

ANADOLU KAVAĞINDA YAPILAN TAŞOCAĞI PATLATMALARINDAN ELDE EDİLEN SİSMİK KAYITLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

C. Gürbüz

İ.T.Ü. Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü

S. B. Üçer

B.Ü. Kandilli Rasathanesi

ABSTRACT

Explosions which were made at Anadolu Kavağı in 1980 were recorded by the seismic stations which were installed around Marmara region. First arrival times of P-waves were used in the interpretation of the seismic records whose signal to noise ratios are high. At the top of the crust there is a sedimentary layer with a P-wave velocity of 4.01 ± 0.17 km/sec. The analysis also reveals that the material beneath the upper refractor and beneath the Moho discontinuity to have velocities 5.75 ± 0.13 and 7.95 ± 0.10 km/sec, respectively. The average thickness of the crust is 25 km. There is not a distinct discontinuity between the granitic and basaltic layers.

When the seismic recordings of stations along the SE and SW directions were considered separately, Pn velocity was found different. This difference shows existence of a complex crustal structure beneath the Marmara region, anizotropy along the Moho discontinuity and variation in the thickness of the crust.

ÖZET

1980 yılında Anadolu Kavağında yapılan taşocağı patlatmaları, Marmara bölgesinin çevresinde kurulmuş bulunan deprem istasyonları tarafından kayıt edilmiştir. Sinyal-gürültü oranı yeterli seviyede olan kayıtlardaki P- dalgalarının ilk geliş zamanları değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeye göre Marmara bölgesinde, üstte 2 km kalınlığında ve hızı 4.01 ± 0.17 km/sn olan tortul bir tabaka, altta 23 km kalınlığında ve hızı 5.75 ± 0.13 km/sn olan ikinci bir tabaka ve Moho süreksizliğindeki hızı 7.95 ± 0.10 km/sn olan bir kabuk yapısı mevcuttur. Granit ve bazalt tabakaları arasında belirgin bir süreksizliğe rastlanamamıştır.

İki ayrı yönde gruplaşmış bulunan istasyon kayıtlarından elde edilen zaman-uzaklık değerlerinin değerlendirilmesi sonucu, Pn dalga hızının farklı olduğu görülmüştür. Bu farklılık bölgede karmaşık bir yapının varlığını, Moho süreksizliğinin anizotropik bir özellik taşıdığını ve kabuğun kalınlığının değiştiğini göstermektedir.

I GİRİŞ

Anadolu Kavağının Acar burnu civarında bir liman inşaatına taş sağlamak amacıyla muhtelif tarihlerde yapılan dört taş ocağı patlatmalarından elde edilen sismik kayıtlar, Marmara bölgesinin altındaki yer kabuğunun yapısını araştırmak için kullanılmıştır. Bu taş ocağı patlatmaları, Marmara bölgesinde deprem kayıtları için kurulmuş bulunan deprem istasyonları tarafından kayıt edilmiştir.

Elde edilen kayıtlar iki gruba ayrılarak değerlendirilmiştir. Birinci gruba $100^{\circ} - 145^{\circ}$ lik azimutlar arasında yer alan istasyon verileri girmektedir. Bu istasyonlar, Karadeniz ile Marmara denizinin doğusunda yer almaktadır. İkinci grubu ise $180^{\circ} - 270^{\circ}$ lik azimutlar arasında kalan deprem istasyonlarından elde edilen veriler oluşturmaktadır. Bu son gruba giren istasyonlar ile patlatma noktası arasında Marmara denizi yer almaktadır. Bu çalışmada ayrıca bütün istasyon kayıtları da gözönüne alınarak bir değerlendirme yapılmıştır.

