ERZİNCAN GÜNEYDOĞUSU KALİTE FAKTÖRÜ VE SOĞRULMA ANALİZİ

U. Aydın[1] ve Ç. Özer[2]

[1] *Yardımcı Doçent Doktor, Maden Müh. Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum*
[2] *Araştırma Görevlisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum*
Email: uaydin@atauni.edu.tr

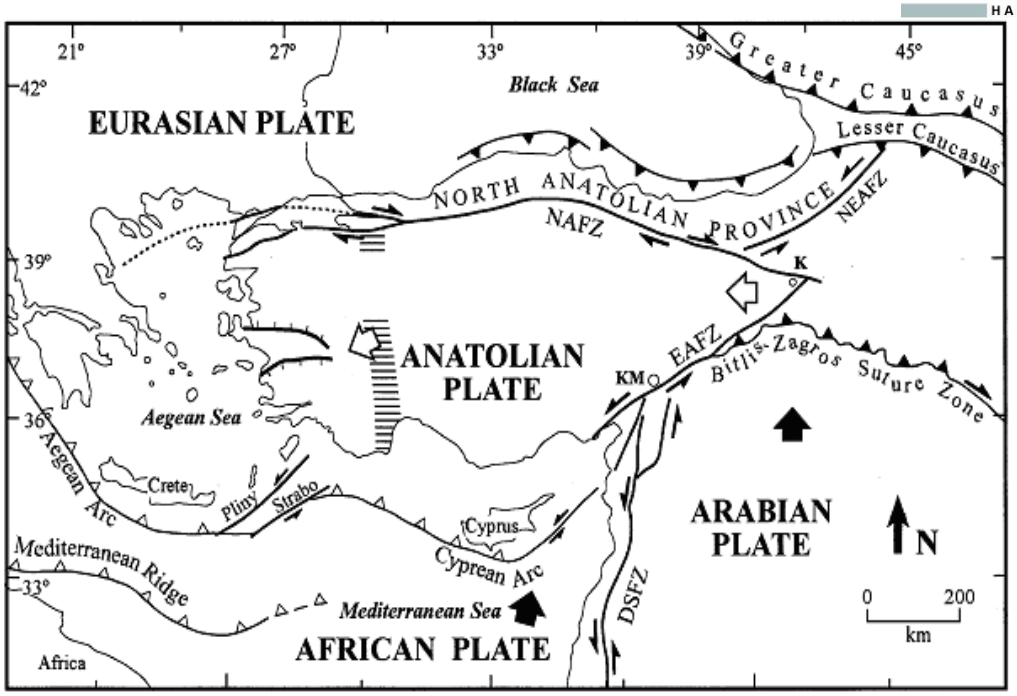
ÖZET:

Bu çalışmada, Erzincan ve çevresinde üst kabuk için kalite faktörü ve soğurulma katsayısı hesaplanmıştır. Hesaplamalar için Atatürk Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezinden (AÜDAM), Erzincan istasyonuna ait 89 adet yakın alan deprem verisi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler 39.7585° enlem ve 39.5059° boylamında bulunan CMG-3T sismometresi ile kaydedilmiştir. Depremlerin odak derinlikleri 1 km ile 15.6 km arasında değişmektedir ve odak derinliği ortalaması yaklaşık 7.2 km'dir. Kalite faktörü episantr uzaklığı-genlik ilişkisi, lokal magnitüd, Pn dalgasının en büyük genlik değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Tüm depremler için oluşturulan lineer denklem sistemleri en küçük kareler yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Genlikler üzerindeki büyüklük etkisini azaltmak için M_L= 4'e göre büyüklük normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Bu işlemler sonucunda normalize edilmiş genlikler ışığında bölge için soğurulma katsayısı (γ) 0.0176 km^{-1}, kalite faktörü (Q) 28.5 olarak bulunmuştur. Bu çözümler sonucunda Erzincan istasyonu için maksimum genlik bağımlı bir lokal büyüklük (M_L) eşitliği M_L=0.5148logA+0.0039Δ+4.2104 bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Doğu Anadolu bölgesi, kalite faktörü, dalga soğurulması, lokal magnitüd.

