

## ERZİNCAN VE ÇEVRESİNDE P DALGASI SOĞURULMASI

Ufuk AYDIN , Azer KADİROV

Atatürk Üniversitesi, Deprem Araştırma Merkezi 25240 ERZURUM  
[uaydin@atauni.edu.tr](mailto:uaydin@atauni.edu.tr)

### ÖZET

Bu çalışmada, Erzincan ve çevresinde kabuk için kalite faktörü ve soğurulma katsayısının bulunması amaçlanmıştır. Hesaplamalar için Atatürk Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezi (AÜDAM) Erzincan istasyonuna ait 89 adet yakın alan deprem verisi kullanılmıştır. Deprem büyüklüğünün hesaplamak için  $P_n$  dalgasının en büyük genlik değeri kullanılmıştır. Tüm depremler için oluşturulan lineer denklem sistemi en küçük kareler yöntemi ile çözülmüştür. Böylece Erzincan istasyonu için genlik bağımlı bir lokal büyüklük eşitliği ( $M_L=0.5148\log A+0.0039\Delta+4.2104$ ) bulunmuştur. Genlikler üzerindeki büyüklük etkisini gidermek için  $M_L=4$ 'e göre büyüklük normalizasyonu işlemi yapılmıştır. Normalize edilmiş genlikler yardımıyla bölge için soğurulma katsayısı ( $\gamma$ )  $0.0176 \text{ km}^{-1}$ , kalite faktörü (Q) 28.5 olarak bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Doğu Anadolu bölgesi, kalite faktörü , dalga soğurulması, lokal magnitüd.

## ABSORPTION OF THE P WAVE IN ERZİNCAN AND ITS SURROUNDING

### ABSTRACT

In this study, we aimed to obtain quality factor and absorption coefficient of crust of Erzincan city and its surrounding. In total 89 near-field earthquake data recorded by the Erzincan Station of Atatürk University Earthquake Research Center (AUERC) were used for the calculations. Maximum amplitudes of  $P_n$  waves were used in order to compute the earthquake magnitude. The linear equations systems obtained for the all events were solved using the least-squares method. Thus, a local magnitude formula as a function of amplitude was described for the Erzincan station as ( $M_L=0.5148\log A+0.0039\Delta+4.2104$ ). Amplitude normalization process was performed for a reference value  $M_L=4$ , so as to correct effect of the magnitudes. The attenuation on calculation of absorption coefficient ( $\gamma$ ) of  $0.0176 \text{ km}^{-1}$  and quality factor (Q) 28.5 were obtained with the assistance of normalized amplitudes values for the region.

**Key words:** Eastern Anatolia region, quality factor, wave absorption, local magnitude.

### I. GİRİŞ

Yerin soğurulma özelliklerinin araştırılması için deprem verilerinden yararlanılır. Soğurulma çalışmaları ayrıca kabuk yapısı hakkında da bilgi verir. Bir bölgede deprem

riskini etkileyen faktörler ana hatları ile iki kategoride toplanabilir. Bunların ilki sismik kaynak zonlarının yeri, dağılımı, boyutları, deprem odak derinliği, büyük depremlerin tekrarlama sıklığı ve deprem odak mekanizmasının bilinmesidir. İkincisi ise, sismik

dalgaların geçtiği ortamların soğurulma özellikleridir. Sismik dalgaların yayınımına etki eden en önemli parametre sismik dalga hızı ve soğurulmadır.

Türkiye gibi oldukça aktif bir tektonizmaya sahip bir bölge için soğurulma çalışmaları hem bölgenin depremselliğinin incelenmesi ve hem de deprem zonlarının özelliğinin belirlenmesi açısından çok önemlidir.

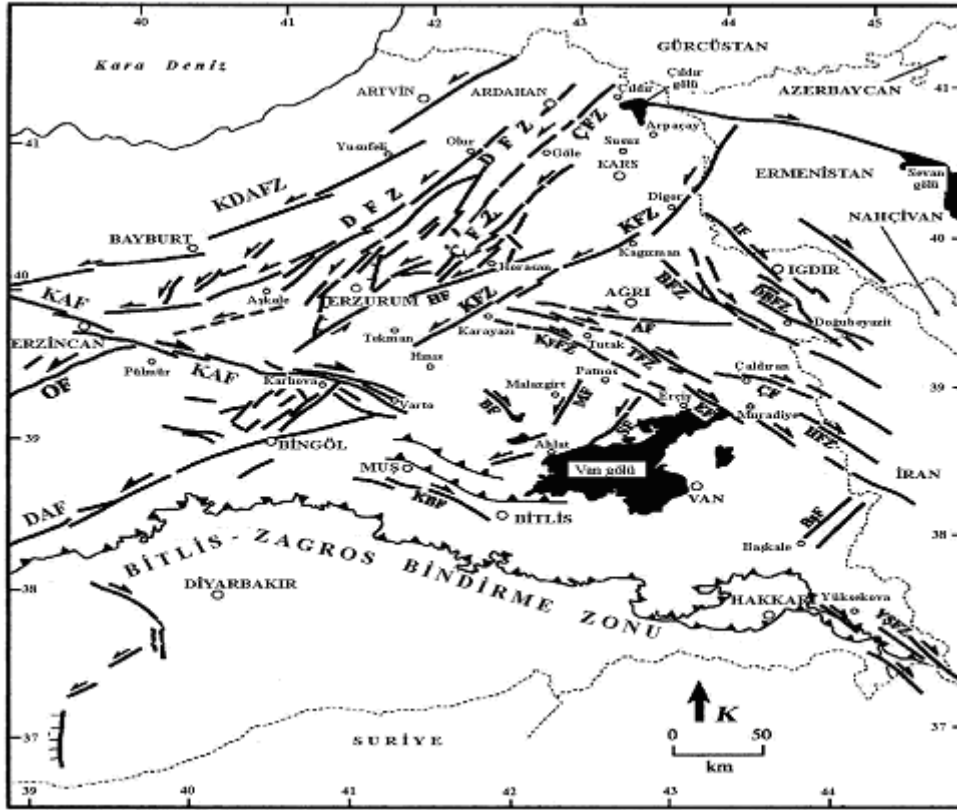
Soğurmayı değiştirecek sayısız mekanizma vardır ve şartların bazılarının değişmesi soğurmayı anlamlı bir şekilde değiştirir[1].