Marmara bölgesi, geniş bir graben sistemini içine alan, tektonik bakımdan oldukça etkin bir bölgemizdir. Bir yandan graben sisteminin bağlı bulunduğu tansiyon rejimi ve diğer yandan da bu bölgede iki kola ayrılan Kuzey Anadolu Fayının makaslama hareketleri, bölgede karmaşık bir kabuk yapısının oluşmasına neden olmuştur. Kuzey Anadolu Fayı Marmara denizine yaklaştıkça belirginliğini kaybetmektedir. Marmara denizinden sonra ise uzantısının olup olmadığı veya başka bir fay sistemi ile bağlantılı olup olmadığı belli değildir. Kuzey Anadolu Fayı Marmara denizine yaklaştığında iki kola ayrılır (Ketin, 1968). Bunlardan bir tanesi Marmara denizinin güney kenarı boyunca doğu batı yönünde uzanır. Diğeri ise Marmara denizinin ortasından geçmektedir.

2. DAHA ÖNCE YAPILAN JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Kenar (1978) İ.T.Ü. istasyonunda kaydedilen üç bileşen uzun periyod kayıtlarından elde edilen Pg dalgalarının spektral oranlarını kullanarak İstanbul çevresinde yer kabuğunun kalınlığını, Doğu-Batı doğrultusunda 30 km ve Kuzey-Doğu doğrultusunda ise 25-26 km olarak bulmuştur. Kuzey Anadolu fayının kuzeyinde kabuk kalınlığının, fayın güneyine göre daha ince olduğunu Canitez (1962) Kuzey Anadolu Fayını Kuzey-Güney doğrultusunda kesen gravite profilleri üzerine yaptığı bir çalışmada göstermiştir. Ege denizinde olan depremlerin İ.T.Ü. deprem istasyonundaki kayıtlarını inceleyen Ezen (1979) yüzey dalgalarında, güney Ege'den gelen deprem kayıtlarında girişim olayının olmadığı, buna karşılık kuzey Egeden gelen deprem kayıtlarında ise girişim olayının bulunduğunu saptamıştır. Sismik yüzey dalgalarının yayının doğrultusu boyunca girişim göstermesi, yer kabuğunun kalınlığında önemli değişimler olduğunu göstermektedir.

İlkışık (1980) Trakya'da Kuzey-Güney doğrultusunda aldığı manyetotellürik ölçülerin değerlendirilmesinden, kabuk kalınlığının Kuzeyden, Marmara denizinin kuzey kenarında yer alan Tekirdağ iline kadar değiştiğini ve burada kabuk kalınlığının 32-35 km olduğunu bulmuştur. Kabuğun yapısını, üstte tortul ortada granit ve altta bazalt olmak üzere üç tabaka olarak saptamıştır. Gürbüz ve diğ. (1980) Adapazarında yapılan bir taş ocağı patlatmasını Kuzey-Güney doğrultusunda yerleştirilmiş istasyonlarda kayıt ederek, kabuk kalınlığını Adapazarı civarında 28 km bulmuşlardır. P dalga hızlarını üst tabakada 5.4 km/sn ve Moho sınırında ise 8.1 km/sn olarak saptamışlardır.

Crampin ve diğ. (1975) Marmara denizinin çevresinin depremselliğini incelerken, depremlerin iç merkezlerini tayin etmek için kullanacakları hız yapısını dört depremin kaydından elde edilen 35 sismik verinin zaman terimlerini kullanarak bulmuşlardır. Bütün istasyonların altında her bir tabakaya olan zaman terimlerini aynı olarak Çizelge 1. de verilen hız yapısını bulmuşlardır.

Çizelge 1. 35 geliş zamanından elde edilen olası kabuk yapısı.

	Tabaka 1	Tabaka 2	Manto
Hız (km/sn)	5.8-6.0	6.1	8.1
Kalınlık (km)	18-24	18-24	-

Crampin ve diğ. (1985) İzmit'in Güney Doğusunda Serindere'de yapılan taş ocağı patlatmalarını kullanarak İzmit bölgesinde kabuğun üst kısmındaki hız yapısını belirleyerek yerel depremlerin episantrlarını tayin etmişlerdir. Kullandıkları hız modeli, yüzey tabakaları için 5.1 km/sn ve altındaki tabakaların hızı için de 5.7 km/sn dir. Tortul tabakanın kalınlığını ise 1 km olarak bulmuşlardır.