1. GİRİŞ

Soğurulmayı etkileyen birçok mekanizma vardır ve bazı koşullardaki değişimler soğurulmayı önemli şekilde etkileyebilmektedir (Toksöz & Johnston, 1981). Soğurulma parametresi (Q) sismik dalga soğurulmasının fiziksel mekanizması ile yerkürenin iç yapısının bileşimi ve fiziksel yapısını arasındaki ilişkiyi anlamak için önemlidir (Sato., H. 1992). Sismik dalgaların soğurulması sismolojik çalışmalar ile deprem mühendisliğinde kullanılan en temel fiziksel parametrelerden biridir, belirli bir alandaki tektonik aktivite ve sismisiteyle yakından ilgilidir (Tuve et al., 2006). Türkiye genelinde soğurulma ile ilgili olan çalışmaları araştırıldığında; Batı Anadolu için koda dalgalarıyla (Akıncı, 1994), Marmara bölgesi için S dalgası soğurulması (Horasan vd., 2004), Doğu Türkiye için Lg fazlarının soğurulması (Püskülcü, 1996) Erzincan bölgesinin S ve koda dalgaları ile soğurulma çalışması (Akıncı ve Eyidoğan, 1996), Türkiye geneli için Sn ve Lg dalgaları yardımıyla soğurulma (Gök vd., 2000) konulu çalışmalar dikkat çeker. Soğurmayı değiştirecek birçok mekanizma vardır ve şartların bazılarının değişmesi soğurmanın değişimine yol açar (Toksöz and Johnston, 1981). 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 tespiti için bu parametrelerin ayrıntılı araştırılması gerekir. Sismik kayıtlardaki amplitüd, genlik, frekans, hız değişimleri ortamın geotektonik özelliklerini yansıtmaktadır. Erzincan bölgesi; yanal atımlı fayların ortaklaşa etkileşimde bulunduğu deprem riski yüksek bölgelerin başında gelmektedir. Şekil 1'de Doğu Anadolu'nun önemli faylarının basitleştirilmiş haritası sunulmaktadır.



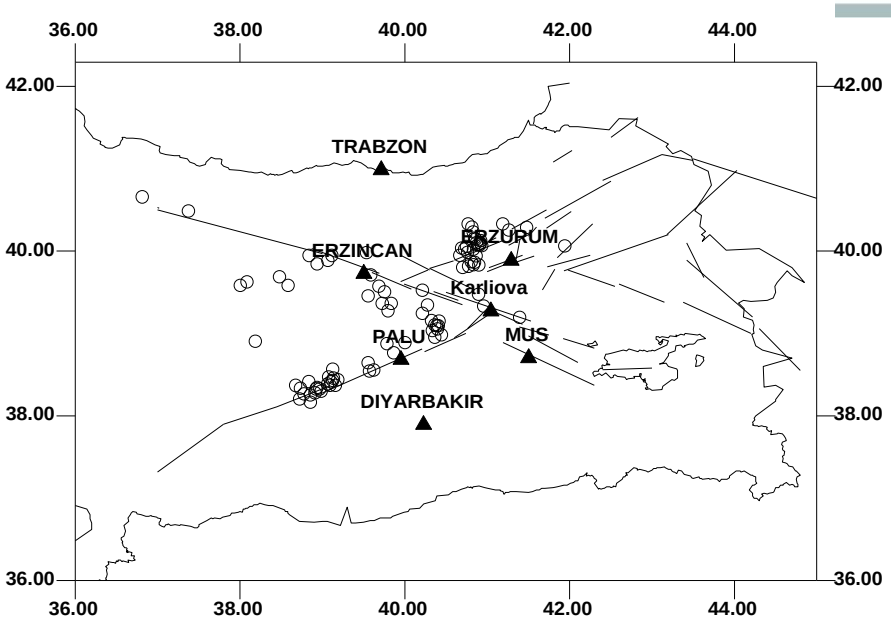
Şekil 1. Doğu Anadolu'nun önemli faylarının basitleştirilmiş haritası
(Şengör vd., 1985)

2. ERZİNCAN VE ÇEVRESİNİN SİSMOTEKTONİĞİ

Kuzey Anadolu fayı sağ yönlü doğrultu atımlı, Doğu Anadolu Fayı ise sol yönlü doğrultu atımlı faylardır (Bayrak, 2004). Bu iki fay Karlıova üçlü ekleminde birleşir (Ketin, İ.1969; Allen, C.R. 1969; Toksöz,vd., 1979; Jackson, J vd., 1984; Barka, .A.A ve Gülen, L., 1987). 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 sebep olmaktadır. 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 (Allen, C.R. 1969). KAFZ 'nun Erzincan civarındaki bölümü birçok parçadan oluşmaktadır (Şekil 1). Bu parçalardan birincisi Karlıova'dan Yedisu'nun batısına kadar uzanırken, 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 (Allen, C.R. 1969; Toksöz, M.N vd., 1979) ayrıntılı olarak araştırılmıştır. 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 yapılarıdır. Tarihsel deprem aktiviteleri bu üç ana fayın hareketleriyle ilişkilidir (Barka, A.A. and Kadinsky-Cade, K. 1988).

