p X_x(f_1)} \right| \right] \quad (3.7)$$

İlk faktör kaynak spektral farklarının etkisini, ikinci faktör kaynak bölgesi elastik özelliklerinin etkisini verir. Üçüncü faktör odak mekanizması ve yüzey dalgası tepki fonksiyonundaki farktır.

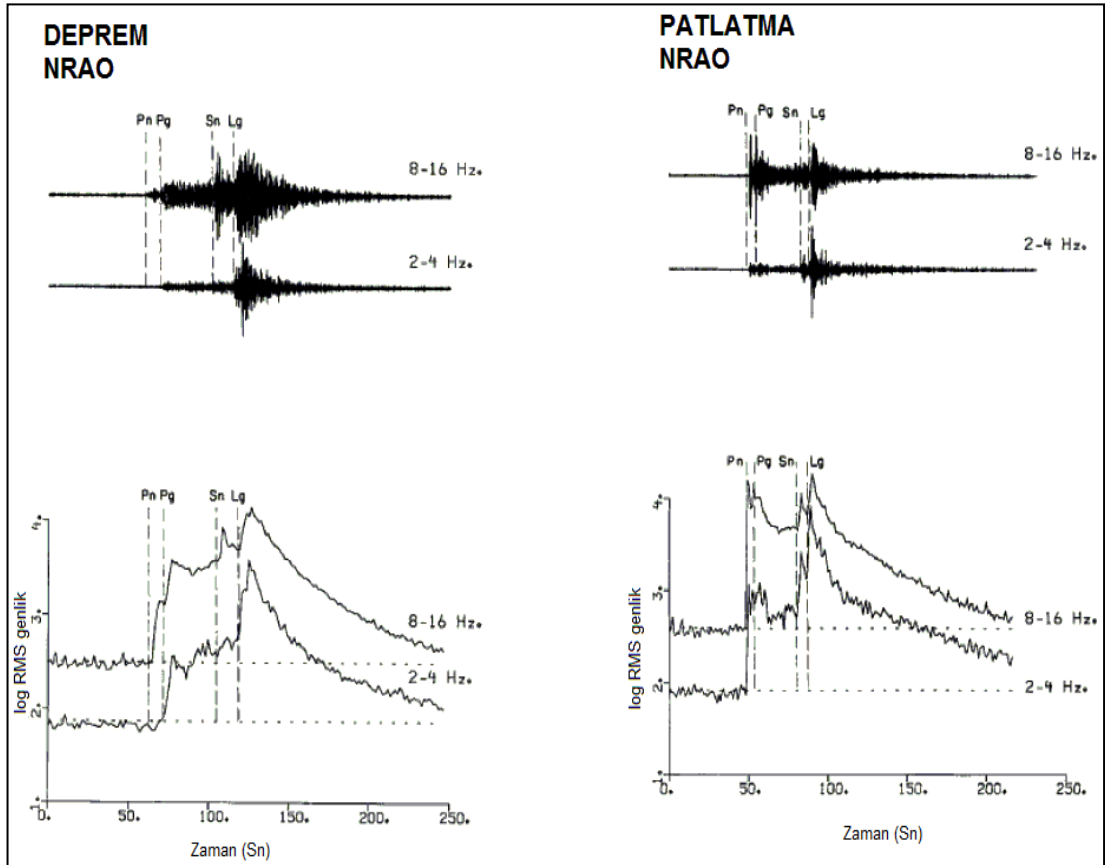
Patlatmanın kaynak zamanı çok kısa olduğunda birbirine yakın iki frekanstaki spektral genlikler çok farklı değildir,  $M_x(f_1) \sim M_x(f_2)$ . Diğer yandan doğal depremlerdeki yırtılma belirli bir hızda meydana gelir. Bu hız S dalgası hızından daha azdır. Bu, aynı boyuttaki olaylar için  $M_x(f)$  ve  $M_q(f)$  arasında bir fark oluşturur. Ancak, kaynak zamanı  $f_2$  periyodundan daha kısa ise  $M_q(f_1)$  ve  $M_q(f_2)$  arasındaki fark fazla değildir.

Genelde patlatmalar çoğu depremden daha sığ derinliklerdedirler. Yani,  $\log \left( (\rho_q \alpha_q)^3 / (\rho_x \alpha_x)^3 \right)^{1/2}$  faktörü pozitif değerli olma eğilimindedir. Tüfdeki bir patlatma ( $\alpha_x=2400$  m/s,  $\rho_x=1915$  kg/m<sup>3</sup>) ve kristal kabuksal kayadaki bir deprem ( $\alpha_q=6000$  m/s,  $\rho_q=2700$  kg/m<sup>3</sup>) 0,7 magnitüd birimlik bir pozitif etki yapar.  $F_p$  ve  $X_q$  spesifik kaynak doğrultusu ile ilişkilendirilir.  $\log |X_q(f_1)/F_p X_x(f_1)|$  faktörünün ortalama etkisi simülasyon yoluyla 0,35 olarak hesaplanmıştır. Kaynak mekanizması katkısının deprem/patlatma dağılımını arttırması beklenir ( $\log(X_q/X_x) \sim -0,1$   $\log(1/F_p) \sim 0,45$ ).

### 3.2.6. Pn/Sn ve Pn/Lg genlik oranları

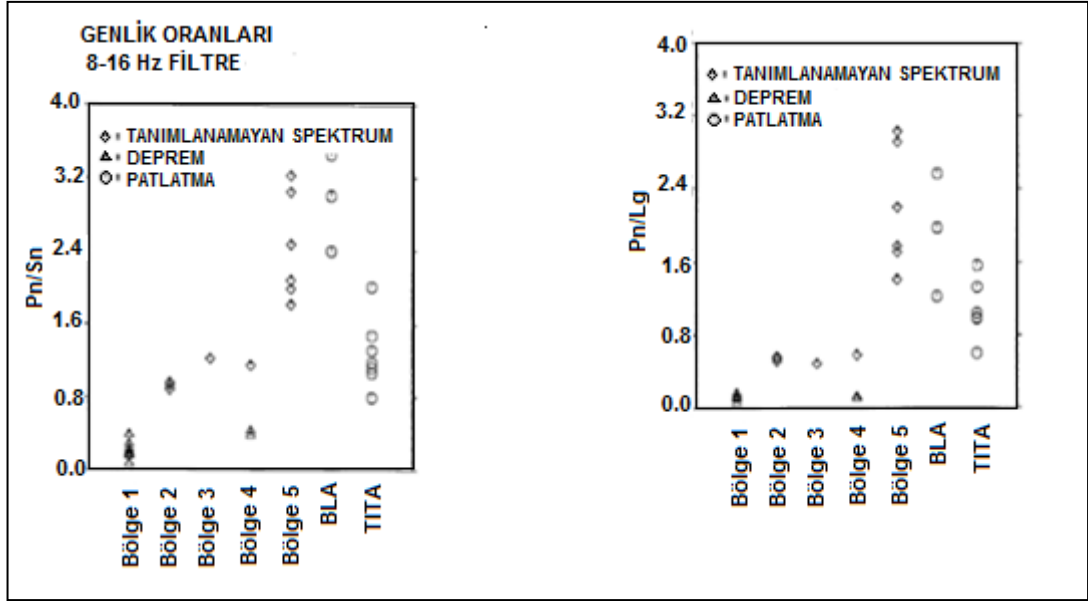
Sıkışma ve makaslama dalga enerjilerinin oluşturduğu genliklerin karşılaştırılması, depremler ve patlatmalar arasında iyi bir ayırım olarak kabul edilmektedir. Frekansa bağlı Pn/Sn ve Pn/Lg genlik oranları, taş ocağı patlatmalarında depremlerden daha yüksektir. NORESS ağı tarafından kaydedilen sismik olaylara ait çalışmada 8-16 Hz aralığı için Pn/Sn ve Pn/Lg genlik oranlarının, çalışılan bölgedeki deprem ve

patlatmalar arasında, diğer genlik oran çiftlerinden daha duyarlı olduğunu göstermiştir (Baumgardt ve Young 1990). Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.8) çalışılan bölgedeki bir patlatma ve depremin örnek kayıtları ve genlik spektrumları gösterilmektedir. Bu şekiller karşılaştırıldığında, deprem için Pn'in düşük frekans bandında (2-4 Hz) görünmediğini oysa patlatmalar için 2-4 Hz ve 8-16 Hz bantlarının her ikisinde de açıkça görüldüğü ortaya koyulmuştur.



Şekil 3.8: Bir patlatma ve bir depremin örnek kayıtları ve genlik spektrumları (Baumgardt ve Young, 1990)

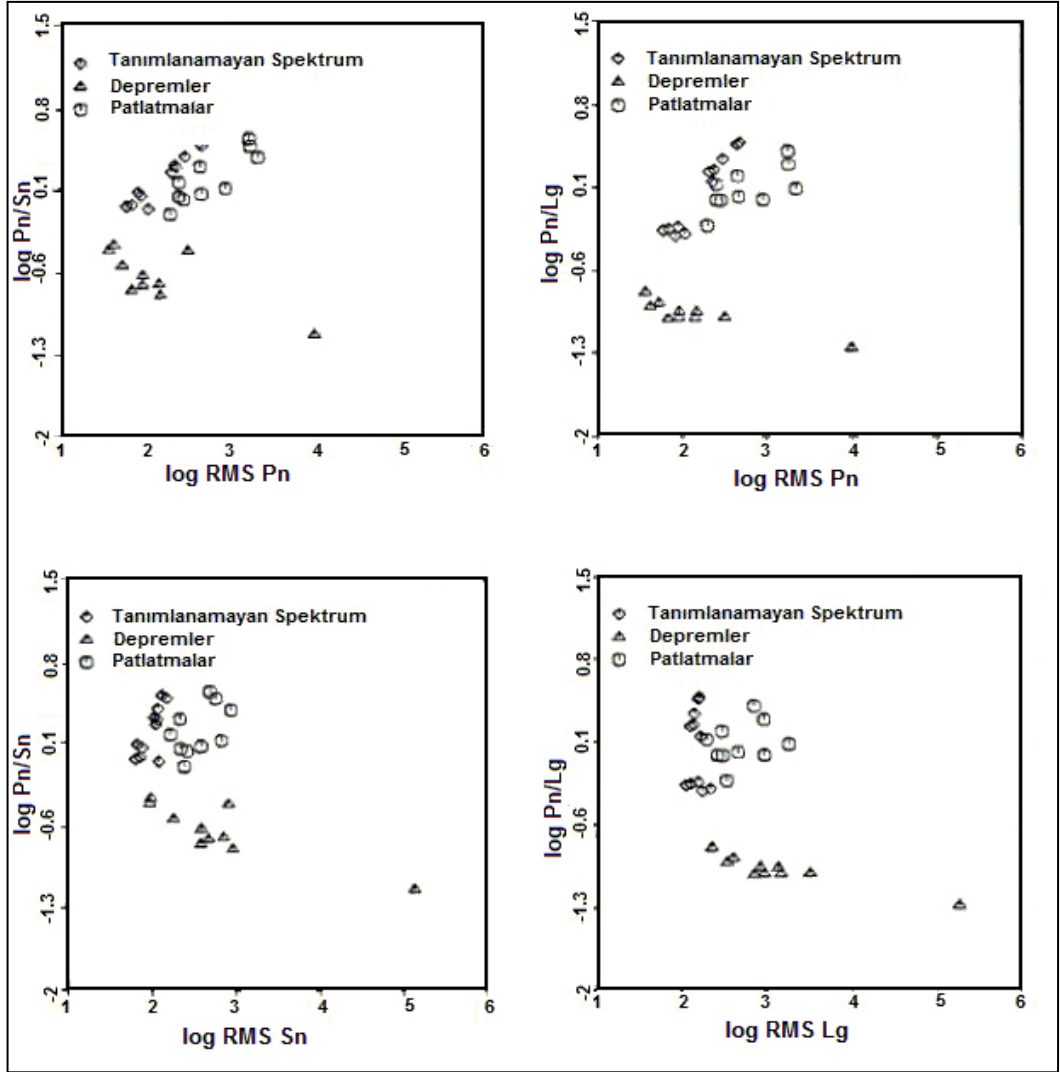
Alttağı şekilde, çalışmada kullanılan sismik olaylar için genlik oranları gösterilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Çalışmada kullanılan sismik olayların genlik oranları (Baumgardt ve Young, 1990)

Farklı semboller farklı kaynak tiplerini göstermektedir. Depremler üçgenlerle gösterilmektedir ve zamandan bağımsız spektral geçişleri yoktur. Eşkenar dörtgenler deprem olduğu düşünülen ancak patlatmalar tarafından ortaya konulan zamandan bağımsız spektral geçişlere benzeyen spektruma sahip olayları gösterir. Patlatma olduğu kesin olan olayların deprem gruplarından ayrıldığı görülmektedir.

Genlik oranlarının Pn, Sn ve Lg değerlerine nasıl bağlı olduğunu belirlemek amacıyla, sıradaki şekilde oranların logaritmalarına karşı RMS değerlerinin logaritmaları gösterilmiştir (Şekil 3.10). Pn/Sn ve Pn/Lg oranlarının her ikisi için de oranlardaki değişimin, özellikle patlatma ve hafifleştirilmiş spektrum grubu içerisinde, Pn genliklerine Sn ve Lg genliklerine olduğundan daha fazla bağlı olduğu görülmektedir. Pn dalgasının diğer fazlara göre patlatmalarda, depremlerden daha güçlü olduğu ve Pn'in Sn ve Lg oranlarına göre ayırma özelliğinin frekans ile arttığı çalışmalar sonucunda belirlenmiştir.

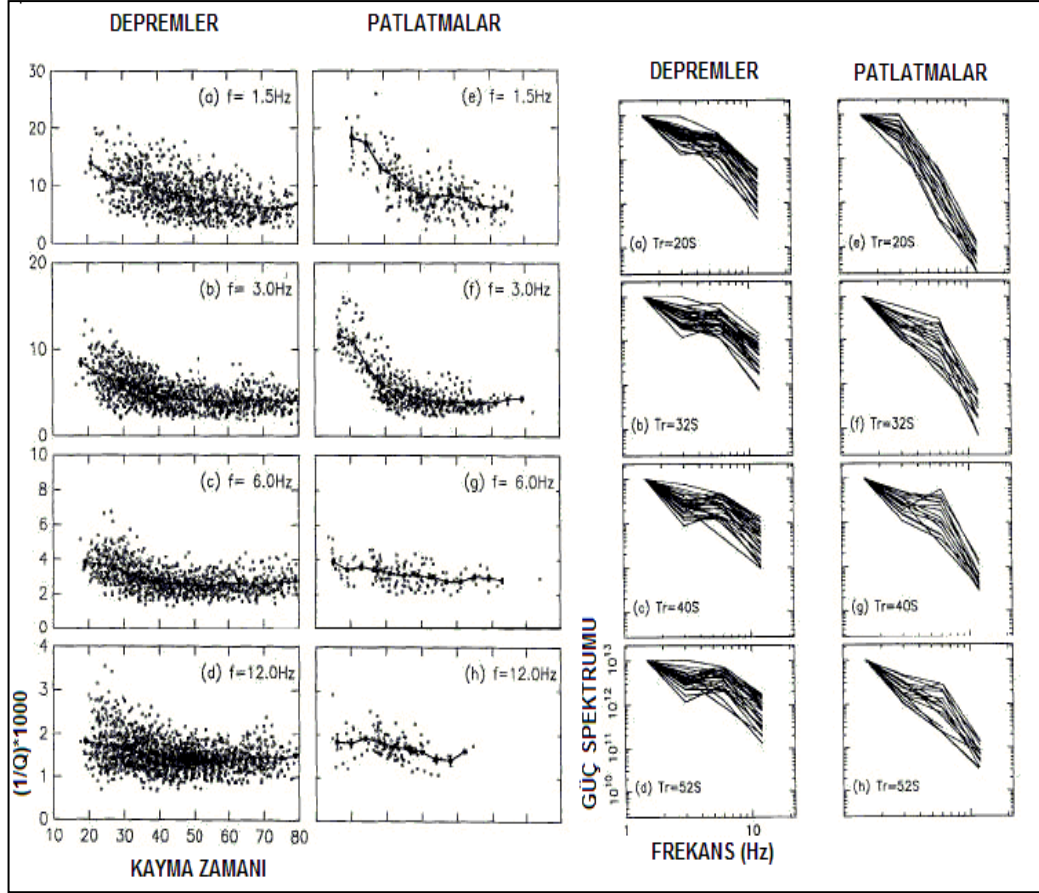


Şekil 3.10: Oranların logaritmalarına karşı RMS değerlerinin logaritmaları (Baumgardt ve Young, 1990)

### 3.2.7. Koda azalım oranı

Sismik dalga kodalarının analizi taş ocağı patlatmaları ve depremlerin ayrımı için bir metot olarak kullanılabilir. Farklı frekans değerleri için koda azalım oranları ( $Q_c^{-1}$ ) karşılaştırılabilir ve depremlerle patlatmalar arasında önemli bir oran farkı bulunabilir. Eğer gerekli ise, sönüm düzeltmesi uygulanabilir ve aynı istasyonlardan elde edilen güç spektrumu  $P_0(\omega)$ ; spektral görünüşte iki veri grubu arasında önemli bir fark bulabilmek amacıyla patlatmalar ve depremler için karşılaştırılabilir. Depremler ve patlatmalar arasındaki farklı frekans bağımlılığı, farklı kaynak özelliklerine dayandırılabilir ve bu nedenle patlatmaların depremlerden ayrımı için kullanılabilir.





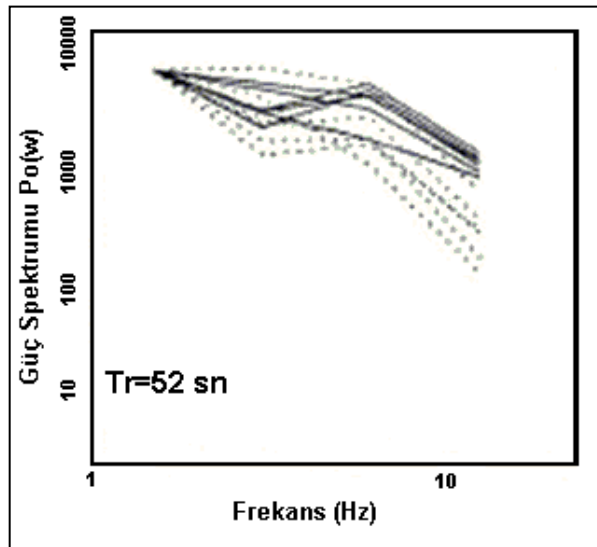
Şekil 3.11: Patlatma ve deprem verileri kullanılarak elde edilen kayma zamanı karşısında koda azalım oranı (Su ve diğerleri, 1991)

Patlatma ve deprem verileri kullanılarak elde edilen kayma zamanı karşısında koda azalım oranının bir örneği yukarıda görülmektedir (Şekil 3.11). Şekildeki her koyu daire, farklı frekanslar için 34 saniyelik bir zaman penceresinde belirli bir sismogram için bir ölçümü göstermektedir. Koyu çizgiler, yakın ana noktadaki 4 saniyelik çakışma ile her 8 sn zaman aralığındaki ölçülerin ortalaması alınarak hesaplanan ana noktaları birleştirir. Sağdaki şekil, güç spektrumuna ( $P_0(\omega)$ ) karşı farklı frekans zamanları ( $T_r$ ) için bir istasyondan elde edilen frekansı gösterir. Bu şekildeki her eğri bir olaydır. Tüm eğriler, karşılaştırmanın kolay olması için, 1.5 Hz frekansında sabitlenir.

