



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**12 KASIM 1999 DÜZCE DEPREMİNİN MAKROSİSMİK
ARAŞTIRMASI**

**Jeofizik Müh. Osman FIRAT
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Yrd.Doç.Dr. Oğuz GÜNDOĞDU**

Ağustos, 2005

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**12 KASIM 1999 DÜZCE DEPREMİNİN MAKROSİSMİK
ARAŞTIRMASI**

**Jeofizik Müh. Osman FIRAT
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Yrd.Doç.Dr. Oğuz GÜNDOĞDU**

Ağustos, 2005

İSTANBUL

Bu çalışma/....../ 2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Anabilim Dalı programında Doktora / Yüksek Lisans Tezi olarak
kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Danışman Adı (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü
Sekreterlięinin T-236/ 06032003 numaralı projesi ile desteklenmiřtir.

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Yrd.Doç.Dr. OğuzGündoğdu'ya en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Sn Ali Pınar'a, İstanbul Üniversitesi Jeofizik bölümünde bulunan hocalarıma, Bogaziçi Üniversitesi Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi Müdürü Dr. Sn. Doğan Kalafatoğlu' na, Jeofizik Mühendisi Sn Yavuz Güneş' e ve katkılarından dolayı Dr. Ferhat Özçep'e teşekkür ederim.

Ağustos, 2005

Osman FIRAT

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	IV
TABLO LİSTESİ	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
1. GİRİŞ	1
1.2 AMAÇ VE KAPSAM	2
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. DEPREM	3
2.1.1. Büyüklük (Magnitüd)	3
2.1.2. Şiddet	5
2.1.3. Dışmerkez (Episantr)	6
2.1.4. İçmerkez (Hiposantr)	6
2.1.5. Eşşiddet Haritası (İzoseist Haritası), MSK Şiddet Cetveli.....	7
2.2. FAY VE FAY TÜRLERİ	12
2.3. LEVHA TEKTONİĞİ	14
2.3.1. Uzaklaştıran levha sınırları	16
2.3.2. Yakınlaştıran Levha Sınırları	18
2.3.3. Transform faylı sınırlar	19
3. MALZEME VE YÖNTEM	20
3.1. TÜRKİYE' NİN TEKTONİĞİ VE KUZAY ANADOLU FAY ZONU	20
3.2. KUZAY ANADOLU FAY ZONU	21

4. BULGULAR	23
4.1. 12 KASIM 1999 DÜZCE DEPREMİ ARAŞTIRMA ALANI.....	23
4.2. DÜZCE BÖLGESİ DEPREM ETKİNLİĞİ	25
4.2.1. Bölgenin Aletsel Dönem (1900-2005) Etkinliği	25
4.2.2. Bölgenin Tarihsel Deprem Etkinliği	28
4.2.3. Düzce ve Çevresinin Jeolojisi	32
4.2.3.1. <i>Paleozoyik Yaşlı Formasyonlar</i>	32
4.2.3.2. <i>Mesozoyik Yaşlı Formasyonlar</i>	33
4.2.3.3. <i>Senozoyik Yaşlı Formasyonlar</i>	33
4.2.4. Bölgedeki Diri Faylar	35
4.2.5. Deprem Kaynak Parametreleri	37
4.2.5.1. <i>Sismik Moment</i>	39
4.2.6. Düzce Depremi İvme Değeri	43
4.2.7. 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin Hasar Dağılımı	44
4.2.8. 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin Eşşiddet Haritası.....	53
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	55
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	60

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Deprem Parametreleri.....	6
Şekil 2.2	: Fayların türleri ve oluşum özellikleri	12
Şekil 2.3	: Horst ve Graben yapısı.....	14
Şekil 2.4	: 250 Milyon yıl içinde levhaların hareketleri.....	15
Şekil 2.5	: Astenosfer üzerinde yüzmekte olan Litosfer parçaları.....	16
Şekil 2.6	: Astenosfer üzerinde yüzmekte olan kıtasal litosfer.....	18
Şekil 3.1	: Türkiye ve çevresinin levha tektonik modeli	20
Şekil 3.2	: Kuzey Anadolu Fay Hattı.....	21
Şekil 3.3	: Marmara Denizi, Kuzey Anadolu Fay Zonu (Le Pichon).....	22
Şekil 3.4	: Marmara Denizi, Kuzey Anadolu Fay Zonu (Armijo).....	22
Şekil 4.1	: 17.08.1999 Gölcük ve 12.11.1999 Düzce Depremlerinin Fay Haritası.....	23
Şekil 4.2	: 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi öncesi ve sonrası gerilme değişimi	24
Şekil 4.3	: Geniş Alanda ((40 – 42) ⁰ K; (27 – 35) ⁰ D), 1900-2005 tarihleri arasında olan depremlerin dağılımı.	25
Şekil 4.4	: Geniş alan içinde M ≥ 5 olan depremler.....	26
Şekil 4.5	: Dar Alanda ((40.50 – 41. 50) ⁰ K; (30.50 – 32.50) ⁰ D), 1900-2005 tarihleri arasında olan depremlerin dağılımı.	27
Şekil 4.6	: Bölgenin geniş alanda tarihsel deprem etkinliği	28
Şekil 4.7	: Dar alan tarihsel deprem etkinliği.....	29
Şekil 4.8	: Düzce ve Kaynaşlı civarının Jeolojisi	34
Şekil 4.9	: Düzce ve çevresinin diri fayları ve hasar yapan depremleri.	35
Şekil 5.1	: 12 Kasım Düzce Depreminin Kırık Haritası	38
Şekil 5.2	: 17.08.1999 Gölcük ve 12.11.1999 Düzce Depremlerinin artçı sarsıntılarının derinlik dağılımı.	40
Şekil 5.3	: Düzce Depremi İvme Kaydı.....	43
Şekil 5.4	: İllere göre konut ve işyerlerinin hasar durumu.....	43
Şekil 5.5	: Düzce İli Ağır Hasar Dağılımı.	47
Şekil 5.6	: Bolu ili Hasar Dağılımı	52
Şekil 5.7	: 12 Kasım 1999Düzce Depremi Eşşiddet Haritası	54
Şekil 6.1	: 14.04.2004 M=4.6 Büyüklüğünde Olan Deprem	56

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: Deprem büyüklükleri	4
Tablo 2.2	: Deprem Derinlik Sınıflaması.....	4
Tablo 2.3	: Deprem Uzaklık Sınıflaması.....	5
Tablo 2.4	: MSK şiddet cetvelinde belirli şiddetlere karşı gelen ivme değerleri... 11	
Tablo 4.1	: Kuzey Anadolu Fayı ile doğrudan ilişkili olan depremler (1900 – 2005)... 26	
Tablo 4.2	: Maksimum şiddeti VIII ve yukarı olan depremler	30
Tablo 4.3	: Farklı kaynaklar ve bu çalışmada belirlenen 12 Kasım 1999 Düzce Depremine ait parametreler.....	37
Tablo 4.4	: 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin Çeşitli Araştırmacıların yapmış olduğu Fay boyu ve Atım Değerleri.....	41
Tablo 4.5	: Düzce ve çevre illerin hasar dağılımı... ..	44
Tablo 4.6	: Düzce ile çevre illerdeki can kaybı ve yaralı sayısı.....	46

ÖZET

12 KASIM 1999 DÜZCE DEPREMİ MAKROSİSMİK ÇALIŞMASI

Bu çalışmada 12 Kasım 1999 tarihinde Düzce’ de meydana gelen $M_w= 7.3$ olan Depremi makrosismik araştırması yapılmıştır.Çalışma 5 bölümü kapsamaktadır.

Birinci bölümde Türkiye’deki deprem sorunu ve çalışmanın amaç ve kapsamı belirtilmiştir.

İkinci bölümde deprem parametreleri tanımları yapılmıştır.

Şiddet, hız ve yapı tiplerindeki hasar arasındaki ilişkiler ile fay, fay türleri ve levha tektoniği tanımları verilmiştir.Türkiye’ nin Tektoniğinin’den, Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Düzce Depreminin ilişkisinden çalışmanın üçüncü bölümünde ayrıntılı bir şekilde bahsedilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde ise, araştırma alanı belirlendikten sonra 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi öncesi ve sonrası gerilme değişimi ve bölgenin deprem etkinliği anlatılmıştır. Arazi gözlemleri ve anketler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilmiş ve eşşiddet haritası çizilmiştir.

Çalışmanın beşinci ve son bölümündeyse makrosismik inceleme sonucunda ortaya çıkan sonuçlar anlatılmıştır.

SUMMARY

MACROSISMIC STUDY OF 12 NOVEMBER 1999 DÜZCE EARTHQUAKE

In this work, the macrosismic study of the Düzce earthquake ($M_w=7.3$) that occurred at November 12, 1999 is presented. This study includes five parts.

In the first part of the study, the earthquake problems in Turkey and the aim of the study are described.

The parameters of the earthquake are defined in the second chapter. Relations between intensity, velocity and the damage types of buildings are explained. Detailed information about faults, types of faults and plate tectonics models are presented.

In the third part of the study, the tectonics of Turkey, the relation of North Anatolian Fault Zone and Düzce Earthquake are explained in details.

In the fourth part of the study, after determining the study area, stress-drop before and after the August 17, 1999 Gölcük Earthquake and earthquake activity are given in the study area. The data obtained as a result of observations of the area and questionnaire about it is evaluated and an intensity map is drawn.

Finally, in the last part of the study the results of the macrosismic study are discussed.

1.GİRİŞ

Dünyanın oluşumundan beri, sismik yönden aktif olan bölgelerde depremlerin birbirini takip ederek sürekli olarak oluştuğu ve sonucunda da milyonlarca insanın öldüğü maddi, manevi zarar görüldüğü bilinmektedir. Bu sebepten depremler insanları etkileyen en önemli doğal olgulardan biridir.

Türkiye dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır ve ülkemiz sınırlarının %92' si deprem tehlikesi ile karşı karşıyadır.Nüfusumuzun %95' inin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve büyük sanayi merkezlerinin %98' inin ve barajlarımızın %93' ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir (Özmen ve diğerleri, 1997).

Geçmişte birçok yıkıcı depremler olduğu gibi, gelecekte de sık sık oluşacak depremlerle büyük can ve mal kaybına uğrayacağımız bir gerçektir.

17 Ağustos 1999 İzmit Gölçük Depreminden 87 gün sonra meydana gelen 12 Kasım 1999 Düzce depreminde yaşanan yıkımlar can kayıplarını arttırmış, insanlığın yaşamış olduğu dram ve acı boyutları daha da büyümüştür.

Türkiye’de 1900 – 1999 yılları arasında 149 tane hasar yapan deprem meydana gelmiş ve bu depremler 578544 binanın yıkılması veya ağır hasara uğramasına ve 97203 insanın ölmesine neden olmuştur. Bu rakamlara göre Türkiye’de ortalama her 7 ayda bir hasar yapan deprem oluşmaktadır. Hasar yapan depremler ortalama olarak her yıl 5844 binanın yıkılmasına ve 982 insanın ölmesine neden olmaktadır. (Özmen ve diğerleri, 1997).

17 Ağustos 1999 Gölçük (Kocaeli) Depreminden sonra oluşan 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, literatürde Düzce fayı olarak bilinen kırık hattının doğu bölümü üzerinde gelişmiştir. İlk deprem sonrasında yapılan arazi gözlemleri, Düzce Fayının kırılmayan yaklaşık 40 kilometrelik doğu yarısında aşırı bir stres birikimi olduğunu göstermiştir. (Özmen ve diğerleri, 1997).

İstanbul, Ankara ve çevre illerde de hissedilen bu deprem, Düzce, Kaynaşlı ve Bolu’da can kaybı ve hasara yol açmıştır.

1.2 AMAÇ VE KAPSAM

Türkiye, Dünya deprem kuşakları içersinde yer alan depremelliği en yüksek olan ülkelerden biridir. Tarihsel (1900 öncesi) ve aletsel (1900 sonrası) Türkiye' nin sınırları içersinde can ve mal kaybına neden olan bir çok deprem meydana gelmiştir.

Bu çalışmada,12 Kasım 1999 tarihinde aletsel büyüklüğü $M_w=7.3$ olan Düzce Depreminin makrosismik çalışmalar yardımıyla incelenmesi ve bu bağlamda hasar dağılımı, arazi gözlemlerinin değerlendirilmesi ve eşşiddet haritasının çizilmesi amaçlanmıştır.

Araç olarak bölgede yapılar, arazi ve canlılar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla, gözlem ve anket çalışmaları yapılmıştır. Depremle ilgili amaç kapsamında yayın taraması yapılmıştır.

Bu tez çalışmasını 5 farklı şekilde incelemek mümkündür.

Çalışmanın birinci bölümünde deprem tehlikesinden, hasar dağılımından ve stress birikiminden bahsedilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümündeyse deprem ve deprem parametlerinin genel tanımlarından, fay ve fay hattı tanımlarından bahsedilecektir.

Çalışmanın üçüncü bölümündeyse, Türkiye' nin tektoniği ve Kuzey Anadolu Fay Zonu anlatılacaktır.

Çalışmanın dördüncü bölümündeyse, yapılan çalışmalar ile elde edilen verilerin değerlendirilmesi yapılacaktır.

Son bölümde ise bu çalışma ile ilgili verilerin değerlendirilmesiyle ortaya çıkan sonuçlar anlatılacaktır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1 DEPREM

Deprem, yerküre içersinde biriken elastik deformasyon enerjisinin, kayaçların kırılma direncini aşması sonucunda, kayaçların kırılması ve aniden enerjinin boşalması olayına denir. Bu kırılma hareketinin sonucunda enerjiyi taşıyan elastik dalgalar, yıkıma ve can kaybına neden olmaktadır.

Deprem olgusunun bilimsel olarak açıklanmasında varılmak istenen hedef, depremin oluş mekanizmasını belirlemektir. Bunun içinde, deprem olgusunu tanımlayabilen nicel büyüklüklere gereksinim vardır. Bu nicel büyüklüklere “ deprem parametreleri ” adı verilmektedir (Gündoğdu, 1986).

Bu çalışmada, deprem parametrelerinde büyüklük (magnitüd), şiddet, dışmerkez (odak noktası, episantr), içmerkez (hiposantr), fay düzlemi genişliği ve sismik moment üzerinde durulacaktır.

2.1.1 Büyüklük (Magnitüd)

1800’ lü yılların sonunda sismografların kullanılmasıyla birlikte aletsel deprem büyüklük ölçeklerinin kullanımı da gündeme gelmiştir.1935’ de Charles Richter M_L ile simgelenen ve sismograflarda izlenen deprem kayıtlarının genliklerinden hesaplanan büyüklük adı verilen yeni bir ölçek geliştirilmiştir. M_L depremin ölçüsünü bağımsız olarak saptayabilmemizi sağlar. Richter büyüklük ölçeği logaritmiktir. 5 büyüklüğünde bir depremin yer hareketi 4 ölçeğindeki depreminkinden 10 kere daha fazladır. Enerji olarak bakıldığında 5 ölçeğindeki depremin enerjisi 4 ölçeğinkine kıyasla 30 kere daha fazla olmaktadır (Eyidogan ve diğerleri, 1996).

m_b ve M_s cisim ve yüzey dalgası büyüklükleri her türlü depreme uygulanabilmektedirler ve B.Gutenberg ve Richter tarafında geliştirilmişlerdir (Eyidogan ve diğerleri, 1996).

Bir deprem sismogramından büyüklüğü bulmak için sismik dalganın genliği ve periyodu okunur ve aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanır.

$$M = \log_{10} (A / (T \cdot m)) + a \cdot \log_{10} \Delta + b \quad (2.1.1)$$

A : Sismik Dalganın Genliği.

T : Sismik Dalganın Peryodu.

m : Sismografin Büyütmesi

a-b : Katsayılar.

Δ : Km ya da derece olarak depremin kayıt istasyonuna uzaklığı.

(Eyidoğan ve diğerleri, 1996).

Tablo 2.1 :Deprem büyüklükleri (Eyidoğan ve diğerleri, 1996).

Büyüklik (M)	Büyüklik Sınıflaması
0	Küçük Mikro -Deprem
1	
2	Mikro Deprem
3	
4	Küçük Deprem
5	
6	Orta Büyüklükte Deprem
7	
7' den Büyük	Büyük Deprem

Tablo 2.2 :Deprem Derinlik Sınıflaması (Eyidoğan ve diğerleri, 1996).

Derinlik (Km) H	Derinlik Sınıflaması
60	Sığ Deprem
300	Orta Derin Deprem
300' den büyük	Derin Deprem

Tablo 2.3 : Deprem Uzaklık Sınıflaması (Eyidoğan ve diğerleri, 1996).

Uzaklık (Km) D	Uzaklık Sınıflaması
100	Yerel Deprem
1000	Yakın Deprem
5000	Bölgesel Deprem
5000' den büyük	Uzak Deprem

Yerel uzaklıkta olmak koşuluyla büyüklüğü en az 2' ye kadar olan depremler farkedilebilmektedir.