3. VERİ İŞLEME

İncelenen depremler büyüklükleri (M_L) 3.5 ile 5.3 arası ve büyüklük ortalaması 3.9, merkez üstü uzaklıkları 15.5 ile 256.2 arası değişmekte ve merkez üstü ortalaması 91 km'dir. Şekil 2'de Çalışma alanının yalınlaştırılmış aktif fay haritası ve depremlerinin episantr dağılımları sunulmaktadır.



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

Çalışmada kullanılan veriler CMG-3T sismometresi ile kaydedilmiştir. Tüm kayıtlar aynı sismometre ile alındığı halde diğer soğurulma çalışmasını desteklemek amacı ile alet düzeltmesi yapılmıştır. Kullanılan deprem kayıtlarının alındığı bölge (Şekil 2)'de gösterilmiştir.

4. SOĞURMA VE KALİTE FAKTÖRÜ

4.1 Soğurma

Sismik dalgalarda soğurulma frekansa bağımlıdır. Alçak frekanslar daha az soğurulurken, yüksek frekanslar daha fazla soğurulurlar (Stein and Wysession, 2003).

Soğurulma katsayısı (γ); homojen ortamda yayılan dalganın genliğindeki azalım miktarı olarak ifade edilir ve bu genlik değişimlerinin incelenmesiyle derinlik soğurulma katsayısı arası ilişki incelenmektedir (Basa vd., 2005).

$$\gamma = \frac{\pi f}{Qv} \qquad (1)$$

Burada; Q sismik kalite faktörü, V sismik hız, f frekansı simgelemektedir.

4.2 Kalite Faktörü (Q)

Sismolojide kalite faktörü her bir devirde kaybolan enerjinin toplam enerjiye olan oranı kalite faktörü olarak ifade edilir ve aşağıdaki şekilde formulize edilmiştir (Knopoff ve McDonald, 1958). Kalite faktörüne etki eden birçok faktör vardır. Bunların başında basınç gelmektedir. Basınç artıkça kalite faktörü de artar. Basınç etkisinin yanında sıvı basıncı, çatlak yoğunluğu, kayacın suya doygunluk durumu kalite faktörünü etkileyen etmenler arasındadır.

$$Q = -2\pi \frac{E}{\Delta E} \qquad (2)$$

Burada Q kalite faktörünü, ΔE: bir devirde ki kayıp enerjiyi (soğurma), E ise bir devirdeki enerjiyi simgelemektedir.

5. BULGULAR

Genlikler üzerinde farklı büyüklük etkilerini gidermek için M_L 4'e göre normalizasyon işlemi yapılmıştır.

1-) 4=0.5148log(An)+0.0039*89+4.2104
2-) 4=0.5148log(An)+0.0039*153+4.2104
. …. …. …. ….
89-) 4=0.5148log(A)+0.0039*139+4.2104

Depremin yerel büyüklüğü (M_L) aşağıdaki en büyük dalga genliği ve merkez üstü verileri kullanılarak M_L=alog(A)+bΔ+c formülüne göre,