Yerin ısısı, kimyasal bileşimi, katılığı, sismik hız değerleri, yoğunluğu, sismik dalga yayınımı, yerin su doygunluğu ve daha birçok parametre dalga enerjisinin azalmasına etki eden faktörlerdir. Soğurulmanın doğru olarak belirlenebilmesi için bu parametrelerin incelenmesi gerekir. Kalite faktörü ve sönüm oranlarının

tespiti için laboratuvar yöntemleri kullanılabilir ancak bu değerler sismik açıdan yanıltıcıdır. Soğurulma ve kalite faktörü hesaplamaları için amaca göre yakın alan deprem verileri veya uzak alan deprem verileri kullanılabilir.

Türkiye genelinde soğurulma ile ilgili olan çalışmalar değerlendirildiğinde; Batı Anadolu için koda dalgalarıyla [2], Marmara bölgesi için S dalgası soğurulması [3], Doğu Türkiye için Lg fazlarının soğurulması [4], Erzincan bölgesinin S ve koda dalgaları ile soğurulma çalışması [5], Türkiye geneli için Sn ve Lg dalgaları yardımıyla soğurulma [6].

Bizim çalışmamızla yöntem olarak benzerlik gösteren, Doğu Anadolu'da P dalgası kullanılarak yakın alan depremlerinin soğurulması için tek bir çalışma mevcuttur [7].



Şekil 1. Doğu Anadolu'nun önemli faylarının basitleştirilmiş haritası [7].

## II. ERZİNCAN ÇEVRESİNİN TEKTONİĞİ

Arap levhasının kuzeye doğru hareketi Doğu Anadolu'da bir kaçma tektoniğine sebep olmaktadır[9,10]. Bu sıkışma sonucu Anadolu Bloğu batıya ve Kuzeydoğu Anadolu Bloğu doğuya doğru kaçmaya çalışmaktadır[11,12,13] (Şekil 1). Bu kaçış sonucu Anadolu Bloğu'nun kuzey sınırını oluşturan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda (KAFZ) sağ-yanal, güney sınırını oluşturan Doğu Anadolu Fay

Zonu'nda (DAFZ) ise sol-yanal hareketler oluşmaktadır. Bu iki fay Karlıova üçlü eklemünde birleşir [14,15,16,17,18]. Kuzeydoğu Anadolu Bloğu'nun doğuya hareketi, bu bloğun kuzey sınırını oluşturan Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu'nda (KDAFZ) sol-yanal hareketlere ve blok için karmaşık deformasyonlara neden olur. Sol-yanal atımlı Ovacık fayı Erzincan baseninin güneydoğusunda KAFZ ile kesişirler. Erzincan baseni yaklaşık uzunluğu 50 km ve genişliği en çok 15 km yi

bulan KB-GD doğrultulu çek-ayır tipi (pull-apart) bir basendir [15]. KAFZ 'nun Erzincan civarındaki bölümü birçok parçadan oluşmaktadır (Şekil 2). Bu parçalardan birincisi Karlıova'dan Yedisu'nun batısına kadar, ikincisi Yedisu'nun batısından Erzincan baseninin güneydoğu ucuna kadar uzanır. Üçüncüsü Erzincan baseninin kuzeydoğu sınırını oluşturur ve ikinci tali bir parça ile kuzeybatıya devam eder. Bu fay parçalarının jeolojik ve sismik özellikleri[15,16] ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Erzincan havzası ve yakın çevresinde, birbiri ile geometrik eşlenik oluşturan Kuzey Anadolu Fay (KAF) kuşağı, Kuzeydoğu Anadolu Fay (KDAF) ve Ovacık Fayı (OF) bu yörenin en önemli tektonik yapılarını oluşturmaktadır (Şekil 1). Tarihsel depremlerin çokluğu bu üç ana fayın hareketleri ile yakından ilgilidir [19].