Daha önce yapılan Jeofizik çalışmalardan görüleceği gibi her bir bölge için farklı hız yapıları bulunmuştur. Kabuktaki hız yapısının bölgelere göre değişik değerler alması, Marmara bölgesindeki yerkabuğunun yapısının homojen olmadığını başka deyişle yanal ve düşey yönde kabuk yapısında değişmelerin olduğunu ortaya koymaktadır.

3. VERİLERİN TOPLANMASI VE ANALİZİ

Anadolu Kavağının Acar burnu mevkiinde taş çıkarmak amacıyla yapılan patlatmalar (çizelge.2), Marmara denizi çevresinde yerleştirilmiş bulunan deprem istasyonları tarafından kayıt edilmiştir. T şeklinde açılmış bulunan galerilerde değişik tarihlerde dört patlatma yapılmıştır. Bu patlatmalarda kullanılan patlayıcı miktarlarının değişik değerlerde olması nedeniyle bazı patlatmalarda uzak istasyonlara yeterli enerji erişemediği için kayıt alınamamıştır. Bu nedenle, her bir patlatmanın tüm deprem istasyonlarında kayıtları elde edilememiştir.

Çizelge 2 : Anadolu Kavağında yapılan patlatmalar ve bu patlatmaların oluş zamanları ile patlayıcı miktarları

Patlatmalar	Tarih	Patlatma Zamanı			Pat. Miktarı (kg)
		(s)	(dk)	(sn)	
1	7. 5.1980	14	16	05.89	12.000
2	2.10.1980	11	12	15.00	10.200
3	7.11.1980	12	31	25.06	2.300
4	29.12.1980	12	14	11.91	8.500

Patlatma zamanı Watonebe kayıtcısı ile patlatma yerinden yaklaşık 300 m uzaklıkta bir noktada yapılmıştır. Bir düşey ve bir de yatay sismometre patlatmadan uzak emin bir yere konmuştur. Kayıt hızı 1 cm/sn olacak şekilde düzenlenmiş ve patlatma zamanı yüzde bir saniye doğrulukla okunabilmektedir. Birinci patlatma için yapılan bu kayıt, diğer patlatmalar için yenilenmemiştir. Patlatma noktasından yaklaşık 9 km. uzaklıkta bulunan ISK istasyonundaki kayıt esas alınarak diğer patlatmaların patlatma zamanları hesaplanmıştır.

İstasyonların tümü düşey bileşen sismograf sistemleri ile donanmış olup, sadece ISK ve İTÜ üç bileşen sismograf kaydı almaktadırlar. Klasik anlamda çalışan deprem istasyonlarındaki kayıt hızı 60 mm/dak olduğundan sismogramlar sayısal duruma dönüştürülmemiş, sadece ilk geliş zamanları alınmıştır. Bazı istasyonlarda, S dalgalarının geliş zamanları doğrulukla okunmuş olmakla beraber, yeterli bir veri sayısı olmadığı için değerlendirilmede gözönüne alınmamıştır.

Şekil 1. de de görüleceği gibi patlatmaları kayıt eden istasyonlar, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi (ISK) ve Maden Tetkik ve Arama Enstitüsüne (MTA) aittir. Deprem kayıt istasyonları patlatma noktasına göre farklı yüksekliktedirler (Çizelge 3). Yükseklik farkından dolayı meydana gelecek hataları gidermek için, patlatma noktası ve kayıt istasyonları deniz seviyesine indirgenmiştir. Bu indirgenmenin getirdiği yükseklik düzeltmesi hesaplanmış ve geliş zamanlarından çıkarılmıştır. Yükseklik düzeltmesi değerleri 0.016 sn ile 0.425 sn arasında değişmektedir. Çizelge 4. de ilk geliş zamanları verilmiştir. Elde edilen varış zamanlarından yükseklik düzeltmesi değerleri çıkarılarak, zaman-uzaklık grafiği oluşturulmuştur. Birden fazla patlatmayı kayıt eden istasyonlarda, ilk gelen dalganın daha belirgin ve okuma hatası en düşük olan kaydın ilk geliş zamanı, zaman-uzaklık grafiğinin oluşturulmasında gözönüne alınmıştır.