$$M_L=0.5148\log(A)+0.0039\Delta+4.2104 \quad (3)$$

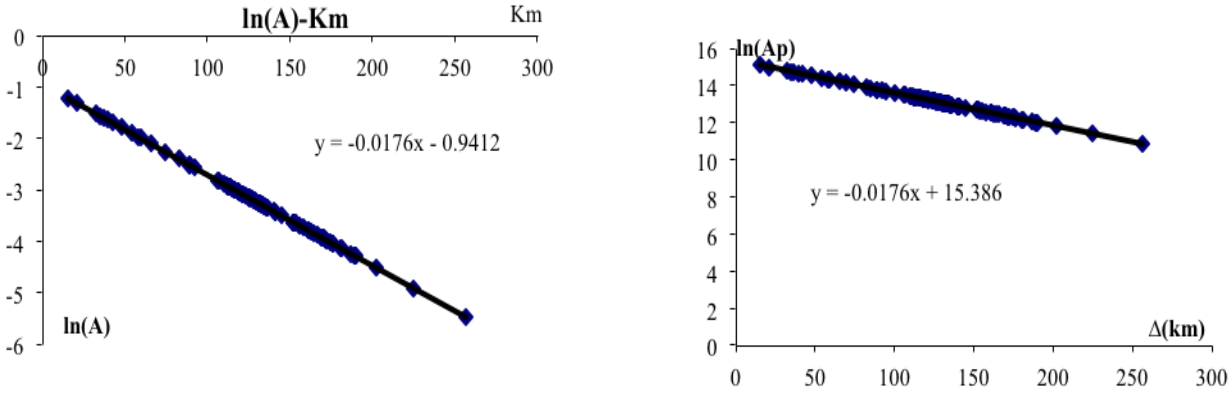
Olarak elde edilmiştir. Soğurulma katsayısı (γ) Şekil 3a'deki fonksiyonun eğiminden elde edilmiştir. Tablo 1'de çalışma alanında elde edilen veriler sunulmuştur. Hesaplamalar için Atatürk Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezinden (AÜDAM), Erzincan istasyonuna ait 89 adet yakın alan deprem verisi kullanılmıştır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan depremlerin Tarihini, Enlem-Boylam Değerlerini, depremlerin derinliğini, Magnitüd değerlerini, Pn dalgası varış zamanı, dış merkez uzaklığı Δ(km), alet düzeltmesi yapılmış genlik değerleri Aa, log Aa, normalize edilmiş genliği An ve ln(An) değerleri sunulmuştur.

No	Tarih	Enlem	Boylam	H	M_L	T	Δ	Aa	log(Aa)	An	ln(An)
1	22.10.2002	39.3	40.32	10	4.6	12	89	5046678	6,7	995982	13.8
2	02.01.2003	38.41	39.18	3.7	3.7	25	153	40053	4,6	325797	12.7
3	27.01.2003	39.23	39.84	13	4	12	66	3734172	6,6	1502280	14.2
4	27.01.2003	39.41	39.6	15.6	3.8	3	40	2316912	6,4	2390477	14.7
5	27.01.2003	39.32	39.77	10.5	4	5	54	7264998	6,9	1848567	14.4
6	28.01.2003	39.32	39.88	11	3.8	6	59	3986814	6,6	1691945	14.3
7	29.01.2003	39.53	39.73	14	3.6	7	32	764088	5,9	2714100	14.8
8	05.02.2003	39.46	39.8	4	3.6	9	42	751764	5,9	2274893	14.6
9	05.02.2003	39.9	39.16	9.9	3.8	5	35	2218320	6,3	2598627	14.8
10	01.03.2003	39.43	40.94	6.2	3.6	23	134	55458	4,7	450861	13.0
11	14.03.2003	38.52	39.17	1	3.9	24	141	271128	5,4	401025	12.9
12	23.03.2003	39.84	39.11	5.2	3.8	8	37	2723604	6,4	2513261	14.7
13	27.03.2003	40.61	36.86	5.5	3.7	40	256	36972	4,6	52284	10.9
14	01.05.2003	39.2	40.26	5.5	4	19	92	1170780	6,1	949466	13.8
15	11.05.2003	39.11	40.37	4	4	20	106	345072	5,5	740969	13.5
16	15.05.2003	38.72	39.91	1	3.9	19	121	104754	5,0	569595	13.3
17	20.05.2003	39.05	40.45	10.2	4	24	116	326586	5,5	623202	13.3
18	21.05.2003	39.06	40.41	7.7	4	21	112	197184	5,3	661556	13.4
19	22.05.2003	38.91	40.41	12.3	3.9	24	124	178698	5,3	534627	13.2
20	23.05.2003	38.83	39.83	3.3	3.8	19	107	92430	5,0	726189	13.5
21	12.06.2003	39.01	40.44	7.5	3.8	21	118	178698	5,3	597160	13.3
22	29.06.2003	39.05	40.43	6.1	3.8	24	114	135564	5,1	637828	13.4
23	21.07.2003	38.3	38.98	5.6	3.9	31	169	154050	5,2	245043	12.4
24	30.07.2003	39.1	40.46	8.6	3.9	21	113	43134	4,6	657225	13.4
25	17.08.2003	40.44	37.42	10.5	3.6	33	202	55458	4,7	135125	11.8
26	20.08.2003	38.29	38.78	5.1	4.1	27	176	1041378	6,0	216805	12.3
27	28.08.2003	38.21	38.9	6.6	3.6	29	180	73944	4,9	199484	12.2
28	30.08.2003	38.22	38.82	10.6	3.9	35	182	55458	4,7	195090	12.2
29	24.09.2003	39.54	38.05	10.3	4.8	19	133	3734172	6,6	457789	13.0
30	28.09.2003	39.58	38.13	15.4	3.7	20	125	172536	5,2	525818	13.2
31	30.09.2003	38.94	40.49	7.5	3.9	20	127	110916	5,0	512307	13.1
32	11.10.2003	39.8	38.98	6.5	4	4	48	616200	5,8	2077377	14.5