2.1.2 Şiddet

Şiddet, gözleme dayanan ve depremin doğa, bina ve canlılar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesiyle saptanan, depremin hissedildiği bir noktadaki gücünün ölçüsü olarak tanımlanan bir parametredir (Gündoğdu, 1986).

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

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

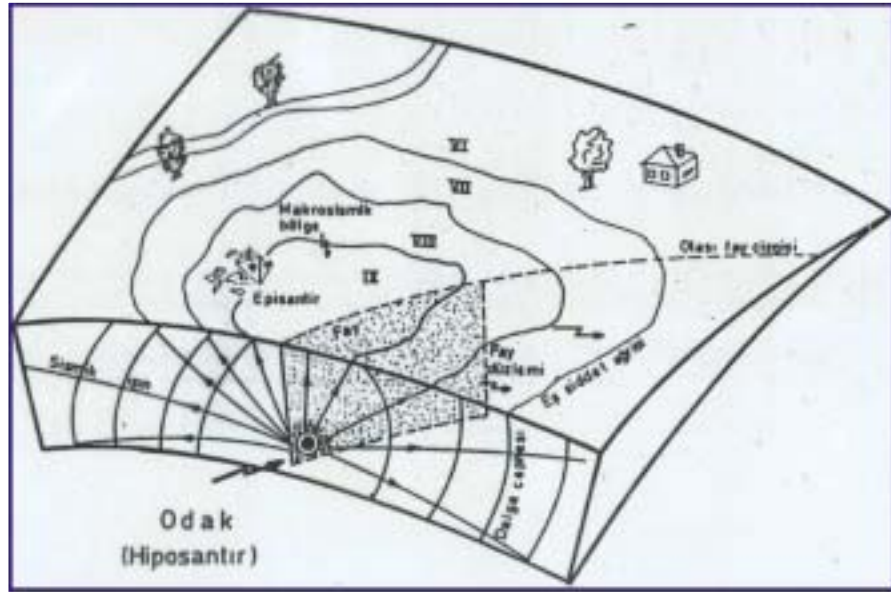
Bugün kullanılan başlıca şiddet cetvelleri değiştirilmiş "**Modified Mercalli (MM)**" ve "**Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK)**" şiddet cetvelidir. Her iki cetvelde de XII şiddet derecesini kapsamaktadır. Japonların kullandığı şiddet cetvel X şiddet derecesini içermektedir. Episantrdaki belirlenen maksimum şiddet (I_0) ile gösterilir.

2.1.3 Dışmerkez (Episantr)

Depremın sismograflar aracılığı ile saptanan yeri dışmerkez olarak adlandırılır, makrosismik çalışmayla belirlenen dışmerkeze de "**makrosismik dışmerkez**" adı verilir.

2.1.4 İçmerkez (Hiposantr)

Yerin içinde depremin enerjisinin ortaya çıktığı noktaya içmerkez denir. Sismograflardan elde edilen sismogramlardan hesaplanılarak belirlenir. İçmerkez derinliği, yer içinde enerjinin açığa çıktığı yer olarak tanımlanır, aletsel verilerden saptanabildiği gibi belirli yaklaşımlarla eşşiddet haritalarından faydalanarak hesaplanabilir. Kabuk yapısı ne kadar iyi biliniyor ve deprem ne kadar fazla deprem istasyonlarından kaydedilmişse, o kadar güvenilir içmerkez belirlenebilir. Şekil 2.1' de deprem parametreleri ve faylanmanın oluşumu anlatılmaktadır.



Şekil 2.1 : Deprem parametreleri (Eyidoğan ve diğerleri, 1991).

2.1.5 Eşşiddet Haritası (İzoseist Haritası), MSK Şiddet Cetveli

Arazi ve yapılan anket çalışmaları ile belirlenen şiddet değerlerinden eşşiddet eğrileri geçirilerek çizilen haritaya Eşşiddet Haritası adı verilir. Bu çalışmada daha nicel değerleri ölçek olarak kullandığı için MSK Şiddet Cetveli kullanılmıştır. Bu bağlamda ölçeğin ayrıntılı olarak verilmesinde fayda görülmüştür.

Ölçekte depreme dayanıklı olarak projelendirilmemiş yapılar üç tipe ayrılmaktadır:

A Tipi : Kırsal konutlar, kerpiç yapılar, kireç ya da çamur harçlı moloz taş yapılar.

B Tipi : Tuğla yapılar, yarım kagir yapılar, kesme taş yapılar, beton biriket ve hafif prefabrike yapılar.

C Tipi : Betonarme yapılar, iyi yapılmış ahşap yapılar. Şiddet derecelerinin açıklanmasında kullanılan az, çok ve pekçok deyimleri ortalama bir değer olarak sırasıyla, %5, %50 ve %75 oranlarını belirlemektedir.

Yapılardaki hasar ise beş gruba ayrılmıştır:

Hafif Hasar : İnce sıva çatlaklarının meydana gelmesi ve küçük sıva parçalarının dökülmesiyle tanımlanır.

Orta Hasar : Duvarlarda küçük çatlakların meydana gelmesi, oldukça büyük sıva parçalarının dökülmesi, kiremitlerin kayması, bacalarda çatlakların oluşması ve bazı baca parçalarının aşağıya düşmesiyle tanımlanır.

Ağır Hasar : Duvarlarda büyük çatlakların meydana gelmesi ve bacaların yıkılmasıyla tanımlanır.

Yıkıntı : Duvarların yarılması, binaların bazı kısımlarının yıkılması ve derzlerle ayrılmış kısımlarının bağlantısını kaybetmesiyle tanımlanır.

Fazla Yıkıntı : Yapıların tüm olarak yıkılmasıyla tanımlanır.

Şiddet cetvellerinin açıklanmasında her şiddet derecesi üç bölüme ayrılmıştır.

- a) Bölümünde depremin kişi ve çevre,
- b) Bölümünde depremin her tipteki yapılar,
- c) Bölümünde de depremin arazi üzerindeki etkileri belirtilmiştir.

MSK Şiddet Cetveli Dereceleri :

I- Duyulmayan

(a) : Titreşimler insanlar tarafından hissedilmeyip, yalnız sismograflarca kaydedilirler.

II- Çok Hafif

(a) : Sarsıntılar yapıların en üst katlarında, dinlenme bulunan az kişi tarafından hissedilir.

III- Hafif

(a) : Deprem ev içerisinde az kişi, dışarıda ise sadece uygun şartlar altındaki kişiler tarafından hissedilir. Sarsıntı, yoldan geçen hafif bir kamyonetin meydana getirdiği sallantı gibidir. Dikkatli kişiler, üst katlarda daha belirli olan asılmış eşyalardaki hafif sallantıyı izleyebilirler.

IV- Orta Şiddetli

(a) : Deprem ev içerisinde çok, dışarıda ise az kişi tarafından hissedilir. Sarsıntı, yoldan geçen ağır yüklü bir kamyonun oluşturduğu sallantı gibidir. Kapı, pencere ve mutfak eşyaları v.s. titrer, asılı eşyalar biraz sallanır. Ağzı açık kaplarda olan sıvılar biraz dökülür. Araç içerisindeki kişiler sallantıyı hissetmezler.

V- Şiddetli

(a) : Deprem, yapı içerisinde herkes, dışarıda ise çok kişi tarafından hissedilir. Uyumakta olan çok kişi uyanır, az sayıda dışarı kaçan olur. Hayvanlar huysuzlanmaya başlar. Yapılar baştan aşağıya titrerler, asılmış eşyalar ve duvarlara asılmış resimler önemli derecede sarsılır. Sarkaçlı saatler durur. Az miktarda sabit olmayan eşyalar yerlerini değiştirebilirler ya da devrilebilirler. Açık kapı ve pencereler şiddetle itilip kapanırlar, iyi kilitlenmemiş kapalı kapılar açılabilir. İyice dolu, ağız açık kaplardaki sıvılar dökülür. Sarsıntı yapı içerisine ağır bir eşyanın düşmesi gibi hissedilir.

(b) : A tipi yapılarda hafif hasar olabilir.

(c) : Bazen kaynak sularının debisi değişebilir.

VI- Çok Şiddetli

(a) : Deprem ev içerisinde ve dışarıda hemen hemen herkes tarafından hissedilir. Ev içerisindeki birçok kişi korkar ve dışarı kaçarlar, bazı kişiler dengelerini kaybederler. Evcil hayvanlar ağıllarından dışarı kaçarlar. Bazı hallerde tabak, bardak v.s.gibi cam eşyalar kırılabilir, kitaplar raflardan aşağıya düşerler. Ağır mobilyalar yerlerini değiştirirler.

(b) : A tipi çok ve B tipi az yapılarda hafif hasar ve A tipi az yapıda orta hasar görülür.

Bazı durumlarda nemli zeminlerde 1 cm.genişliğinde çatlaklar olabilir. Dağlarda rastgele yer kaymaları, pınar sularında ve yeraltı su düzeylerinde değişiklikler görülebilir.

VII- Hasar Yapıcı

(a) : Herkes korkar ve dışarı kaçar, pek çok kişi oturdukları yerden kalkmakta güçlük çekerler. Sarsıntı, araç kullanan kişiler tarafından önemli olarak hissedilir.

(b) : C tipi çok binada hafif hasar, B tipi çok binada orta hasar, A tipi çok binada ağır hasar, A tipi az binada yıkıntı görülür.

(c) : Sular çalkalanır ve bulanır. Kaynak suyu debisi ve yeraltı su düzeyi değişebilir. Bazı durumlarda kaynak suları kesilir ya da kuru kaynaklar yeniden akmaya başlar. Bir kısım kum çakıl birikintilerinde kaymalar olur. Yollarda heyelan ve çatlama olabilir. Yeraltı boruları ek yerlerinden hasara uğrayabilir. Taş duvarlarda çatlak ve yarıklar oluşur.

VIII- Yıkıcı

(a) : Korku ve panik meydana gelir. Araç kullanan kişiler rahatsız olur. Ağaç dalları kırılıp, düşer. En ağır mobilyalar bile hareket eder ya da yer değiştirerek devrilir. Asılı lambalar zarar görür.

(b) : C tipi çok yapıda orta hasar, C tipi az yapıda ağır hasar, B tipi çok yapıda ağır hasar, A tipi çok yapıda yıkıntı görülür. Boruların ek yerleri kırılır. Abide ve heykeller hareket eder ya da burkulur. Mezar taşları devrilir. Taş duvarlar yıkılır.

(c) : Dik şevli yol kenarlarında ve vadi içlerinde küçük yer kaymaları olabilir. Zeminde farklı genişliklerde cm .ölçüsünde çatlaklar oluşabilir. Göl suları bulanır, yeni kaynaklar meydana çıkabilir. Kuru kaynak sularının akıntıları ve yeraltı su düzeyleri değişir.

IX- Çok Yıkıcı

(a) : Genel panik. Mobilyalarda önemli hasar olur. Hayvanlar rastgele öte beriye kaçar ve bağırır.

(b) : C tipi çok yapıda ağır hasar, C tipi az yapıda yıkıntı, B tipi çok yapıda yıkıntı, B tipi az yapıda fazla yıkıntı ve A tipi çok yapıda fazla yıkıntı görülür. Heykel ve sütunlar düşer. Bentlerde önemli hasarlar olur. Toprak altındaki borular kırılır. Demiryolu rayları eğrilip, bükülür yollar bozulur.

(c) : Düzluk yerlerde çokça su, kum ve çamur tasmaları görülür. Zeminde 10 cm. genişliğine dek çatlaklar oluşur. Eğimli yerlerde ve nehir teraslarında bu çatlaklar 10 cm.den daha büyüktür. Bunların dışında, çok sayıda hafif çatlaklar görülür. Kaya düşmeleri, birçok yer kaymaları ve dağ kaymaları, sularda büyük dalgalanmalar meydana gelebilir. Kuru kayalar yeniden sulanır, sulu olanlar kurur.

X- Ağır Yıkıcı

(a) : C tipi çok yapıda yıkıntı, C tipi az yapıda yıkıntı, B tipi çok yapıda fazla yıkıntı, A tipi pek çok yapıda fazla yıkıntı görülür. Baraj, bent ve köprülerde önemli hasarlar olur. Tren yolu rayları eğrilir. Yeraltındaki borular kırılır ya da eğrilir. Asfalt ve parke yollarda kasisler oluşur.

(b): Zeminde birkaç desimetre ölçüsünde çatlaklar oluşabilir. Bazen 1 m. genişliğinde çatlaklar da olabilir. Nehir teraslarında ve dik meyilli yerlerde büyük heyelanlar olur. Büyük kaya düşmeleri meydana gelir. Yeraltı su seviyesi değişir. Kanal, göl ve nehir suları karalar üzerine taşar. Yeni göller oluşabilir.

XI - Çok Ağır Yıkıcı

(a) : İyi yapılmış yapılarda, köprülerde, su bentleri, barajlar ve tren yolu raylarında tehlikeli hasarlar olur. Yol ve caddeler kullanılmaz hale gelir.Yeraltındaki borular kırılır.

(b) : Yer, yatay ve düşey doğrultudaki hareketler nedeniyle geniş yarık ve çatlaklar tarafından önemli biçimde bozulur. Çok sayıda yer kayması ve kaya düşmesi meydana gelir. Kum ve çamur fışkırmaları görülür.

XII- Yok Edici (Manzara Değişir)

(a) : Pratik olarak toprağın altında ve üstündeki tüm yapılar baştan başa yıkıntıya uğrar.

(b) : Yer yüzeyi büsbütün değişir. Geniş ölçüde çatlak ve yarıklarda, yatay ve düşey hareketlerin yön miktarları izlenebilir. Kaya düşmeleri ve nehir versanlarındaki göçmeler çok geniş bir bölgeyi kaplarlar.Yeni göller ve çağlayanlar oluşur

Şiddet, zemin ivmesi, hız ve yapı tiplerindeki hasar arasındaki ilişkiler Tablo 2.4' te verilmiştir.

Tablo 2.4 : MSK şiddet cetvelinde belirli şiddetlere karşı gelen ivme değerleri.

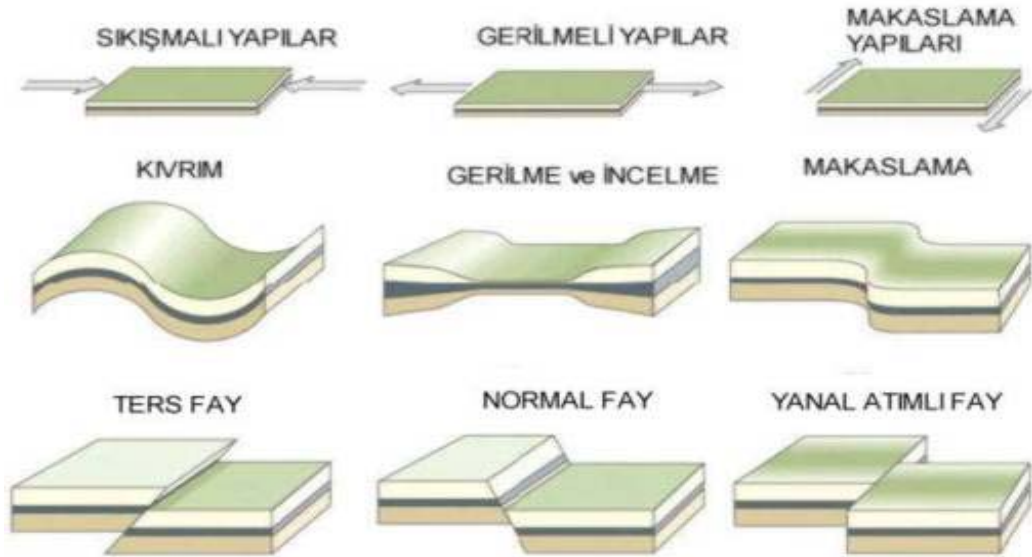
Şiddet	Zemin İvmesi (gal) (0,1-0,5 sn periyod aralığı için)	Yer Titresiminin (0,5-2 sn. periyod hızı cm/sn aralığı için)	Ax	Bx	Cx
V	12-15	1,0-2,0	%5 Hafif hasar	-	-
VI	25-50	2,1-4,0	%5 Orta hasar %50 Hafif hasar	%5 Hafif hasar	-
VII	50-100	4,1-8,0	%5Yıkıntı %50Ağır hasar	%5 Ortahasar	%5 Hafif hasar
VIII	100-200	8,1-16,0	%5Fazla yıkıntı %50 Yıkıntı	%5 Yıkıntı %50Ağır hasar	%5Ağırhasar %50Orta hasar
IX	200-400	16,1-32,0	%50Fazla yıkıntı	%5Fazla yıkıntı %50 Yıkıntı	%5Yıkıntı %50Ağır hasar
X	400-800	32,1-64,0	%75Fazla yıkıntı	%50Fazla yıkıntı	%5Fazla ıkıntı %50 Yıkıntı

Bu çalışmada eşşiddet haritası çizilirken MSK şiddet cetvelinde belirli şiddetlere karşı gelen ivme değerleri gözönüne alınmıştır.