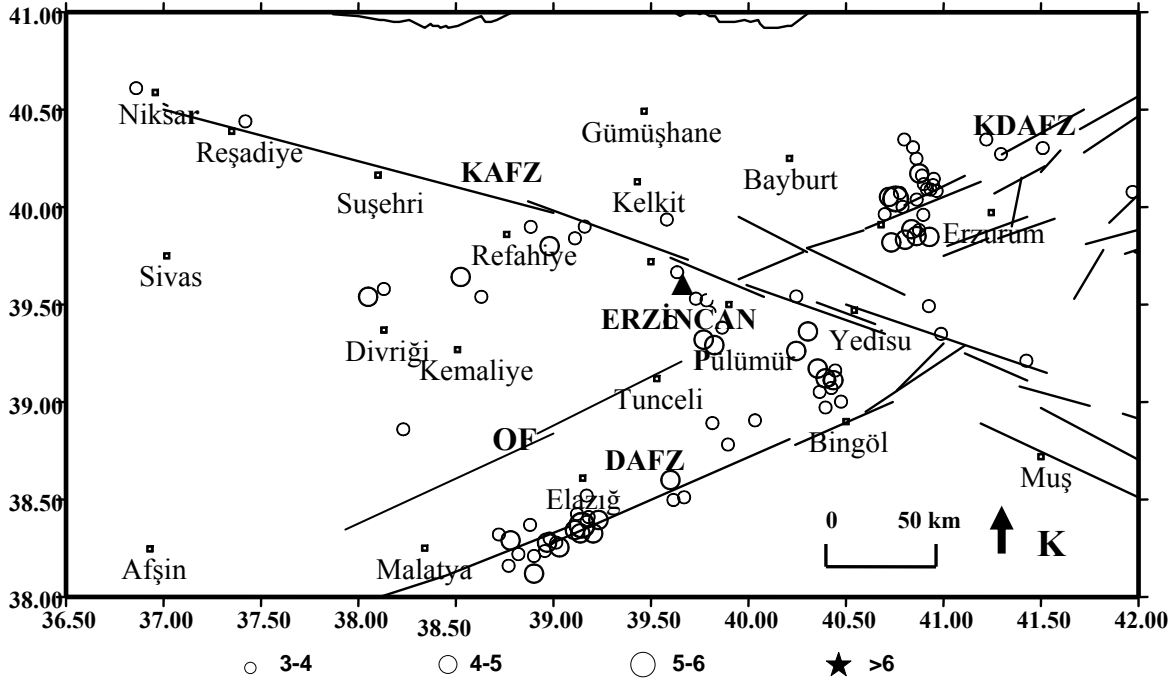
### III. VERİ TABANI

Erzincan ve çevresinde elastik dalgaların soğurulmasının incelenmesi amacı ile, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi katalogundan 2002-2004 yılları arasında  $38.12^{\circ}$ - $40.61^{\circ}$  enlemleri ve  $36.86^{\circ}$ - $41.98^{\circ}$  boylamları arasında meydana gelmiş depremlerin derinliği, dış merkez koordinatları ve büyüklük değerleri incelenmiştir (Şekil 2). İncelenen depremler büyüklükleri ( $M_L$ ) 3.5 ile 5.3 arası ve büyüklük ortalaması 3.9, merkez üstü uzaklıkları 15.5 ile 256.2 (Şekil 2) arası ve merkez üstü ortalaması 91 km dir (Çizelge 1). Verilerin en büyük ve en küçük değerleri ile ortalamaları belli bir düzeyde tutularak odak derinliği farklılıkları ile depremlerin dış merkez uzaklığı farklılığından kaynaklanan istenmeyen etkilerin giderilerek daha duyarlı sonuca ulaşılması amaçlanmıştır. Yapılacak normalizasyon için büyüklük ortalamaları değerleri normalize edilecek değere yakın seçilmiştir. Depremler seçilirken yansıma, kırılma, saçılma ve dağılma etkilerini bir miktar gidermek için dengeli bir deprem derinlik dağılımı seçilmeye çalışılmıştır. Depremlerin odak derinlikleri 1 km ile 15.6 km arasında değişmektedir ve odak derinliği ortalaması  $\sim 7.2$  km dir. Çalışmada kullanılan veriler için  $P_n$  ve  $P_g$  faz ayrımı ve jeometrik düzeltme (farklı odak ve episantr uzaklıklarından dolayı oluşan saçılma etkisi düzeltilmesi) yapılmamıştır. Bu durum daha sonra düzeltilme yapılması gereken bir durumdur. Çalışmada kullanılan veriler  $39.7585^{\circ}$  enlem ve  $39.5059^{\circ}$  boylamına yerleştirilmiş CMG-3T sismometresi ile kaydedilmiştir. Sismometrenin konumu değişmediği için yükseklik düzeltilmesi yapılmamıştır. Tüm kayıtlar aynı sismometre ile alındığı halde diğer soğurulma çalışmasını desteklemek amacı ile alet düzeltilmesi yapılmıştır. Kullanılan deprem kayıtlarının alındığı bölge (Şekil 2)'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan depremlerin listesi.