Solda gösterilen şekildeki karşılatırmadan, 30 saniyeden daha az kayma zamanı için 1.5 ve 3 Hz gibi daha düşük frekanslarda depremler ve patlatmalar arasındaki koda azalım oranındaki önemli fark görülebilir (Şekil 3.11). Koda azalım oranındaki bu

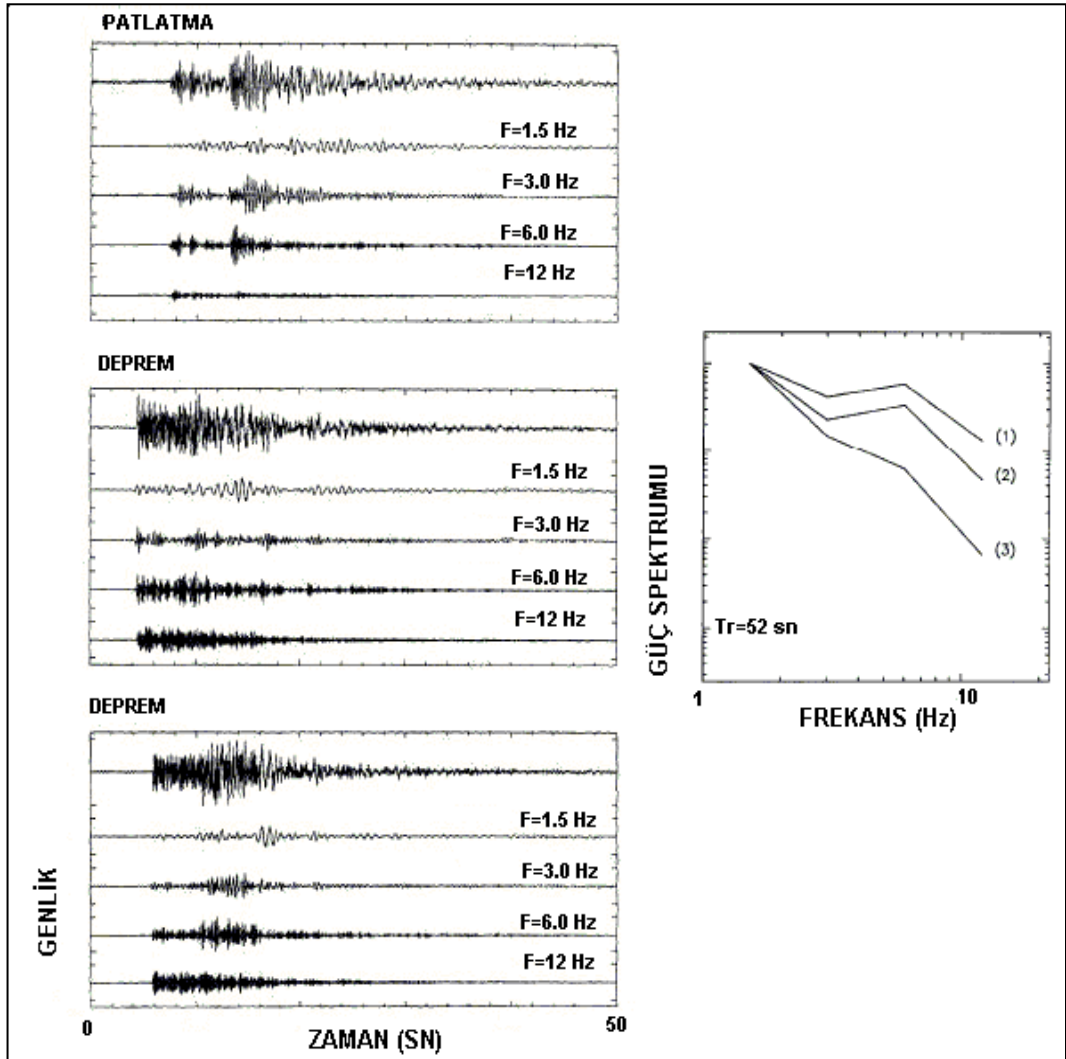
fark; aynı frekans aralığında 30 saniyeden daha büyük kayma zamanları ve 20 saniyeden daha büyük kayma zamanları için daha yüksek frekanslarda (6-12 Hz) görülmez. Bu, patlatmalar çok sığ derinliklerde yapıldığında depremlerden daha fazla yüzey dalgası oluşturur şeklinde yorumlanabilir. Işın yolları sismik sönümün güçlü olduğu sığ derinliklerde sınırlandığı için çok çabuk sönümlenir. Böylece cisim dalgaları 6-12 Hz'de  $t > 20$  sn ve 1.5-3 Hz'de  $t > 30$  sn için yüzey dalgalarından baskın olur. Cisim dalgaları yüzey dalgalarından baskın hale geldiğinde koda azalım oranı depremler ve patlatmalar için aynı olur. Güç spektrumu karşılaştırılması iki grup arasında önemli bir fark olduğunu gösterir. Patlatmaların güç spektrumu  $P_0(\omega)$ , artan frekansla depremlerin güç spektrumundan daha hızlı azalır. Depremlere göre patlatmaların yüksek frekanslardaki enerjisizliği sonuçlarda görülmektedir. Bu güç spektrumu, cisim dalgaları aynı saçılma ve sönüm özelliklerindeki depremler ve patlatmaların geç koda dalgalarını bastırduğunda, yüzey dalgalarından ve özelliklerinden etkilenmeyecektir.

Aşağıdaki şekil,  $M \geq 2.7$  (noktalı çizgiler) ve  $M \leq 2.4$  (koyu çizgiler) depremler için güç spektrumuna karşı önceki şeklin d bölümünden  $T_r = 52$ sn frekansının eğrilerinin tekrar düzenlenmiş halidir (Şekil 3.12). Yüksek magnitüdü olayların eğrileri, büyük olayların daha düşük köşe frekanslı olduğu yerde, yüksek frekanslarda daha çabuk azalmaya eğilimlidir. Bu özellik, büyük bir depremin güç spektrumu şeklini küçük bir patlatmanın gibi gösterir.



Şekil 3.12:  $M \geq 2.7$  (noktalı çizgiler) ve  $M \leq 2.4$  (koyu çizgiler) depremler için güç spektrumuna karşı önceki şeklin d bölümünden  $T_r = 52$ sn frekansının eğrilerinin tekrar düzenlenmiş hali (Su ve diğerleri, 1991)

Derinlik etkisi; sığ odak derinliğine sahip bir depremle (0.6 km) derin odak derinliğine sahip bir deprem ve bir patlatma için karşılaştırılmıştır. Farklı biçimlerde filtrelenen dalga formları aşağıda gösterilmiştir. Bu üç olayın maksimum genlikleri; filtrelenmemiş sismogramların karşılaştırılmasında görüldüğü gibi aynıdır. Ancak 12 Hz’de filtrelenen sismogramlarda, iki depremle karşılaştırıldığında patlatmanın genliği önemli bir oranda küçüktür. Aşağıda sağdaki şekil; derin deprem (eğri 1), sığ deprem (eğri 2) ve patlatma (eğri 3) için frekans karşısında güç spektrumunu gösterir (Şekil 3.13). Sığ deprem ile patlatma arasındaki derinlik farkı yaklaşık yarım kilometredir. Böylece depremler ve patlatmalar arasındaki kaynak spektrumu şekli farklılıklarının ana nedeninin derinlik etkisi olmadığı sonucuna varılabilir.



Şekil 3.13: Derin deprem (eğri 1), sığ deprem (eğri 2) ve patlatma (eğri 3) için frekans karşısında güç spektrumu (sağda) (Su1 ve diğerleri, 1991)

### 3.2.8. Diğer basit yöntemler

#### a) İlk hareketin yönünün kullanılması

Bu terim P dalgalarının ilk hareketinin doğrultusundaki farklılığa bağlı bir yöntemdir. Şekil 3.2’de gösterildiği gibi patlatmanın, kaynaktan uzaklaşan tüm doğrultularda ilk sıkışma hareketine sebep olması beklenir ve aynı depremin benzer olarak bazı doğrultularda ilk sıkışma hareketi ürettiği gibidir. Sıkışma dalgasında zeminde kaynaktan uzaklaşan ilk hareket görülür. Genişlemede zemindeki ilk hareket kaynağa doğru olur. İyi bir sismometre kaydıyla bu ilk hareketin yönlerinin gözlenmesi mümkündür. Bu tanımlama metodu eğer sinyal/gürültü oranı büyükse iyi olabilir. Fakat küçük olaylar için sismik gürültünün varlığında ilk hareketin yönünün belirlenmesinde çok zor ya da imkânsızdır. Çünkü ölçüm ağının zayıf olması durumunda genişleme hareketleri doğrultularda net bir şekilde belirmez, metot bir depremin deprem olduğunu tanımlamada iyidir. Ancak bir patlatmanın gerçekten patlatma olduğunun belirlenmesinde açık bir şekilde tanımlama yapamamaktadır.

#### b) S dalgalarının gözlemlenmesi

Patlatma kaynaklarının sıkışma doğasından dolayı, patlatmalar birçok depreme nazaran tipik olarak düşük makaslama dalga enerjisi üretirler. Bununla beraber, belirgin makaslama dalgası enerjisi gözlemi olayın deprem olduğunu tanımlamada belirtici bir gözlemdir.

### 3.3. Önceki Çalışmalar

Depremler ve patlatmaların ayırt edilmesiyle ilgili farklı metotlar kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. Bu metotların bir kısmı başarılı olurken bir kısmı da başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Aşağıda bazı araştırmacılar tarafından yapılan ayırım çalışmalarının bir kısmı özetlenerek verilmiştir.

Su ve diğerleri (1991), sismik dalga kodalarının analiz edilmesine dayanan bir patlatma-deprem ayırım metodu üzerine çalışmışlardır. Güney Mojave Çölü’nü

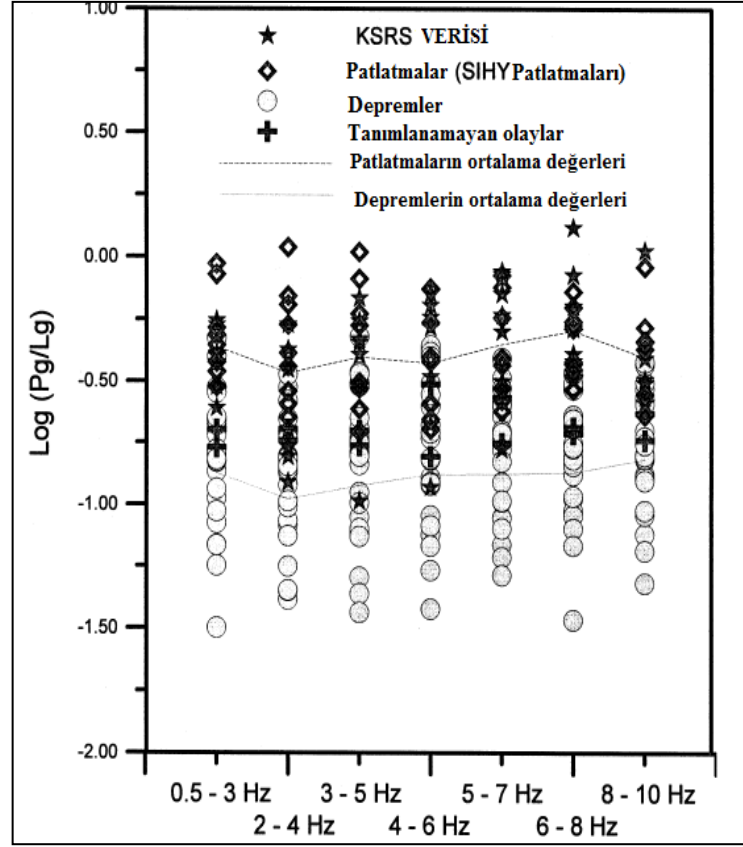
çevreleyen alandaki 58 deprem ve 48 patlatma bu metodun ayırım gücünü test etmek amacıyla kullanılmıştır. Bu sismik olaylar 1981-1987 arası USGS Güney Kaliforniya ağında kısa periyot sismografa kaydedilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda;  $Q_c^{-1}$  koda azalım oranının, 30 sn civarındaki kayma zamanı için daha düşük frekanslarda (1.5-3 Hz) maden patlatmaları için depremlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuç, maden patlatmalarının kaynak derinliğinin sığılığına bağlı olarak ürettikleri yüzey dalgası etkisinin kayıtlar üzerinde baskın olmasına dayandırılmıştır.  $Q_c^{-1}$ 'deki bu fark, aynı frekans aralığında (1.5-3 Hz) 30 sn üzerindeki kayma zamanlarında ve daha yüksek frekans aralığında (6-12 Hz) 20 sn üzerindeki kayma zamanlarında görülmemektedir. Bu durum, deprem ve patlatmaların her ikisinde de belirtilen kritik değerlerde daha büyük kayma zamanlarında, dalga kodalarının aynı tip cisim dalgalarıyla (muhtemelen S dalgası) bastırılmasına bağlanmıştır. Sönüm düzeltmesinden sonra elde edilen güç spektrumu  $P_0(w)$ , aynı istasyonlarda kaydedilen deprem ve patlatmalar arasında karşılaştırılmış ve verilerin spektral şekillerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Patlatmaların güç spektrumu eğrilerinin, yüksek frekanslarda depremlerinkinden daha keskin bir şekilde azaldığı görülmüştür. Depremler ve patlatmalar arasında güç spektrumunun farklı frekanslara bağlı olarak değişmesi, farklı kaynak tiplerine sahip olmalarına bağlanmış ve sismik ayırmalar için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Zhou ve diğerleri (2006), depremlerin patlatmalardan ayrılabilmesi için tasarlanmış özel teknikler uygulayarak, bölgesel maden patlatmalarından elde edilen yüksek frekanslı cisim dalgası magnitudü  $m_b$  ve orta periyot yüzey dalgası magnitudü  $M_s$  magnitudlerini sismik olayların ayırımı için kullanmışlardır. Bu çalışmada kullanılan veriler, Wyoming'daki geniş band istasyonlardan, Powder River'daki maden patlatmaları kayıtlarından ve Kuzeydoğu Çin'deki geniş band sismik ağdan alınmıştır.

Stevens ve Day (1985), 1982'deki patlatma ve 1980-1981'deki depremler arasında NEIS tarafından kaydedilen 1260 sismik olay kullanarak  $M_s:m_b$  karşılaştırması analizi yapmışlardır.  $m_b > 5.5$  olduğunda deprem ve patlatmaların çok iyi ayrıldığını ve daha küçük sismik olaylarda az miktarda karışma olduğunu göstermişlerdir.

Bonner ve diğeri (2003), 158 NTS (Nevada test alanı) patlatması ve NTS'den 2° uzaklıktaki 40 deprem için benzer şekilde  $M_s$  ve  $m_b$  analizi yapmışlardır. Yöntemin başarı oranının oldukça yüksek olduğunu görmüşlerdir.

Kim ve diğeri (1998), depremlerin ve yapay patlatmaların spektral özelliklerini elde etmek için üç boyutlu spektrogramlar (frekans, zaman ve genlik) kullanmışlardır. Bu spektrogramlar, yerel ve bölgesel uzaklıklar için gözlemlenen bütün sismik dalga formlarını içine alan, frekans çalışmaları için iyi bir araç olmuştur (Kim ve diğeri 1993). Maden patlatmalarından elde edilen P ve S (Lg) dalgaları, baskın genlikle birleşmiş frekans içeriğinin 10 Hz'in üzerinde olduğunu gösterir ve Rg fazları yakın uzaklıklarda gözlenir. Küçük depremlerle patlatmaları ayırmak için 10 Hz'den düşük Pg/Lg spektral oranları kullanılmıştır ve spektrogram analizlerinden yola çıkılarak depremlerle patlatmaların farklı bileşenleri gözlemlenmiştir. Zaman pencerelerini seçmek için çoklu filtreleme analizleri kullanılarak grup hızı hesaplanmıştır ve serbest yüzey etkileri, verilerin kalitesini arttırmak için üç bileşenli verilerden ayrılmıştır. FFT kullanılarak logaritmik ortalama spektral genliği 7 frekans bantı üzerinde hesaplanmıştır (0.5 – 3, 2 – 4, 3 – 5, 4 – 6,5 – 7, 6 – 8, 8 – 10 Hz). Depremlerle patlatmalar arasındaki en iyi ayırım 6 – 8 Hz arasında yapılmıştır (Şekil 3.14). Kore Yarımadasında depremler ve patlatmalar arasındaki ilk ayırım çalışması Kim (1994) tarafından yapılmış, depremleri yeraltı patlatmalarından sismik dalgaların karakteristik özelliklerini kullanarak ayırmış ve sismik sinyallerin ışın yolundan çok kaynak mekanizmasından (çift kuvvet depremler ve tek kuvvet patlatmalar) etkilendiklerini göstermiştir.



Şekil 3.14: Kore Yarımadası'nda yapılan çalışmanın sonuçları (Kim ve diğerleri,1998)

Koch (2002), sismik olay tanımlaması üzerine ilk çalışmasında, doğal yoldan oluşan sismik olayları, taş ocağı ve madenlerden kaynaklı yapay olaylarından ayırabilmek için Lg spektral genlik oranları uygulamalarına odaklanmıştır. Tanımlama testini amaçlayan bu örnek çalışmada, güney Almanya'daki bir taş ocağındaki patlatmalar, bu ayırım yaklaşımının başarılı olup olmadığını kanıtlamak için kullanılmıştır. Geniş band GRSN ağından alınan verileri kullanarak, 1 – 2 Hz ve 6 – 8 Hz frekans bantlarındaki maksimum iz genliklerinden spektral genlik oranları hesaplanmıştır. Bu genlik oranları, yayılma yolları etkilerini kaldırmak için uygun bir sönüm düzeltme modeli ile düzeltilmiştir. Çok güçlü deprem izleri taşıyan, başka bir deyişle düşük bir Lg spektral oranına sahip olan bir olay dışında, patlatmaların deprem grubundan yüksek Lg oranları ile ayrılacağı görülmüştür. İkinci adımda, sismik olay tanımlama uygulanmasını amaçlayarak, Almanya ve civarında 1995'de meydana gelen, patlatma tipi Lg oranları gösteren 1200 üzerinde olayın aşağı yukarı 800 tanesi işlenmiştir ve %10'luk bir kısım deprem grubunda kalmıştır.

Kafka (1990), Rg fazını, deprem ve patlatmaların derinlik ayırımında kullanmıştır. Yaklaşık 0.4 ve 2.5 saniye aralığındaki periyotlarda, Rayleigh dalgaları (Rg), genellikle patlamalar veya çok sığ odaklı depremlerin sismogramlarında gözlemlenir. Çalışmada kullanılan veriler Weston Araştırmaları tarafından düzenlenen New England Sismik Ağı (New England Seismic Network) ile kaydedilmiştir. NESN tarafından kaydedilen en güçlü Rg sinyalleri 0.5'ten 1.5 saniyeye kadarki periyotlardır. Ancak Rg fazını derinlik ayırımında kullanmakta pratikte bazı problemler olduğu tespit edilmiştir.

Gündüz ve diğerleri (2009), İstanbul ve civarı için deprem ve patlatma ayırımı gerçekleştirmişlerdir. Zaman ve frekans ortamında analiz için 1.8-3.0 magnitüd aralığında 179 adet sismik olayın hız sismogramlarının düşey bileşen kayıtları kullanılmıştır. Deprem ve patlatmaların ayırım analizi için iki yöntem kullanmışlardır. Bunlardan ilki, S dalgasının P dalgasına olan genlik oranının S dalgası genliğinin logaritması ile karşılaştırılmasıdır. İkinci yöntem, karmaşıklığın (C) sismogramın spektral oranı (Sr) ile karşılaştırılmasıdır. Bu iki yöntemde başarıyla uygulanmıştır ve dört farklı bölgede sismik olayların ayırımı gerçekleştirilmiştir. Aynı teknik Wüster (1993) tarafından, Almanya Çekoslovakya sınırındaki Vogtland'da ki deprem ve patlatmaların ayırımında da başarıyla uygulanmıştır.