2.2. FAY VE FAY TÜRLERİ

Faylar depremlerin anlaşılması açısından en önemli unsurlardan biridir. Dünyamızda oluşan yıkıcı depremlerin hemen hemen tamamı faylarla ilişkilidir. Eğer bir kırığın iki tarafındaki kayalar birbirlerine göre gözle görülür miktarda hareket etmişlerse (atım gelişmiş ise) bu kırığa **fay** adı verilir. Fayların boyutları birkaç santimetreden birkaç bin kilometreye, atım miktarları ise birkaç santimetreden onlarca hatta bazen yüzlerce kilometreye kadar değişmektedir (Tüysüz, 2000).

Yerkabuğu içinde oluşan faylanmalar kırılma geometrilerine göre sırasıyla **eğim atımlı , verev (oblik) ve doğrultu atımlı faylardır**. Faylar sıkışma, gerilme ya da makaslama kuvvetlerinin etkisi ile gelişir, kendilerini oluşturan kuvvete bağlı olarak farklı şekiller alırlar. Kırılan yerkabuğu bloklarının hareket yönlerine göre eğim atımlı faylar ters ve normal faylar, doğrultu atımlı faylar ise sağ ve sol yönlü faylar olarak gruplara ayrılırlar.



Şekil 2.2 : Fayların türleri ve oluşum özellikleri (Tüysüz , 2000)

Kayaların sıkışması, kayaların gerilmesi ya da makaslanması ile gelişirler. Sıkışma sonucu oluşan ters faylar oluştukları bölgenin kısalıp kalınlaşmasına, gerilme sonucu oluşan normal faylar ise oluştukları bölgenin inceliş ve genişlemesine neden olurlar. Makaslama kuvvetleri etkisi ile gelişen yanal atımlı faylarda ise yanal yerdeğiştirme görülür. Deprem sırasında fayın oluşumu anlık olmamakta, kırılma zaman içinde belirli bir hızla (2-3 km/s) çeşitli yönlerde ilerlemektedir.

Depremi süresini belirleyen bu olgu mühendislik açısından da önemli bir parametredir. Basit jeolojik yaklaşım deprem fayını bir düzlem olarak almayı gerektirse de, gerçekçi bir faylanma ortamı bir zon (kuşak) durumundadır (Tüysüz, 2000).

Fay düzlemi boyunca kayaların birbirinden uzaklaşma miktarına **atım** veya **ötelenme** denir. Bir fay düzleminin iki tarafında yer alan ve fay tarafından birbirine göre ötelenen kayalar **fay bloklarını** oluştururlar. Fay düzlemi düşey ise bu bloklar hareket ettikleri yöne bağlı olarak alçalan veya yükselen blok adı ile bilinirler. Eğer fay düzlemi eğimli ise fay düzleminin eğimi yönündeki bloka **tavan bloku**, tersi yönündeki bloka da **taban bloku** adı verilir. Faylar, fay bloklarının fay düzlemine göre hareket ettikleri yön dikkate alınarak adlandırılırlar.

Eğim atımlı faylar blokların fay düzleminin eğimi yönünde (doğrultusuna dik olarak) hareket ettiği faylardır. Tavan bloku taban blokuna göre aşağı düşmüşse eğim atımlı normal faydan, tavan bloku taban blokuna göre yukarı çıkmışsa eğim atımlı ters faydan sözedilir. Normal faylar gerilmeli tektonik rejim altında gelişir ve bölgenin genişlemesine neden olurlar. Ters faylar ise kompresyonel (sıkışmalı) tektonik rejim altında gelişir ve bölgenin kısılmasına neden olurlar.

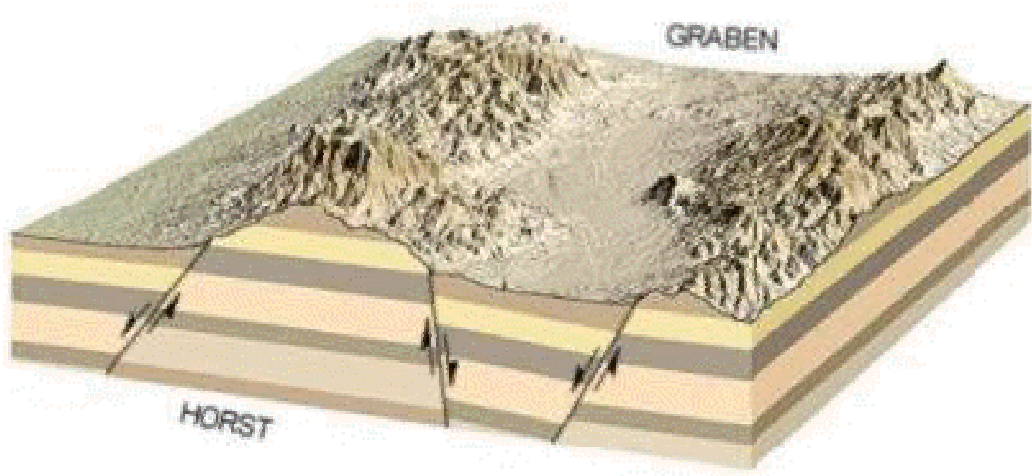
Doğrultu (yanal) atımlı faylar blokların fay düzleminin doğrultusu boyunca hareket ettiği faylardır. Bloklardan biri üzerinde durulup karşı bloğa bakıldığında karşı blok sağa doğru hareket etmişse sağ yanal, sola doğru hareket etmişse sol yanal atımlı faydan sözedilir.

Oblik (verev) faylar blokların hem doğrultu hem de eğim yönünde hareket ettiği faylardır. Bunlar eğer tavan bloku alçalmışsa oblik **normal fay**, eğer tavan bloku yükselmişse oblik **ters fay** olarak adlandırılır.

Ters fayların eğim açısı düşükse **bindirme fayı (thrust)** adını alırlar. Yatay ya da yataya yakın eğimdeki ters faylara ise **nap** adı verilir.

Horst ve Graben yapıları, Karadeniz Bölgesinde, İç Anadolu'da, Toroslarda ve Güneydoğu Anadolu'da ilginç örnekleri vardır. Bir bölgede normal faylar ardışıklı olarak geliştikleri zaman horst-graben yapısının gelişimine yolaçarlar.

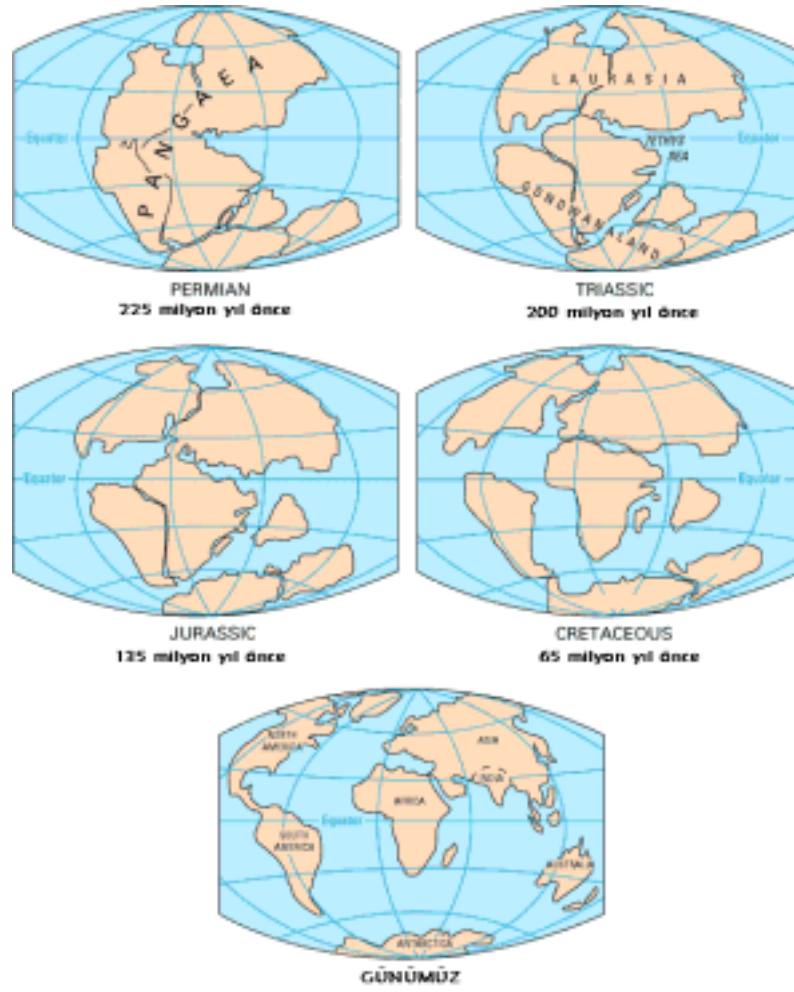
Horstlar yükselen, grabenler ise alçalan fay bloklarına karşılık gelirler. Horstlar dağlık ve yüksek alanları, grabenler ise alçak ve düzlük alanları oluştururlar. Ege bölgesi bu tür horst-graben yapıları için iyi bir örnektir (Tüysüz, 2000), (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Horst ve Graben yapısı (Press ve Siever, 1999).

2.3. LEVHA TEKTONİĞİ

Güneşin çevresinde ve kendi ekseninde dönerek sürekli bir hareketlilik sergileyen yerküre, kendi içinde de devingendir. Litosferin rijid yapısına karşılık Astenosfer kendi içerisinde senede santimetre mertebesinde bir hızla hareket etmektedir. Astenosferin bu hareketleri ısıtılan bir kaptaki suyun konveksiyon akımları ile kıyaslanabilir. Nasıl ki bir kaptaki ısıtılan su hafifleyip yukarıya doğru yükselmekte, yüzeyde ise soğuyup yoğunlaşarak tekrar alta doğru hareket etmekte ise Astenosfer de Dünya'nın çekirdeğinden aldığı ısı nedeniyle benzeri bir hareket yapmaktadır. Astenosfer içerisindeki bu konveksiyon akımları üstteki Litosferin farklı yönlerde sürüklenmesine neden olurlar. Astenosferin senede santimetre mertebesindeki hareketleri sonucunda Litosfer birbirine göre hareket eden çeşitli boyutlardaki parçalara ayrılmıştır. Bu litosfer parçalarına **Levha**, bunların hareketini inceleyen bilim dalına da **Levha Tektoniği** adı verilir (Tüysüz, 2000).



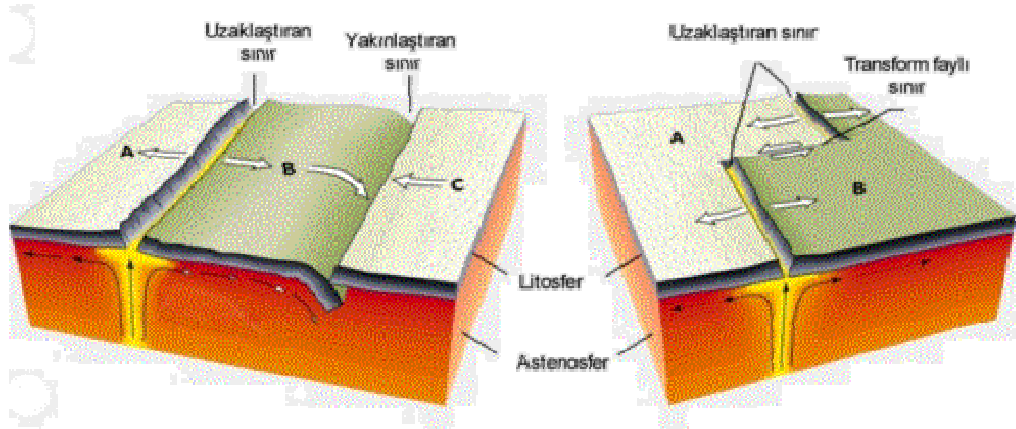
Şekil 2.4 : 250 Milyon yıl içinde levhaların hareketleri.

Dünyada yedi tane büyük, çok sayıda da küçük levha bulunur. Bu levhaların 250 milyon yıl içinde ki konumları Şekil 2.4' te gösterilmektedir. Günümüzde hareketliliği devam eden bu levhalar, tektonik depremlerin kaynağını oluşturmaktadır.

Levhalar birbirlerine göre uzaklaştıran, yakınlılaştıran ve transform faylar olmak üzere üç tür hareket ederler. Levhaların birbirlerinden uzaklaştıkları yerlere **uzaklaştıran sınır**, birbirlerine yaklaştıkları yerlere **yaklaştıran sınır**, levhaların birbirlerine göre yanal olarak hareket ettikleri yerlere de **transform faylı sınırlar** adı verilir.

2.3.1. Uzaklaştıran levha sınırları

Levhaların birbirlerinden uzaklaştığı sınırlar okyanus tabanlarında ve kıtaların içlerinde görülmektedir. Batimetri (deniz tabanı) haritaları okyanusların dibinde karalardan çok daha uzun dağ sıralarının (okyanus ortası sırt) bulunduğunu göstermiştir. Bu dağ sıraları bugün Atlantik, Hint ve Pasifik Okyanusları içerisinde binlerce kilometre uzunluğunda yer kaplamaktadır. Bu dağ sıralarının ortasında derin bir çukurluk (rift vadisi) bulunmakta, bu çukurluklarda sürekli bazalt volkanizması ve sığ odaklı depremler meydana gelmektedir.



Şekil 2.5 : Astenosfer üzerinde yüzmekte olan Litosfer parçaları (Levhalar) birbirlerine yaklaşır, uzaklaşır ya da birbirlerine göre kayarlar.

Okyanus ortası sırtlarda yapılan manyetik çalışmalar okyanus tabanının dağ sırasının ortasındaki rift vadisinin eksenine göre simetrik bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Bu durum okyanus tabanının okyanus ortası sırtta oluşup iki kenara doğru hareket ettiğini göstermektedir. Okyanus ortası sırttaki manyetik anomalilerin simetrik olması okyanus tabanı yayılmasını işaret etmektedir.

Benzer şekilde okyanus tabanının yaş dağılımına bakıldığında okyanus tabanını oluşturan kayaların okyanus ortası sırttan uzağa doğru simetrik olarak yaşlarının arttığı izlenmektedir. Bu durum da okyanus tabanının okyanus ortası sırtlarda oluşturulduğunu ve iki kenara doğru simetrik olarak yayıldığını işaret etmektedir.

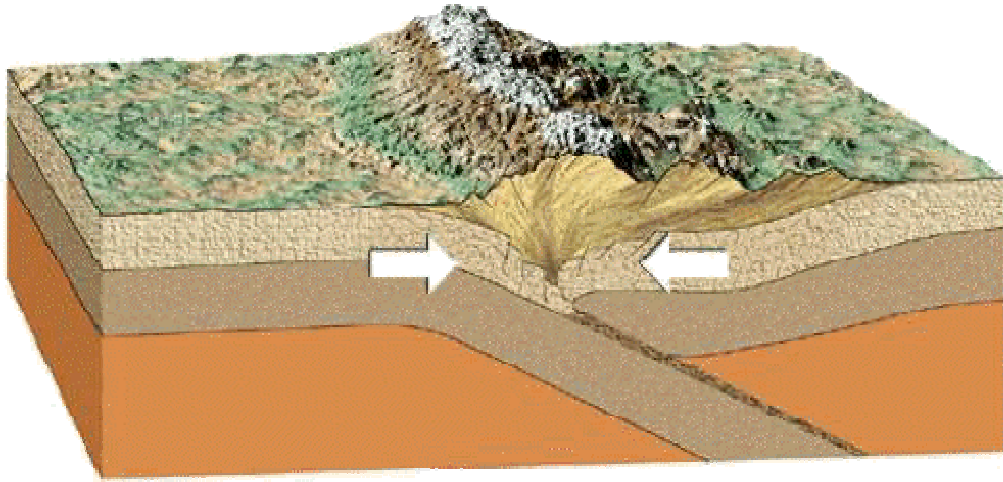
Okyanus ortası sırtın iki tarafındaki levhalar alttaki konveksiyon akımlarının zorlaması ile sırt eksenine dik yönde birbirlerine zıt olarak hareket etmekte, arada meydana gelen boşluk astenosferden gelen sıcak magmanın her iki kenardaki levhalara eklenmesi yolu ile doldurulmaktadır. Bu sürekli hareket sonucu okyanus tabanları her yıl uzaklaşma miktarı kadar büyümektedir.

Okyanus tabanları okyanus ortası sırtlarda birbirinden uzaklaşırken bir küre şeklinde olan dünyanın geometrisi gereği transform faylarla kesilir ve kendilerine has bir yapı oluştururlar. Uzaklaşan levha sınırları kıtalar içerisinde oluşmaya (riftleşmeye) başlarlar. Kıtalar riftleşme öncesi termal olarak yükselir, domlaşırlar. Bu büyük dom üç kollu bir kırık sistemi ile parçalanır.