4. DEĞERLENDİRME

Elde edilen varış zamanlarına yükseklik farklılıklarından ileri gelen düzeltmeler de uygulandıktan sonra, zaman-uzaklık grafiği çizilmiştir (Şekil 2.a). İlk olarak her istasyona

Çizelge 3 : P–dalgalarının kayıt edildiği istasyonlardaki varış zamanları
(yükseklik düzeltmesi uygulanmamıştır.)

İstasyon	Patlatma(1)	Patlatma (2)	Patlatma(3)	Patlatma(4)
ISK	11 46 08.25	11 12 17.36	12 31 27.42	12 14 14.27
İTÜ	09.08	18.20	28.40	15.30
GBZ	14.50 (60)	23.70	—	20.60
CTT	15.38	24.70	34.69	21.33
HRT	—	26.40	36.40	—
KMS	18.30	—	—	—
KAN	—	—	—	27.60
DMT	—	—	—	29.20
IZN	22.80	—	—	29.56
BKT	—	34.60	—	—
TAS	25.80	35.20	—	—
DMK	28.20	37.20	—	33.60
EDC	28.90	38.00	—	34.70
GPA	29.80	39.60	—	36.20
AKY	30.70	—	—	—
MFT	—	40.86	—	37.61
PAK	—	42.70	—	—
GET	33.57	—	—	—
MUD	38.90	45.80	—	—

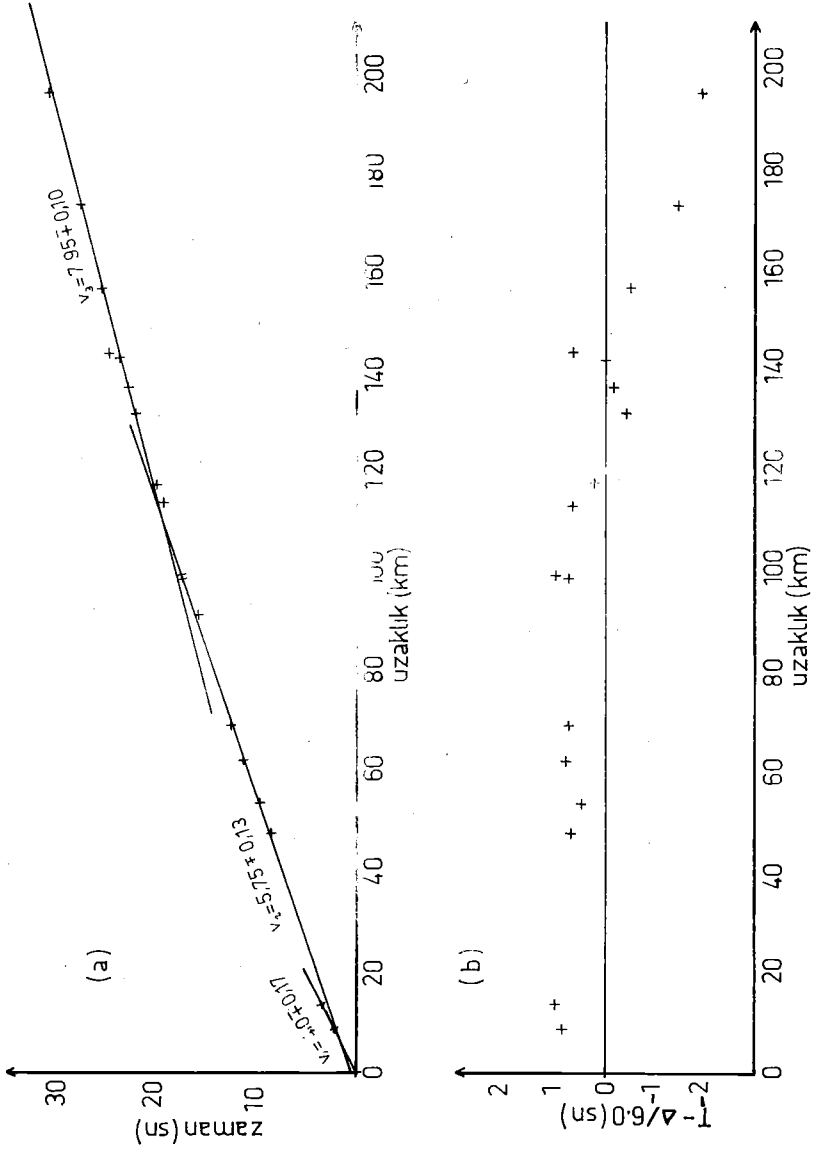
ait düzeltilmiş varış zamanlarının uzaklığa göre çizimi değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda üç tabakalı bir yapı ortaya çıkmıştır. En üstte kalınlığı 1.8 km. ve P–dalga hızı 4.01 ± 0.17 km/sn olan tortul bir tabaka, altında 22.8 km kalınlığında ve P–dalga hızı 5.75 ± 0.13 km/sn olan ikinci bir tabaka vardır. Moho süreksizliğinin altındaki hız ise 7.95 ± 0.10 km/sn dir. Anadolu Kavağının altındaki kabuğun ortalama kalınlığı 24.6 km dir.