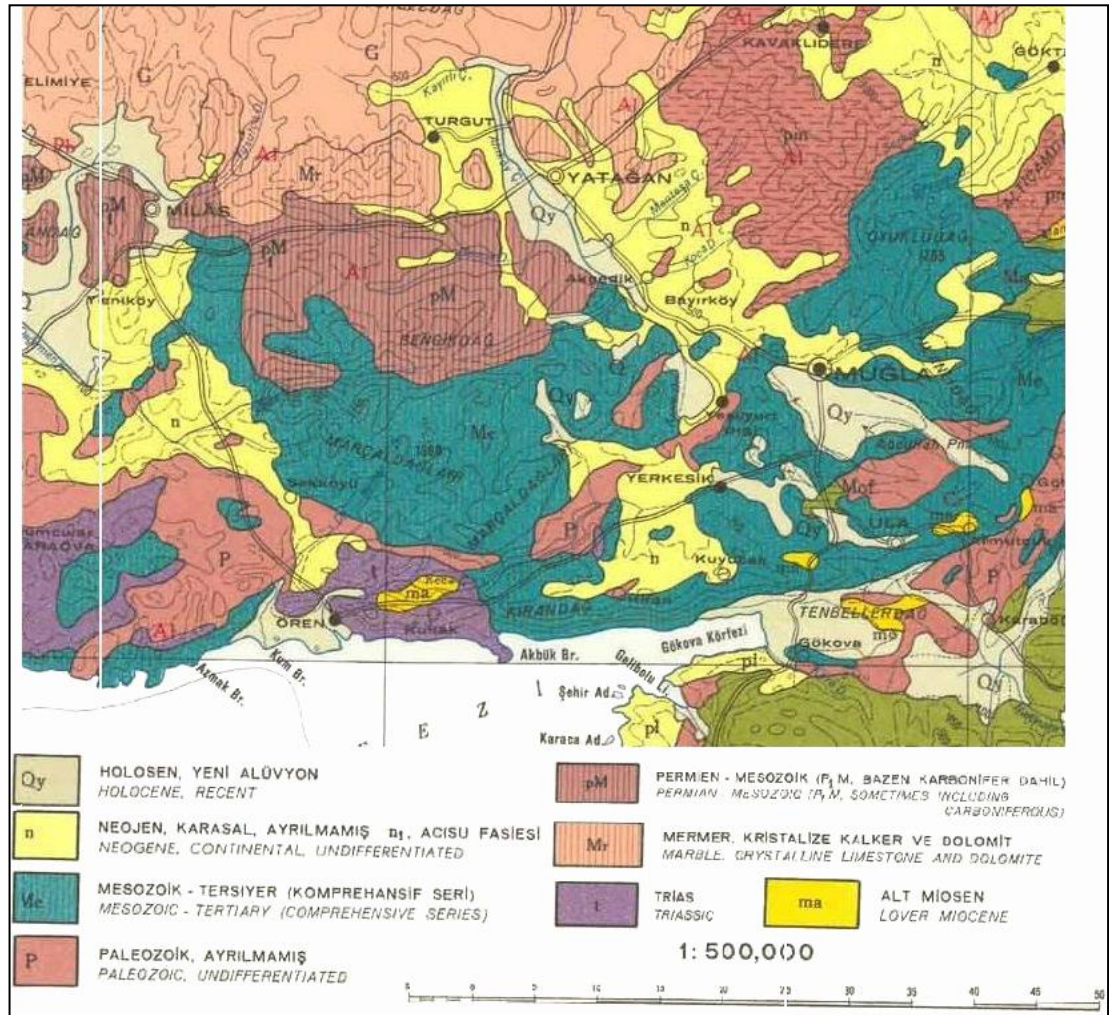
#### 4. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE TEKTONİK ÖZELLİKLERİ

Muğla'da, hemen hemen bütün jeolojik zamanlarda ortaya çıkmış oluşumlara rastlanır (Şekil 4.1). İldeki prekambriyen (ilk zaman) serileri, Yatağan ve Milas İlçelerinin kuzeyindeki dağlık kesimden başlayıp, daha kuzeye doğru geniş alanlarla yayılan gnays, mikaşist, ince taneli şist ve kuvarsit gibi oluşumlardır. Bu yapı daha sonra kuzeybatıdan-güneydoğuya doğru uzanmaktadır. İlk zaman serilerini, güneyden I. zaman yaşlı greler, mermerler ve şistler örtmektedir. Yatağan-Muğla oluşunun güneyinde rastlanan çeşitli mermer ile kristalli kalkerler, killi şistler, greler, konglomeralar, silisli şistler ve yer yer de fillatlar bütünüyle I. Zaman Serileridir. Muğla'nın doğusundaki dağlık kesimin temelini oluşturan gre, konglomera ve bitki fosilli kalkerler ile Göktepe'deki permiyen tabakaları altında yer alan koyu renkli mikaşistler ise ilk zaman oluşumlarıdır (Şenyürek, 2004).

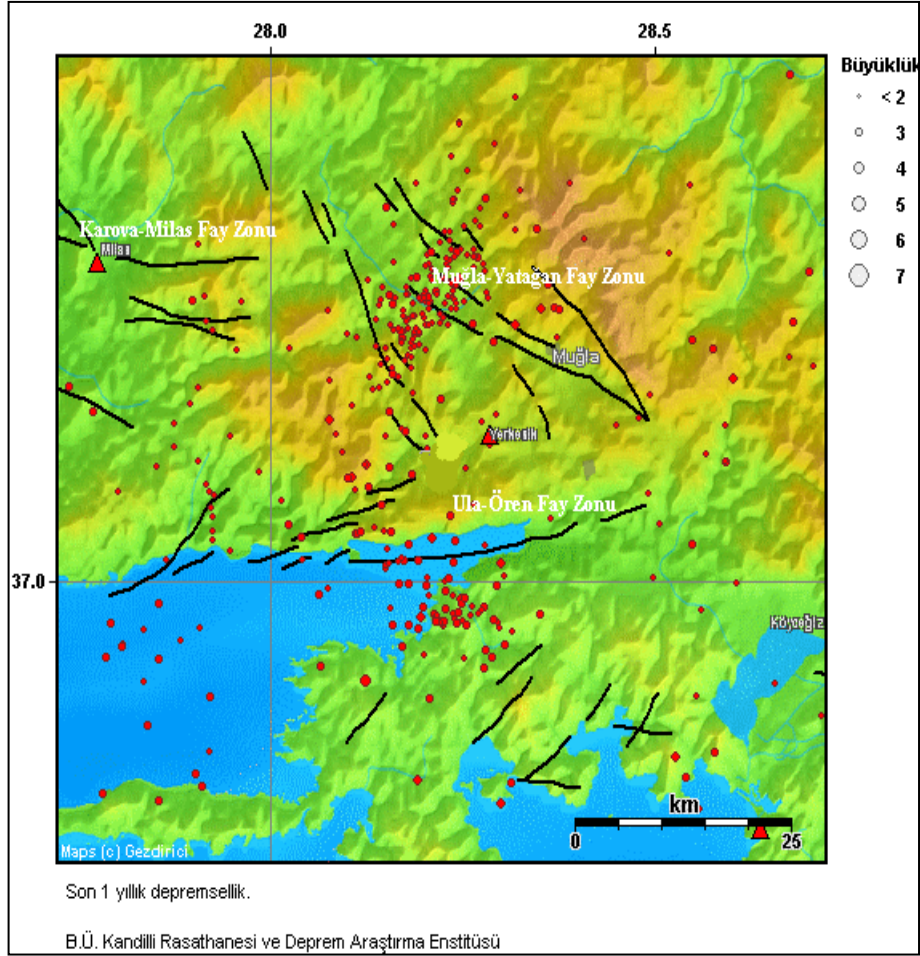
Batı Anadolu'da geniş bir yayılım gösteren "Menderes Masifi" ve çevresindeki kaya birimleri yüzeylemektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalarla, açıklık getirilmiş görüşlerin ışığında çalışma alanında Menderes Masifinin birbiriyle diskordan bir ilişkiye sahip üç grubun kayaçları ve bunların üzerindeki neojen örtü ve kuvaterner yaşlı alüvyonlar, bunlara ek olarak batı kesimde yüzeyleyen Dilek yarımadası-Selçuk-Tire ekaylı zonu bulunmaktadır. Çine Grubu (Menderes Masifinin çekirdeği) Almandin-amfibolit fasiyesinde metomorfizma özellikleri gösteren, granitim kökenli gözlü gnays meta granit, sedimenter kökenli gözlü gnays, migmatit, ince taneli bantlı gnays, metavolkanit ve değişik şistlerden oluşmuştur. Prekambriyen yaşlıdır. Bu grubun üzerine "Kavaklıdere Grubu" uyumsuz olarak gelmektedir.

Kavaklıdere Grubu (Menderes Masifinin paleozoyik yaşlı örtüsü), Düşük dereceli metamorfizma özellikleri gösteren meta konglomera, kuvarsit, kuvars şist, mikaşalkşist, mermer, metabazik ve fillatlardan oluşan kayaçlar bu grubu oluştururlar. Alt paleozoik-Alt Triyas yaşlıdır. Tabanında yayılımı devamlı gözükmeyen, yanal olarak kuvarsitlere geçiş yapan metakonglomeralar

bulunmaktadır. Metakonglomeralar içerisinde Çine grubundan türemiş granit, aplit, gnays, farklı şist ve kuvars çakılları bulunmaktadır. Düşey olarak kuvarşit, kuvarşist, granatşist, mikaşist, klorit, muskovitşist, fillat ve kalkşistlere geçiş yaparlar. İstif yer yer mermer ve metabazik, metaçört bantları ve adeseleri de içerir. Kloritoid şistler koyu gri ile siyah renkli mermer band ve adeseleri içerir. Kavaklıdere grubunda üste doğru kuvarşist ve kuvarşitin yanında, çeşitli şistlerde görülmektedir. Granat şistler, mika şistler, kloritoid-disten şistler şeklinde devam eden istifin en üst kesimleri fillatlardır. Kayaç siyahımsı renkli belirgin ve ince yapraklanmalıdır. Şistler içerisinde en baskın litolojiyi açık kahve renkli ve kirli sarı renklerde gözlenen granat-mikaşistler oluşturur. Çine grubunun üzerine diskordan olarak gelen Kavaklıdere grubunun üzerinde yine diskordan olarak Marçal grubu gözlenmektedir. Bütün bu birimler haritada "şist" olarak gösterilmiştir (Köken, 2007).



Şekil 4.1: Çalışma alanının (Muğla-Aydın) jeolojik haritası  
([http://www.mta.gov.tr/v1.0/haritalar/jeoloji\\_haritalari/image/denizli.html](http://www.mta.gov.tr/v1.0/haritalar/jeoloji_haritalari/image/denizli.html))



Şekil 4.2: Çalışma alanındaki faylar, istasyonlar (kırmızı üçgenler) ve son 1 yıl içerisindeki sismik olaylar (<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/map/tr/20090901111628.html>)

Çalışma alanında bulunan diri faylar Şekil 4.2’de verilmiştir. Bölgede belli başlı üç adet fay zonu vardır. Bunlar Karova-Milas, Muğla-Yatağan ve Ula-Ören fay zonlarıdır. Bu alanda birçok maden ve taş ocağı da bulunmaktadır. Bir kısmı Güney Ege Linyit İşletmeleri’ne ait olan bu madenlerin bir kısmı ise irili ufaklı taş, kömür ve mermer ocaklarıdır. Bu maden ve taş ocaklarının belli başlı olanları Eskihisar, Tınaz, Bağkaya, Sekköy, İkizköy, Hüsamlar ve Ermaş ocaklarıdır. Güney Ege Linyit İşletmeleri’ne bağlı bu madenlerin toplam rezervi yaklaşık 430 milyon ton civarında olmakla birlikte bu rezervin yaklaşık %50’si üretilmiş durumdadır.

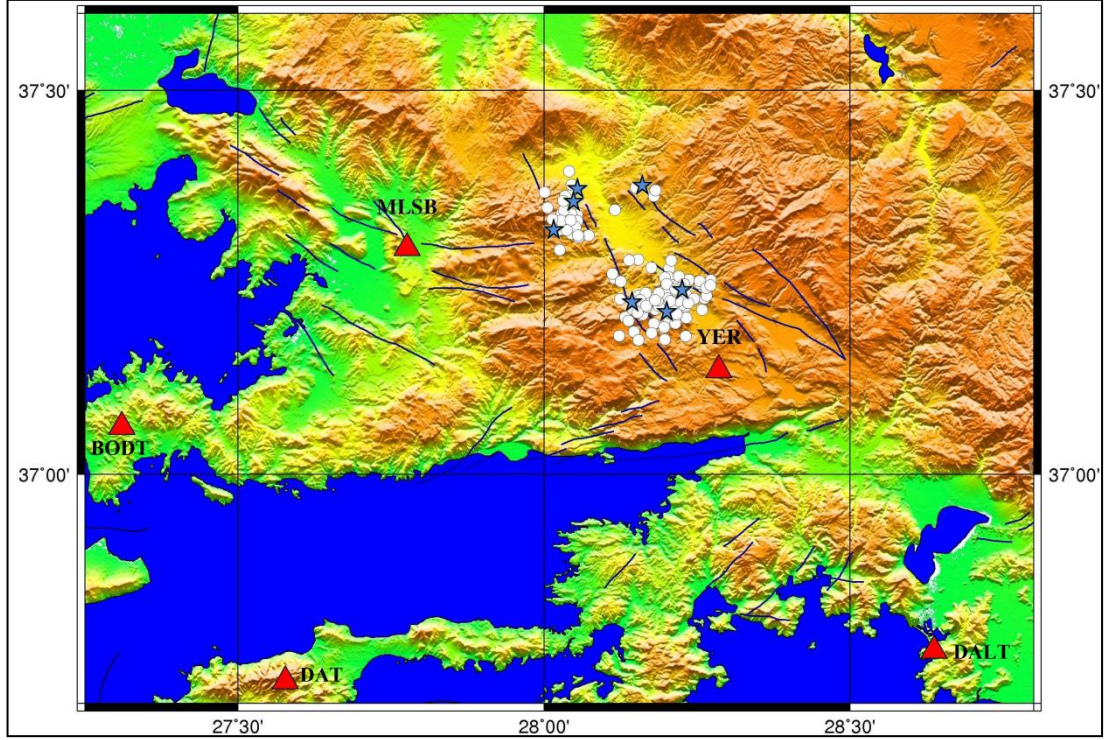
## 5. GÜNEY EGE'DEKİ DEPREM VE PATLATMALARIN AYIRDEDİLMESİ

### 5.1. Verilerin Özellikleri

Güney Ege'de, Muğla-Aydın arasında kalan bölgede, oluşan sismik olayların kaynak tipinin belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada; Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM) tarafından kurulan Bodrum (BODT), Dalyan (DALT), Datça (DAT), Milas (MLSB) ve Yerkesik (YER) geniş bant istasyonlarına ait 148 adet deprem verisi kullanılmıştır. İstasyonlar hakkında detaylı bilgiler Tablo 5.1'de verilmiştir. 37.22°-37.50° K enlem ve 26.70°-28.40° D boylamları arasında olan depremlerin episantr koordinatları ve magnitüdüleri Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Daire Başkanlığı Sismoloji Şube Müdürlüğü tarafından belirlenmiştir. Seçilen sismik olayların magnitüdü  $2 \leq M_d \leq 3$  aralığındadır. Sismik olayları, istasyonların ve bölgedeki taş ocaklarının dağılımı ise GMT programı ile haritalanmıştır. Şekil 5.1'de verilen haritada kırmızı üçgenler istasyonları, beyaz daireler sismik olayları ve mavi yıldızlar taş ocaklarını temsil etmektedir.

Tablo 5.1: Çalışmada kullanılan istasyonlar hakkında genel bilgiler

İstasyon Kodu	Enlem(°K)	Boylam(°D)	İstasyon Tipi	Alet Modeli	Örnekleme Aralığı (sn'de)
BODT	37.0622	27.3103	Geniş-band	CMG-3ESPD	50
DALT	36.7692	28.6372	Geniş - band	CMG-3TD	50
DAT	36.729	27.5778	Geniş - band	CMG-3ESPD	50
MLSB	37.2953	27.7765	Geniş - band	CMG-40TD	50
YER	37.1362	28.2858	Geniş - band	CMG-3TD	50

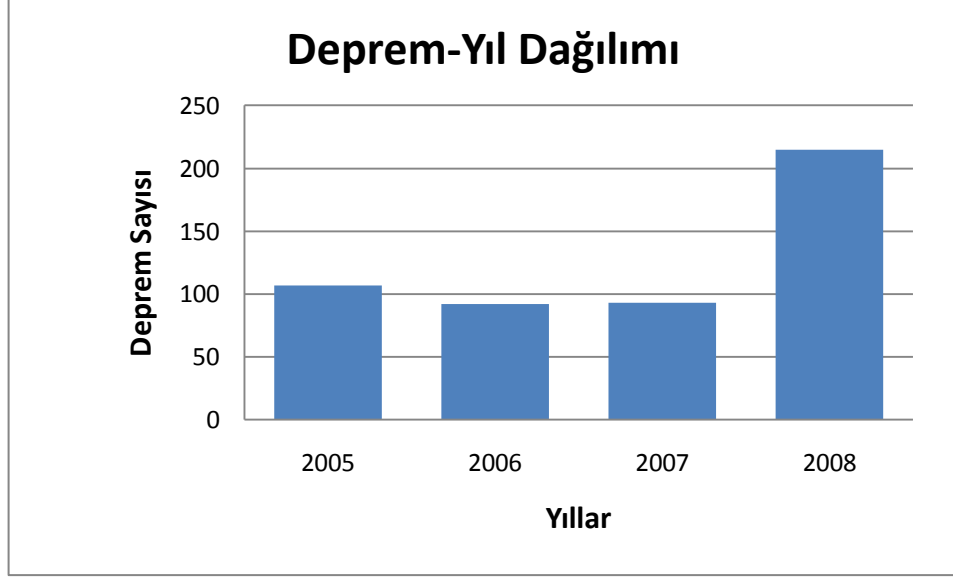


Şekil 5.1: Kullanılan depremlerin (beyaz daireler), istasyonların (kırmızı üçgenler) ve taş ocaklarının (mavi yıldızlar) bölgedeki dağılımı

## 5.2. Verilerin Seçilmesi ve İşlenmesi

Bu çalışmada kullanılan verilerin seçilme işleminde, birkaç aşama uygulanmıştır. Öncelikle sismik olayların kaynaklarını belirlemek çalışmanın temel amacı olduğundan, seçilecek bölgenin, maden ve taş ocaklarının faal oldukları ve tektonik yönden aktif olan bir bölge olması gerekmektedir. Aynı zamanda bölgede yeterli sayıda deprem kayıt istasyonu olmalıdır. Türkiye maden yatakları haritası (MTA) üzerinde yapılan inceleme sonucunda, çalışmanın yapılması için bölgelerin çevresindeki istasyon sayılarına ve bölgelerin depremselliğine bakıldığında Güney Ege Bölgesi'nin çalışma için daha uygun olacağı tespit edilmiştir. Bölgedeki ocaklar araştırılarak Güney Ege Linyit İşletmeleri'ne ve diğer özel işletmelere ait kömür ocaklarının sayısının yüksek olduğu görülmüştür. Sonuç olarak Güney Ege Bölgesi (Muğla-Aydın illeri arası) çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Yapılan çalışmalarda  $M_d < 3$  sismik olayların fazlalığı dikkat çekmiştir. Sismik olayların yıllara göre dağılımı üzerine yapılan bir çalışma Şekil 5.2'de verilmiştir.