33	12.10.2003	38.86	38.23	11.9	3.5	25	152	73944	4,9	328308	12.7
34	13.10.2003	39.15	41.44	12.6	3.7	31	187	178698	5,3	178218	12.1
35	17.10.2003	39.82	40.89	8.9	3.5	21	125	123240	5,1	531886	13.2
36	23.10.2003	38.37	38.88	9.6	3.7	29	164	73944	4,9	265650	12.5
37	03.12.2003	38.16	38.77	8.4	3.6	29	189	73944	4,9	169992	12.0
38	05.12.2003	39.54	38.63	8.1	3.5	14	82	86268	4,9	1121641	13.9
39	16.12.2003	39.48	40.26	12.5	3.7	13	75	443664	5,6	1289439	14.1
40	24.12.2003	40.21	41.31	14.4	3.9	26	170	147888	5,2	239667	12.4
41	06.01.2004	38.12	38.9	13.4	4.7	28	190	1786980	6,3	168555	12.0
42	04.02.2004	39.936	39.5812	2	3.6	2	21	2618850	6,4	3327662	15.0
43	20.02.2004	38.498	39.6152	4.2	3.6	21	140	45599	4,7	404402	12.9
44	26.03.2004	39.825	40.8513	1.4	4.1	18	121	727116	5,9	565227	13.2
45	27.03.2004	39.771	40.8181	2.3	4.1	18	118	314262	5,5	598116	13.3
46	28.03.2004	39.98	40.77	2.1	5.3	19	116	10900578	7,0	616448	13.3
47	28.03.2004	40.083	40.9651	14.9	3.9	20	136	295776	5,5	434809	13.0
48	28.03.2004	39.785	40.9431	2.3	4.1	18	129	351234	5,5	490186	13.1
49	28.03.2004	40.285	40.8137	3.5	3.7	24	131	110916	5,0	473019	13.1
50	28.03.2004	40.187	40.8765	10	3.7	20	132	166374	5,2	466421	13.1
51	28.03.2004	40.245	40.8589	1	3.8	23	133	154050	5,2	458228	13.0
52	29.03.2004	40.111	40.8911	9.5	4.1	21	131	714792	5,9	479363	13.1
53	01.04.2004	39.757	40.7477	1.4	4.8	20	112	1614444	6,2	668971	13.4
54	01.04.2004	39.898	40.9115	2.7	3.7	18	127	75176	4,9	507170	13.1
55	03.04.2004	40.1	40.9051	8.8	3.7	20	132	141726	5,2	472151	13.1
56	07.04.2004	39.991	40.7357	2.5	4.1	19	114	271128	5,4	647155	13.4
57	10.04.2004	39.977	40.8778	5.5	3.7	19	126	135564	5,1	521914	13.2
58	10.04.2004	40.056	40.9142	5.6	3.7	19	131	166374	5,2	476572	13.1
59	12.04.2004	40.05	40.9619	10.3	3.5	20	135	98592	5,0	444027	13.0
60	17.04.2004	40.03	40.93	7.8	3.8	19	132	203346	5,3	470836	13.1
61	23.04.2004	40.285	41.2346	1.4	3.6	29	166	104754	5,0	256011	12.5