İndirgenmiş zaman uzaklık grafiği, indirgeme hızı kabuğun ortalama hızı olan 6 km/sn alınarak elde edilmiştir (Şekil 2.b). Bu grafikten üç tabakalı bir yapının olduğu daha açık bir şekilde görülmektedir. Ayrıca sükesizliklerin düzgün olmadığı da ortadadır. Eğimli ve engebeli bir yapı içermektedirler. Bir süreksizliğe ait indirgenmiş zamanların bir doğu boyunca sıralanmalarının, tamamen okumadan ileri gelen yanlışlardan kaynaklandığı söylenemez. Bu sapmalar ilk gelişlerin okunmasında yapılan yanlış sınırlarından büyüktür. İndirgeme zamanlarının oluşturulduğu istasyonların da aynı doğrultu boyunca

**Çizelge 4 : Anadolu Kavağında yapılan patlatmaları kayıt eden deprem istasyonlarının listesi.
Parantez içerisindeki harfler istasyonların kodlarını vermektedir.**

İstasyonlar	Coğrafi Koordinatlar		Azimut (°)	Yükseklik (m)	Uzaklık (km)
	Enlem (°N)	Boylam (°E)			
Patlatma noktası	41.1670	29.0790		15	--
1. İstanbul (ISK)	41.0656	29.1501	189	132	8.8
2. İstanbul (İTÜ)	41.0455	28.1958	208	65	13.9
3. Gebze (GBZ)	40.8186	29.4222	143	240	47.8
4. Çatalca (ÇTT)	41.1473	28.4297	268	324	54.2
5. Hereke (HRT)	40.8217	29.6680	128	645	62.5
6. Karamüsel (KMS)	40.8728	29.5911	142	280	69.5
7. Kandıra (KAN)	41.0528	30.1608	98	50	91.6
8. Demirtaş (DMT)	40.2750	29.0972	179	140	98.9
9. İznik (IZN)	40.4339	29.7605	145	195	99.5
10. Bakacak (BKT)	40.1420	29.1360	178	1734	113.7
11. Taşlık (TAS)	40.2483	28.3733	211	35	118.0
12. Demirköy (DMT)	41.8214	27.7576	303	315	132.1
13. Edincik (EDC)	40.3466	27.8636	229	270	137.1
14. Gölpaazarı (GPA)	40.2867	30.3105	133	560	142.7
15. Akyazı (AKY)	40.6630	30.6594	112	110	144.3
16. Mürefte (MFT)	40.7867	27.2812	255	924	157.0
17. Gönen (GET)	40.1083	27.5667	228	590	173.6
18. Mudurnu (MUD)	40.4647	31.2119	113	1200	196.0

Şekil 2 a) P dalgalarının geliş zamanlarının uzaklıkla değişimi (bütün istasyonlardaki kayıtlar alınmıştır. b) indirgenmiş zaman uzaklık grafiği.



olmaması böyle bir saçılmayı doğurabilir. Bilinen Jeolojik ve Jeofizik verilere göre (Bölüm 2) Marmara Bölgesi homojen bir yapıya sahip değildir. Kabuk kalınlığı yöne bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca sismik dalgalar Kuzey Anadolu fayının meydana getirdiği kırıklı bir yapıyı geçerek istasyonlara gelmektedirler.