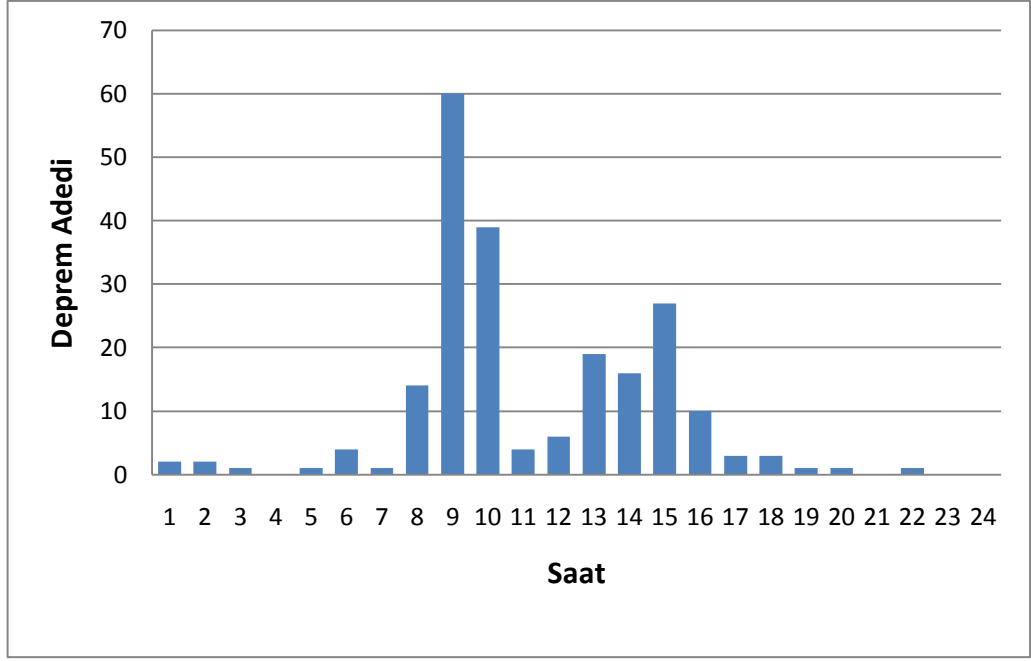


Şekil 5.2: Çalışılan bölgedeki sismik olayların yıllara göre dağılımı

Şekil 5.2’de de görüldüğü üzere sismik aktivitenin en yoğun olduğu 2008 yılı, istasyon kuruluş zamanlarına da bakıldığında seçilmesi en uygun olan zaman aralığı olarak görülmüştür. 2005, 2006 ve 2007 yıllarında yaklaşık yüz sismik olay kaydedilmişken bu sayı 2008 yılı için iki yüzün üzerindedir.

Bölgede çalışan maden ve taş ocaklarının çalışma uygulamaları göz önüne alındığında seçilecek sismik olayların büyüklük aralığı  $2 \leq M_d \leq 3$  olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının çok geniş olması ve sismik olayların yoğunluğu üzerine uydu haritaları incelenerek bölgedeki faal maden ve taş ocakları belirlenmiştir. Elde edilen sonuca bağlı olarak çalışma alanı daraltılmış ve  $37.22^\circ$ - $37.50^\circ$  K enlem ve  $26.70^\circ$ - $28.40^\circ$  D boylamları arasında kalan bölge üzerine yoğunlaşmıştır (Şekil 5.1).

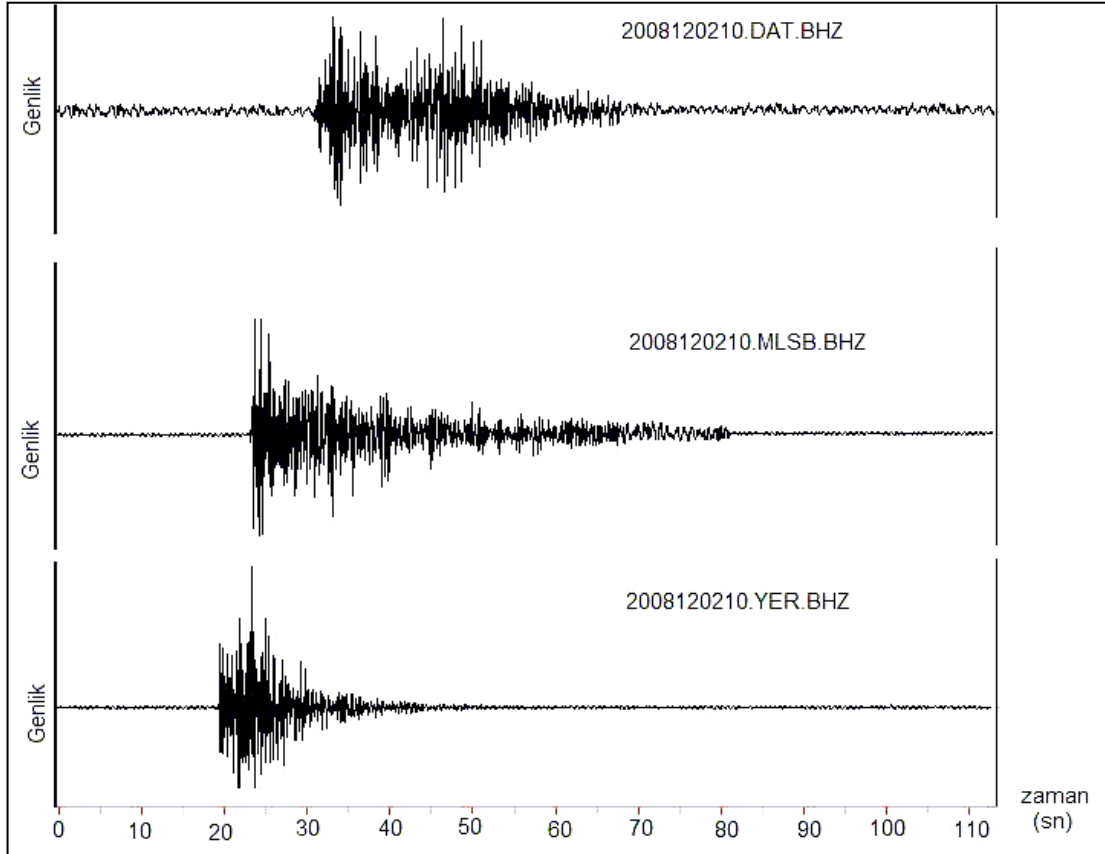
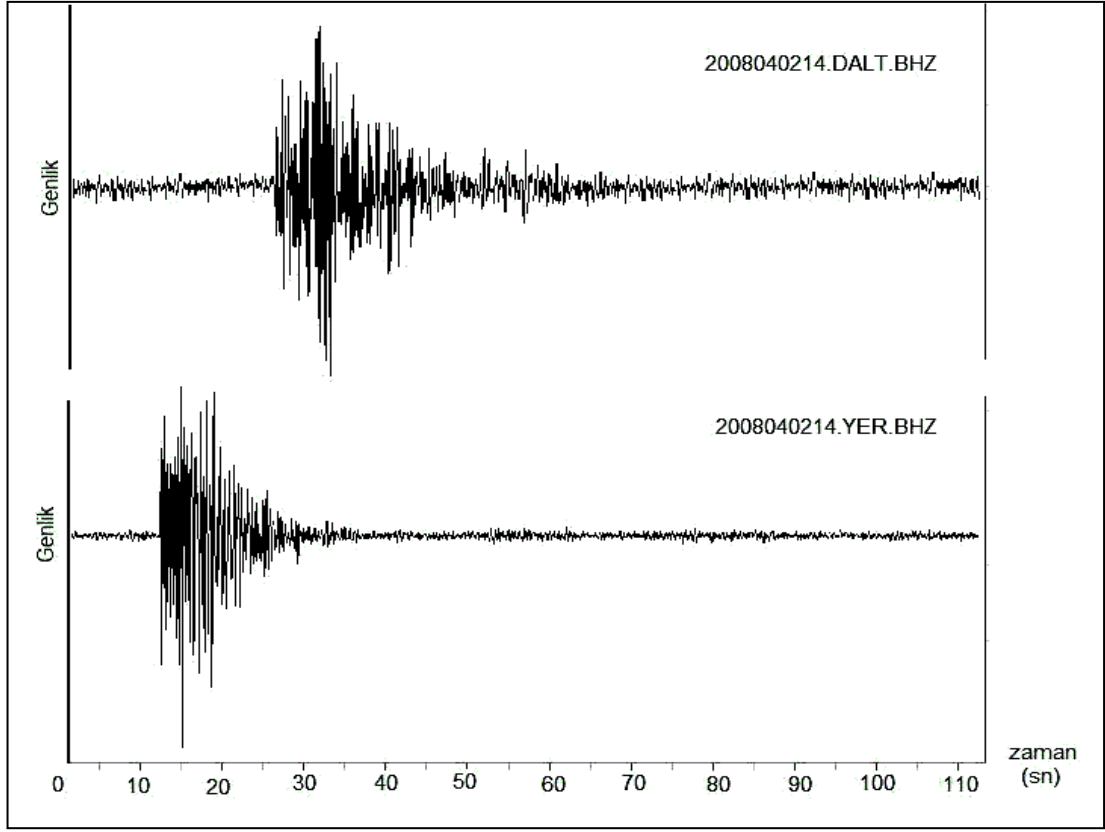
Elde edilen veriler içerisinde lokasyon ayrımı uygulandıktan sonra kalan veriler, olayların oluş zamanları incelenerek tekrar süzülmüştür. Eldeki verilerin gün içerisinde zamana göre dağılımı Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.3: Verilerin gün içerisinde zamana göre dağılımı

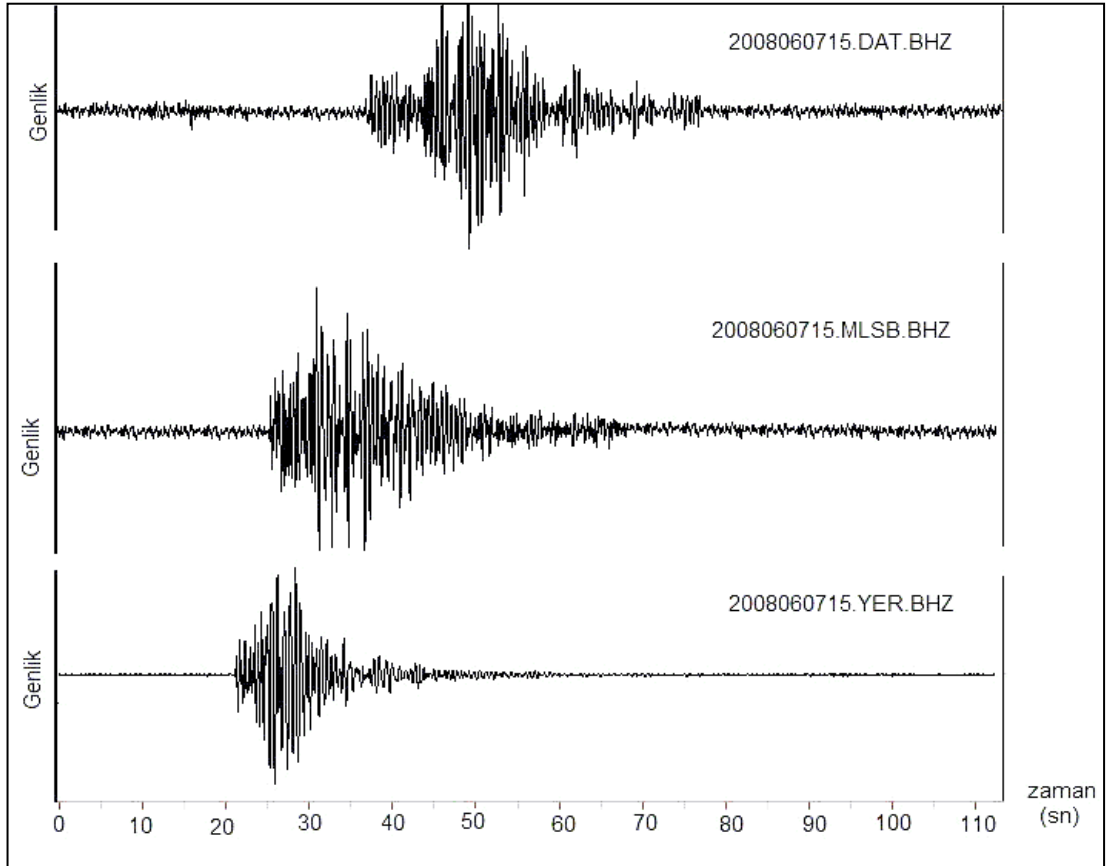
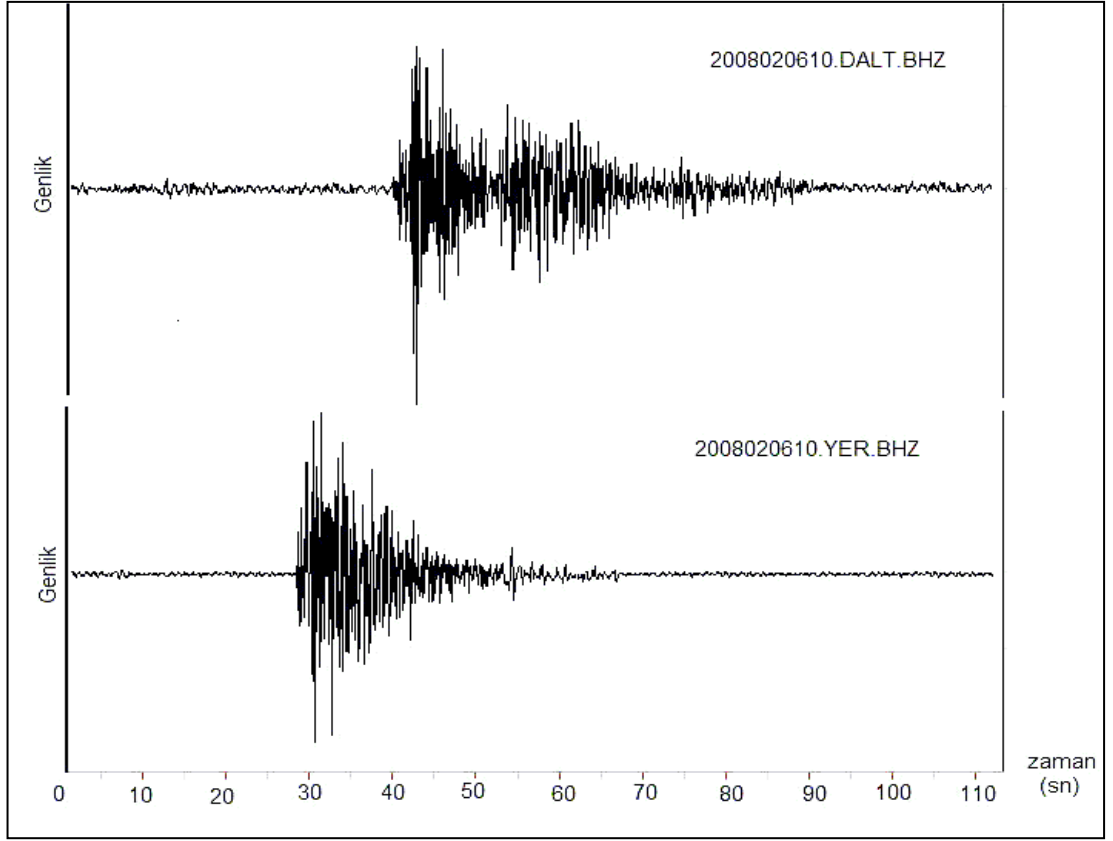
Verilerin gün içerisinde zamana göre dağılımı incelendiğinde saat 8:00 ile 17:00 arasındaki yoğunluk göze çarpmaktadır. Veriler seçilirken bu zaman dilimi göz önünde bulundurulmuş ve 182 adet olay belirlenmiştir. Bu 182 sismik olayın sayısal verileri Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi web sitesinden sağlanmış ve 34 verinin kayıtları gürültülü olduğu için bu veriler çalışmadan çıkartılmıştır.

Sonuç olarak; 37.22°-37.50° K enlem ve 26.70°-28.40° D boylamları arasında kalan bölgede, 2008 senesinde ve 8:00-17:00 (GMT) saatleri arasında meydana gelen 148 sismik olay üzerinde çalışmaya karar verilmiştir. Bu sismik olayların her birine ait beş istasyon kaydı (BODT, DALT, DAT, MLSB, YER) veritabanına kaydedilmiştir. Çalışma esnasında 304 adet düşey bileşen kayıt incelenmiştir. Bu kayıtlar, band geçişli 1-15 Hz frekans aralığında filtre uygulanarak ayırım analizine uygun hale getirilmiştir. Ayırım analizi için hazır hale getirilen verilerin bazıları Şekil 5.4' te verilmiştir.



Şekil 5.4: Çalışmada kullanılan kayıtların örnekleri





Şekil 5.4(devamı): Çalışmada kullanılan kayıtların örnekleri

### 5.3. S/P – logS Ayrımı

Zaman ortamında, sismogramdaki S dalgası genliğinin logaritmasının, S dalgası genliğinin P dalgasının genliğine oranı karşısında grafiklenmesi; patlatmaların aynı magnitüde sahip depremlerle karşılaştırıldığında S dalgasından daha fazla P dalgası enerjisi göstermesi nedeniyle uygulamada kolay ve başarılı sonuçlar veren bir ayırım yöntemi olması dolayısıyla tercih edilmiş ve uygulanmıştır.

BODT, DALT, DAT, MLSB ve YER istasyonlarında kaydedilen 148 sismik olayın düşey bileşen kayıtlarının (304 kayıt) P ve S dalgaları genliği tek tek okunmuştur. S dalgalarının genliklerinin P dalgası genliklerine oranları ve S dalgalarının logaritmaları hesaplanmıştır. Tablo 5.2’de her olay için, kullanılan istasyonlardaki kayıtlar üzerinde yapılan hesaplamalar verilmiştir. – işareti, kullanılmayan istasyon kayıtlarını ve hesaplama yapılmadığını belirtmektedir.

Tablo 5.2: Kayıtlar üzerinde yapılan hesaplamalar

TARİH	ZAMAN (GMT)	BODT		DALT		DAT		MLSB		YER	
		S/P	logS	S/P	logS	S/P	logS	S/P	logS	S/P	logS
08.01.2008	10:23:37.13	-	-	1.08	2.73	-	-	1.96	2.99	2.54	4.07
08.01.2008	10:40:49.40	-	-	-	-	-	-	1.49	2.86	0.59	2.66
11.01.2008	10:01:19.56	-	-	-	-	1.47	2.62	-	-	0.83	3.04
11.01.2008	10:47:34.96	-	-	-	-	-	-	1.58	3.11	1.10	3.05
11.01.2008	15:29:08.85	-	-	1.54	2.90	-	-	1.90	3.12	1.52	3.92
13.01.2008	10:00:58.07	-	-	1.22	2.77	-	-	1.76	3.03	1.53	3.77
13.01.2008	13:01:07.35	-	-	2.67	2.88	-	-	2.28	3.01	1.92	3.75
17.01.2008	13:00:05.58	-	-	-	-	-	-	-	-	1.28	3.32
19.01.2008	14:24:44.78	-	-	1.07	2.90	-	-	-	-	1.14	3.86
21.01.2008	14:02:06.84	-	-	1.28	2.93	-	-	-	-	1.28	3.94
30.01.2008	10:01:17.35	-	-	1.75	2.92	-	-	-	-	1.45	3.95
30.01.2008	13:49:58.71	-	-	-	-	-	-	-	-	2.28	3.86
31.01.2008	10:06:23.39	-	-	-	-	-	-	1.00	3.10	1.12	3.99
03.02.2008	12:01:22.64	-	-	-	-	-	-	1.76	2.81	-	-
03.02.2008	15:59:41.78	-	-	1.57	2.82	-	-	1.79	2.86	2.18	4.02
04.02.2008	16:00:03.31	-	-	1.36	3.18	-	-	1.52	3.17	1.39	4.09
06.02.2008	10:18:49.14	0.68	3.05	0.44	2.78	-	-	-	-	0.74	3.78
08.02.2008	12:16:37.95	-	-	1.24	2.77	-	-	-	-	2.68	3.79
09.02.2008	10:05:17.37	-	-	1.72	3.05	-	-	-	-	1.94	3.95
11.02.2008	10:37:24.58	1.19	3.12	0.60	2.90	-	-	-	-	1.38	3.82