Kollar normal faylarla parçalanarak gerilmeye ve açılmaya başlar. Bu açılma zonları içerisinde bazaltik volkanik aktivitenin geliştiği, sık odaklı depremlerle karakterize edilen normal faylarla sınırlı derin yarıklar halindedir. Riftleşmenin ileri aşamalarında iki kol giderek açılır ve aradaki boşluk magma tarafından doldurularak burada okyanusal kabuk oluşturulmaya başlar. Üçüncü kol ise okyanus aşamasına varamadan çökellerle dolarak kapanır. Bu kola Alakojen (başarısız rift) adı verilir. Bu açılmanın en güzel örneği Kızıldeniz ve Doğu Afrika riftidir. Yaklaşık 10 milyon yıl önce Arap yarımadası Afrika'dan kopmaya başlamış, Doğu Afrika rifti başarısız kalırken diğer iki kol açılmaya devam ederek Kızıldeniz'i oluşturmuşlardır. Yukarıda anılan açılma mekanizması jeoloji tarihi boyunca sürmüş ve Dünyanın çehresini sürekli olarak değiştirmiştir. Yaklaşık 250 milyon sene önce Dünya'daki kıtalar tek bir kıta halinde idi. Pangaea adı verilen bu süper kıta riftleşme yolu ile parçalanmış, farklı kıtalara bölünmüştür (Tüysüz, 2000).

2.3.2 Yakınlaştıran levha sınırları

Okyanus ortası sırtlarda yaratılan levhalar bu sınırlardan uzaklaştıkça soğur, yaşlanır ve bu nedenle yoğunluğu giderek artar. Yaşlı okyanus kabuğunun yoğunluğu astenosferin yoğunluğuna yakındır. Bu durum okyanusal litosferin kolayca astenosfer içerisine batmasına neden olur. Okyanusal litosferin astenosfer içerisine batmasına **dalma-batma (subduction)** adı verilir. Pasifik çevresinde görüldüğü gibi derin okyanus hendekleri (trench) boyunca meydana gelen bu dalma-batma ile okyanusal litosfer yeniden astenosfere döner, burada eritilerek astenosfer içerisinde özümseilir ve tüketilir. Bu nedenle yakınlaştıran levha sınırlarına **tüketen levha sınırları** adı da verilir. Astenosfere dalan okyanusal litosfer sürtünme ve derine doğru artan sıcaklık nedeniyle erimeye başlar. Okyanus kabuğu üzerinde çökelen ve kısmen astenosfere dalan çökellerdeki su da erimeyi hızlandırır. Eriyen malzeme sıcak ve az yoğun olduğu için yükselerek üstteki levha içerisine sokulur ve burada dalma-batma zonuna paralel uzanan **magmatik bir kuşak (magmatik yay)** oluşturur. Dalma-batma okyanusun kapanarak okyanusun iki kıyısını oluşturan iki kıtanın çarpışmasına kadar sürer. Hafif olan kıtasal malzeme dalamaz, bu nedenle çarpışır. Çarpışma sonucunda aradaki çökeller ve çarpışan kıtalar sıkışır, bindirmelerle birbiri üzerine itilir ve sonuçta büyük dağ sıraları meydana gelir.



Şekil 2.6 : Astenosfer üzerinde yüzmekte olan kıtasal litosfer düşük yoğunluklu kayalardan oluştuğu için ağır okyanusal litosfer gibi astenosfere dalamaz. Bu nedenle iki kıtasal litosferin birbirine yaklaştığı yerlerde bunların çarpışması sonucunda büyük dağ sıraları oluşur

Bu olaya orojenez (dağoluşumu) adı verilir. Alp-Himalaya sistemi, Kayalık Dağlar gibi büyük dağ kuşakları bu şekilde kıtalar arasındaki okyanusların dalıp batarak tüketilmesi sonucunda oluşmuştur .

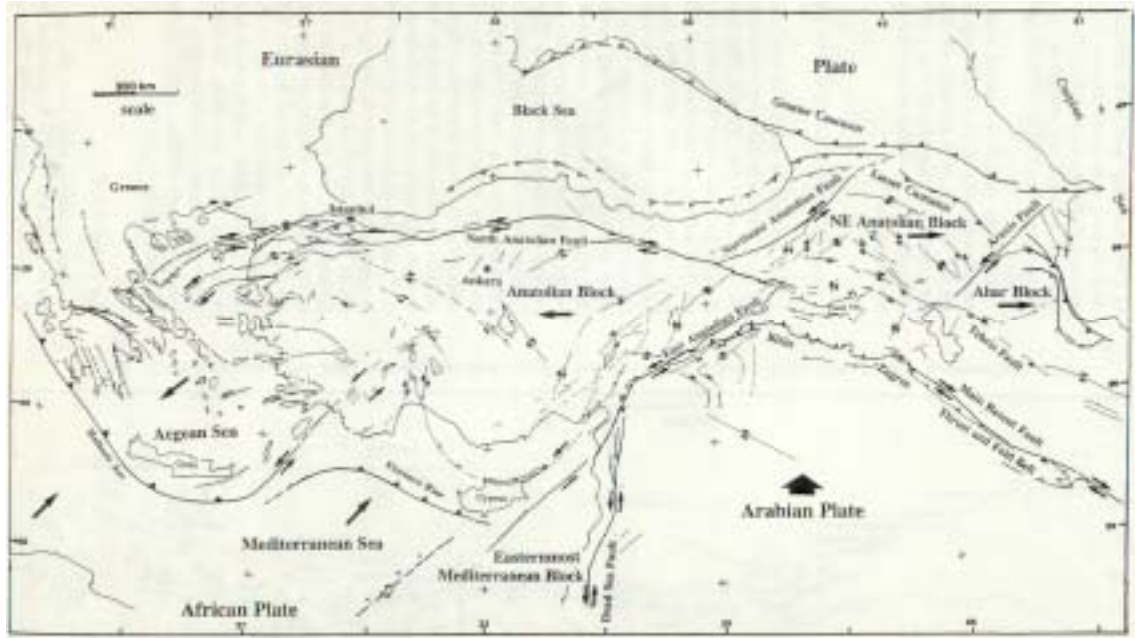
2.3.3 Transform faylı sınırlar

Transform faylı sınırlar boyunca levhalar birbirlerine göre kayarlar. Transform faylarının büyük bir kısmı okyanus tabanı içerisinde bulunur. Bunlar okyanus ortası sırtları biçerek birbirine bağlarlar. Transform faylar doğrultu atımlı faylardan farklı olarak sadece levha sınırları arasında uzanırlar. Bunun yanı sıra kıta içlerinde de büyük transform faylar bulunmaktadır. San Andreas ve Kuzey Anadolu fayları kıtalar üzerinde yeralan büyük transform faylardır (Tüysüz, 2000).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 TÜRKİYE'NİN TEKTONİĞİ VE KUZEY ANADOLU FAY ZONU

Türkiye yıkıcı depremlere uğrayan birinci ülkedir. Bunun nedeni bulunduğu coğrafya ve tektonik yapıdır. Türkiye'nin güneyinde Afrika ve Arap Levhaları vardır. Her iki levha da kuzeye doğru hareket ederek Anadolu bloğunu sıkıştırmaktadır. Arap Levhasının sıkıştırma hızı daha fazladır.

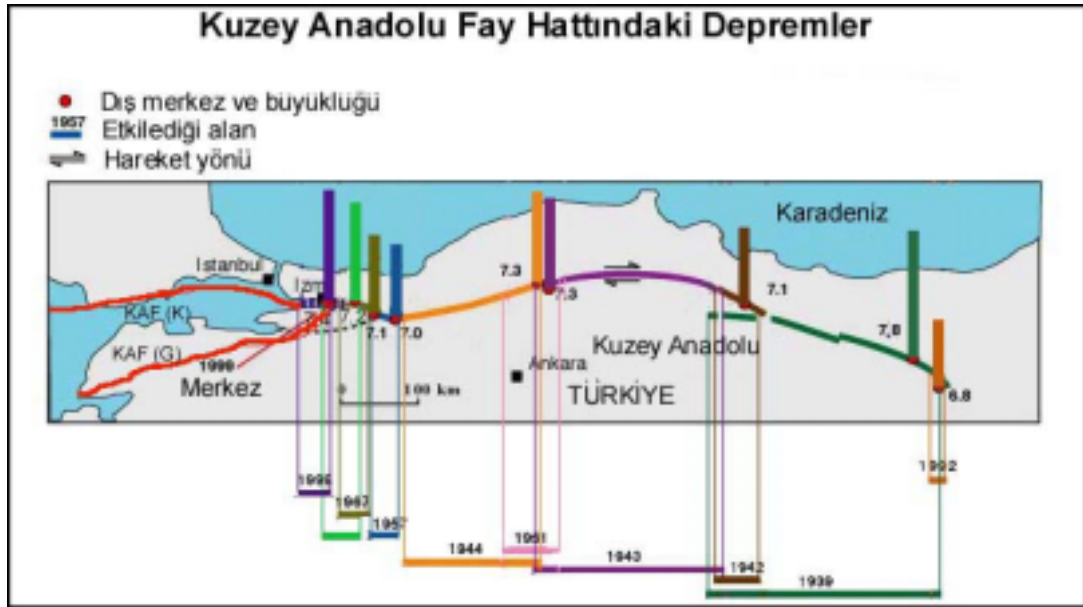


Şekil 3.1. Türkiye ve çevresinin levha tektonik modeli (Barka, 1992).

Kuzeyde ise Avrasya olarak isimlendirilen Avrupa-Asya Levhası vardır ve hareketi son derece azdır. Bu durumda Anadolu bloğu batıya doğru hareket etmek zorunda kalmakta ve bunun sonucunda **Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)** ve **Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)** oluşmaktadır (Şekil 3.1). Bu iki ana fay zonunun dışında Ege Bölgesi açılma rejimine uygun olarak ve Doğu Anadolu Bölgesi sıkışma rejiminden dolayı yıkıcı nitelikte depremlerle karşılaşmaktadır. Bunun yanı sıra, levhaların sıkışması sonucu, levha içi depremlerde oluşabilmektedir, 1938 Kırşehir ($M_s=6.8$), ve 1976 Çaldıran ($M_s=7.1$) depremleri bu tür depremlere örnektir (Gündoğdu ve diğerleri, 2002).

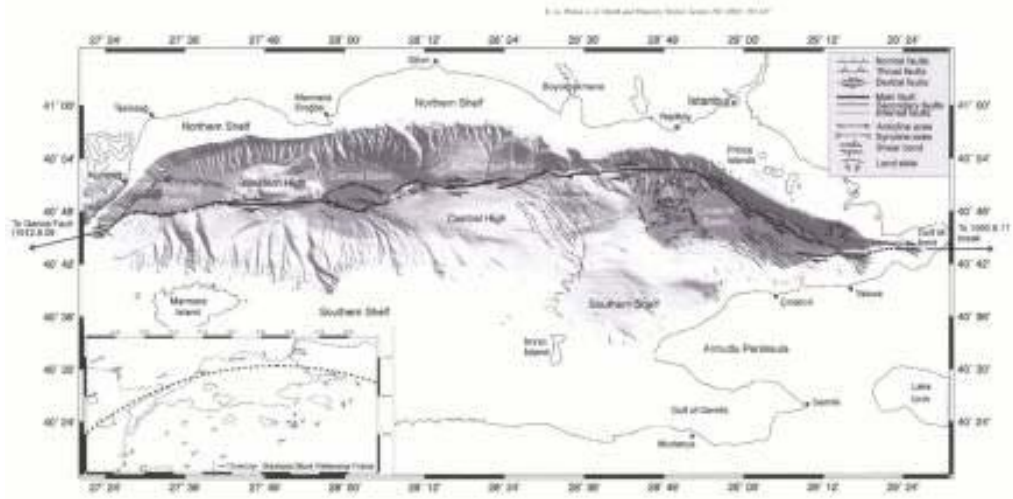
3.2 KUZEY ANADOLU FAY ZONU

Kuzey Anadolu Fay Zonu (**KAFZ**) dünyanın bilinen en diri ve en büyük doğrultu atımlı fay hatlarından biri olan Kuzey Anadolu Fayı (KAF) doğuda Doğu Anadolu Fayı (DAF) ile kesiştiği Karlıova'da başlar ve Türkiye'nin Kuzeyi boyunca devam ederek, Marmara Denizini, Saros Körfezini geçerek Ege Denizine ulaşmaktadır. Toplam boyu yaklaşık 1200 km. dolayındadır (Barka, 1999). Bu yüzyıldaki etkinliği $M_s=8$ büyüklüğündeki Erzincan 1939 Depremi ile başlamıştır. Batıya doğru gelişen bu faylanmalar, 1967 yılında oluşan Adapazarı - Mudurnusuyu Depremi ile Sapanca Gölü batı kıyısına kadar gelmişti (Şekil 3.2).



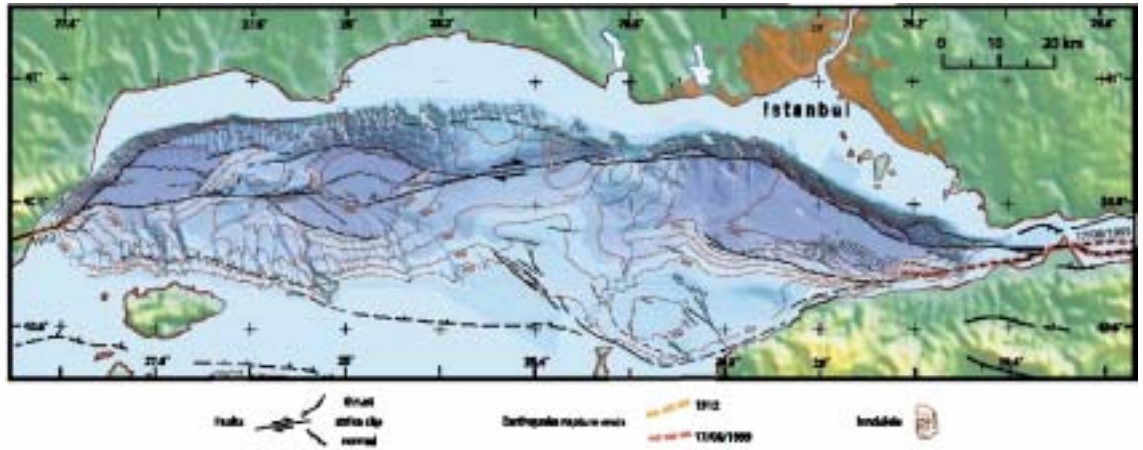
Şekil 3.2 : Kuzey Anadolu Fay Hattı (www.usgs.org)

17.Ağustos 1999 Gölcük Depreminden sonra Marmara Denizinde yapılan araştırmalar ile **KAFZ'** nun Marmara Denizi içindeki geometrisi ve tektonik özellikleri ile ilgili önemli bulgular elde edilmiştir. Le Pichon ve arkadaşlarının yaptığı araştırmalar sonucunda, **KAFZ'** nin, doğuda İzmit Körfezinden devam ederek, Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultuda Adaların önünden geçtikten sonra, doğu-batı doğrultuyu takip ederek, Mürefte yakınlarına kadar tek parça halinde devam ettiğini ileri sürmüşlerdir (Le Pichon ve diğerleri, 2001), (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Marmara Denizi, Kuzey Anadolu Fay Zonu (Le Pichon ve diğerleri, 2001).

Armijo ve arkadaşları 2002 yılında yaptıkları yayında Marmara Denizindeki Kuzey Anadolu Fay zonunu çek-ayır (pull-apart) mekanizma ile açıklamışlardır. Temel olarak aynı veriler kullanıldığı halde oldukça farklı sonuçlara varılmıştır (Armijo ve diğerleri, 2003). Örneğin, Adaların önündeki fay bu yayında normal faylanma olarak, Le Pichon' un çalışmasında ise doğrultu atımlı olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.4 Marmara Denizi, Kuzey Anadolu Fay Zonu (Armijo ve diğerleri, 2003).

4. BULGULAR

4.1. 12 KASIM 1999 DÜZCE DEPREMİ ARAŞTIRMA ALANI

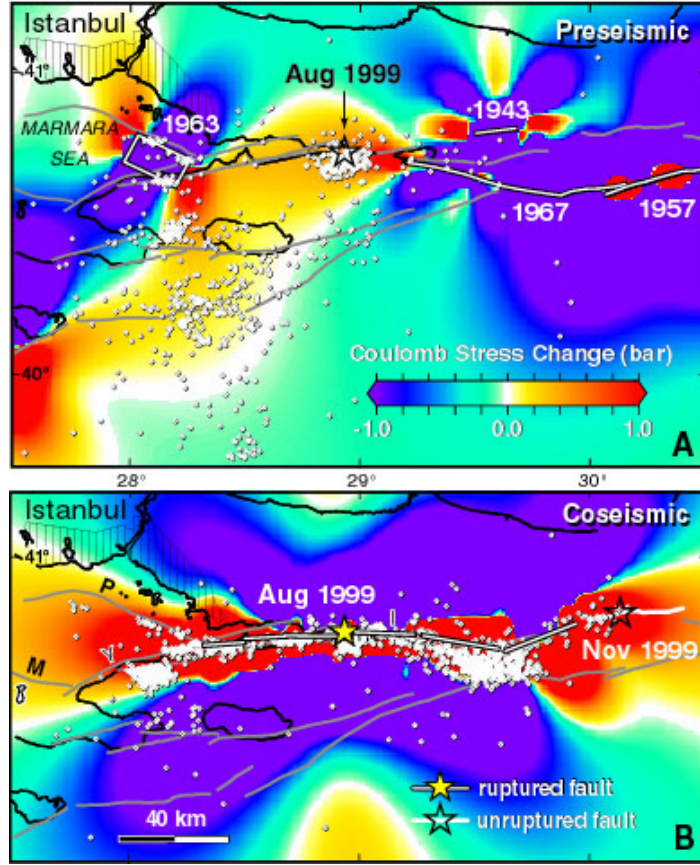
12 Kasım 1999 Düzce Depremini araştırma alanı iki boyutta düşünülmüştür. Birincisi (40 – 42)^o K; (27 – 35)^o D koordinatları arasında kalan geniş alandır, ikincisi ise, (40.50 – 41. 50)^o K; (30.50 – 32.50)^o D koordinatları içindeki dar alandır.