| No. | Tarih      | Zaman    | Enlem  | Boylam. | H(km) | $M_L$ |
|-----|------------|----------|--------|---------|-------|-------|
| 1   | 22.10.2002 | 15:52:13 | 39.3   | 40.32   | 10    | 4.6   |
| 2   | 02.01.2003 | 18:01:45 | 38.41  | 39.18   | 3.7   | 3.7   |
| 3   | 27.01.2003 | 05:44:59 | 39.23  | 39.84   | 13    | 4     |
| 4   | 27.01.2003 | 06:17:33 | 39.41  | 39.6    | 15.6  | 3.8   |
| 5   | 27.01.2003 | 15:57:43 | 39.32  | 39.77   | 10.5  | 4     |
| 6   | 28.01.2003 | 17:17:19 | 39.32  | 39.88   | 11    | 3.8   |
| 7   | 29.01.2003 | 20:19:10 | 39.53  | 39.73   | 14    | 3.6   |
| 8   | 05.02.2003 | 07:19:04 | 39.46  | 39.8    | 4     | 3.6   |
| 9   | 05.02.2003 | 17:09:20 | 39.9   | 39.16   | 9.9   | 3.8   |
| 10  | 01.03.2003 | 16:52:29 | 39.43  | 40.94   | 6.2   | 3.6   |
| 11  | 14.03.2003 | 10:31:15 | 38.52  | 39.17   | 1     | 3.9   |
| 12  | 23.03.2003 | 17:08:27 | 39.84  | 39.11   | 5.2   | 3.8   |
| 13  | 27.03.2003 | 01:58:39 | 40.61  | 36.86   | 5.5   | 3.7   |
| 14  | 01.05.2003 | 06:34:43 | 39.2   | 40.26   | 5.5   | 4     |
| 15  | 11.05.2003 | 23:43:59 | 39.11  | 40.37   | 4     | 4     |
| 16  | 15.05.2003 | 18:46:53 | 38.72  | 39.91   | 1     | 3.9   |
| 17  | 20.05.2003 | 14:17:44 | 39.05  | 40.45   | 10.2  | 4     |
| 18  | 21.05.2003 | 01:15:38 | 39.06  | 40.41   | 7.7   | 4     |
| 19  | 22.05.2003 | 07:03:45 | 38.91  | 40.41   | 12.3  | 3.9   |
| 20  | 23.05.2003 | 03:28:14 | 38.83  | 39.83   | 3.3   | 3.8   |
| 21  | 12.06.2003 | 06:24:05 | 39.01  | 40.44   | 7.5   | 3.8   |
| 22  | 29.06.2003 | 11:15:04 | 39.05  | 40.43   | 6.1   | 3.8   |
| 23  | 21.07.2003 | 09:13:54 | 38.3   | 38.98   | 5.6   | 3.9   |
| 24  | 30.07.2003 | 03:38:42 | 39.1   | 40.46   | 8.6   | 3.9   |
| 25  | 17.08.2003 | 14:19:29 | 40.44  | 37.42   | 10.5  | 3.6   |
| 26  | 20.08.2003 | 02:51:06 | 38.29  | 38.78   | 5.1   | 4.1   |
| 27  | 28.08.2003 | 21:32:39 | 38.21  | 38.9    | 6.6   | 3.6   |
| 28  | 30.08.2003 | 02:27:22 | 38.22  | 38.82   | 10.6  | 3.9   |
| 29  | 24.09.2003 | 08:13:10 | 39.54  | 38.05   | 10.3  | 4.8   |
| 30  | 28.09.2003 | 14:42:27 | 39.58  | 38.13   | 15.4  | 3.7   |
| 31  | 30.09.2003 | 17:33:41 | 38.94  | 40.49   | 7.5   | 3.9   |
| 32  | 11.10.2003 | 23:33:11 | 39.8   | 38.98   | 6.5   | 4     |
| 33  | 12.10.2003 | 16:19:53 | 38.86  | 38.23   | 11.9  | 3.5   |
| 34  | 13.10.2003 | 13:50:51 | 39.15  | 41.44   | 12.6  | 3.7   |
| 35  | 17.10.2003 | 23:31:00 | 39.82  | 40.89   | 8.9   | 3.5   |
| 36  | 23.10.2003 | 00:38:34 | 38.37  | 38.88   | 9.6   | 3.7   |
| 37  | 03.12.2003 | 07:32:54 | 38.16  | 38.77   | 8.4   | 3.6   |
| 38  | 05.12.2003 | 02:08:02 | 39.54  | 38.63   | 8.1   | 3.5   |
| 39  | 16.12.2003 | 20:49:18 | 39.48  | 40.26   | 12.5  | 3.7   |
| 40  | 24.12.2003 | 03:30:52 | 40.21  | 41.31   | 14.4  | 3.9   |
| 41  | 06.01.2004 | 10:39:11 | 38.12  | 38.9    | 13.4  | 4.7   |
| 42  | 04.02.2004 | 06:53:46 | 39.936 | 39.5812 | 2     | 3.6   |
| 43  | 20.02.2004 | 08:19:41 | 38.498 | 39.6152 | 4.2   | 3.6   |
| 44  | 26.03.2004 | 10:22:17 | 39.825 | 40.8513 | 1.4   | 4.1   |
| 45  | 27.03.2004 | 04:43:52 | 39.771 | 40.8181 | 2.3   | 4.1   |
| 46  | 28.03.2004 | 03:51:10 | 39.98  | 40.77   | 2.1   | 5.3   |
| 47  | 28.03.2004 | 04:54:59 | 40.083 | 40.9651 | 14.9  | 3.9   |
| 48  | 28.03.2004 | 05:12:57 | 39.785 | 40.9431 | 2.3   | 4.1   |
| 49  | 28.03.2004 | 10:02:36 | 40.285 | 40.8137 | 3.5   | 3.7   |
| 50  | 28.03.2004 | 12:18:43 | 40.187 | 40.8765 | 10    | 3.7   |
| 51  | 28.03.2004 | 13:40:25 | 40.245 | 40.8589 | 1     | 3.8   |
| 52  | 29.03.2004 | 07:28:48 | 40.111 | 40.8911 | 9.5   | 4.1   |
| 53  | 01.04.2004 | 08:35:20 | 39.757 | 40.7477 | 1.4   | 4.8   |
| 54  | 01.04.2004 | 22:17:05 | 39.898 | 40.9115 | 2.7   | 3.7   |
| 55  | 03.04.2004 | 13:02:47 | 40.1   | 40.9051 | 8.8   | 3.7   |

|    |            |          |        |         |      |     |    |            |          |        |         |      |     |
|----|------------|----------|--------|---------|------|-----|----|------------|----------|--------|---------|------|-----|
| 56 | 07.04.2004 | 17:43:11 | 39.991 | 40.7357 | 2.5  | 4.1 | 74 | 13.08.2004 | 20:35:05 | 38.279 | 38.9672 | 12.3 | 4.3 |
| 57 | 10.04.2004 | 11:53:49 | 39.977 | 40.8778 | 5.5  | 3.7 | 75 | 14.08.2004 | 00:20:25 | 38.254 | 39.0306 | 11.3 | 4.3 |
| 58 | 10.04.2004 | 13:45:49 | 40.056 | 40.9142 | 5.6  | 3.7 | 76 | 14.08.2004 | 02:01:47 | 38.236 | 38.9557 | 6.1  | 3.5 |
| 59 | 12.04.2004 | 01:37:01 | 40.05  | 40.9619 | 10.3 | 3.5 | 77 | 14.08.2004 | 06:21:13 | 38.385 | 39.1704 | 6.5  | 3.6 |
| 60 | 17.04.2004 | 17:51:49 | 40.03  | 40.93   | 7.8  | 3.8 | 78 | 14.08.2004 | 07:01:42 | 38.426 | 39.1202 | 10.2 | 3.6 |
| 61 | 23.04.2004 | 13:49:22 | 40.285 | 41.2346 | 1.4  | 3.6 | 79 | 14.08.2004 | 20:42:17 | 38.343 | 39.1096 | 7.4  | 4.2 |
| 62 | 28.04.2004 | 20:03:57 | 40.028 | 40.9487 | 2.5  | 3.6 | 80 | 14.08.2004 | 21:01:31 | 38.326 | 39.2036 | 4.2  | 4.1 |
| 63 | 01.05.2004 | 19:48:53 | 39.789 | 40.8769 | 2.8  | 4.2 | 81 | 17.08.2004 | 20:30:16 | 39.288 | 41.0028 | 8.8  | 3.9 |
| 64 | 09.05.2004 | 22:28:13 | 40.241 | 41.5243 | 9.1  | 3.7 | 82 | 25.08.2004 | 01:06:44 | 39.666 | 39.6339 | 5    | 3.5 |
| 65 | 14.05.2004 | 19:24:29 | 40.021 | 40.9796 | 8.3  | 3.8 | 83 | 08.09.2004 | 16:16:43 | 38.326 | 39.1376 | 5.9  | 4.1 |
| 66 | 24.05.2004 | 21:28:25 | 40.01  | 40.7918 | 2    | 3.6 | 84 | 25.09.2004 | 14:28:53 | 38.395 | 39.2308 | 7.5  | 4   |
| 67 | 12.06.2004 | 13:37:56 | 38.6   | 39.6    | 15.3 | 4.4 | 85 | 30.09.2004 | 09:42:32 | 39.642 | 38.5243 | 9.7  | 4.3 |
| 68 | 13.06.2004 | 04:40:00 | 40.016 | 41.985  | 7.2  | 3.6 | 86 | 30.09.2004 | 13:37:20 | 39.939 | 40.8053 | 2.5  | 3.5 |
| 69 | 16.06.2004 | 05:07:19 | 38.844 | 40.0485 | 12.3 | 3.6 | 87 | 24.10.2004 | 14:33:31 | 38.321 | 38.7198 | 6.9  | 3.5 |
| 70 | 29.06.2004 | 00:09:31 | 39.902 | 40.7132 | 2.7  | 3.5 | 88 | 25.10.2004 | 17:35:07 | 39.899 | 38.8833 | 3.2  | 3.5 |
| 71 | 17.07.2004 | 18:06:25 | 38.99  | 40.38   | 10.3 | 3.9 | 89 | 25.10.2004 | 19:41:24 | 38.512 | 39.67   | 1.8  | 3.6 |
| 72 | 11.08.2004 | 15:48:26 | 38.368 | 39.1461 | 4.6  | 5.3 |    |            |          |        |         |      |     |
| 73 | 12.08.2004 | 17:13:04 | 38.279 | 39.0142 | 3    | 3.6 |    |            |          |        |         |      |     |