Tablo 5.2(devami): Kayıtlar üzerinde yapılan hesaplamalar

TARİH	ZAMAN (GMT)	BODT		DALT		DAT		MLSB		YER	
		S/P	logS	S/P	logS	S/P	logS	S/P	logS	S/P	logS
12.02.2008	10:07:11.03	-	-	1.81	2.89	-	-	-	-	1.37	3.92
12.02.2008	10:15:22.67	0.81	3.16	1.59	3.14	-	-	-	-	2.09	4.20
13.02.2008	13:25:22.09	-	-	-	-	-	-	-	-	1.06	3.79
14.02.2008	09:38:00.33	-	-	-	-	-	-	2.91	3.26	0.99	3.04
16.02.2008	10:39:02.89	1.71	3.00	1.33	2.83	-	-	1.46	2.90	1.50	3.87
16.02.2008	10:41:32.53	-	-	-	-	-	-	-	-	1.33	3.87
20.02.2008	16:00:00.95	1.84	2.94	2.35	2.82	-	-	-	-	1.88	3.70
23.02.2008	15:57:34.00	-	-	1.03	2.87	-	-	-	-	1.52	3.84
24.02.2008	10:09:48.54	-	-	1.43	2.87	-	-	-	-	2.25	3.90
24.02.2008	10:25:05.22	-	-	1.17	2.52	-	-	-	-	1.36	3.54
24.02.2008	15:57:47.39	-	-	1.16	2.92	-	-	1.48	2.97	2.86	3.92
28.02.2008	10:21:34.45	-	-	0.92	2.50	-	-	-	-	1.11	3.62
01.03.2008	10:08:21.99	1.92	2.95	1.56	2.89	-	-	-	-	1.89	3.88
01.03.2008	13:00:52.30	-	-	2.02	2.98	-	-	-	-	1.67	3.97
07.03.2008	16:01:03.51	-	-	-	-	-	-	-	-	1.68	3.75
15.03.2008	15:58:07.30	-	-	-	-	-	-	-	-	1.66	3.66
16.03.2008	09:57:29.26	-	-	-	-	-	-	1.12	2.75	2.16	3.88
17.03.2008	15:59:48.07	-	-	-	-	-	-	-	-	2.02	3.85
08.05.2008	09:13:10.86	0.43	3.22	-	-	1.15	3.23	-	-	-	-
08.05.2008	09:25:59.89	2.93	3.02	-	-	3.06	2.75	-	-	2.39	3.90
12.05.2008	09:12:01.98	1.81	2.78	-	-	-	-	-	-	3.42	3.74
13.05.2008	15:04:48.29	-	-	-	-	-	-	-	-	4.65	3.96
14.05.2008	15:03:04.19	-	-	-	-	-	-	1.90	2.96	3.91	3.93
14.05.2008	15:07:39.32	-	-	-	-	-	-	0.91	3.09	1.94	3.79
16.05.2008	14:55:36.68	-	-	-	-	-	-	-	-	1.88	3.45
17.05.2008	09:04:14.00	-	-	-	-	-	-	1.18	2.87	1.14	3.81
19.05.2008	09:07:33.30	1.33	2.90	-	-	1.55	2.82	-	-	2.64	3.90
19.05.2008	15:08:24.14	-	-	-	-	1.39	2.58	-	-	1.40	3.62
20.05.2008	15:02:02.57	-	-	-	-	-	-	1.13	3.19	1.13	3.80
21.05.2008	09:00:35.16	2.21	2.79	-	-	-	-	0.88	2.87	2.61	3.74
23.05.2008	15:03:34.83	1.73	2.99	-	-	-	-	1.28	3.06	2.16	3.90
27.05.2008	09:22:00.65	1.25	3.17	-	-	-	-	1.29	3.22	0.92	3.21
27.05.2008	09:24:49.66	1.76	3.10	-	-	2.43	2.65	-	-	0.65	2.96
28.05.2008	09:01:45.29	0.91	3.08	-	-	-	-	1.01	3.19	1.85	3.93
28.05.2008	14:59:17.06	-	-	-	-	-	-	-	-	1.49	3.65
31.05.2008	09:14:39.36	4.72	3.43	-	-	-	-	-	-	1.92	4.03
02.06.2008	13:48:24.99	-	-	-	-	-	-	3.97	3.20	1.26	3.83
04.06.2008	09:01:37.50	-	-	-	-	-	-	1.41	3.24	1.25	2.84
04.06.2008	09:03:43.43	1.93	3.04	-	-	-	-	3.13	3.25	1.64	3.94

Tablo 5.2(devamı): Kayıtlar üzerinde yapılan hesaplamalar

TARİH	ZAMAN (GMT)	BODT		DALT		DAT		MLSB		YER	
		S/P	logS	S/P	logS	S/P	logS	S/P	logS	S/P	logS
04.06.2008	14:58:11.24	3.26	2.94	-	-	-	-	-	-	1.29	3.45
06.06.2008	15:01:09.62	-	-	-	-	-	-	-	-	3.80	3.91
06.06.2008	15:04:06.13	1.56	2.90	-	-	-	-	-	-	2.52	3.77
07.06.2008	15:01:48.87	-	-	-	-	1.29	2.76	1.32	3.03	1.24	4.00
09.06.2008	09:02:04.33	-	-	-	-	-	-	2.17	3.23	1.73	3.85
11.06.2008	10:04:02.79	-	-	-	-	-	-	1.21	2.90	1.94	3.86
12.06.2008	09:04:11.13	-	-	-	-	-	-	2.92	3.02	2.09	3.97
14.06.2008	09:20:08.73	2.21	2.88	-	-	1.08	2.41	-	-	0.41	2.76
14.06.2008	10:19:36.47	1.18	2.91	-	-	1.08	2.66	-	-	0.54	3.02
14.06.2008	10:40:08.25	-	-	-	-	-	-	-	-	0.74	2.75
14.06.2008	15:03:02.93	0.94	2.82	-	-	1.33	2.64	-	-	1.88	3.84
16.06.2008	09:01:11.21	2.55	3.20	-	-	-	-	1.55	3.30	1.84	3.92
24.06.2008	15:02:59.73	-	-	-	-	3.44	2.96	1.04	3.02	2.43	3.95
28.06.2008	16:43:37.68	-	-	-	-	-	-	-	-	1.24	2.87
30.06.2008	09:39:20.94	-	-	-	-	-	-	0.89	2.67	1.35	3.50
30.06.2008	14:58:48.17	-	-	-	-	-	-	-	-	1.47	3.49
02.07.2008	12:43:51.50	2.39	3.25	-	-	-	-	1.55	3.14	3.05	4.14
04.07.2008	15:01:02.83	-	-	-	-	-	-	1.36	3.04	2.62	4.10
07.07.2008	09:17:27.81	-	-	-	-	-	-	-	-	1.21	2.64
09.07.2008	09:13:43.63	3.26	2.91	-	-	-	-	2.15	3.01	2.15	2.65
09.07.2008	09:20:35.40	1.77	3.11	-	-	-	-	-	-	2.10	3.93
09.07.2008	15:11:01.18	-	-	-	-	-	-	1.43	2.86	1.38	3.79
14.07.2008	09:36:40.65	-	-	-	-	-	-	-	-	1.37	3.42
14.07.2008	09:49:57.44	1.65	3.09	-	-	-	-	0.67	2.98	1.75	3.95
18.07.2008	14:58:09.90	-	-	-	-	-	-	-	-	1.45	3.61
19.07.2008	09:09:29.05	1.15	2.88	-	-	-	-	-	-	2.19	3.94
21.07.2008	09:02:30.28	1.08	2.95	-	-	1.62	2.93	1.85	3.21	2.72	4.13
23.07.2008	14:56:09.86	-	-	-	-	-	-	-	-	1.76	3.61
23.07.2008	15:03:10.79	-	-	-	-	-	-	-	-	0.72	3.00
27.07.2008	13:33:08.79	-	-	-	-	-	-	1.35	2.78	0.93	2.64
02.08.2008	09:01:05.56	-	-	-	-	-	-	1.68	2.89	2.62	2.94
02.08.2008	09:07:13.62	-	-	-	-	-	-	1.52	2.78	1.56	2.86
02.08.2008	09:10:22.06	-	-	-	-	-	-	-	-	1.54	2.74
06.08.2008	09:00:11.20	-	-	-	-	-	-	0.96	2.96	1.68	3.80
08.08.2008	09:03:18.92	1.54	2.95	-	-	-	-	0.92	2.91	1.07	3.74
08.08.2008	09:09:29.54	-	-	-	-	-	-	-	-	1.24	3.25
08.08.2008	09:48:39.97	1.93	3.02	-	-	1.48	2.56	1.36	3.01	1.70	3.72
12.08.2008	09:00:59.97	1.79	3.21	-	-	-	-	1.05	2.97	1.15	3.93
14.08.2008	09:07:54.95	0.65	2.95	-	-	1.33	2.82	0.50	3.03	0.66	3.66

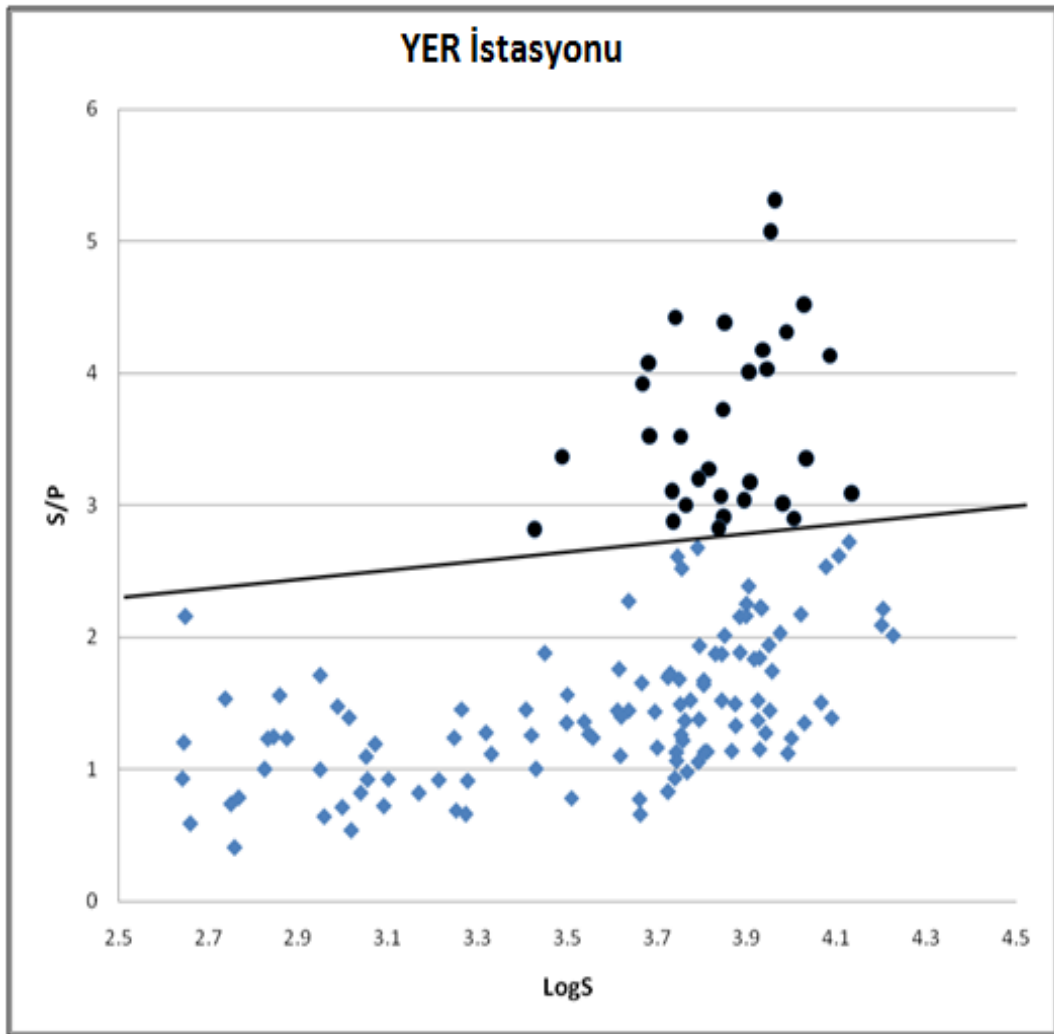
Tablo 5.2(devamı): Kayıtlar üzerinde yapılan hesaplamalar

TARİH	ZAMAN (GMT)	BODT		DALT		DAT		MLSB		YER	
		S/P	logS	S/P	logS	S/P	logS	S/P	logS	S/P	logS
14.08.2008	09:15:37.52	1.01	2.73	-	-	1.08	2.57	-	-	1.49	3.75
28.08.2008	10:09:58.15	-	-	-	-	1.02	2.68	0.54	2.65	1.17	3.70
09.10.2008	13:28:31.81	1.11	3.06	-	-	-	-	1.35	3.04	1.35	4.03
10.10.2008	13:33:46.94	-	-	-	-	-	-	-	-	2.90	4.00
15.10.2008	13:34:21.33	-	-	-	-	-	-	-	-	1.23	2.83
19.10.2008	15:02:14.87	0.84	3.20	-	-	-	-	1.15	3.23	2.02	4.22
21.10.2008	13:23:58.18	-	-	-	-	-	-	-	-	0.79	2.77
22.10.2008	13:31:39.83	-	-	-	-	-	-	1.32	3.04	0.78	3.66
22.10.2008	15:02:28.10	2.22	3.20	-	-	-	-	1.64	3.31	2.22	4.20
30.10.2008	10:01:23.78	-	-	-	-	-	-	-	-	2.22	3.93
02.11.2008	14:25:12.88	2.15	3.04	-	-	-	-	0.79	3.01	0.98	3.77
03.11.2008	11:46:04.85	-	-	-	-	-	-	-	-	1.27	3.55
04.11.2008	11:56:01.21	-	-	-	-	-	-	-	-	1.73	3.73
04.11.2008	13:44:21.01	1.61	2.87	-	-	-	-	-	-	1.24	3.56
09.11.2008	10:26:31.70	1.65	3.06	-	-	-	-	-	-	2.23	3.93
11.11.2008	09:58:01.45	-	-	-	-	-	-	-	-	1.57	3.50
13.11.2008	12:28:56.83	-	-	-	-	-	-	-	-	1.26	3.75
14.11.2008	15:16:13.11	1.12	3.05	-	-	-	-	-	-	1.88	3.83
15.11.2008	10:10:32.06	-	-	-	-	-	-	-	-	2.47	3.34
15.11.2008	15:18:17.13	-	-	-	-	-	-	-	-	3.27	3.97
16.11.2008	10:00:33.82	1.73	3.17	-	-	-	-	1.63	3.11	2.05	3.82
20.11.2008	15:17:18.81	-	-	-	-	-	-	-	-	3.06	3.82
29.11.2008	10:55:05.75	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	3.89
02.12.2008	10:18:46.34	0.96	2.94	-	-	1.24	2.69	0.61	2.89	1.64	3.80
04.12.2008	13:42:25.49	-	-	-	-	-	-	1.12	2.96	3.83	3.88
05.12.2008	10:03:03.78	-	-	-	-	-	-	-	-	5.76	3.95
06.12.2008	10:04:12.30	-	-	-	-	-	-	-	-	4.57	3.64
20.12.2008	14:54:52.08	-	-	-	-	-	-	-	-	3.49	3.59
21.12.2008	13:48:02.68	-	-	-	-	-	-	-	-	2.28	3.64
31.12.2008	10:24:32.47	-	-	-	-	-	-	-	-	0.92	3.28

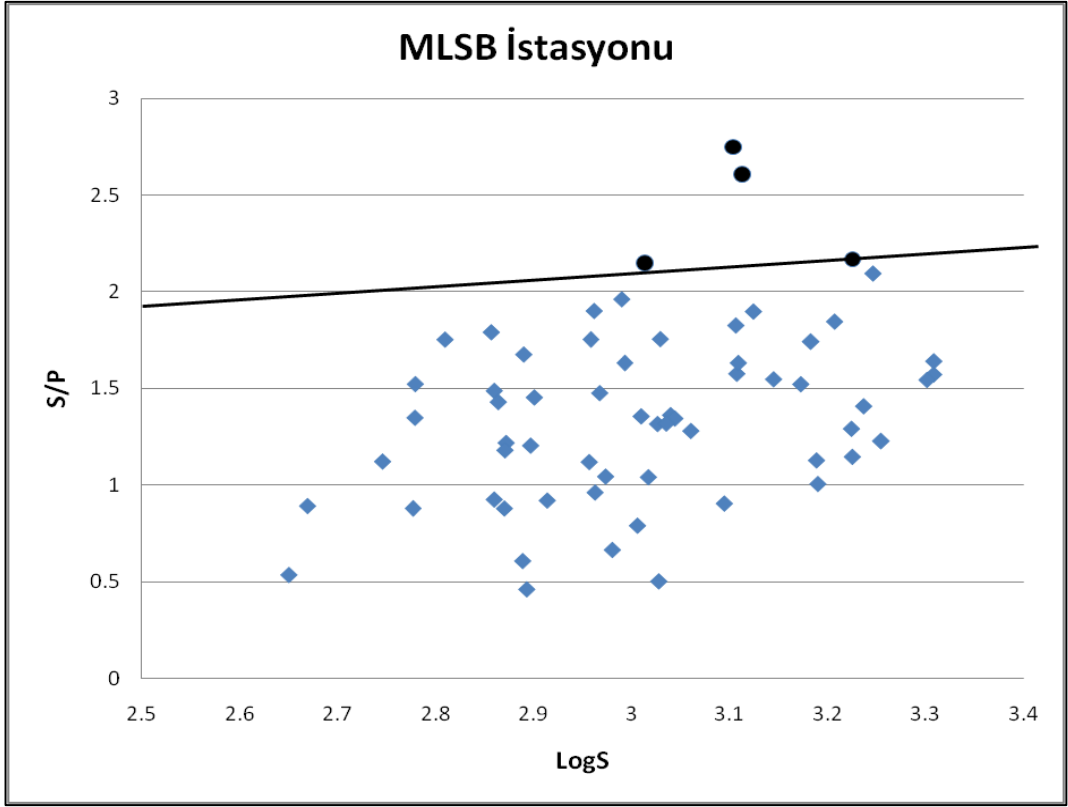
Depremler patlatmalardan lineer ayırım fonksiyonu (Linear Discrimination Function, LDF) kullanılarak ayırt edilmiştir. Ayırım analizinde istatistik programı SPSS kullanılmıştır. İşlemlere, iki gruptan ayırım unsurlarının seçilmesiyle başlanmıştır. Ayırım işlemi, gruplar arasındaki farkları en iyi şekilde karakterize eden sayısal değişkenlerin lineer bir kombinasyonunu tanımlamak için kullanılmıştır. Değişkenlerin lineer kombinasyonu (ayırım fonksiyonu) katsayılarla çarpılan

değişkenlerin sonuçları toplamıdır. Ayrım işlemi katsayıları hesaplar ve sonuç fonksiyonu yeni sınıflandırma için kullanılır.

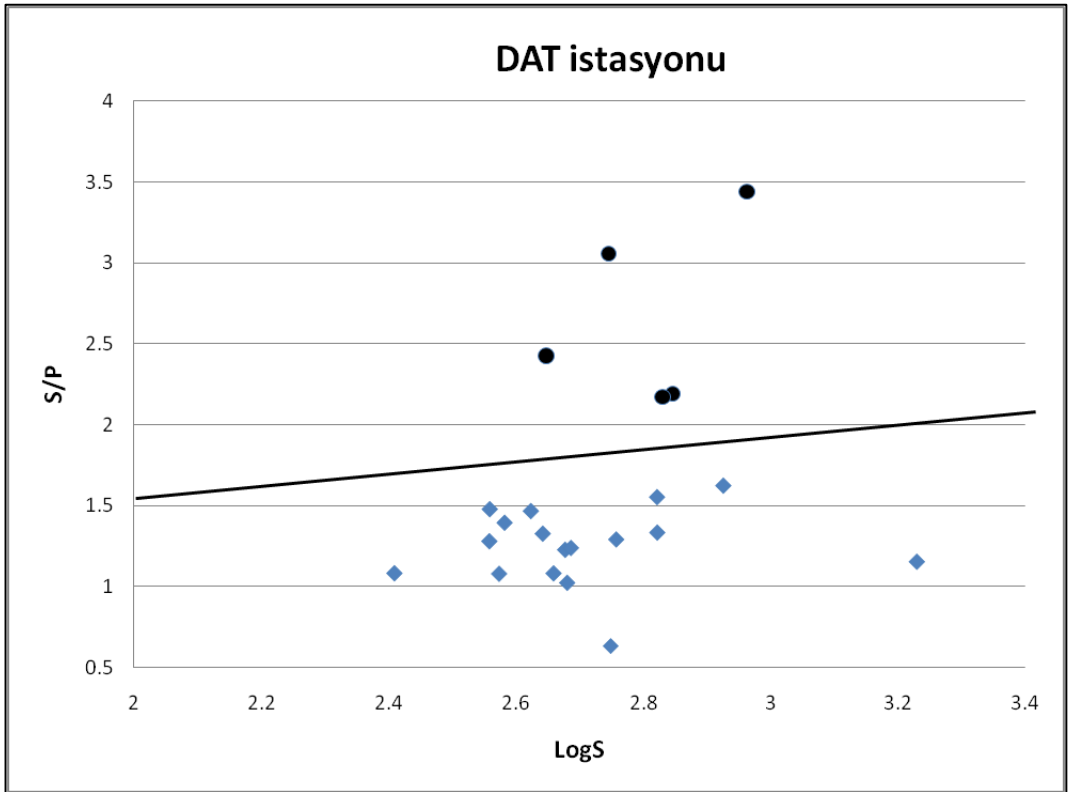
Şekil 5.5, Şekil 5.6, Şekil 5.7, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da çalışma alanında meydana gelen sismik olayların hız sismogramlarının düşey bileşen kayıtları için zaman ortamındaki S dalgası genliklerinin P dalgası genliklerine oranı karşısında S dalgası genliklerinin logaritmasını göstermektedir. Sonuçlar, yöntemin depremler ve patlatmalar arasında çok iyi ayırım sağladığını ortaya koymuştur.