17 Ağustos 1999 Gölçük Depreminden sonra beklentiler Marmara Denizine yoğunlaşmıştı, ancak faylanmanın Akyazı dolaylarından beklenmeyen şekilde Gölyaka'ya doğru yön değiştirmesi ile Düzce Fayı'nın harekete geçebileceği konusunda endişeleri arttırmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: 17 Ağustos 1999 Gölçük ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremlerinin Fay Haritası (Gündoğdu ve diğerleri, 2002).

Gölcük Depreminden sonra gerilmenin Düzce Fayına doğru aktarıldığı yapılan (stres-coulumb) çalışmalarıyla da belirlenmiştir (Şekil 4.2).



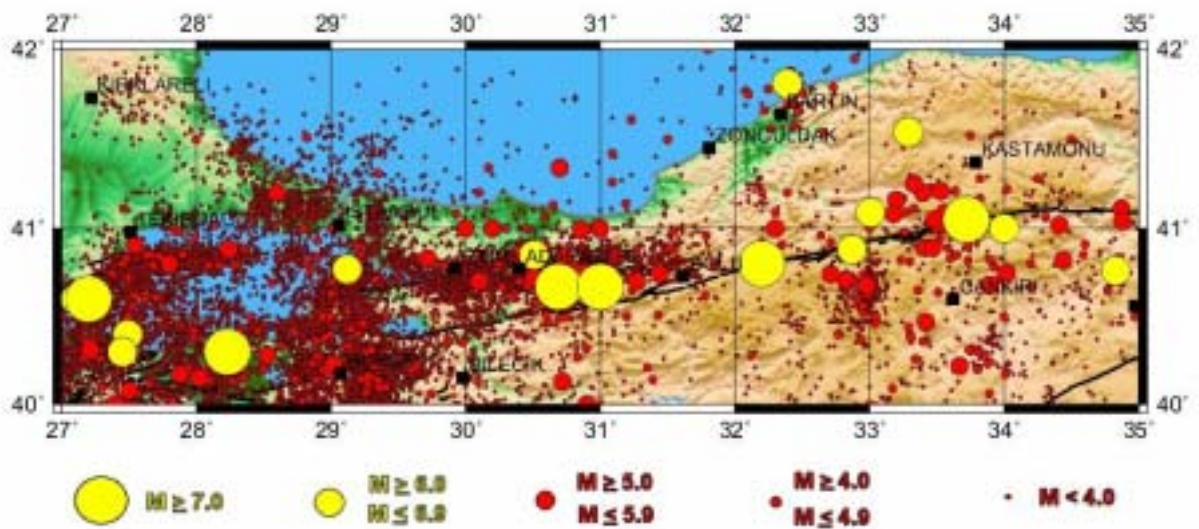
Şekil 4.2 : 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi öncesi ve sonrası gerilme değişimi (Pınar, 2001)

Şekil 4.2 A da Gölcük Depremi öncesi, **KAFZ**' de batıya doğru göç eden depremlerin gerilme aktarımı görülmektedir. Nitekim 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi gerilmenin maksimum olduğu bölgede olmuştur. Gölcük Depreminden sonra doğuya doğru gerilmenin aktarıldığı bölgede (Şekil 4.2 B) , 12 Kasım 1999 Düzce Depremi oluşmuştur (Pınar, 2001).

4.2 DÜZCE BÖLGESİ DEPREM ETKİNLİĞİ

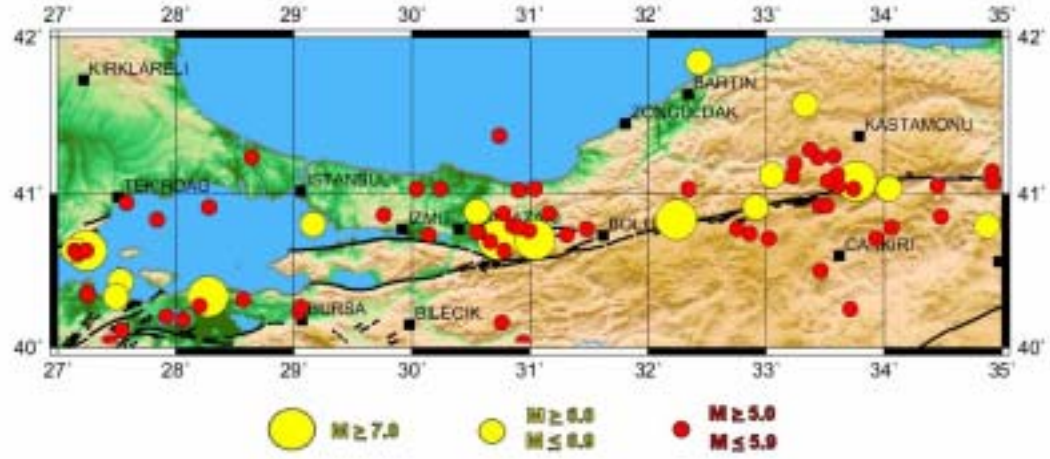
4.2.1 Bölgenin Aletsel Dönem (1900 – 2005) Etkinliği

Daha öncede belirtildiği gibi bu çalışmada geniş ve dar alan olmak üzere çalışma alanı sınırlandırılmıştır. Geniş alandaki sismik etkinlik (1900-2005) şekil 4.3.' de verilmektedir.



Şekil 4.3: Geniş Alanda $((40 - 42)^0 \text{ K}; (27 - 35)^0 \text{ D})$, 1900-2005 tarihleri arasında olan depremlerin dağılımı.

Sapanca Gölünden itibaren batıya doğru görülen yoğun etkinlik Gölcük Depremi'nin artçılarıdır, bu yoğunluğun Adaların önünde adaların yakın doğusuna kadar geldiği gözlemlenmektedir. Yeşilköy önlerinden Tekirdağ arasında kalan bölgede sismik etkinliğin az olduğu gözlemlenmektedir. Bu kesim, Le Pichon ve arkadaşları tarafından hazırlanan haritada (Şekil 3.3). belirtilen ve kırılması beklenen fay alanıdır. Daha batıdaki etkinliğin 1912 Şarköy – Mürefte Depremi artçıları ile ilişkili olduğu düşünülebilir. Gölcük Depremi kaynağının doğusunda kalan etkinlik Düzce Depremi ile ilişkilidir. (Şekil 5.2.1)



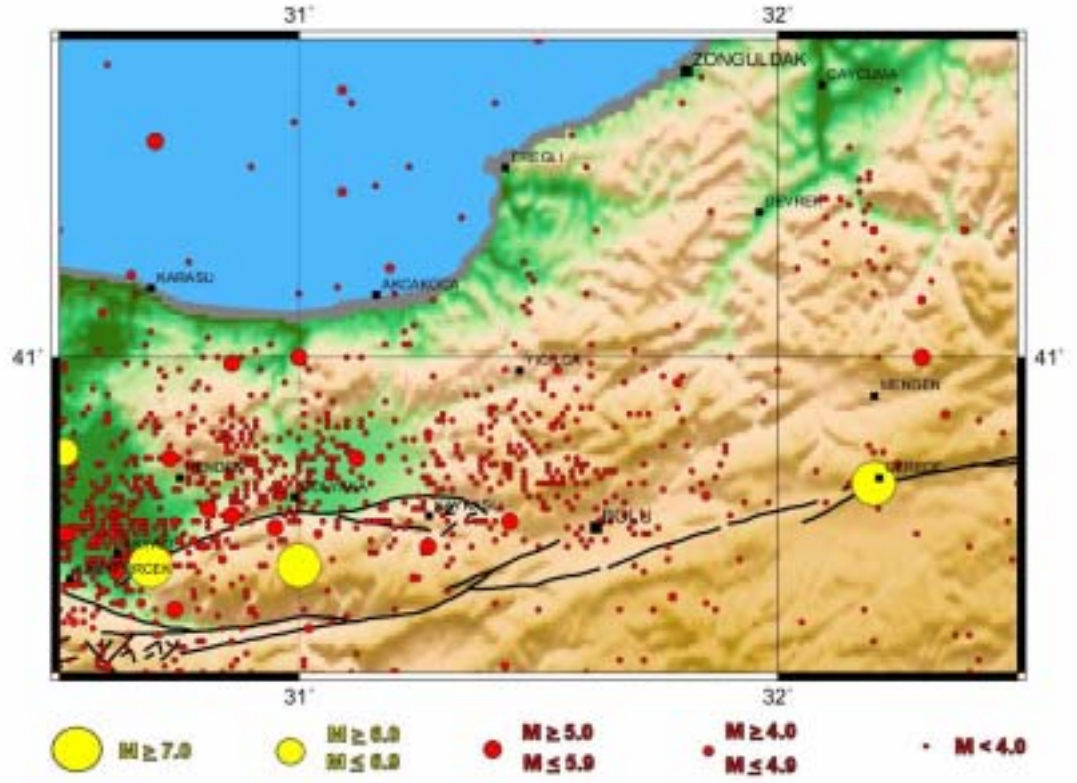
Şekil 4.4 : Geniş alan içinde $M \geq 5$ olan depremler.

Geniş alan içinde büyüklüğü 5 ve daha fazla olanlar Şekil 4.4 de verilmiştir. Kuzey Anadolu Fayı ile doğrudan ilişkili olanlar Tablo 4.1’ de verilmiştir.

Tablo 4.1 : Kuzey Anadolu Fayı ile doğrudan ilişkili olan depremler (1900 – 2005).

9 8 1912	Şarköy – Mürefte	$M=7.3$
26 11 1943	Ladik	$M=7.6$
1 2 1944	Çerkeş - Gerede - Bolu	$M=7.5$
13 8 1951	Kurşunlu – Ilgaz	$M=6.8$
26 5 1957	Abant	$M=6.9$
22 7 1967	Adapazarı - Mudurnusuyu	$M=7.0$
17 8 1999	Gölcük	$M=7.6$

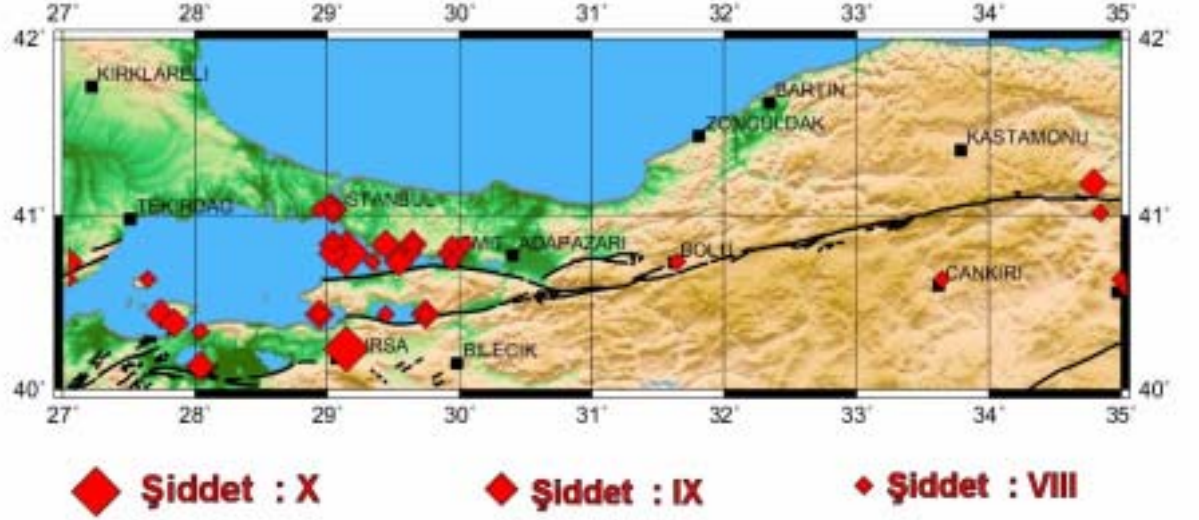
1912 yılında oluşan Şarköy – Mürefte Depremi doğudan batıya gelişen kırılmanın dışında kalan yarı tarihsel bir depremdir, diğerleri ise büyüklüğü $M=VIII$ olan 1939 Erzincan Depreminden sonra batıya doğru kırılmalarla oluşmuşlardır.



Şekil 4.5 : Dar Alanda ((40.50 – 41. 50)⁰ K; (30.50 – 32.50)⁰ D), 1900-2005 tarihleri arasında olan depremlerin dağılımı.

Bu araştırmada secilen dar alan içindeki deprem etkinliğinde 7 ve 7' den büyük 3 tane deprem görülmektedir. Bunlar 1944 Çerkeş Gerede Bolu depremi , 1957 Abant Depremi ve 1967 Adapazarı Mudurnu Suyu Depremidir. Her 3 depremde KAFZ' nun üzerinde oluşmuşlardır. 12 Kasım 1999 Düzce depremi ise Düzce Fayı üzerinde oluşmuştur. Bu dikkat çekici bir özelliktir.

4.2.2 Bölgenin Tarihsel Deprem Etkinliği



Şekil 4.6: Bölgenin geniş alanda tarihsel deprem etkinliği.

Bölgenin geniş alandaki tarihsel deprem etkinliği, M.Ö 2100 – M.S 1900 tarihleri arasındaki depremleri içeren (Soysal ve diğerleri, 1981) kataloğundan yararlanılarak hazırlanmıştır (Şekil 4.6). Geniş alan içerisinde tarihsel depremlere bakıldığında maksimum şiddet VIII ve daha büyük olan deprem sayısı 83 tanedir. Bunların büyük çoğunluğu da İstanbul ve Marmara çevresindedir.

Tablo 4.2 : Maksimum şiddeti VIII ve yukarı olan depremler

Sıra No	Gün	Ay	Yıl	Enlem (K)	Boylam (D)	Yer	Şiddet
1	24	11	29	40.4	27.70	İZNİK-İZMİT	IX
2	0	0	33	40.4	29.70	İZNİK,KOCAELİ-BURSA YÖRESİ	VIII
3	0	0	93	40.6	27.00	GELİBOLU Y.AD.KUZEYİ,TRAKYA	VIII
4	0	0	120	40.4	29.70	İZNİK,İZMİT	VIII
5	0	0	129	40.4	29.40	İZNİK,ZEYTİNBAG (Mudanyanın batısı)	VIII
6	0	0	155	40.3	28.00	BANDIRMA VE YÖRESİ	VIII
7	3	5	170	40.1	28.00	BANDIRMA,ERDEK,GEMLİK	IX
8	0	0	170	40.8	29.90	İZMİT VE YÖRESİ	VIII
9	0	0	268	40.8	29.90	İZMİT VE YÖRESİ	VIII
10	0	0	325	41.00	29.00	İSTANBUL	IX
11	0	10	350	40.8	30.00	İZMİT,İZNİK	VIII
12	24	8	358	40.75	29.90	KOCAELİ,İZNİK,İSTANBUL	IX
13	0	11	359	40.75	29.60	İZMİT	VIII
14	2	12	362	40.75	29.60	İZNİK,İZMİT,İSTANBUL	VIII
15	1	2	363	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
16	0	0	376	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
17	0	0	382	41.00	29.00	İSTANBUL VE YÖRESİ	VIII
18	0	0	394	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
19	0	0	396	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
20	0	2	402	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
21	0	0	427	41.00	29.00	İSTANBUL VE YÖRESİ	IX
22	0	0	430	41.00	29.00	İSTANBUL VE YÖRESİ	VIII
23	0	0	438	41.00	28.90	İSTANBUL VE YÖRESİ	VIII
24	26	10	446	40.7	29.30	İZMİT KÖRF,İSTANBUL,İZMİT	VIII
25	8	12	447	40.8	29.60	İZMİT KÖRF,İSTANBUL,İZMİT,İZNİK	IX
26	26	1	450	41.00	29.00	İSTANBUL VE YÖRESİ	VIII
27	25	9	478	40.8	29.00	İSTANBUL VE GENİŞ YÖRESİ	IX
28	0	0	488	40.8	29.60	İZMİT,KARAMÜRSEL	VIII
29	0	0	500	40.8	29.90	İZMİT	VIII
30	16	8	541	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
31	6	9	543	40.35	27.80	ERDEK,BANDIRMA	IX
32	15	8	553	40.75	29.Eki	İSTANBUL,KOCAELİ	X
33	2	4	557	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
34	16	10	557	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII

35	14	12	557	41.00	29.00	İSTANBUL VE YÖRESİ	VIII
36	0	0	715	40.4	29.70	İZNİK,İSTANBUL	IX
37	0	0	732	41.00	29.00	İSTANBUL VE YÖRESİ	VIII
38	26	10	740	40.8	29.00	İSTANBUL,İZMİT,İZNİK	VIII
39	8	2	789	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
40	4	5	796	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
41	16	5	865	41.00	29.00	İSTANBUL	IX
42	9	1	867	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
43	10	1	870	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
44	0	0	960	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
45	2	9	968	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
46	3	9	968	41.15	34.75	KASTOMONU,ÇORUM,AMASYA	IX
47	23	9	985	40.4	28.90	İZNİK,BANDIRMA,ERDEK	VIII
48	26	10	986	41.00	29.00	İSTANBUL VE YÖRESİ,TRAKYA	IX
49	0	1	1010	41.00	29.00	İSTANBUL VE YÖRESİ	VIII
50	13	8	1032	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
51	20	12	1037	41.00	29.00	İSTANBUL VE YÖRESİ	VIII
52	10	6	1041	41.00	29.00	İSTANBUL VE GENİŞ YÖRESİ	VIII
53	23	9	1064	40.4	28.90	İZNİK,BANDIRMA,MUREFTE,İSTANBUL	IX
54	0	0	1075	40.6	34.95	ÇORUM VE YÖRESİ	VIII
55	6	12	1082	41.00	29.00	İSTANBUL VE YÖRESİ	VIII
56	1	6	1296	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
57	0	0	1323	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
58	23	9	1344	41.00	29.00	İSTANBUL	IX
59	0	3	1354	40.7	27.00	GELİBOLU,BOLAYİR,MALKARA	IX
60	0	0	1443	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
61	0	0	1462	41.00	29.00	İSTANBUL	IX
62	6	1	1489	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
63	0	0	1507	41.04	28.98	İSTANBUL	VIII
64	14	9	1509	40.75	29.00	İSTANBUL,EDİRNE	IX
65	0	0	1509	40.55	35.00	ÇORUM	VIII
66	10	5	1556	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
67	30	4	1557	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
68	19	8	1642	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
69	28	6	1648	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
70	6	2	1659	41.00	29.00	İSTANBUL VE YÖRESİ	IX
71	3	7	1668	40.7	31.60	BOLU,KASTOMONU	VIII
72	25	5	1672	40.7	29.90	İZMİT,İSTANBUL	VIII
73	5	5	1718	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
74	25	5	1719	40.7	29.50	İSTANBUL,İZMİT,KARAMURSEL	IX
75	0	0	1737	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII
76	2	9	1754	40.8	29.40	İZMİT KÖRF.,İSTANBUL,İZMİT	IX
77	3	9	1763	41.00	29.00	İSTANBUL	VIII

78	22	5	1766	41.00	29.00	İSTANBUL	IX
79	12	5	1844	40.98	34.80	OSMANCIK-ÇORUM,ANKARA	VIII
80	11	4	1855	40.2		BURSA	X
81	13	10	1877	40.6	27.60	MARMARA ADALARI-MARMARA D.	VIII
82	19	4	1878	40.7	29.30	İZMİT,İSTANBUL,BURSA,SAPANCA	VIII
83	28	9	1881	40.6	33.60	ÇANKIRI YÖRESİ	VIII

4.2.3 Düzce ve Çevresinin Jeolojisi

Düzce ve Kaynaşlı bölgesi civarının jeoloji MTA ve Ankara Üniversitesinin (AU) 1999 yılında hazırlamış olduğu rapordan alınarak ekteki gibi hazırlanmıştır.

Düzce civarındaki yaşlı birim, Düzce Ovası'nın güney batısında Efteni Gölü ile Çapayakbey Köyü arasında yüzeylenen Prekambriyen yaşlı metagranotoyitlerdir. **(Pey)** Düzce Fayı, bu birimler ile Kuvaterner çökelleri, arasındaki sınırı oluşturur.

4.2.3.1 Paleozoyik yaşlı formasyonlar

Kocatöngel formasyonu (Oko); Kumtaşı ara seviyeli silisli çamurtaşından oluşan bu formasyon Düzce'nin kuzeyinde Karacaören-Gürcühüseyinağa Köyleri arasında Bolu Masifi temel kayaları üzerine uyumsuz olarak gelir (MTA ve AU, 1999).

Köy formasyonu (Ok); Çamurtaşı, Silttaşı, Çakıltası ara seviyeli kumtaşlarından oluşan bu formasyon Düzce'nin güneydoğusunda Kaynaşlı civarında yüzeylenir.

Ereğli formasyonu (ODE); Kireçtaşı ara seviyeli Şeyl-Kumtaşından oluşan bu formasyon Kaynaşlı kuzeyinde yüzeylenir.

Yılanlı formasyonu (DCy); Dolomitik Kireçtaşı ve Dolomitten oluşan bu formasyon Çilimli'nin kuzeybatısında Dokuzlar köyü civarında çok sınırlı bir alanda gözlenir (MTA ve AU, 1999).

4.2.3.2 Mesozoyik yaşı formasyonlar

Çakraz formasyonu (PTrç); Çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşından oluşan bu formasyon Düzce'nin doğusunda Ereğli formasyonu ile dokanakta görülür (MTA ve AU, 1999).

Yemişli çay formasyonu (Ky); Volkanik kumtaşı, kıltaşı, aglomera, andezitik-bazaltik, lav, tüfit ve mikritik kireçtaşından oluşan bu formasyon Düzce'nin kuzeydoğusunda Yılanlı formasyonu ile birlikte sınırlı yayımlı olarak bulunur (MTA ve AU, 1999).

Akveren formasyonu (KTa); Kıltaşı, Silttaşı ara seviyeli killi kireçtaşı-marn ve resifal kireçtaşından oluşan bu formasyon Kaynaşlı'nın kuzeyinde Çapayakbey ile Kaynaşlı arasında, kuzeydoğuda Yukarıbayır, Sallar ve Nalbantoğlu köyleri civarında, Ketenciler-Kurtköy arasında ve kuzeybatıda Domuzgözü tepe yöresinde yüzeyler (MTA ve AU, 1999).

4.2.3.3 Senozoyik yaşı formasyonlar

Çaycuma formasyonu (Tç) ve Yığılca Üyesi (Tçy); Kumtaşı-konglomera-marn-tüfit (volkanik kumtaşı) ten oluşan Çaycuma formasyonu Düzce'nin kuzeyi ve batısında iyi gözlenir. İçindeki geniş yayımlı volkanitler Yığılca Üyesi olarak ayrılır. Yığılca Üyesi başlıca volkanik kumtaşı, tuf/tüfit, andezit-bazaltik lavlar ve/veya volkanik breşlerden oluşur ve Düzce'nin güneyi ve batısı ve kuzeydoğusunda gözlenir.

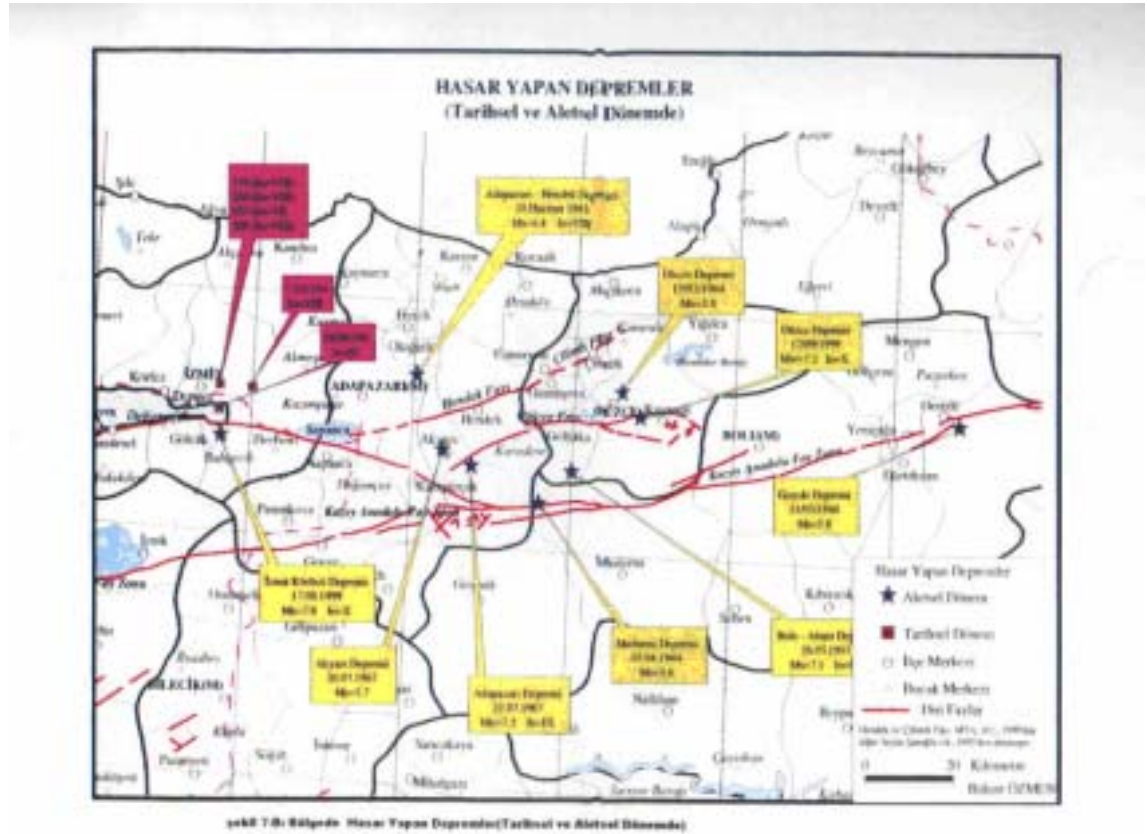
Karapürçek formasyonu (PlQk); Zayıf tutturulmuş çakıltaşı, kumtaşı çamurtaşından oluşan Karapürçek formasyonu Düzce'nin doğusunda temel kayaların önünde etek düzlükleri teşkil edecek şekilde bulunur (MTA ve AU, 1999).

Genç Çökeller (Q); Düzce Havzası'nı dolduran tümü kırıntılı çökellerin, depolama yerime bakmaksızın çakıl-kum-silt ve killerden oluştuğu görülür. Havza kenarlarında çok az miktardaki döküntü veya yamaç molozunun dışında alüvyal ve gölsel alanlarda depolanmış oldukları dikkat çeker. Düzce havzasındaki tortul kalınlığı hakkındaki bilgiler sınırlı sayıda sondaja esas itibariyle jeofizik verilere dayanır ve yaklaşık 260m civarındadır (MTA ve AU, 1999).

4.2.4 Bölgedeki Diri Faylar

Düzce Bölgesinde başlıca aktif faylar Umut Ceylan' ın Haziran-2003' te hazırladığı “12 Kasım 1999 Düzce Depremi “ bitirme tezinden değiştirilerek hazırlanmıştır.

Düzce havzası KAFZ üzerinde yer almaktadır.Bu havzaya en yakın aktif olan faylar Düzce, Hendek ve Çilimli faylarıdır. Düzce havzasını morfolojik olarak güneyden sınırlandıran ve birbirini bütünleyen 3 alt parçadan oluşan, sağ yönlü doğrultu atımlı Düzce Fayı Akyazı – Kaynaşlı arasında olup 70 km uzunluğundadır (Şaroğlu ve diğerleri, 1992).



Şekil 4.9 : Düzce ve çevresinin diri fayları ve hasar yapan depremleri (Özmen, 2000 a).

Gölcük depreminde meydana gelen 130 km' lik yüzey kırığının 30km.' lik doğu bölümü Düzce Fayı üzerinde yer almaktadır (Emre ve diğ., 1999).

Düzce depreminde etkili olan faylar arasında Aksu Fayı ile komşu olan Düzce Fayı yer almaktadır. Bu fayların doğrultuları birbirinden farklıdır.

Gölcük depreminde Aksu Fayı boyunca yüzey kırığı çok net olmuştur ama Düzce Ovasının batısındaki ucuna girdiğinde, Kuzey ve Güney yamaç arasında sağ yanal atım düzenine uygun çatlaklar gelişmiş ve en doğuda Gölyaka merkezinden geçip Melen Çayına varmıştır.

Ayrıca, Efteni kaplıcasına kadar, 1999 Düzce Depreminde kırılacak hat ile çakışacak şekilde, ovanın Güney kenarını izleyen bir çatlak belirmiştir. 12 Kasım 1999 ‘ da gelişen Yüzey Kırığı, bu çatlakları ilk oluşana göre önemli derecede büyütmüş ve ek olarak sağ yanal atım ortaya çıkmıştır.

Hendek Fayı : Düzce havzası batısında Sapanca Gölü Hendek-Cumayeri arasında uzanan KD-GB uzanımlı, sağ yönlü doğrultu atımlı 50 km uzunluğunda bulunan fay Hendek Fayıdır (Emre ve diğerleri, 1998).

Çilimli Fayı : Yaklaşık 13 km uzunluğunda Hendek Fayının devamında Düzce Havzasının Kuzeyinde Cumayeri – Konuralp arasında uzanır. KB-GD doğrultulu olan Çilimli Fayı Kuzeydeki Odunluk dağı ile Düzce Havzası Tabanı arasındaki morfolojik diskordansa karşılık gelmektedir (Varol ve diğ., 1999), (Şekil 4.9).

4.2.5 Depremin Kaynak Parametreleri

12 Kasım 1999 Düzce Depreminin çeşitli kaynaklarca belirlenen parametreleri Tablo 4.3’ de verilmiştir.

Tablo 4.3 : Farklı kaynaklar ve bu çalışmada belirlenen 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin ait parametreler.

	OLUŞ SAATİ (GMT)	DIŞMERKEZ	BÜYÜKLÜK	DERİNLİK	MAKSİMUM ŞİDDET I_0
USGS			$m_b=6.5$		
	16:57:20.3	40.76 N- 32.14 E	$M_s=7.3$	14 km	
			$M_w=7.1$		
HARVARD		40.93 N- 31.25 E	$M_w= 7.2$	18 km	
DAD			$m_b=6.2$		
	16:57:21.41	40.79 N- 31.21 E	$M_s=7.4$	11 km	
			$M_w=7.2$		
UDİM			$m_b=6.5$		
	16:57:20.31	40.76 N- 31.14 E	$M_s=7.3$	13.30 km	
			$M_w=7.1$		
TUBİTAK	16:57:20.9	40.82 N- 31.16 E	$M_w= 7.2$	9.6 km	
(ÖZMEN,2000 a)					X
BU ÇALIŞMADA		Makrosismik (40.75 N- 31.15 E)	$M_w= 7.3$		X

USGS:United State Geological Survey.

M_w : Moment magnitüdü.

HARVARD: Harvard Üniversitesi.

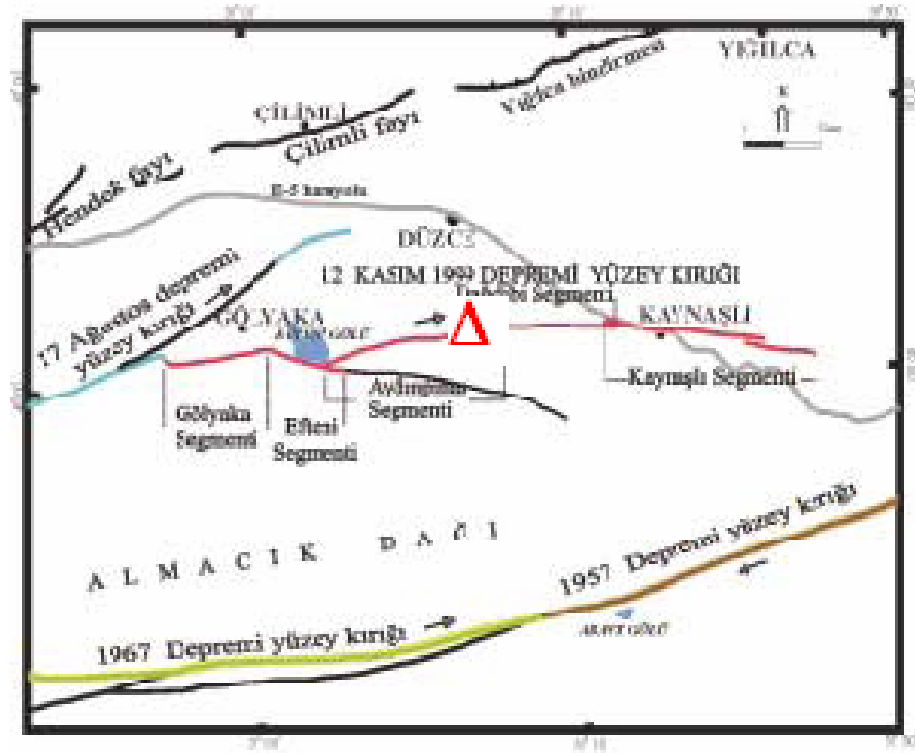
M_b : Cisim dalgası magnitüdü.