Şekil 2. Çalışma alanının yalnızlaştırılmış aktif fay haritası ve depremlerinin episantr dağılımları.

#### IV. KURAM VE YÖNTEM

Homojen bir ortamda düzlemsel dalga yayını genliği;

$$A_{\Delta} = A_0 e^{(-\gamma \Delta)} \quad (1)$$

ile verilir.

Burada  $A_{\Delta}$  herhangi bir  $\Delta$  mesafedeki genlik,  $A_0$  odak genliği,  $\gamma$  soğurulma katsayısıdır [20]. Soğurulma katsayısı,

$$\gamma = \frac{\pi f}{QV} \quad (2)$$

ile verilir.

Burada,  $Q$  sismik kalite faktörü,  $V$  sismik hız,  $f$  frekanstır. Soğurulma (seçilen düşey  $P_n$ ) dalga genliğinin logaritmik azalmasından hesaplanabilir. Buna göre genlik bağımlı logaritmik azalma [21] aşağıdaki formül ile verilmiştir.

$$\delta = (A_1/A_2) \quad (3)$$

Genel formülü ile verilir, burada  $A_1$  ve  $A_2$  farklı uzaklıktaki iki genliktir. Eşitlik (3) seriye açıldığında,

$$\delta = ((A_1 - A_2)/A_1) + \frac{1}{2}((A_1 - A_2)/A_1)^2 + \dots \quad (4)$$

Fourier analizi sismik sinyaller üzerinde soğurulmanın en doğru etkisini verecektir. Kalite faktörü her bir dönümdeki enerji kaybı olarak tanımlanır [22].

$$\frac{1}{Q(\varpi)} = \frac{-\Delta E}{(2\pi E)} \quad (5)$$

olarak yazılabilir.

Burada  $Q$ , sismik kalite faktörü,  $\varpi$  periyodik olarak uygulanan gerilme,  $E$  cisimde depolanan enerji,  $\Delta E$  her bir dönümdeki enerji kaybıdır. Elastik olmayan ortamdan her bir dönümdeki enerji kaybı, genlik kaybı olarak yazılabilir ve  $\Delta E \approx \Delta A$  eşit sayılabilir [19].

$$\frac{1}{Q(\varpi)} = \frac{-\Delta A}{(2\pi A)} \quad (6)$$

Burada  $\Delta A$  her bir dönümdeki genlik kaybı ve  $A$  ise dalga genliğidir. Depremın yerel büyüklüğü ( $M_L$ ) en büyük dalga genliğinden ve merkez üstü uzaklığından ( $\Delta$ ) hesaplanır [23].

$$M_L = a \log(A) + b\Delta + c \quad (7)$$

Burada  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , bölgesel katsayılar,  $\Delta$  dış merkez uzaklığı,  $A$  en büyük genlik ve  $M_L$  ise yerel büyüklüktür.

## V. BULGULAR

Erzincan istasyonu için çalışmada kullanılan depremlerin dış merkez uzaklıkları ( $\Delta$ ) Erzincan istasyonu için aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\Delta = \text{sqr}\{[(x_1 - x_2) * 90] + [(y_1 - y_2) * 110]\} \quad (8)$$

Burada;  $x_1$  İstasyon boylamı,  $y_1$  İstasyon enlemi,  $y_1$  Episantr boylamı,  $y_2$  Episantr enlemi Her deprem için  $P_n$

dalgası en büyük düşey genlik değerleri ( $A$ ) okunarak alet düzeltilmesi yapılmış ( $Aa$ ) ve  $\log(Aa)$  değerleri bulunmuştur (Çizelge2). 89 deprem, için  $M_L$ ,  $\log(Aa)$  ve  $\Delta$  değerleri eşitlik (7)'de yerlerine koyularak elde edilen denklem sistemi en küçük kareler yöntemi ile çözülmüş ve bölgesel katsayılar  $a=0.5148$ ,  $b=0.0039$ ,  $c=4.2104$  hesaplanmıştır. Erzincan istasyonu için yerel büyüklük eşitliği

$$M_L = 0.5148 \log(A) + 0.0039 \Delta + 4.2104 \quad (9)$$

olarak yeniden düzenlenmiştir.