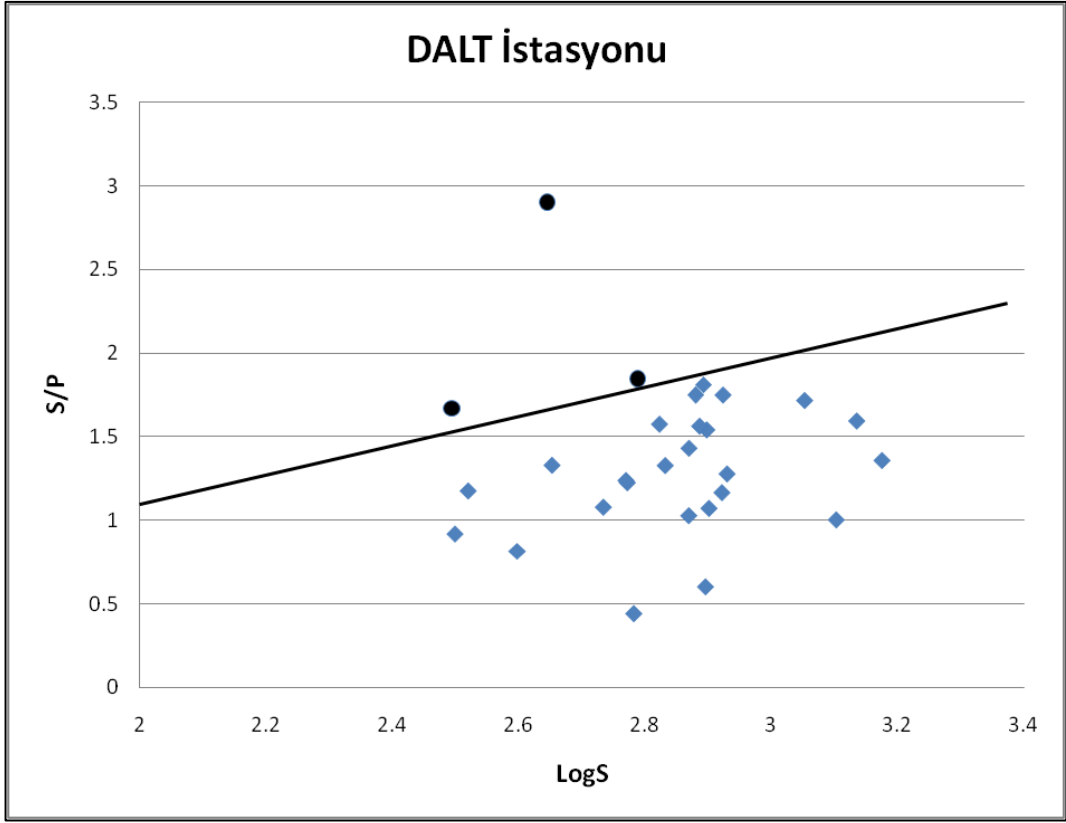
Şekil 5.5: YER istasyonundaki S/P – LogS değişimi



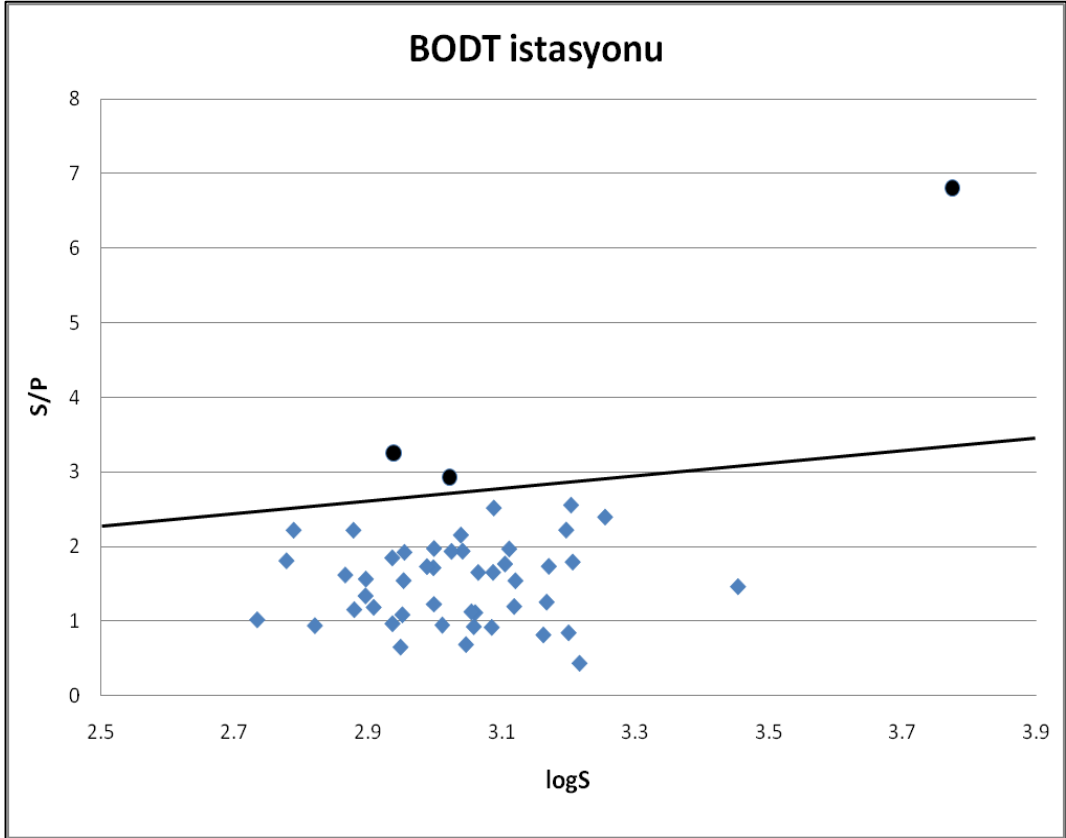
Şekil 5.6: MLSB istasyonundaki S/P – LogS değişimi



Şekil 5.7: DAT istasyonundaki S/P – LogS değişimi



Şekil 5.8: DALT istasyonundaki S/P – LogS değişimi



Şekil 5.9: BODT istasyonundaki S/P – LogS değişimi



Şekil 5.5, Şekil 5.6, Şekil 5.7, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’da siyah daireler depremleri, mavi karolar patlatmaları temsil etmektedir. Çalışma 148 sismik olayın 5 farklı istasyondaki düşey bileşen kayıtları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. BODT istasyonu kaydı kullanılan toplam 49 olayın, 3 tanesi deprem kalan 46 tanesi patlatma, DALT istasyonu kaydı kullanılan toplam 28 olayın, 3 tanesi deprem kalan 25 tanesi patlatma, DAT istasyonu kaydı kullanılan toplam 22 olayın, 5 tanesi deprem kalan 17 tanesi patlatma, MLSB istasyonu kaydı kullanılan toplam 62 olayın, 4 tanesi deprem kalan 58 tanesi patlatma, YER istasyonu kaydı kullanılan toplam 146 olayın, 31 tanesi deprem kalan 115 tanesi patlatma olarak tespit edilmiştir (Tablo 5.3).

Tablo 5.3: İstasyonlara göre sismik olayların dağılımı

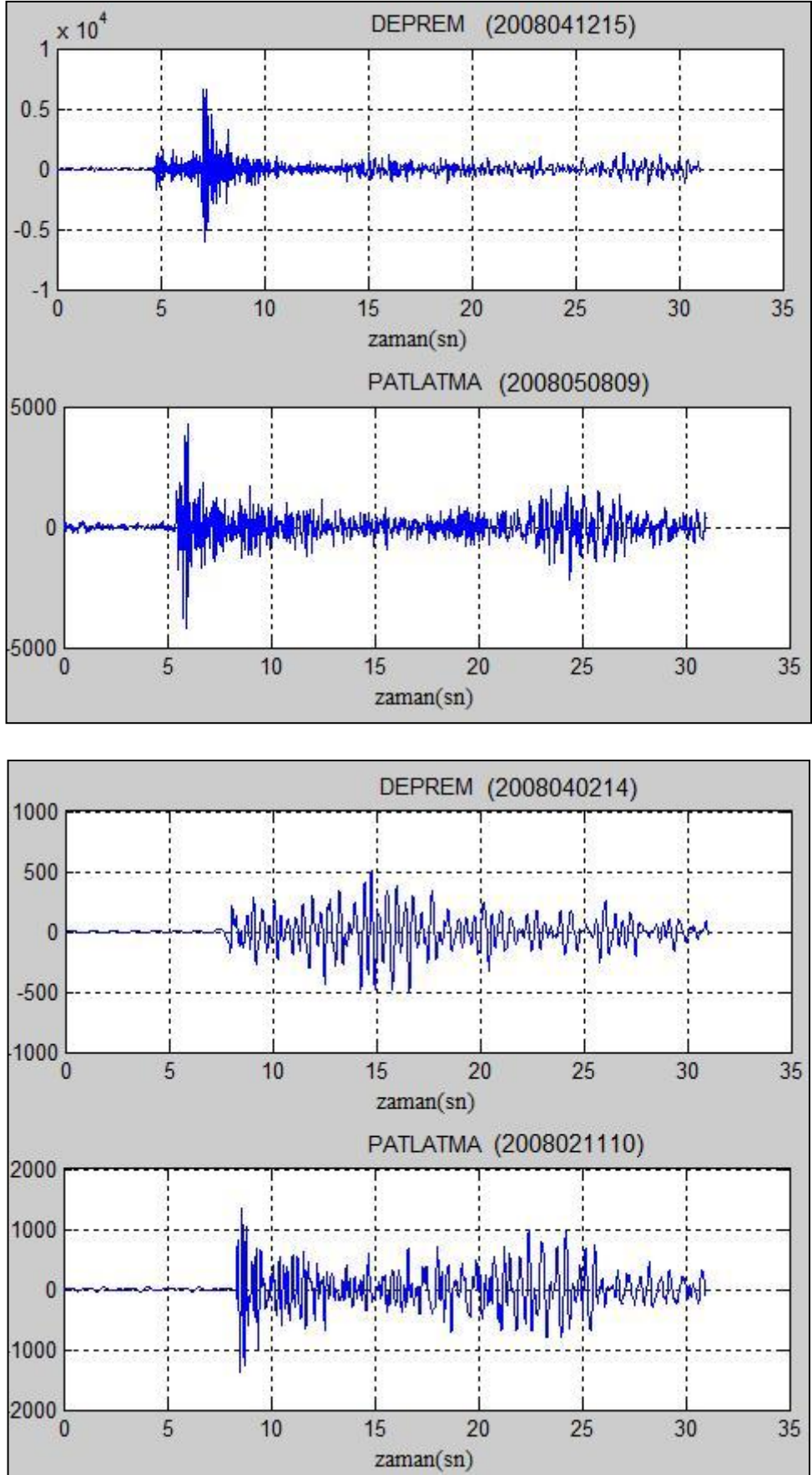
İstasyon	Deprem	Patlatma	Toplam
BODT	3	46	49
DALT	3	25	28
DAT	5	17	22
MLSB	4	58	62
YER	31	115	146

İstasyon bazında ayırım yapıldıktan sonra deprem olarak belirlenen kayıtların tutarlılığı karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda toplam 148 adet sismik olayın 31 tanesi deprem 117 tanesi patlatma olarak belirlenmiştir. Deprem olarak belirlenen sismik olaylar Tablo 5.4’te verilmiştir.

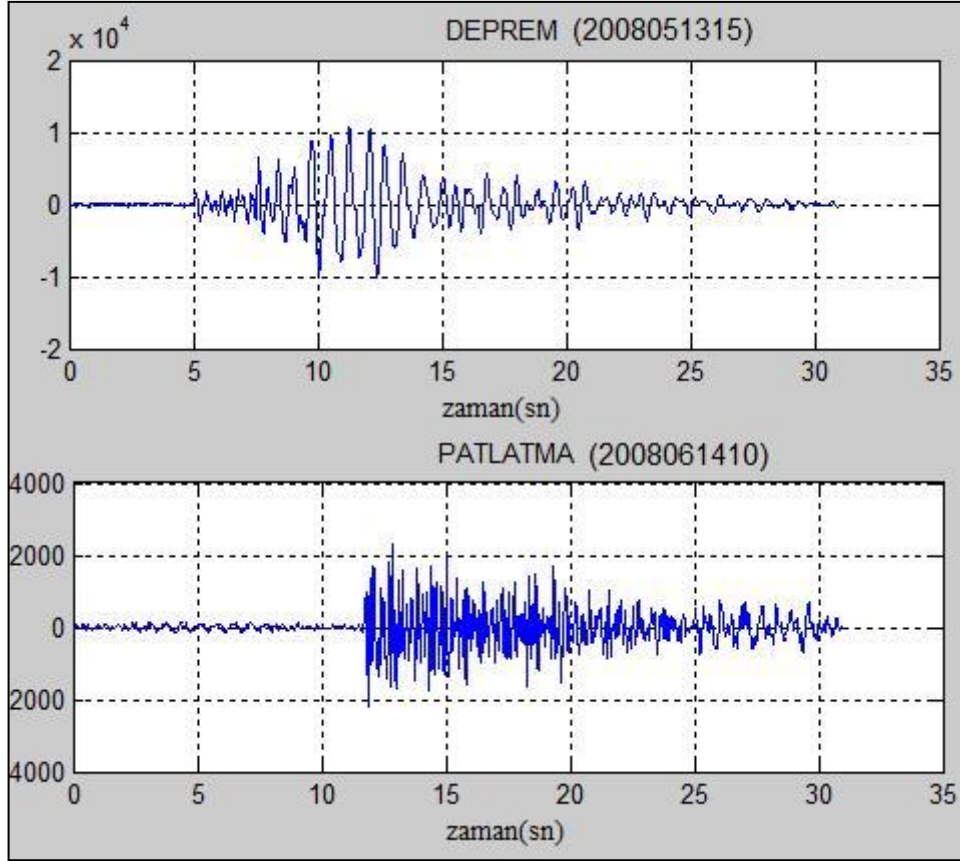
Tablo 5.4: S/P –log S Ayrım analizi sonucunda depremler

Kayıt NO.	TARİH	ZAMAN (GMT)	ENLEM (K)	BOYLAM (D)	MAG. (Md)
2008013013	30.01.2008	13:49:58.71	37.2003	28.2042	2.7
2008020610	06.02.2008	10:18:49.14	37.2803	28.1537	2.4
2008021110	11.02.2008	10:37:24.58	37.2245	28.2228	2.6
2008032810	28.03.2008	10:53:23.13	37.2215	28.226	2.9
2008042415	24.04.2008	15:04:20.60	37.221	28.2123	2.8
2008050715	07.05.2008	15:02:35.08	37.2585	28.2208	2.8
2008050809	08.05.2008	09:25:59.89	37.2333	28.2658	2.8
2008051209	12.05.2008	09:12:01.98	37.1973	28.2147	2.7
2008051315	13.05.2008	15:04:48.29	37.2083	28.2107	2.7
2008051415	14.05.2008	15:03:04.19	37.3177	28.2228	2.6
2008051909	19.05.2008	09:07:33.30	37.2303	28.205	2.9
2008052814	28.05.2008	14:59:17.06	37.2293	28.185	2.6
2008060414	04.06.2008	14:58:11.24	37.239	28.2167	2.7
2008060615	06.06.2008	15:01:09.62	37.231	28.1858	2.7
2008060615	06.06.2008	15:04:06.13	37.2362	28.2072	2.9
2008060909	09.06.2008	09:02:04.33	37.2253	28.2007	2.6
2008061110	11.06.2008	10:04:02.79	37.2238	28.1802	3
2008062415	24.06.2008	15:02:59.73	37.2368	28.1973	2.9
2008063014	30.06.2008	14:58:48.17	37.2085	28.1612	2.1
2008070212	02.07.2008	12:43:51.50	37.2152	28.2088	2.7
2008071409	14.07.2008	09:36:40.65	37.2435	28.2652	2.6
2008071909	19.07.2008	09:09:29.05	37.2102	28.2047	2.7
2008111109	11.11.2008	09:58:01.45	37.2252	28.171	2.6
2008111515	15.11.2008	15:18:17.13	37.2368	28.1663	2.8
2008111610	16.11.2008	10:00:33.82	37.2182	28.1682	2.7
2008112015	20.11.2008	15:17:18.81	37.2195	28.159	2.9
2008112910	29.11.2008	10:55:05.75	37.2198	28.1875	2.6
2008120413	04.12.2008	13:42:25.49	37.2268	28.186	2.8
2008120510	05.12.2008	10:03:03.78	37.2198	28.1668	2.6
2008120610	06.12.2008	10:04:12.30	37.2367	28.1873	2.5
2008122014	20.12.2008	14:54:52.08	37.1845	28.1758	2.7

Şekil 5.10'da, çalışmada deprem olduğu belirlenen kayıtlar ile patlatma olduğu belirlenen kayıtlar için örnekler verilmiştir.