DAD : Afet İşleri Genel Müd. Deprem Araştırma Dairesi M_s : Yüzey dalgası magnitüdü.

UDİM :B.Ü. Deprem Araştırma Enst Ulusal Deprem İzleme Merkezi

Faylanma ile ilgili yaptığımız gözlemler ve bu konuda yapılan çalışmalardan faydalanılarak yaptığımız değerlendirmeler sonucu “**makrosismik dışmerkez**” koordinatları **40.75K - 31.15D** olarak saptanmıştır.

Dışmerkez, Emre ve diğ., 2000’ de belirtilen, Dağdibi Segmenti üzerinde 530 ± 10 cm. sağ yanal yerdeğiştirmenin belirlendiği yere rastlamaktadır.



Şekil 5.1 : 12 Kasım Düzce Depreminin Kırık Haritası (Emre ve diğ., 2000).

Δ : 12 Kasım1999 Düzce Depreminin Makrosismik Dışmerkezi

Depremin farklı tekniklerle hesaplanan büyüklük değerleri **6.2** ile **7.4** arasında değişmektedir, arazi gözlemleri, belirlenen atım değerleri maksimum **530cm.** sağ yanal (Emre ve diğ., 2000) ve oluşan büyük hasar **6.3** ve **6.7** gibi değerlerin hatalı olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada arazi gözlem sonuçlarına dayanılarak Düzce Depreminin Moment büyüklüğü yeniden hesaplanmıştır. Moment hesaplamalarında kullanılan parametreler ve hesap tekniği aşağıda verilmiştir.

4.2.5.1 Sismik moment

Faylanmanın mekanizmasını açıklayabilmek için, diskolasyon kuramı çerçevesinde kabul edilen yaklaşım, deprem kaynağını etkileyen kuvvetleri basitçe bir kuvvet çifti ile izah etmektir. Bu yaklaşımda, fay düzlemine dik doğrultuda yer değiştirme $u(\epsilon, t)$ ihmal edilebilir kabul edilmektedir. Yer değiştirme, fay düzlemine paralel kabul edildiğinden buna makaslama yer değiştirmesi ve bu yer değiştirmeyi oluşturan kuvvetlere de makaslama kuvvetleri adı verilmektedir.

Söz konusu yaklaşımın matematiksel çerçevesi içerisinde bazı fiziksel nicelikler türetilmiştir. Bunlardan birisi “sismik moment” tir. Kaynakta etkili olan kuvvetlerin, basit bir kuvvet çifti olarak kabul edilmesi koşuluyla sismik moment; bu kuvvet çiftlerinin momenti (M_0) olmaktadır.

$$M_0 = \mu \times \mu_0 \times S \quad (4.1)$$

μ = ortamın rijiditesi (dyn/cm²)

μ_0 = ortalama yer değiştirme (cm)

S = fay alanı (cm²)

Ortalama yer değiştirme μ_0 değeri, depremden sonra oluşan maksimum yer değiştirmenin (U_m), fay düzlemi boyunca sabit olduğu kabul edilen değeri olup

$$\mu_0 = U_m \times \frac{\pi}{4} \quad (4.2)$$

bağıntısından hesaplanmaktadır.

Fay alanı ,

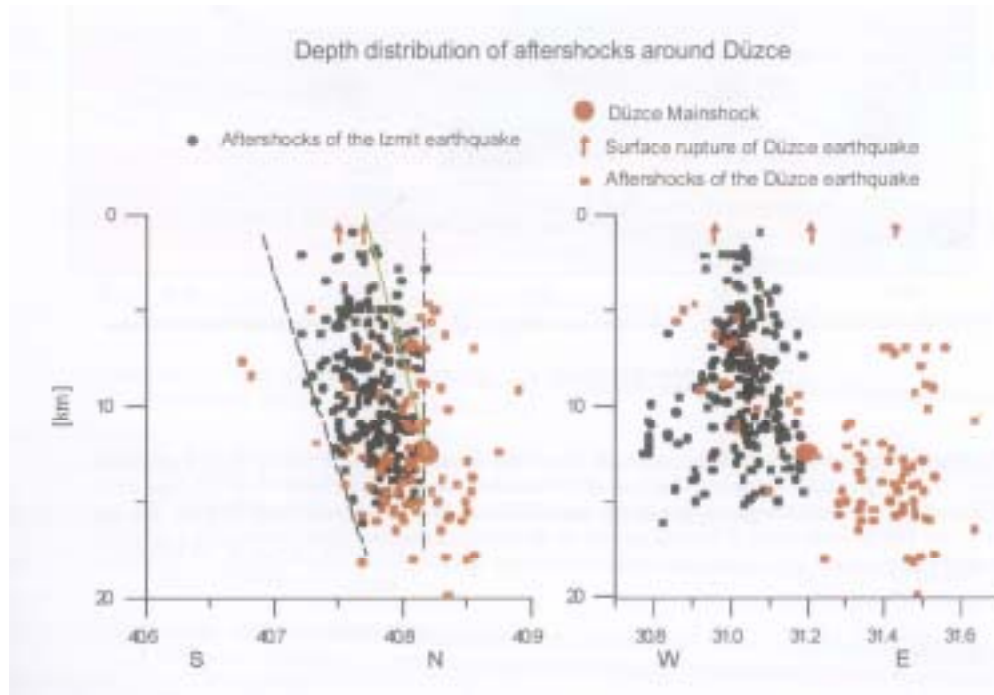
$$S = L \times W \quad (4.3)$$

bağıntısından hesaplanır.

Fay alanı (S), faylanmanın boyutlarını oluşturmaktadır. Bu da, fay düzleminin boyu (L) ile derinliğinin (W) çarpımına eşittir (Gündoğdu , 1986).

Fay alanının hesaplamasında (S), kullanılan niceliklerden biri çoğu araştırmacıların kullandığı ve dilimize “fay düzlemi genişliği” (W) olarak çevirebileceğimiz (Width)’ dir. Bazı yayınlarda bu büyüklük “Fay düzlemi derinliği” olarak kullanılmaktadır. Fay düzlemi genişliği, yer değiştirmenin üzerinde olduğu düzlemin bir boyutu olarak tanımlanabilir. Fay düzlemi derinliği odak derinliğinden biraz farklı, fakat belirlenmesinde odak derinliğinden yararlanılan bir parametredir. İçmerkez derinliğini bir nokta olarak kabul ettiğimizde Width bundan biraz daha derinde olması gerekmektedir.

Bu tanımlama gereği Düzce Depreminin fay düzlemini derinliğini belirlemek için depremin artçılarının derinlik dağılımından yararlanılmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 : 17 Ağustos 1999 Gölçük (İzmit) 12 Kasım 1999 Düzce depreminin artçı sarsıntılarının derinlik dağılımı (Milkereit ve diğ., 2000).

Düzce ve Gölçük Depreminlerin artçı şoklarının derinlik dağılımına bakıldığında (Şekil 5.2) Düzce Depreminin anaşokunun 12.5 km Gölçük Depreminin ise 12 km dolayında

olduğu, artçı şokların ise derinlik dağılımınsa her 2 depremde de 18 km derinliğe kadar ulaşmış olduğu gözlemlenmektedir.

Ayrıca Tablo 4.3’ te Düzce Depreminin derinlikleri ile ilgili çeşitli kaynaklarca verilen değerleri 9.6 ile 18 km arasında olduğu görülmektedir. Bu verilere dayanılarak Düzce Depremi fay düzlemi derinliği, (W) hesaplama tekniğimizde 18 km olarak alınmıştır.

Moment büyüklüğünü hesaplamak için

$$M_w = 2/3 \log_{10} (M_0) - 10,73 \quad (4.4)$$

bağıntısından yararlanılmıştır (Yilmazer, 2003).

Yapılan çalışma sonuçlarına göre bu depremde oluşan fayın boyu ile bilgiler Tablo 4.4’ te verilmiştir.

Tablo 4.4 : 12 Kasım 1999 Düzce depreminin çeşitli araştırmacıların yapmış olduğu fay boyu ve atım değerleri.

	FAY KIRIGI (km)	SAG YANAL YER DEĞİŞTİRME (cm)
Arpat ve Diğerleri, 1999	40	450 (R)
Barka ve Diğerleri, 1999	40	450 (R)
Demirtaş ve Diğerleri, 2000	35	400 (R)
Emre ve Diğerleri, 2000	43	530 ± 10 (R)
Kalafat ve Diğerleri, 1999	39-41	400 (R)
Komut ve Diğerleri, 2000	40	490 (R)
Nurlu ve Diğerleri, 2000	45	450 (R)
Özden ve Diğerleri, 2000	30	380 (R)
Özel ve Diğerleri, 1999	40	400

Moment büyüklüğünü (M_w) hesaplamada arazide gözlenen maksimum atım önemli bir parametredir. Tablo 4.4' te (Emre ve diğ., 2000). tarafından verilen 530 cm'lik maksimum atım kabul edilerek hesaplamalarda kullanılmıştır.

$$M_o = \mu \cdot U_o \cdot S \text{ dyn.cm} \quad (4.1)$$

(1) no' lu bağıntıda rijitlik değeri $3,3 \cdot 10^{11} \text{ dyn/cm}^2$ kabul edilmiştir. Ortalama atım değerinin hesaplanması için (Emre ve diğ., 2000)' de saha gözlemlerinin saptadıkları 530 cm' lik atım Düzce Depreminin maksimum atımı (U_m) olarak kabul edilmiştir.

(4.2) no' lu bağıntıdan

$$U_o = U_m \cdot \pi / 4 \quad (4.2)$$

$U_o = 4.0 \text{ m}$. olarak hesaplanmıştır.

Fay alanı ise

$$S = L \cdot W \text{ cm}^2 \quad (4.3)$$

$L = 43 \text{ km}$. $W = 18 \text{ km}$.

alınarak $774 \cdot 10^{14}$ olarak bulunmuştur, (4.1) no' lu bağıntıdan sismik moment

$$M_o = 1,06 \cdot 10^{27} \text{ dyn.cm}$$

olarak bulunmuştur.

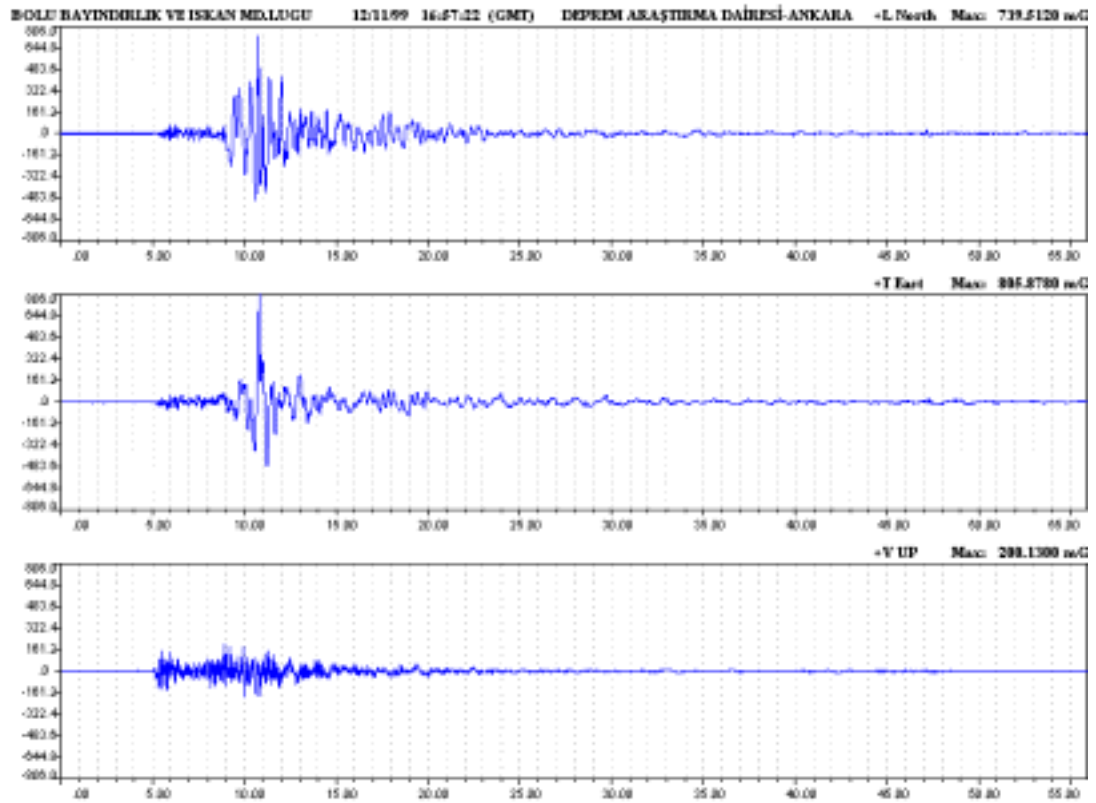
$M_w = 2 / 3 \cdot \log M_o - 10.73$ bağıntısı kullanılarak moment magnitudü,

$M_w = 7.28$ yaklaşık olarak **7,3** olarak hesaplanmıştır.

4.2.6 Düzce Depremi İvme Değeri

17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi $M_w=7.6$ büyüklüğünde olmasına rağmen maksimum ivme değeri Adapazarında bulunan ivme ölçerde D-B yönünde 407 mG olarak kaydedilmiştir.

12 Kasım 1999 Düzce depreminde ise Bolu’ da bulunan ivme ölçer, D-B yönünde 805 mG olarak kaydedilmiştir (Şekil:5.3). Arazi gözlemlerinde de bu yüksek ivme değerini ifade eden olgular gözlenmiştir. Örneğin basında yer alan ve park halinde benzin istasyonunda devrilen kamyon olgusu kanıtlardan birisidir.



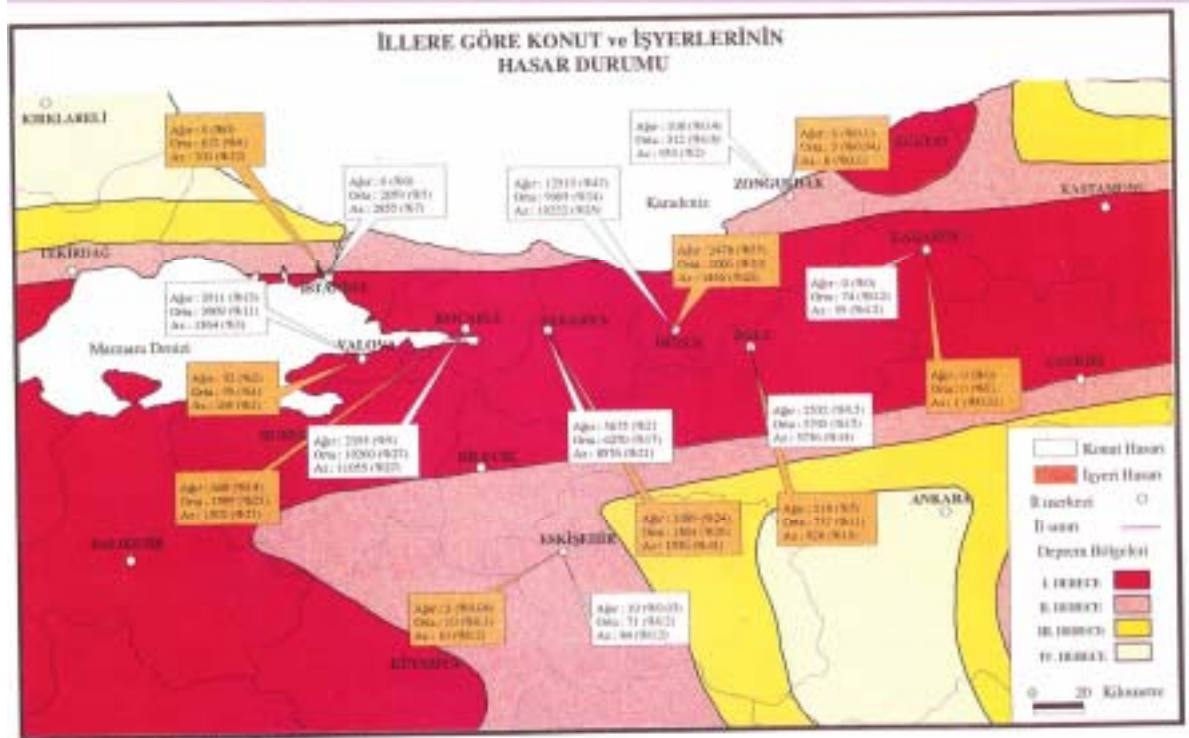
Şekil 5.3 : Düzce Depremi İvme Kaydı (www.deprem.gov.tr)

4.2.7 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin Hasar Dağılımı

Düzce ve çevresi Gölçük Depreminin yaralarını sarmadan 12 Kasım 1999’ da yine büyük bir deprem ile karşı karşıya kalmıştır. İlk depremde oluşan hasar Düzce Depreminde beklenenden çok daha fazla hasarın oluşmasına neden olmuştur. Düzce Depreminin çevre illeri de kapsayacak şekilde hasar dağılımını gösteren liste Tablo 4.5’ de verilmiştir (Özmen , 2000 b).