Genlikler üzerinde farklı büyüklük etkilerini gidermek için  $M_L$ , 4'e göre normalizasyon yapılması gerekir. Bunun için 89 deprem, eşitlik (9)'de  $M_L$ , 4 alınmış ve hesaplanmış dış merkez uzaklıkları ( $\Delta$ ) yerlerine koyularak normalize edilmiş ( $A_n$ ) değerleri bulunmuştur.

$$1-) 4 = 0.5148 \log(A_n) + 0.0039 * 89 + 4.2104$$

$$2-) 4 = 0.5148 \log(A_n) + 0.0039 * 153 + 4.2104$$

$$3-) 4 = 0.5148 \log(A_n) + 0.0039 * 66 + 4.2104$$

$$\dots \dots \dots \dots \dots$$

$$\dots \dots \dots \dots \dots$$

$$\dots \dots \dots \dots \dots$$

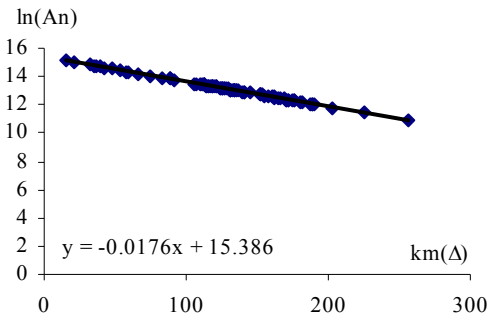
$$89-) 4 = 0.5148 \log(A) + 0.0039 * 139 + 4.2104$$

Soğurulma katsayısı ( $\gamma$ ), ve odak genliği ( $A_0$ ) bulmak için normalize edilmiş genlik değerleri ile dış merkez uzaklıkları arasında  $\ln(A_n) - \Delta(\text{Km})$  grafiği oluşturulmuştur (Şekil 3).

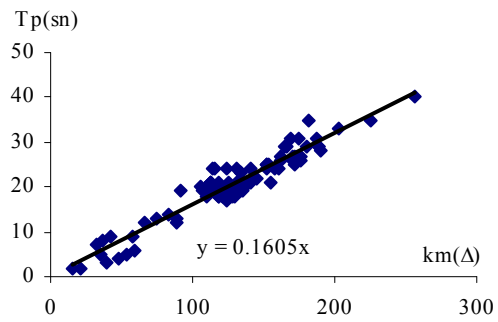
Çizelge 2. Çalışmada kullanılan depremlerin  $P_n$  dalgası varış zamanı ( $T_p(\text{sn})$ ), dış merkez uzaklığı ( $\Delta(\text{km})$ ), alet düzeltilmesi yapılmış genlik değerleri ( $Aa$ ),  $\log(Aa)$ , normalize edilmiş genliği ( $An$ ) ve ( $\ln(An)$ ).

| No | T(sn) | $\Delta(\text{km})$ | Aa (mikr) | $\log(Aa)$ | $A_n$   | $\ln(An)$ |
|----|-------|---------------------|-----------|------------|---------|-----------|
| 1  | 12    | 89                  | 5046678   | 6,7        | 995982  | 13.8      |
| 2  | 25    | 153                 | 40053     | 4,6        | 325797  | 12.7      |
| 3  | 12    | 66                  | 3734172   | 6,6        | 1502280 | 14.2      |
| 4  | 3     | 40                  | 2316912   | 6,4        | 2390477 | 14.7      |
| 5  | 5     | 54                  | 7264998   | 6,9        | 1848567 | 14.4      |
| 6  | 6     | 59                  | 3986814   | 6,6        | 1691945 | 14.3      |
| 7  | 7     | 32                  | 764088    | 5,9        | 2714100 | 14.8      |
| 8  | 9     | 42                  | 751764    | 5,9        | 2274893 | 14.6      |
| 9  | 5     | 35                  | 2218320   | 6,3        | 2598627 | 14.8      |
| 10 | 23    | 134                 | 55458     | 4,7        | 450861  | 13.0      |
| 11 | 24    | 141                 | 271128    | 5,4        | 401025  | 12.9      |
| 12 | 8     | 37                  | 2723604   | 6,4        | 2513261 | 14.7      |
| 13 | 40    | 256                 | 36972     | 4,6        | 52284   | 10.9      |
| 14 | 19    | 92                  | 1170780   | 6,1        | 949466  | 13.8      |
| 15 | 20    | 106                 | 345072    | 5,5        | 740969  | 13.5      |
| 16 | 19    | 121                 | 104754    | 5,0        | 569595  | 13.3      |
| 17 | 24    | 116                 | 326586    | 5,5        | 623202  | 13.3      |