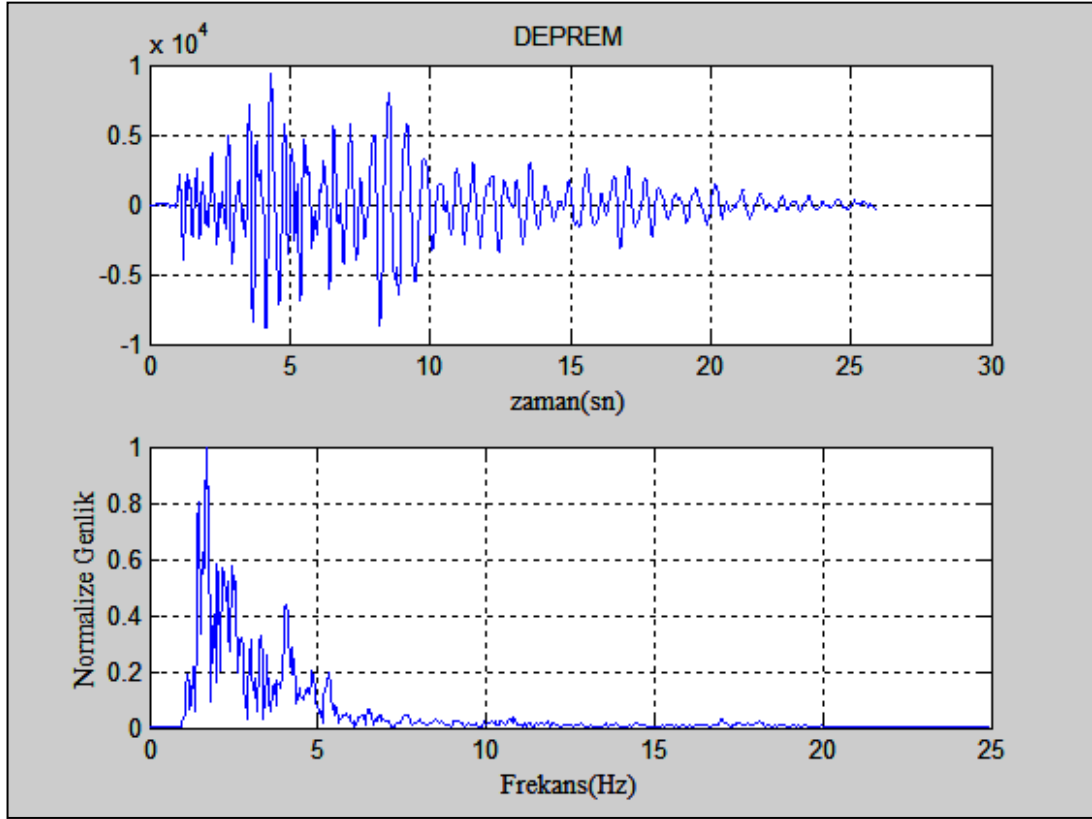
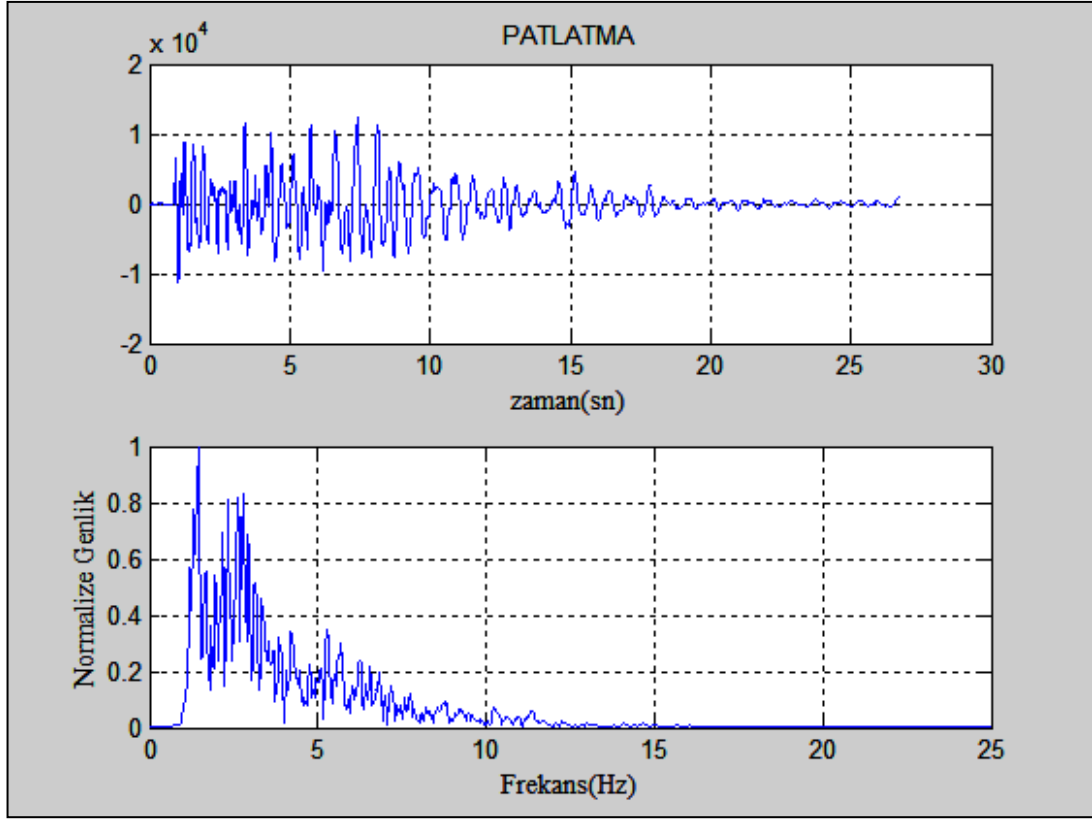
Şekil 5.10: Patlatma ve deprem kayıtları



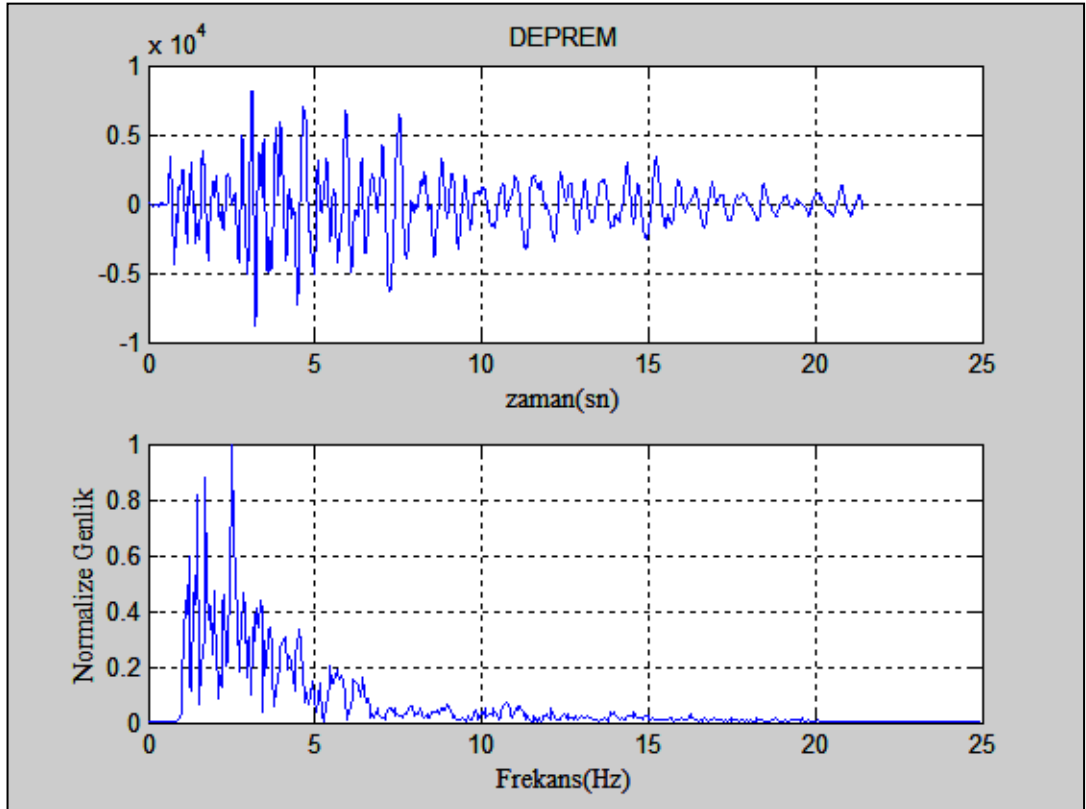
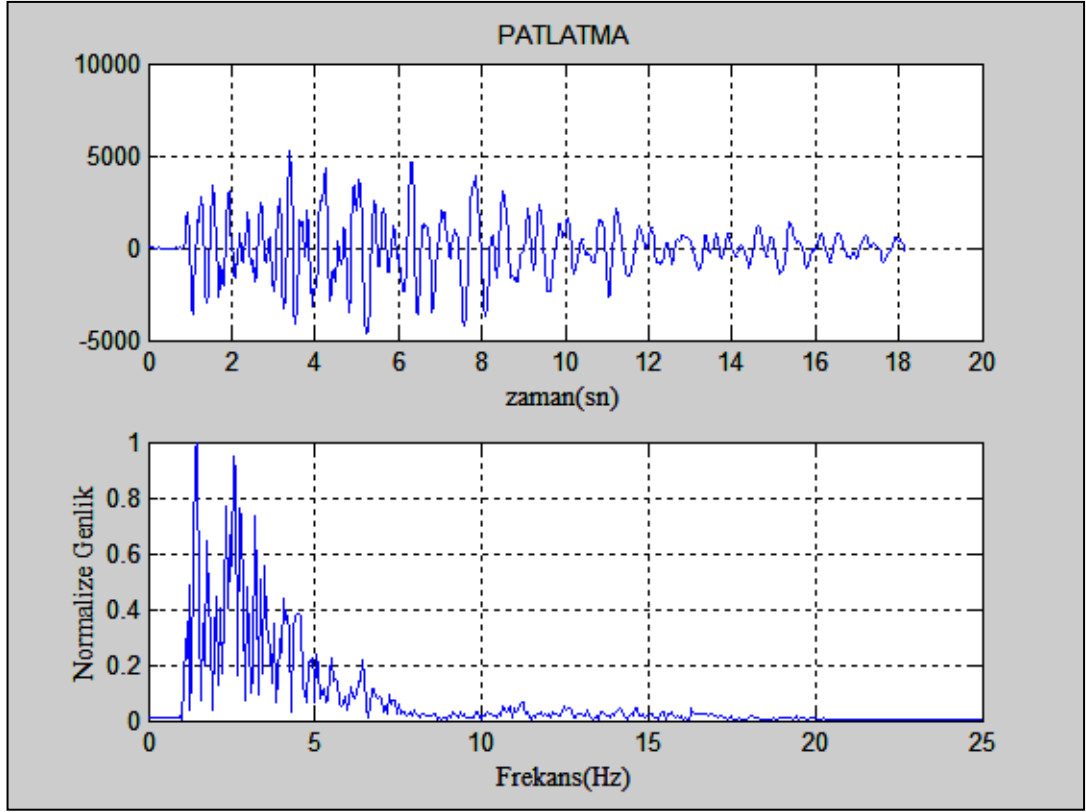
Şekil 5.10 (devamı): Patlatma ve deprem kayıtları

#### 5.4. C-Sr Ayrımı (Karmaşıklık-Spektral Oran)

Karmaşıklık ile spektral oran ilişkisi, deprem ve patlatma verilerinin ayırımında önemli bir metot olarak kullanılmaktadır. Bu ayırım yöntemini kullanabilmek için MATLAB kullanılarak yazılan bir programda tüm verilerin karmaşıklık (C) ve spektral oran (Sr) katsayıları hesaplanmıştır. Yazılan bu programda çizdirilen sismik olayların genlik spektrumları Şekil 5.11’de verilmiştir. C ve Sr’nin hesaplanmasında kullanılan zaman pencereleri;  $t_1-t_2=2-4$  sn,  $t_0-t_1=P$  dalgası başlangıç zamanı-2 sn ve frekans bantları;  $h_1-h_2=5-10$  Hz,  $l_1-l_2=1-5$  Hz’dir.



Şekil 5.11: Patlatma ve deprem kayıtlarının genlik spektrumları



Şekil 5.11 (devamı): Patlatma ve deprem kayıtlarının genlik spektrumları

Tablo 5.5: Hesaplanan C ve Sr değerleri

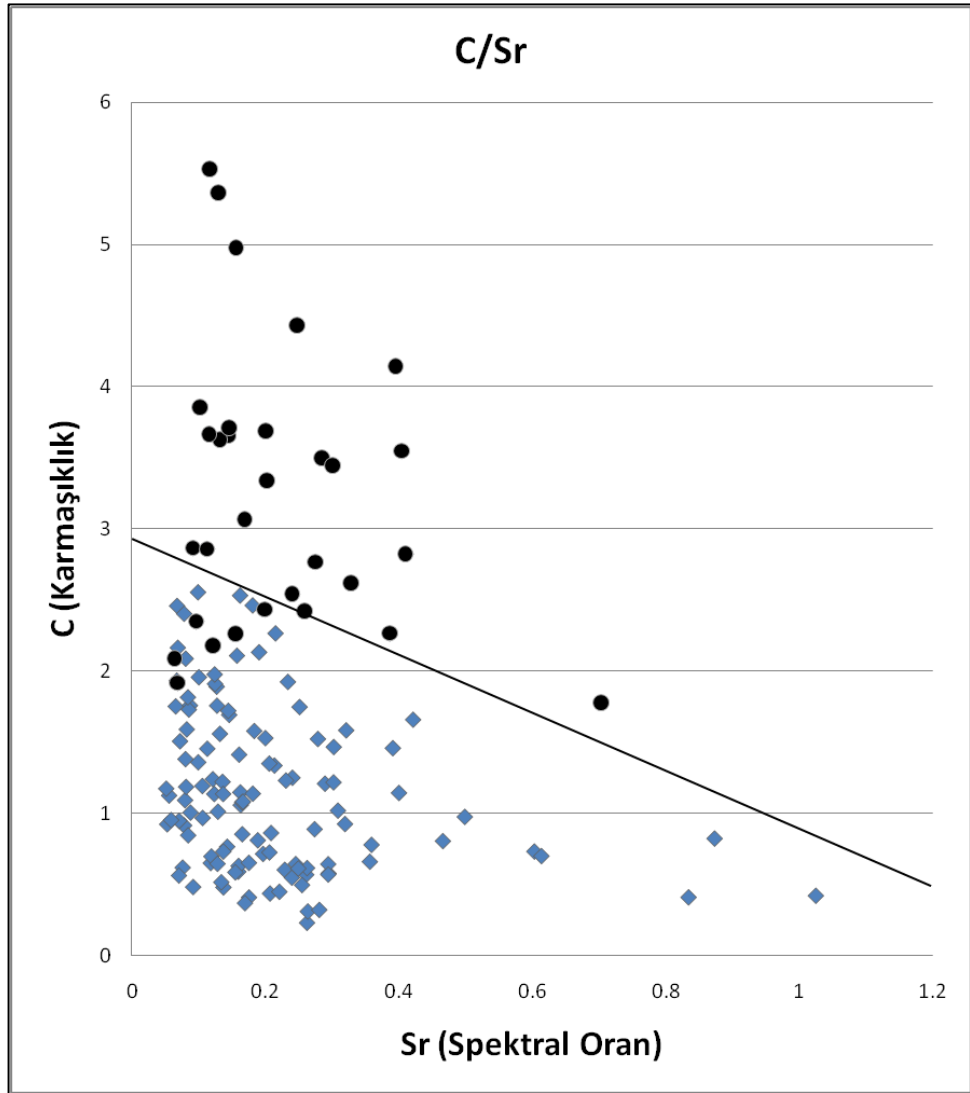
TARİH	ZAMAN (GMT)	YER		DELTA (KM)	TARİH	ZAMAN (GMT)	YER		DELTA (KM)
		C	Sr				C	Sr	
08.01.2008	10:23:37.13	0.4822	0.1369	13.23	01.04.2008	14:57:07.41	1.0792	0.1651	11.81
08.01.2008	10:40:49.40	0.2331	0.2622	20.15	02.04.2008	10:07:12.32	0.3129	0.2634	31.30
11.01.2008	10:01:19.56	0.8072	0.4659	34.19	02.04.2008	14:52:25.78	1.0136	0.1287	13.56
11.01.2008	10:47:34.96	1.7489	0.2511	29.07	09.04.2008	09:06:48.86	1.127	0.0554	13.89
11.01.2008	15:29:08.85	0.5925	0.1593	13.41	10.04.2008	09:23:33.17	1.1455	0.4001	31.07
13.01.2008	10:00:58.07	0.6528	0.1178	10.78	12.04.2008	15:04:42.51	1.3377	0.2134	13.19
13.01.2008	13:01:07.35	1.0602	0.1629	13.03	13.04.2008	09:05:40.44	0.6324	0.1596	12.42
17.01.2008	13:00:05.58	1.1383	0.1231	13.39	15.04.2008	15:07:46.40	1.7311	0.085	11.16
19.01.2008	14:24:44.78	0.8643	0.2084	10.51	17.04.2008	12:55:35.31	0.4122	0.8342	26.83
21.01.2008	14:02:06.84	0.7171	0.1963	16.32	24.04.2008	15:04:20.60	3.6292	0.1315	11.26
30.01.2008	13:49:58.71	3.6557	0.1442	12.44	28.04.2008	09:13:25.83	0.6478	0.128	27.10
30.01.2008	10:01:17.35	0.4849	0.0915	10.27	01.05.2008	09:00:48.88	0.6179	0.2623	27.96
31.01.2008	10:06:23.39	0.6211	0.0757	12.41	03.05.2008	09:05:39.25	0.5805	0.2945	33.10
03.02.2008	12:01:22.64	-	-	32.08	05.05.2008	12:17:03.50	1.66	0.4213	15.42
03.02.2008	15:59:41.78	0.9252	0.0527	11.38	05.05.2008	14:58:48.64	2.5322	0.1618	12.27
04.02.2008	16:00:03.31	0.9167	0.0779	13.59	07.05.2008	15:02:35.08	3.6676	0.1156	14.72
06.02.2008	10:18:49.14	3.5477	0.4039	19.89	08.05.2008	09:25:59.89	3.8545	0.1015	11.01
08.02.2008	12:16:37.95	2.2662	0.215	10.74	12.05.2008	09:12:01.98	2.1821	0.1208	9.34
09.02.2008	10:05:17.37	2.459	0.0674	15.21	13.05.2008	15:04:48.29	4.9768	0.1559	10.50
11.02.2008	10:37:24.58	4.4313	0.2477	11.23	14.05.2008	15:03:04.19	2.8656	0.0916	20.85
12.02.2008	10:07:11.03	1.0073	0.0876	10.99	14.05.2008	15:07:39.32	1.5604	0.1317	20.48
12.02.2008	10:15:22.67	1.1494	0.1623	8.82	16.05.2008	14:55:36.68	1.3519	0.2057	12.60
13.02.2008	13:25:22.09	1.0944	0.0794	11.87	17.05.2008	09:04:14.00	0.5879	0.1548	17.74
14.02.2008	09:38:00.33	0.848	0.084	30.45	19.05.2008	09:07:33.30	5.5291	0.116	12.67
16.02.2008	10:39:02.89	0.9496	0.0705	12.26	19.05.2008	15:08:24.14	1.8915	0.1268	10.95
16.02.2008	10:41:32.53	1.5082	0.0718	10.80	20.05.2008	15:02:02.57	2.1654	0.0685	11.88
20.02.2008	16:00:00.95	1.7536	0.0654	19.19	21.05.2008	09:00:35.16	2.1096	0.1572	12.80
23.02.2008	15:57:34.00	1.7597	0.0867	12.41	23.05.2008	15:03:34.83	2.5547	0.0988	13.16
24.02.2008	10:09:48.54	1.9582	0.1001	15.51	27.05.2008	09:22:00.65	0.6053	0.2288	29.74
24.02.2008	10:25:05.22	1.9253	0.2335	11.60	27.05.2008	09:24:49.66	0.6452	0.294	34.20
24.02.2008	15:57:47.39	1.242	0.121	11.00	28.05.2008	14:59:17.06	3.6899	0.2003	11.61
28.02.2008	10:21:34.45	0.699	0.1189	13.73	28.05.2008	09:01:45.29	0.5652	0.0702	13.71
01.03.2008	10:08:21.99	1.5307	0.1999	13.55	31.05.2008	09:14:39.36	1.6936	0.1455	12.47
01.03.2008	13:00:52.30	0.9697	0.1057	10.58	02.06.2008	13:48:24.99	0.9546	0.0585	13.53
07.03.2008	16:01:03.51	1.223	0.1356	14.09	04.06.2008	14:58:11.24	5.3622	0.1298	29.32
15.03.2008	15:58:07.30	0.781	0.3588	14.22	04.06.2008	09:01:37.50	0.4393	0.2067	14.59
16.03.2008	09:57:29.26	0.5713	0.261	13.73	04.06.2008	09:03:43.43	1.1877	0.081	12.96
17.03.2008	15:59:48.07	2.0885	0.0804	10.02	05.06.2008	09:14:19.27	1.7582	0.1273	28.16
18.03.2008	09:11:04.22	0.518	0.1337	29.65	06.06.2008	15:01:09.62	1.9186	0.0682	13.76
28.03.2008	10:53:23.13	2.4348	0.199	10.94	06.06.2008	15:04:06.13	3.7131	0.1454	13.00