Sadece Güney Batıda yer alan istasyon kayıtları veya Marmara denizinin altından geçerek gelmeyen sismik dalgaları gözönüne alarak bir değerlendirme yapılmıştır. Tortul tabakanın altındaki kırıcı yüzeyin P—dalga hızı 5.80 ± 0.16 km/sn ve Moho süreksizliğinin altındaki hız ise 8.15 ± 0.28 km/sn dir. Moho süreksizliğinden kırılarak gelen sismik dalgaları kayıt eden istasyon sayısı dört ve bu istasyonlardan bazılarında sinyal-gürültü oranı küçük olduğundan ilk geliş zamanlarının okunmasındaki yanlıgı büyük olabilir. Bu nedenle Pn dalga hızındaki standart yanlıgı büyük bir değer içermektedir.

Son olarak patlatma noktasına göre Güney—Batıda yeralan istasyonlardan elde edilen sismik kayıtlar veya Marmara denizinin altındaki Moho süreksizliğinden kırılarak gelen sismik dalgaların zaman uzaklık değerleri değerlendirilmiştir. Elde edilen Pn dalga hızı 7.4 ± 0.22 km/sn dir. Buradan bulunan Pn dalga hızı Güney Batıdaki istasyon kayıtlarının değerlendirilmesinden elde edilen Pn dalga hızından oldukça küçük bulunmuştur.

Genel olarak kabuk en üstte tortul tabaka ve bunun altında sismik dalgaların kırılmasına neden olan bir süreksizlik ile en altta Moho süreksizliğinin oluşturduğu bir yapı içermektedir. Eldeki veriler granit tabakasının altında bir bazalt tabakasının varlığını ortaya koymamaktadır. Bazalt ve granit tabakası arasında belirgin bir süreksizliğin olmadığı görülmektedir. Güney—Batı İngiltere de olduğu gibi (Bott ve diğ., 1970) derinlikle hız artmakta ve sismik dalgaların kırılmasını sağlayacak Conrad süreksizliği adı verilen bir süreksizliğe rastlanamamıştır.

Patlatma noktasına göre iki ayrı azimutda sıralandığı düşünülen istasyon kayıtlarının değerlendirilmesi sonucu bulunan Pn dalga hızları birbirinden oldukça farklı bulunmuştur. Yöne bağlı olarak hızda görülen bu değişiklik ortamın anizotrop bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Marmara denizinin altındaki yapıdan elde edilen Pn dalga hızının düşük olması buradaki kabuğun okyanusal bir kabuk özelliği taşıyabileceğini göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Anadolu Kavağında taş çıkarmak amacıyla yapılan patlatmaların Marmara bölgesinde değişik kuruluşlara ait deprem istasyonlarındaki kayıtları değerlendirilmiştir. Kabuk yapısı, üstte ince bir tortul tabaka ve altta yaklaşık 23 km. kalınlığında bir tabakadan oluşmaktadır. Pn dalga hızları tortul tabakada 4.0 km/sn, tortul tabaka ile granit tabakası

arasında 5.8 km/sn ve Moho süreksizliğinin altında 8.0 km/sn dir. Granit tabakası ile Bazalt tabakası arasında bir süksesizliğe rastlanmamıştır. Bu iki tabaka arasında göreceli bir geçişin varlığını göstermektedir.

İki ayrı yönde bulunan istasyon kayıtlarının değerlendirilmesi sonucu Moho süreksizliğinin altındaki Pn dalga hızının farklı bulunması Marmara bölgesinin içerdiği yapının anizotrop bir özellik taşıdığına ortaya koymaktadır. Yüze dalgalarında geçtikleri yöre-neye bağlı olarak girişim göstermesi bunu doğrulamaktadır. Crampin ve diğ. (1985) bölgede TDP projeleri sonucunda elde ettikleri sismogramlarda S dalgalarının iki bileşene ayrıldığı gözlemleridir. S-dalgalarının iki bileşene ayrılması, geçtiği ortamın anizotrop olmasından kaynaklanmaktadır. Kuzey Anadolu fayının Marmara bölgesinde karmaşık bir yapıya neden olması sismik hızlarda yöne bağlılık getirmektedir.