62	28.04.2004	40.028	40.9487	2.5	3.6	21	133	81955	4,9	457777	13.0
63	01.05.2004	39.789	40.8769	2.8	4.2	17	123	831870	5,9	544405	13.2
64	09.05.2004	40.241	41.5243	9.1	3.7	29	189	61620	4,8	169988	12.0
65	14.05.2004	40.021	40.9796	8..3	3.8	19	136	1300182	6,1	437802	13.0
66	24.05.2004	40.01	40.7918	2	3.6	20	119	36972	4,6	588123	13.3
67	12.06.2004	38.6	39.6	15.3	4.4	18	129	2218320	6,3	494619	13.1
68	13.06.2004	40.016	41.985	7.2	3.6	35	225	86268	4,9	90773	11.4
69	16.06.2004	38.844	40.0485	12.3	3.6	21	113	49296	4,7	658743	13.4
70	29.06.2004	39.902	40.7132	2.7	3.5	18	110	39437	4,6	692396	13.4
71	17.07.2004	38.99	40.38	10.3	3.9	20	116	332748	5,5	620316	13.3
72	11.08.2004	38.368	39.1461	4.6	5.3	24	158	7061652	6,8	297358	12.6
73	12.08.2004	38.279	39.0142	3	3.6	27	170	234156	5,4	238922	12.4
74	13.08.2004	38.279	38.9672	12.3	4.3	27	171	603876	5,8	234214	12.4
75	14.08.2004	38.254	39.0306	11.3	4.3	25	172	905814	6,0	229601	12.3
76	14.08.2004	38.236	38.9557	6.1	3.5	26	176	67782	4,8	214719	12.3
77	14.08.2004	38.385	39.1704	6..5	3.6	21	155	49296	4,7	309778	12.6
78	14.08.2004	38.426	39.1202	10.2	3.6	24	152	123240	5,1	328974	12.7
79	14.08.2004	38.343	39.1096	7.4	4.2	24	161	764088	5,9	280195	12.5
80	14.08.2004	38.326	39.2036	4.2	4.1	27	161	616200	5,8	279100	12.5
81	17.08.2004	39.288	41.0028	8.8	3.9	22	145	277290	5,4	375335	12.8
82	25.08.2004	39.666	39.6339	5	3.5	2	15	4541394	6,7	3660562	15.1
83	08.09.2004	38.326	39.1376	5.9	4.1	26	162	437502	5,6	273698	12.5
84	25.09.2004	38.395	39.2308	7.5	4	25	153	184860	5,3	321121	12.7
85	30.09.2004	39.642	38.5243	9.7	4.3	13	89	831870	5,9	994523	13.8
86	30.09.2004	39.939	40.8053	2.5	3.5	18	119	301938	5,5	592345	13.3
87	24.10.2004	38.321	38.7198	6.9	3.5	31	175	46215	4,7	220757	12.3
88	25.10.2004	39.899	38.8833	3.2	3.5	9	58	388206	5,6	1722855	14.4
89	25.10.2004	38.512	39.67	1.8	3.6	21	139	308100	5,5	412186	12.9