Tablo 5.5 (devamı): Hesaplanan C ve Sr değerleri

TARİH	ZAMAN (GMT)	YER		DELTA (KM)	TARİH	ZAMAN (GMT)	YER		DELTA (KM)
		C	Sr				C	Sr	
07.06.2008	15:01:48.87	1.9345	0.0669	13.89	10.10.2008	13:33:46.94	1.5805	0.1831	6.93
09.06.2008	09:02:04.33	2.3504	0.0962	12.46	15.10.2008	13:34:21.33	0.6462	0.2453	27.63
11.06.2008	10:04:02.79	3.4971	0.2843	13.53	19.10.2008	15:02:14.87	0.4983	0.2548	9.04
12.06.2008	09:04:11.13	1.1755	0.0512	13.69	21.10.2008	13:23:58.18	0.4235	1.025	27.47
14.06.2008	09:20:08.73	0.8248	0.8732	32.17	22.10.2008	13:31:39.83	0.3241	0.2806	17.61
14.06.2008	10:19:36.47	0.7342	0.6031	33.54	22.10.2008	15:02:28.10	0.7336	0.1368	15.56
14.06.2008	10:40:08.25	0.7021	0.6136	31.48	30.10.2008	10:01:23.78	1.0845	0.1662	12.60
14.06.2008	15:03:02.93	1.456	0.1127	13.76	02.11.2008	14:25:12.88	0.4118	0.1753	14.94
16.06.2008	09:01:11.21	1.911	0.1242	12.39	03.11.2008	11:46:04.85	1.9779	0.1237	13.18
24.06.2008	15:02:59.73	2.2618	0.1551	13.72	04.11.2008	11:56:01.21	1.3829	0.08	10.28
28.06.2008	16:43:37.68	0.5506	0.2395	30.53	04.11.2008	13:44:21.01	0.3715	0.1692	15.36
30.06.2008	14:58:48.17	1.7801	0.7029	9.31	09.11.2008	10:26:31.70	1.233	0.2306	16.87
30.06.2008	09:39:20.94	0.8906	0.2736	13.71	11.11.2008	09:58:01.45	2.8244	0.41	14.10
02.07.2008	12:43:51.50	2.091	0.0642	11.04	13.11.2008	12:28:56.83	1.7224	0.1442	12.97
04.07.2008	15:01:02.83	2.404	0.078	13.17	14.11.2008	15:16:13.11	1.5247	0.2785	12.45
07.07.2008	09:17:27.81	0.6624	0.3564	35.99	15.11.2008	15:18:17.13	4.1432	0.3951	14.07
09.07.2008	09:13:43.63	0.5724	0.294	33.25	15.11.2008	10:10:32.06	1.4602	0.3909	15.40
09.07.2008	09:20:35.40	1.8172	0.0837	14.56	16.11.2008	10:00:33.82	2.5434	0.2398	13.86
09.07.2008	15:11:01.18	1.5915	0.0819	13.56	20.11.2008	15:17:18.81	2.2661	0.3862	14.57
14.07.2008	09:36:40.65	2.8588	0.1124	12.04	29.11.2008	10:55:05.75	3.3393	0.2024	12.82
14.07.2008	09:49:57.44	0.9273	0.3191	14.28	02.12.2008	10:18:46.34	1.5851	0.321	15.35
18.07.2008	14:58:09.90	2.4624	0.1808	12.59	04.12.2008	13:42:25.49	2.7679	0.2747	13.40
19.07.2008	09:09:29.05	3.0677	0.1687	10.81	05.12.2008	10:03:03.78	2.4246	0.2583	14.06
21.07.2008	09:02:30.28	1.3609	0.0991	17.28	06.12.2008	10:04:12.30	3.4465	0.3006	14.22
23.07.2008	14:56:09.86	0.7675	0.1425	14.12	20.12.2008	14:54:52.08	2.6195	0.3285	11.04
23.07.2008	15:03:10.79	1.0214	0.3086	29.06	21.12.2008	13:48:02.68	1.1384	0.1365	13.73
27.07.2008	13:33:08.79	0.6547	0.175	32.46	31.12.2008	10:24:32.47	0.6147	0.2491	14.54
02.08.2008	09:01:05.56	1.4683	0.3022	28.92					
02.08.2008	09:07:13.62	0.9774	0.4988	29.96					
02.08.2008	09:10:22.06	1.2109	0.2891	36.00					
06.08.2008	09:00:11.20	0.7273	0.2059	12.66					
08.08.2008	09:03:18.92	1.1404	0.181	13.93					
08.08.2008	09:09:29.54	1.2518	0.2403	10.77					
08.08.2008	09:48:39.97	1.4142	0.1604	15.71					
12.08.2008	09:00:59.97	1.194	0.1053	26.85					
14.08.2008	09:07:54.95	0.8555	0.1651	12.28					
14.08.2008	09:15:37.52	2.1334	0.1903	10.52					
15.08.2008	09:20:25.23	0.8129	0.1884	15.40					
28.08.2008	10:09:58.15	1.2196	0.302	20.86					
09.10.2008	13:28:31.81	0.451	0.2207	12.67					



Hesaplanan C ve Sr değerleri Tablo 5.5'te verilmiştir. Elde edilen tüm katsayılar grafiklendiğinde, 1. yöntemde deprem olarak belirlenen 31 sismik olayın 26 tanesinin bu yöntemde de deprem olduğu ortaya koyulmuştur. Kalan 5 depremin kayıtları tekrar incelenerek ilk hareket yönlerine, dalga şekillerine ve frekans içeriklerine bakılmış ve deprem olarak kabul edilmiştir.

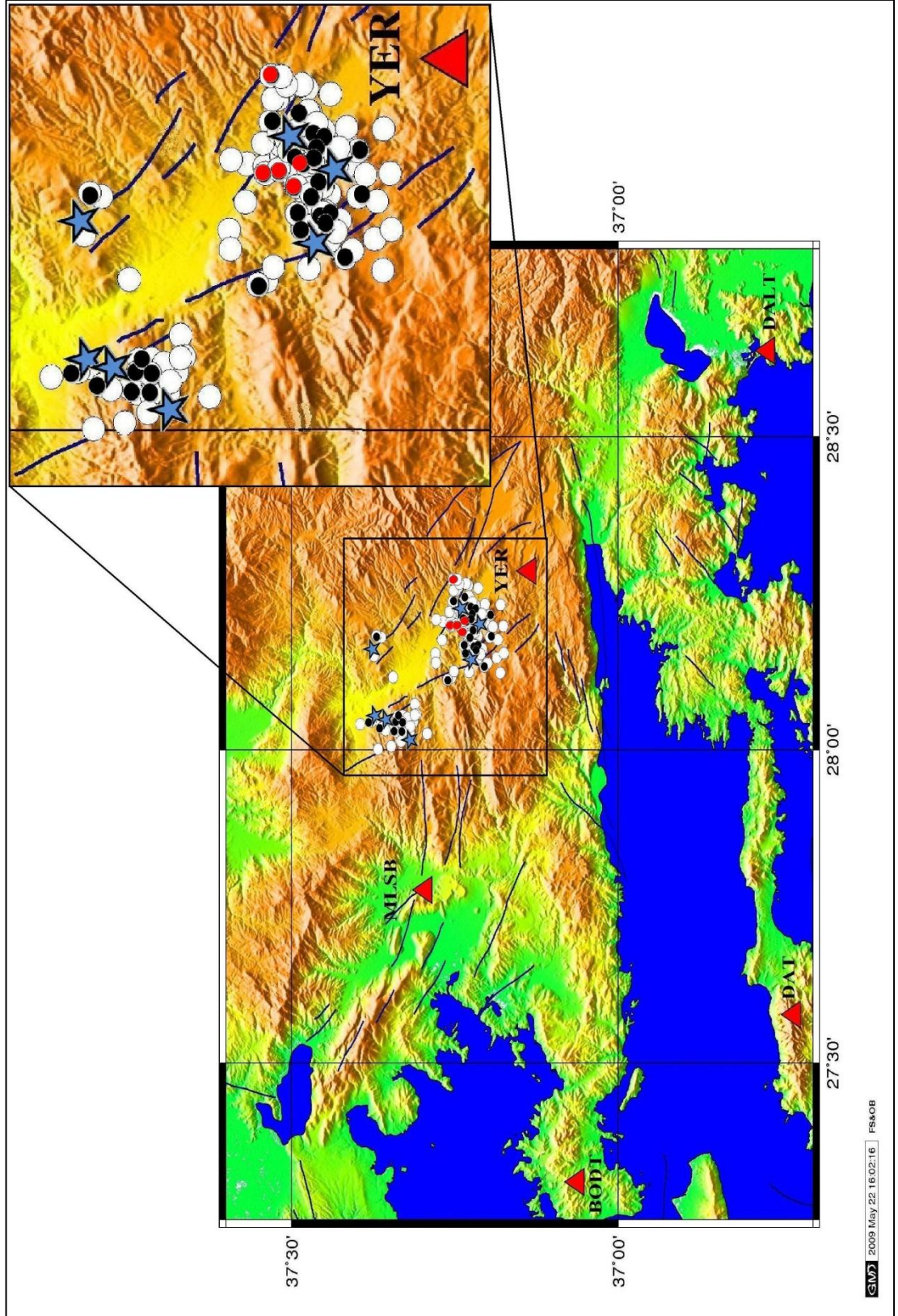


şekil 5.12: C-Sr dağılımı (siyah daireler depremleri, mavi karolar ise patlatmaları gösterir)

şekil 5.12'de, siyah daireler yapılan S/P – log S uygulamasından elde edilen depremleri, mavi karolar ise patlatmaları temsil etmektedir. İlk uygulama sonucunda deprem olarak belirlenen olayların ikinci uygulama ile tutarlığı % 83.87 olarak belirlenmiştir. Tablo 5.6' da iki ayırım metodu sonucunda verilen depremler şekil 5.13'da harita üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 5.6: İki ayırım metodu sonucunda deprem olarak belirlenen sismik olaylar  
(Kırmızı renkle yazılan sismik olaylar ilk yöntemde deprem olarak belirlenmiş ancak ikinci yöntemde turtalılık göstermemiş olaylardır)

Kayıt NO.	TARİH	ZAMAN (GMT)	ENLEM (K)	BOYLAM (D)	MAG. (Md)
2008013013	30.01.2008	13:49:58.71	37.2003	28.2042	2.7
2008020610	06.02.2008	10:18:49.14	37.2803	28.1537	2.4
2008021110	11.02.2008	10:37:24.58	37.2245	28.2228	2.6
2008032810	28.03.2008	10:53:23.13	37.2215	28.226	2.9
2008042415	24.04.2008	15:04:20.60	37.221	28.2123	2.8
2008050715	07.05.2008	15:02:35.08	37.2585	28.2208	2.8
2008050809	08.05.2008	09:25:59.89	37.2333	28.2658	2.8
<i>2008051209</i>	<i>12.05.2008</i>	<i>09:12:01.98</i>	<i>37.1973</i>	<i>28.2147</i>	<i>2.7</i>
2008051315	13.05.2008	15:04:48.29	37.2083	28.2107	2.7
2008051415	14.05.2008	15:03:04.19	37.3177	28.2228	2.6
2008051909	19.05.2008	09:07:33.30	37.2303	28.205	2.9
2008052814	28.05.2008	14:59:17.06	37.2293	28.185	2.6
2008060414	04.06.2008	14:58:11.24	37.239	28.2167	2.7
<i>2008060615</i>	<i>06.06.2008</i>	<i>15:01:09.62</i>	<i>37.231</i>	<i>28.1858</i>	<i>2.7</i>
2008060615	06.06.2008	15:04:06.13	37.2362	28.2072	2.9
<i>2008060909</i>	<i>09.06.2008</i>	<i>09:02:04.33</i>	<i>37.2253</i>	<i>28.2007</i>	<i>2.6</i>
2008061110	11.06.2008	10:04:02.79	37.2238	28.1802	3
<i>2008062415</i>	<i>24.06.2008</i>	<i>15:02:59.73</i>	<i>37.2368</i>	<i>28.1973</i>	<i>2.9</i>
2008063014	30.06.2008	14:58:48.17	37.2085	28.1612	2.1
<i>2008070212</i>	<i>02.07.2008</i>	<i>12:43:51.50</i>	<i>37.2152</i>	<i>28.2088</i>	<i>2.7</i>
2008071409	14.07.2008	09:36:40.65	37.2435	28.2652	2.6
2008071909	19.07.2008	09:09:29.05	37.2102	28.2047	2.7
2008111109	11.11.2008	09:58:01.45	37.2252	28.171	2.6
2008111515	15.11.2008	15:18:17.13	37.2368	28.1663	2.8
2008111610	16.11.2008	10:00:33.82	37.2182	28.1682	2.7
2008112015	20.11.2008	15:17:18.81	37.2195	28.159	2.9
2008112910	29.11.2008	10:55:05.75	37.2198	28.1875	2.6
2008120413	04.12.2008	13:42:25.49	37.2268	28.186	2.8
2008120510	05.12.2008	10:03:03.78	37.2198	28.1668	2.6
2008120610	06.12.2008	10:04:12.30	37.2367	28.1873	2.5
2008122014	20.12.2008	14:54:52.08	37.1845	28.1758	2.7



Şekil 5.13: Depremler ve patlatmalar (kırmızı üçgenler deprem istasyonları, mavi yıldızlar ocakları, beyaz daireler patlatmaları, siyah daireler depremleri, kırmızı daireler uymayan sismik olayları gösterir)

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi'nin Bodrum, Dalyan, Datça, Milas ve Yerkesik istasyonlarına ait veriler kullanılarak doğal kaynaklı sismogramlar ile yapay kaynaklı sismogramlar birbirinden ayırt edilmiştir. Birçok araştırmacı sismik olayların kaynak tipinin belirlenmesi için çalışmalar yapmıştır. Çalışmada verilerin toplanması ve süzülmesinden sonra, S dalgası genliğinin P dalgası genliğine oranının S dalgasının logaritması ile karşılaştırılması yöntemi ve C-Sr karşılaştırması kullanılarak, çalışma alanında gerçekleşen 148 adet sismik olayın kaynak tipinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma alanında birçok maden ve taş ocağı da bulunmaktadır. Bir kısmı Güney Ege Linyit İşletmeleri'ne ait olan bu madenlerin bir kısmı ise irili ufaklı taş, kömür ve mermer ocaklarıdır. Bu maden ve taş ocaklarının belli başlı olanları Eskihisar, Tınaz, Bağkaya, Sekköy, İkizköy, Hüsamlar ve Ermaş ocaklarıdır. Güney Ege Linyit İşletmeleri'ne bağlı bu madenlerin toplam rezervi yaklaşık 430 milyon ton civarında olmakla birlikte bu rezervin yaklaşık %50'si üretilmiş durumdadır.

Sonuç olarak üzerinde çalışılan 148 sismik olayın 31 tanesi deprem olarak, 117 tanesi patlatma olarak tespit edilmiştir. Bu tespitin doğruluğunu pekiştirmek amacıyla verilere bir diğer ayırım metodu olan C-Sr karşılaştırması metodu uygulanmış ve bu 31 adet depremin 26 tanesi deprem olarak belirlenerek % 83.87 oranında tutarlılık sağlanmıştır. Kalan 5 depremin kayıtları tekrar incelenerek ilk hareket yönlerine, dalga şekillerine ve frekans içeriklerine bakılmış ve deprem olarak kabul edilmiştir. Yapılacak çalışmalarda, kaynak tipi ayırımı analizinde başarı oranını yükseltmek için daha fazla yöntemin ardarda uygulanması önerilmektedir. Uygulanan yöntem sayısının artması veri seçilmesinde ve işlenmesinde yapılan hataları da minimuma indirecektir. Herhangi bir sismik ağda kaydedilen olayların kataloglara hatalı geçmemesi için ayırım analizi kesinlikle yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

Bonner, J. L., Harkrider, D. G., Herrin, E. T., “Evaluation of Short-Period, Near-Regional  $M_s$  Scales for the Nevada Test Site”, *Bulletin of the Seismological Society of America Vol. 93 No. 4, 1773-1791*, (2003).

Baumgardt, D. R., Young, G. B., “Regional Seismic Waveform Discriminants and Case-Based Event Identification Using Regional Arrays”, *Bulletin of the Seismological Society of America Vol. 80 No. 6, 1874-1892*, (1990).

Gündüz, H., Güney, B. A., Küsmezer, A., Bekler, F., Ögütçü, Z., “Contamination of Seismicity Catalogs by Quarry Blast: An Example From İstanbul and Its Vicinity, Northwestern Turkey”, *Journal of Asian Earth Sciences* 34 90-99 (2009).

<http://barbar.koeri.boun.edu.tr/sismo/zKDRS/zzTRsurekliData.asp>, (**Ziyaret Tarihi: 14 Ocak 2009**).

<http://sismo.deprem.gov.tr>, (**Ziyaret Tarihi: 19 Aralık 2008**)

<http://www.deprem.gov.tr/deprem.htm>, (**Ziyaret Tarihi: 24 Aralık 2008**)

<http://www.geli.gov.tr/>, (**Ziyaret Tarihi: 22 Mart 2009**)

<http://www.koeri.boun.edu.tr/>, (**Ziyaret Tarihi: 14 Ocak 2009**).

<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/default.htm>, (**Ziyaret Tarihi: 14 Ocak 2009**).

<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/map/tr/20090901111628.html>, (**Ziyaret Tarihi: 14 Ocak 2009**).

[http://www.mta.gov.tr/v1.0/haritalar/jeoloji\\_haritalari/image/denizli.html](http://www.mta.gov.tr/v1.0/haritalar/jeoloji_haritalari/image/denizli.html), (**Ziyaret Tarihi: 14 Aralık 2008**).

[http://www.yapiworld.com/deprem/Richter\\_detay.asp](http://www.yapiworld.com/deprem/Richter_detay.asp), (**Ziyaret Tarihi: 24 Aralık 2008**).

Kafka, A. L., “ $R_g$  as a Depth Discrimination For Earthquakes and Explosions: A Case Study in New England”, *Bulletin of the Seismological Society of America Vol. 80 No. 2, 373-394*, (1990).

Kim, S. G., “Discrimination of Underground Explosions From Microearthquakes Through The Pure-Continental Path”, *J. Eng. Geol.*, 4, 29-42, (1994).

Kim, S. G., Park, Y. C., Kim, W. Y., “Discrimination of Small Earthquakes and Artificial Explosions in the Korean Peninsula Using Pg/Lg Ratios”, *Geophys. J. Int.* **134**, 267-276, (1998).

Kim, W. Y., Sipmson, D. W., Richards, P. G., “Discrimination of Earthquakes and Explosions in the Eastern United States Using Regional High-Frequency data”, *Geophysical Research Letters* vol. **20**, no. **14**, p. 1507-1510, (1993).

Koch, K., “Seismic Event Identification of Earthquake and Explosions in Germany Using Spectral Lg Ratios”, *Pure and Applied Geophysics*, **159**, 759-778, (2002).

Köken, M., “Aydın İli Çevre Durum Raporu”, *T.C. Aydın Valiliği Çevre ve Orman Müdürlüğü*, (2007).

Ringdal, F., “Seismological Verification of Comprehensive Test Ban Treaty”, paper presented in *Workshop on Seismological Verification of a Comprehensive Test Ban Treaty*, June 4-7, Oslo, Norway (1985).

Su, F., Aki, K., Biswas, N. N., “Discriminating Quarry Blasts From Earthquakes Using Coda Waves”, *Bulletin of the Seismological Society of America* Vol. **81** No.1, 162-178, (1991).

Stevens, J. L., Day, S. M., “The Physical Basis of  $m_b:M_s$  and Variable Magnitude Methods for Earthquake/Explosion Discrimination”, *Journal of Geophysical Research*, Volume **90**, Issue **B4**, p. 3009-3020, (1985).

Sykes, L.R., Evernden, J.F., Cifuentes, I. L., Conference Proceeding, *American Institute of Physics*, 104, pp. 85-133, (1983).

Şenyürek, B., “Muğla İli Çevre Durum Raporu”, *T.C. Muğla Valiliği Çevre ve Orman Müdürlüğü*, (2004).

Wüster, J., “Discrimination of Chemical Explosions and Earthquakes in Central Europe – A Case Study”, *Bulletin of the Seismological Society of America* Vol. **83**, 184-1212, (1993).

Zhou, R. M., Stump, B. W., Hayward, C. T., “ $M_s:m_b$  Discrimination Study of Mining Explosions in Wyoming, USA, and in QianAn, China”, *Bulletin of the Seismological Society of America* Vol. **96** No.5, 1742-1752, (2006).

## **ÖZGEÇMİŞ**

1983 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2001 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği bölümünden 2006 yılında mezun oldu. 2006 yılından bu yana çeşitli özel sektörlerde çalışmaktadır.