|    |    |     |          |     |         |      |    |    |     |         |     |         |      |
|----|----|-----|----------|-----|---------|------|----|----|-----|---------|-----|---------|------|
| 18 | 21 | 112 | 197184   | 5,3 | 661556  | 13.4 | 55 | 20 | 132 | 141726  | 5,2 | 472151  | 13.1 |
| 19 | 24 | 124 | 178698   | 5,3 | 534627  | 13.2 | 56 | 19 | 114 | 271128  | 5,4 | 647155  | 13.4 |
| 20 | 19 | 107 | 92430    | 5,0 | 726189  | 13.5 | 57 | 19 | 126 | 135564  | 5,1 | 521914  | 13.2 |
| 21 | 21 | 118 | 178698   | 5,3 | 597160  | 13.3 | 58 | 19 | 131 | 166374  | 5,2 | 476572  | 13.1 |
| 22 | 24 | 114 | 135564   | 5,1 | 637828  | 13.4 | 59 | 20 | 135 | 98592   | 5,0 | 444027  | 13.0 |
| 23 | 31 | 169 | 154050   | 5,2 | 245043  | 12.4 | 60 | 19 | 132 | 203346  | 5,3 | 470836  | 13.1 |
| 24 | 21 | 113 | 43134    | 4,6 | 657225  | 13.4 | 61 | 29 | 166 | 104754  | 5,0 | 256011  | 12.5 |
| 25 | 33 | 202 | 55458    | 4,7 | 135125  | 11.8 | 62 | 21 | 133 | 81955   | 4,9 | 457777  | 13.0 |
| 26 | 27 | 176 | 1041378  | 6,0 | 216805  | 12.3 | 63 | 17 | 123 | 831870  | 5,9 | 544405  | 13.2 |
| 27 | 29 | 180 | 73944    | 4,9 | 199484  | 12.2 | 64 | 29 | 189 | 61620   | 4,8 | 169988  | 12.0 |
| 28 | 35 | 182 | 55458    | 4,7 | 195090  | 12.2 | 65 | 19 | 136 | 1300182 | 6,1 | 437802  | 13.0 |
| 29 | 19 | 133 | 3734172  | 6,6 | 457789  | 13.0 | 66 | 20 | 119 | 36972   | 4,6 | 588123  | 13.3 |
| 30 | 20 | 125 | 172536   | 5,2 | 525818  | 13.2 | 67 | 18 | 129 | 2218320 | 6,3 | 494619  | 13.1 |
| 31 | 20 | 127 | 110916   | 5,0 | 512307  | 13.1 | 68 | 35 | 225 | 86268   | 4,9 | 90773   | 11.4 |
| 32 | 4  | 48  | 616200   | 5,8 | 2077377 | 14.5 | 69 | 21 | 113 | 49296   | 4,7 | 658743  | 13.4 |
| 33 | 25 | 152 | 73944    | 4,9 | 328308  | 12.7 | 70 | 18 | 110 | 39437   | 4,6 | 692396  | 13.4 |
| 34 | 31 | 187 | 178698   | 5,3 | 178218  | 12.1 | 71 | 20 | 116 | 332748  | 5,5 | 620316  | 13.3 |
| 35 | 21 | 125 | 123240   | 5,1 | 531886  | 13.2 | 72 | 24 | 158 | 7061652 | 6,8 | 297358  | 12.6 |
| 36 | 29 | 164 | 73944    | 4,9 | 265650  | 12.5 | 73 | 27 | 170 | 234156  | 5,4 | 238922  | 12.4 |
| 37 | 29 | 189 | 73944    | 4,9 | 169992  | 12.0 | 74 | 27 | 171 | 603876  | 5,8 | 234214  | 12.4 |
| 38 | 14 | 82  | 86268    | 4,9 | 1121641 | 13.9 | 75 | 25 | 172 | 905814  | 6,0 | 229601  | 12.3 |
| 39 | 13 | 75  | 443664   | 5,6 | 1289439 | 14.1 | 76 | 26 | 176 | 67782   | 4,8 | 214719  | 12.3 |
| 40 | 26 | 170 | 147888   | 5,2 | 239667  | 12.4 | 77 | 21 | 155 | 49296   | 4,7 | 309778  | 12.6 |
| 41 | 28 | 190 | 1786980  | 6,3 | 168555  | 12.0 | 78 | 24 | 152 | 123240  | 5,1 | 328974  | 12.7 |
| 42 | 2  | 21  | 2618850  | 6,4 | 3327662 | 15.0 | 79 | 24 | 161 | 764088  | 5,9 | 280195  | 12.5 |
| 43 | 21 | 140 | 45599    | 4,7 | 404402  | 12.9 | 80 | 27 | 161 | 616200  | 5,8 | 279100  | 12.5 |
| 44 | 18 | 121 | 727116   | 5,9 | 565227  | 13.2 | 81 | 22 | 145 | 277290  | 5,4 | 375335  | 12.8 |
| 45 | 18 | 118 | 314262   | 5,5 | 598116  | 13.3 | 82 | 2  | 15  | 4541394 | 6,7 | 3660562 | 15.1 |
| 46 | 19 | 116 | 10900578 | 7,0 | 616448  | 13.3 | 83 | 26 | 162 | 437502  | 5,6 | 273698  | 12.5 |
| 47 | 20 | 136 | 295776   | 5,5 | 434809  | 13.0 | 84 | 25 | 153 | 184860  | 5,3 | 321121  | 12.7 |
| 48 | 18 | 129 | 351234   | 5,5 | 490186  | 13.1 | 85 | 13 | 89  | 831870  | 5,9 | 994523  | 13.8 |
| 49 | 24 | 131 | 110916   | 5,0 | 473019  | 13.1 | 86 | 18 | 119 | 301938  | 5,5 | 592345  | 13.3 |
| 50 | 20 | 132 | 166374   | 5,2 | 466421  | 13.1 | 87 | 31 | 175 | 46215   | 4,7 | 220757  | 12.3 |
| 51 | 23 | 133 | 154050   | 5,2 | 458228  | 13.0 | 88 | 9  | 58  | 388206  | 5,6 | 1722855 | 14.4 |
| 52 | 21 | 131 | 714792   | 5,9 | 479363  | 13.1 | 89 | 21 | 139 | 308100  | 5,5 | 412186  | 12.9 |
| 53 | 20 | 112 | 1614444  | 6,2 | 668971  | 13.4 |    |    |     |         |     |         |      |
| 54 | 18 | 127 | 75176    | 4,9 | 507170  | 13.1 |    |    |     |         |     |         |      |



Şekil 3.  $\ln(A_n)-\Delta(Km)$  grafiği



Şekil 4.  $P_n$  dalgası ilk varış zamanı-uzaklık grafiği.

(1) eşitliği logaritmik özellikten faydalanarak  $\ln A_{\Delta} = \ln A_0 - \gamma \Delta$  şeklinde doğru denklemine dönüştürülerek grafiği çizilir (şekil 4) ve elde edilen

doğrunun denkleminde soğurulma katsayısı ( $\gamma$ ), 0.0176 ve  $A_0 = e^{15.386} = 4809006 \cdot 10^{-6} m$  olarak bulunur.

Sismik soğurulma ve kalite faktörü hesaplamaları için kullanılan  $V_p=6,25$  km/sn hız değeri, bu çalışmada kullanılan depremlerden elde edilmiştir (Şekil 4).

Erzincan ve çevresi için Erzincan havzası ve dolayının üst-kabuk hız yapısının belirlenme çalışmasında 7 km için  $V_p$  6.26 km/sn olarak verilmiştir [17].