Eldeki verilerin değerlendirilmesi sonucu bulunan hızlar gerçek değil görünür hızlardır. Gerçek hızların bulunabilmesi için çift taraflı patlatmalardan elde edilen kayıtların değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle bölgedeki kabuk yapısının daha detaylı incelenebilmesi için taş ocağında yapılan patlatmaları kullanmak yerine daha etkin sismik enerji verebilecek patlatmaların denizde yapılması uygun olacaktır. Kontrollü bir kaynağın olması, istenilen doğrultuda profilin seçimini sağlayacaktır. Marmara denizini Kuzey-Güney ve Doğu-Batı yönlerinde kesen profillere gereksinim vardır.

Kayıtlarda sadece ilk gelişleri değerlendirmek yerine geç gelen fazlarında değerlendirilmesi daha yararlı olacaktır. Bu nedenle kayıtlar ya sayısal ya da sayısal duruma dönüştürülebilecek şekilde kayıt edilmelidir. İstasyonlarda tek bileşen yerine üç bileşenin kullanılması sinyal-gürültü oranını artıracığı gibi dalga türlerinin belirlenmesini de sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Bott, M.H.P., Holder, A.P, Long, R.E. and Lucas, A.L., 1970 Crustal structure beneath the granites of south-west England. In Mechanism of igneous intrusion, pp. 93-102, edited by Newall, G. and Rast, N, Geol. J. spec. issue No.2
- Canitez, N. 1962. Gravite anomalileri ve sismolojiye göre Kuzey Anadolu'da arz kabuğunun yapısı, Doktora tezi, İ.T.Ü. Maden Fak.
- Crampin, S. and Üçer, S.B., 1975. The seismicity of the Marmara Sea region of Turkey, G. Geophy J.R.Ast. Soc. 40, 269-288.
- Crampin, S., Evans, R. and Üçer, S.B. 1985. The analysis of records of local earthquakes, the Turkish Dilatancy Projects (TDP1 and TDP2), Geophy J. R. Ast. Soc. (submitted).

- Ezen, Ü., 1979. İstanbul (İ.T.Ü.) deprem istasyonunda kaydedilen sismik yüzey dalgalarında girişim olaylarının incelenmesi; Doktora tezi, İ.T.Ü. Maden Fak.
- Gürbüz, C., Üçer, B. ve Özdemir, H; 1980. Adapazarı yöresinde yapılan yapay patlatma ile ilgili ön değerlendirme sonuçları, Dep. Araş. Ens. Bül. sayı 31.
- İlkışık, O., M., 1980. Trakya'da yer kabuğunun elektrik yapısının manyetotellürik yöntemle incelenmesi; Doktora tezi, İ.T.Ü., Maden Fak.
- Kenar, Ö., 1980. Sismik P dalgalarının spektrumlarından yararlanarak İstanbul ve civarında yer kabuğu yapısı, Doktora tezi, İ.T.Ü. Maden Fak.
- Ketin, İ., 1968. Relations between general tectonic features and the main earthquake regions of Turkey. Bull. Mineral Res. Institute, Turkey, 71, 63-67.

TEŞEKKÜR

Bize bu çalışmayı gerçekleştirmemizde yardımcı olan Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Müdürü Sayın Prof. Dr. Muammer Dizer'e teşekkür ederiz.

Sismik kayıtların alınmasında yardımları olan B.Ü. Kandilli Rasathanesi Sismoloji Servisi elemanlarından Kenan Altınsaban, Nafiz Kafadar, Erhan Ayhan'a, sismogramların dikkatli olarak okunmasını yapan Esen Alsan'a ve ayrıca MTA Enstitüsü, Temel Araştırmalar Dairesine bazı istasyonlardaki sismik kayıtları sağladıklarından dolayı teşekkür ederiz.