Sismik soğurulma ve kalite faktörü hesaplamaları için kullanılan V_p=6,25 km/sn hız değeri, bu çalışmada kullanılan depremlerden elde edilmiştir (Şekil 3b). Erzincan ve çevresi için Erzincan havzası ve dolayının üst-kabuk hız yapısının belirlenme çalışmasında 7 km için Vp=6.26 km/sn olarak verilmiştir (Jackson and McKenzie, 1984). Ölçümler 1 cps (saniyedeki çevrim sayısı, Hz) lik ortamda alındığından f, 1cps (Hz), Vp, 6.25 γ, 0.0176 alınarak (1) numaralı eşitlikten sismik kalite faktörü; $Q = \frac{\pi f}{\gamma v} = 28.5$ olarak bulunmuştur. Şekil 3'de ln(An)-Δ(Km) grafiği ve ln(Ap) - Δ(Km) grafiği sunulmaktadır.



(a) (b)

Şekil 3. a- ln(An)-Δ(Km) grafiği, b- Pn dalgası ilk varış zaman-uzaklık grafiği

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada Erzincan ve çevresi için üst kabukta ortalama odak genliği A_o=4809006*10^{-6}m, soğurulma katsayısı 0.0176 ve kalite faktörü de 28.5 olarak hesaplanmıştır. Sertçelik, F., ve Kenar, Ö. (2001) Pn dalgası kullanarak Diyarbakır ve çevresi için soğurulma katsayısını 0.0114 ve kalite faktörünü 47.5 olarak bulmuşlardır. Bulunan bu sonuçlar ışığında Erzincan çevresinin kalite faktörünün Diyarbakır' dan daha küçük olması ve dolayısı ile Pn dalgası düşey bileşen genliklerinin soğurulmasının yüksek olması, jeolojik açıdan beklenen bir sonuçtur. Erzincan bölgesindeki soğurulmanın Diyarbakır bölgesinden fazla çıkması, Erzincan ovasındaki kalın sedimantasyon ve bölgedeki yüksek sismik aktivitesinden kaynaklanmaktadır. Erzincan ile Diyarbakır çevresinin jeolojik farklılığı ve dolayısı ile dolayısıyla soğurulmaya etkisini açıkça görülmektedir.

KAYNAKLAR

Akıncı, A. (1994). Attenuative behaviors of Western anatolia and Southern Spain using single and Multiple scattering models, Ph.D.Thesis, Grauate School of Natural and Applied Sciences, Dokuz Eylül University, İzmir.

Akıncı, A. ve Eyidoğan, H. (1996). Frequency-dependent attenuation of S and koda waves in Erzincan region (Turkey), *Phys. Earth Planet. Inter*iors 97, 109-119.

Allen, C.R. (1969). Active faulting in northern Turkey, California Inst.Technology, *Geol. Sci., Contribution* 1577, 32p.

Barka, .A.A. and Gülen, L. (1987). Complexevolution of the Erzincan basin (eastern Turkey), *Jour. Structural Geology* 11, 275-283.

Barka, A.A. and Kadinsky-Cade, K. (1988). Strike-slip fault geometry in Turkey and itsinfluence on Earthquake activity, *Tectonics* 7, 663-684

Basa S.H. , Kenar Ö., Özer M.F.,Tunç S., Irmak T.S., Güven İ.T., Ulutaş E., Tunç B., Çetinol T., Çaka D., (2005). Uzak Alan Cisim Dalgalarının Soğrulması, *Kocaeli Deprem Sempozyumu*

Bayrak, Y. (2004). Sismoloji, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye.

Gök, R. and Türkelli N, Sandov E., Seber D., Barazangi M. (2000). Regional wave propagation in Turkey and surrounding regions, *Geopysical. Research Letter* 27, 429-432.

Horasan, G., and A. Boztepe –Güney (2004). S- wave attenuation in the Sea of Marmara-Turkey, *Physics of Earth and planetary Interrior* 142, 215-224.

Jackson, J. and McKenzie, D.P. (1984). Active tectonics of the Alpine-Himalaya Belt betweenwestern Turkey and Pakistan, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Soc*iety 77, 185-265.

Ketin, İ. (1969) Kuzey Anadolu Fayı hakkında, *M.T.A. Enstitüsü Dergisi* 72, 1-27.

Knopoff L. and Mc Donald G. J. F. (1958). Attenuation of small amplitüde stres waves in solids. *Reviews of Modern Physics* 30, 1178-1192.

Püskülcü, S. (1996). Attenuation of Lg phase ın Eastern Turkey, M.Sc. Thesis, Geophysical Engineering, Bogaziçi University.

Sato., H. (1992) "Thermal Structure of the Mantle Wedge beneath Northeastern Japan: Magmatism in an Island Arc from the Combined Data of Seismic Anelasticity and Velocity and Heat Flow," *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 51, 237-252.

Sertçelik, F., ve Kenar, Ö. (2001). Doğu Anadolu'da Soğurma, *Jeofizik c* 15, 1, 63-75

Stein S., and Wysession, M. (2003). An Introduction to Seismology, Earthquakes and Earth Structure. Blackwell Publishing, USA.

Şengör, A. M. C., Görür, N. and Şaroğlu, F.,(1985). Strike-slip deformation basin formation and sedimentation:Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In:Biddle, K.T. and Christie-Blick, N. (Eds.), Strike-slip faulting and basin formation. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogist-Special Publication* 37, 227-264.

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, Pure and Applied Geophysics 117, 1258-1269.

Toksöz, M.N. and Johnston, D.H. (1981). Seismic wave Attenuation, *Geophysics Reprint Series* 2, 339-351.

Tuve T. , Bianco F , Ibanez J , Patane D , Pezzo E. D., Bottari A., (2006). Attenuation study in the Straits of Messina area (southern Italy*). Tectonophysics* 421, 173–185.