Ölçümler 1 cps (saniyedeki çevrim sayısı, Hz) lik ortamda alındığından  $f$ , 1cps (Hz),  $V_p$ , 6.25  $\gamma$ , 0.0176 alınarak (2) no lu eşitlikten sismik kalite faktörü;

$$Q = \frac{\pi \cdot f}{\gamma \mathcal{N}} = 28.5 \text{ olarak bulunur.}$$

## VI. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Erzincan ve civarındaki bölge için 89 adet yakın alan deprem verisi düşey  $P_n$  bileşenlerinden soğurulma katsayısı, 0.0176 ve kalite faktörü de 28.5 olarak bulunmuştur. Yaptığımız çalışma ile mukayese için 1 cps lik ortamda geniş bant ölçüm cihazı ile alınmış kayıtlardan düşey  $P_n$  dalga genliğini ve benzer çözüm yöntemi kullanıldığından dolayı Sertçelik, F., ve Kenar, Ö.  $P_n$  dalgası soğurulması ile alakalı olarak Diyarbakır istasyonunda çalışması seçilmiştir[6]. Bu çalışmada  $P_n$  dalgası düşey bileşeni kullanılarak hesaplanan soğurulma katsayısı, 0.0114 ve kalite faktörü, 47.5 değerleri mevcuttur [6]. Erzincan bölgesindeki soğurulmanın Diyarbakır bölgesinden fazla çıkması, Erzincan ovasındaki kalın sedimantasyon ve bölgedeki yüksek sismik aktivite ile açıklanabilir. Erzincan ile Diyarbakır çevresinin jeolojik farklılığı dolayısıyla soğurulmaya etkisini açıkça göstermektedir. Bulunan bu sonuçlar ışığında Erzincan çevresinin kalite faktörünün Diyarbakır' dan daha küçük olması ve dolayısı ile  $P_n$  dalgası düşey bileşen genliklerinin soğurulmasının yüksek olması, jeolojik olarak beklenen bir sonuçtur.

Ayrıca, bölge için P dalgası genliğine bağımlı yeni bir yerel magnitüd formülü de aşağıda önerilmektedir.

$$M_L = 0.5148 \log(A) + 0.0039 \Delta + 4.2104$$

## KAYNAKLAR

1. Toksöz, M.N. and Johnston, D.H. 1981, Seismic wave Attenuation, Geophysics Reprint Series No.2,339-351.
2. Akıncı, A. 1994, Attenuative behaviors of Western anatolia and Southern Spain using single and Multiple scattering models, Ph.D.Thesis, Dokuz Eylül University, Grauate School of Natural and Applied Sciences, p. 37-39.
3. Horasan, G., and A. Boztepe –Güney (2004). S-wave attenuation in the Sea of Marmara, Turkey, Physics of Earth and planetary Interior. 142, 215-224.

4. Püskülcü, S. 1996, attenuation of Lg phase in Eastern Turkey, M.Sc. Thesis, in Geophy. Eng. Bogaziçi University.
5. Akıncı, A. ve Eyidoğan, H. 1996. Frequency-dependent attenuation of S and koda waves in Erzincan region (Turkey), Phys. Earth Planet. Inter., 97, 109-119.
6. Gök, R. and Türkelli N, Sandov E., Seber D., Barazangi M., 2000, Regional wave propagation in Turkey and surrounding regions, Geoph. Res. Lett. Vol. 27(3), 429-432.
7. Sertçelik, F., ve Kenar, Ö. 2001 Doğu Anadolu'da Soğurma, Jeofizik c. 15, 1, 63-75.
8. Bozkurt, E. 2001, Neotectonics of Turkey–asynthesis, Geodynamic Act 14 (2001) 3-30.
9. McClusky et al. (2000).GPS Constrains on Africa (Nubia) and Arabia Plate Motions. Journal of Geophysical Res. Lett. 105 (B3), 5697-5719.
10. Sandvol et al (2003). Seismogenic Zones in Eastern Turkey. Geophys. Res. Lett. 30(24), dio 10. 1029/2003GL018912
11. Alptekin, Ö. 1978, batı Anadolu depremlerinin odak mekanizmaları ve bunların aktif tektonik ile ilişkileri, 2. Odak mekanizmaları ve plaka tektoniği modeli, Jeofizik VII, 3, 30-56.
12. McKenzie, D.P. 1972, Active tectonics of the Mediterranean region, Geophys. J.R. Astr. Soc. 30, 109-185.
13. Jackson, J. 1992, Partitioning of strike-slip and convergent motion between Eurasia and Arabia in eastern Turkey and the Caucasus, J. Geophys.Res. 97, 12, 471-12,479.
14. Ketin, İ. 1969, Kuzey Anadolu Fayı hakkında, M.T.A. Enstitüsü Dergisi 72, 1-27.
15. [15] Allen, C.R. 1969, Active faulting in northern Turkey, California Inst.Technology, Geol. Sci., Contribution No.1577, 32p.
16. Toksöz, M.N., Shakal, A.F. and Michael, A.J. 1979, Space-time migration of earthquakes along the North Anatolia Fault Zone and seismic gaps, Padeoph. vol. 117, 1258-1269, Birkhauser Verlag, Basel.
17. Jackson, J. And McKenzie, D.P. 1984, Active tectonics of the Alpine-Himalaya Belt between western Turkey and Pakistan, Geophys. Jour. Roy. Astr. Soc. 77, 185-265.

18. Barka, .A.A. and Gülen, L. 1987, Complex evolution of the Erzincan basin (eastern Turkey), Jour. Structural Geol. 11, 275-283.
19. Barka, A.A. and Kadinsky-Cade, K. 1988, Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on Earthquake activity, Tectonics 7, 663-684.
20. Kaypak, B., Eyidoğan, H. 2002. Erzincan havzası ve dolayının üst-kabuk hız yapısının (1-B) belirlenmesi. İtüdergisi/d mühendislik, Cilt 1, Sayı:2, 107-122.
21. Chobra, S. and Alexeev V. 2004. A new approach to enhancement of frequency bandwidth of surface seismic data. Technical Article, First Break, August v.22 p.30-42.
22. Aki, K. And Richards.P.G., 1980. Quantitative Seismology: Theory and Methods, c. 98, 168-169.
23. Richter, C. F. (1958). Elementary Seismology, W. H. Freeman and Company, San Francisco, 135-149.