Tablo 4.5 :Düzce ve çevre illerin hasar dağılımı (Özmen, 2000 b).

İli	YIKIK - AĞIR		ORTA		AZ	
	KONUT	İŞYERİ	KONUT	İŞYERİ	KONUT	İŞYERİ
BOLU	2.532	218	5.745	757	5.736	828
DÜZCE	12.513	2.478	9.065	2.066	10.222	1.446
ESKİŞEHİR	10	2	71	10	84	10
İSTANBUL	0	0	2.059	612	2.855	700
KARABÜK	0	0	74	0	99	1
KOCAELİ	2.355	608	10.260	1.599	11.055	1.502
SAKARYA	5.675	1.089	6.270	1.804	8.576	1.036
YALOVA	3.511	92	3.969	99	1.364	104
ZONGULDAK	108	6	312	3	963	8
TOPLAM	26.704	4.493	37.825	6.950	40.954	5.635



Şekil 5: Harekete geçen konut ve işyerlerinin hacim durumu

Şekil 5.4 : İllere göre konut ve işyerlerinin hasar durumu (Özmen , 2000 b).

Şekil 5.4' de geniş alan içinde Düzce Depreminin oluşturduğu hasar verilmektedir.

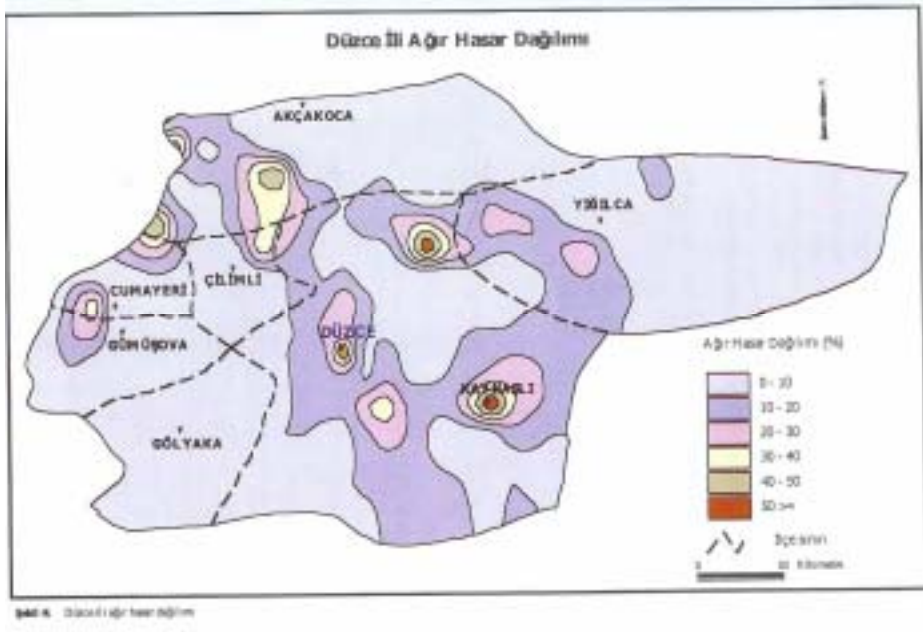
Görüldüğü gibi D-B yönlü hasar Sakarya, Kocaeli, Yalova ve Bolu gibi illerde önemli hasarlar meydana gelmiştir.

Düzce ile çevre illerdeki can kaybı ve yaralı sayısı Tablo 4.6’ de verilmektedir. En fazla can kaybı Düzce Merkez ve Kaynaşlı Beldesinde olmuştur. Özellikle Kaynaşlı’ daki can kayıplarına neden olan faktörlerden birisi de çıkan yangınlardır.

Tablo 4.6 : Düzce ile çevre illerdeki can kaybı ve yaralı sayısı (Özmen, 2000 b).

İLİ	YER	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
BOLU	BOLU (M)	48	354
DÜZCE	DÜZCE (M)	463	2800
	BEYKÖY BEL.	0	120
	KONURALP BUCAĞI	0	408
	AKÇAKOCA	2	96
	CUMAYERİ	0	39
	GÖLYAKA	1	68
	GÜMÜŞOVA	0	34
	KAYNAŞLI	244	544
	YİĞİLCA	0	42
	KOCAELİ (M)	1	27
KOCAELİ	GÖLCÜK	0	34
SAKARYA	ADAPAZARI	3	168
YALOVA	YALOVA(M)	1	25
ZONGULDAK	ZONGULDAK(M)	0	189
TOPLAM		763	4948

Düzce ile ağır hasar dağılımı (Özmen, 2000 b). tarafından verilmektedir. Ağır hasar dağılım haritasına bakıldığında D-B yönünde hasarın daha fazla olduğu görülmektedir. (Şekil 5.5)



Şekil 5.5 : Düzce ili ağır hasar dağılımı (Özmen , 2000 b).

Bolu ilinde meydana gelen hasarda ilçe ve beldelerinde meydana gelen hasar belirlenmemiştir. Ancak Bolu il merkezinde can kaybına neden olan hasarlar mevcuttur (Tablo 4.6).

Düzce Depremi ile hasar ve faylanma ile ilgili fotoğraflar aşağıda verilmektedir.



Çınarlı Köyü İlkokul Arkası



Çınarlı Köyü İlkokul Arkası



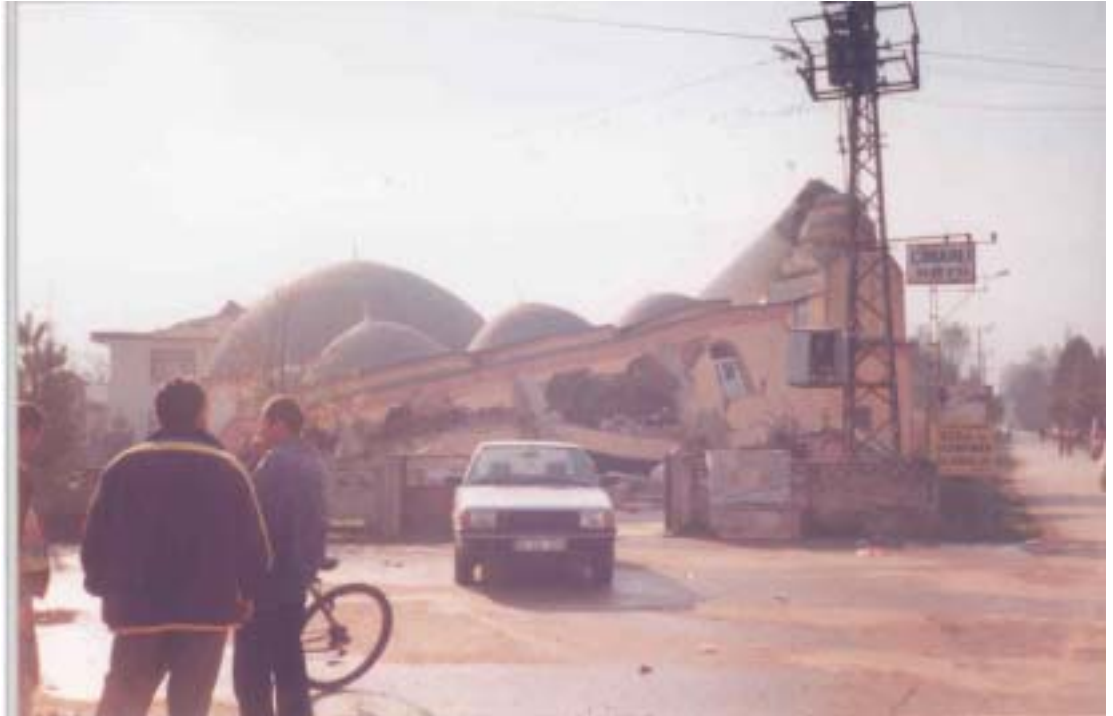
Çınarlı Aydınınar Köyü



Efteni Kaplıcası



Tarihi Düzce Camii



Çınarlı Köyü

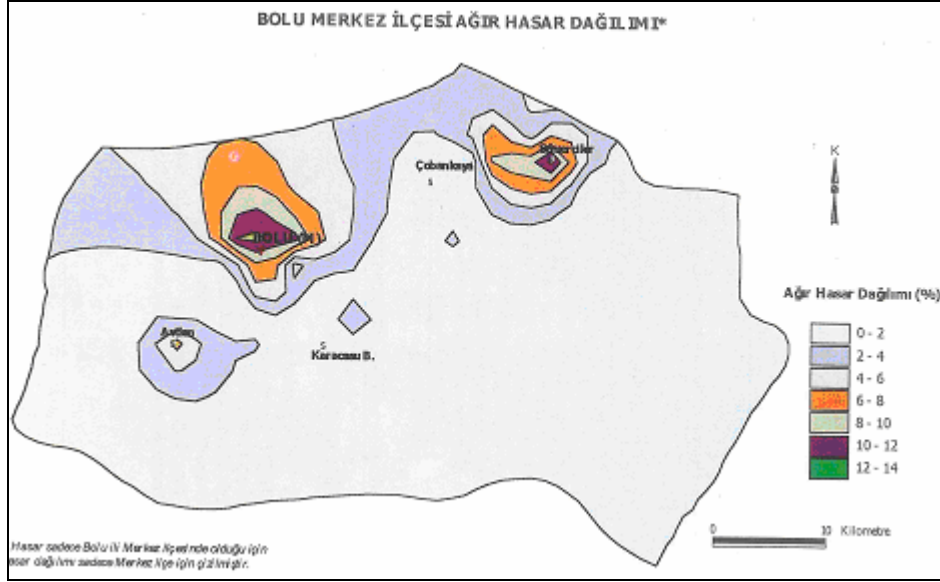


Arama Kurtarma Çalışmaları



Metangazı Çıkışı

Bolu Merkez ağır hasar dağılımına bakıldığında yine D-B yönlü hasar dağılımı gözlemlenmektedir (Özmen, 2000 b), (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 : Bolu ili Hasar Dağılımı (Özmen , 2000 b)

4.2.8 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin Eşşiddet Haritası

Düzce depreminin şiddet dağılımını belirlemek için Düzce ili içinde arazi gözlemleri ve anket çalışmaları yapılmıştır. Geniş alan çalışmaları ise karşılıklı görüşme ve anketler ile belirlenmiştir.

Şiddet değerlendirmelerinde MSK şiddet değeri ölçeği kullanılmış ve depremin maksimum şiddetinin belirlenmesinde ivme değeri de göz önüne alınmıştır.

Düzce depreminin maksimum şiddeti $I_0=X$ olarak saptanmış ve “**makrosismik dışmerkez**” koordinatları **40.75K - 31.15D** olarak belirlenmiştir.

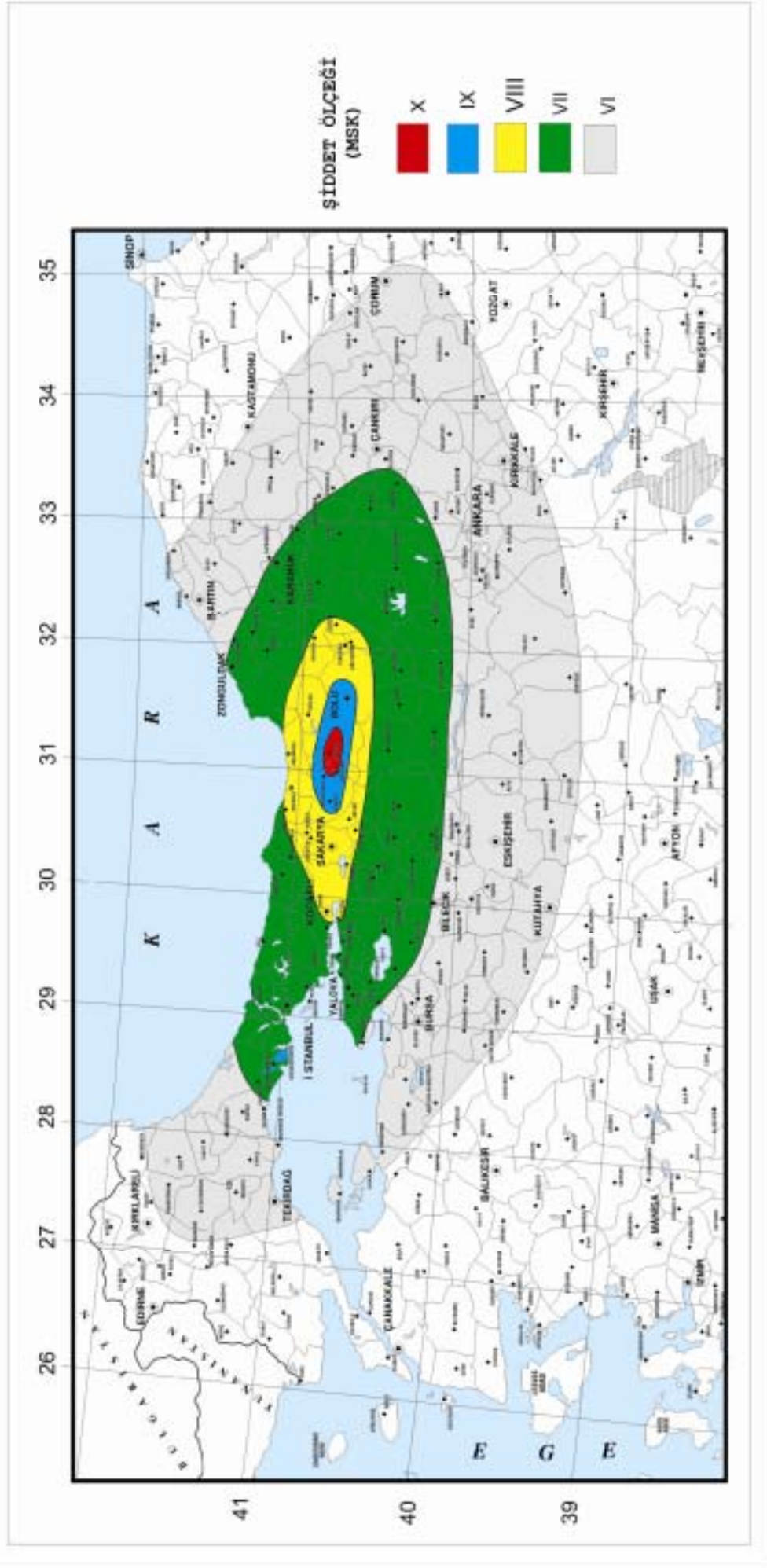
Dışmerkez (Emre ve diğ., 2000)’ de belirtilen, Dağdibi Segmenti üzerinde 530 ± 10 cm. sağ yanal yerdeğiştirmenin belirlendiği yere rastlamaktadır .

Çizilen eşşiddet haritası Şekil 5.7’ de verilmiştir.

Yıkık ve ağır hasarlı yapı sayısına bakıldığında yapılarıdaki ağır hasarın, (Tablo 4.5) Düzce (12513), Sakarya (5675), Yalova (3511), Bolu (2532) ve Kocaeli (2355) olduğu görülmektedir. Hasarın Kuzey Anadolu fayı boyunca yaklaşık D-B yönlü olarak daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Meydana gelen hasarda özellikle batı illerinde (Sakarya, Kocaeli, Yalova) 17 Ağustos Depreminin etkilerini de göz önüne alınması gerekir. Eşşiddet haritasına bakıldığında D-B yönlü hissedilmenin dolayısıyla hasarın daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Düzce merkezinde hasarın etkisinin fazla oluşunda zeminin kötü olmasının önemli bir etken olduğu görülmektedir. Bu çalışmada $M_w=7.3$ olarak hesaplanan Düzce Depreminin İstanbul’ dan Eskişehir’ e kadar alan içinde hasar meydana getirişi dikkat çekicidir.



ŞEKİL 5.7 : 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Eşşiddet Haritası

5.TARTIŞMA VE SONUÇLAR

12 Kasım 1999 Düzce Depremi 17 Ağustos 1999 Gölcük depreminden 87 gün sonra meydana gelmiştir. Gölcük Depreminin etkileri ve artçı şokları devam ederken meydana gelen Düzce Depremi, Gölcük Depreminin gölgesinde kalmıştır.

Örneğin bu kadar büyük bir depremin eşşiddet haritası çizilememiştir.

Bu çalışma kapsamında yapılan makrosismik çalışmalar sonucunda, Düzce Depreminin maksimum şiddeti $I_0=X$ olarak belirlenmiş ve “**makrosismik dışmerkez**” koordinatları **40.75K - 31.15D** olarak saptanmıştır (Şekil 5.1). Dışmerkez, (Emre ve diğ., 2000)’ de belirtilen, Dağdibi Segmenti üzerinde **530 ± 10cm.** sağ yanal yerdeğiştirmenin belirlendiği yere rastlamaktadır.

Yapılan saha gözlemleri ve anket çalışmaları ile uzak alan bilgileri değerlendirilerek Düzce Depreminin eşşiddet haritası çizilmiştir. Genellikle hasar Kuzey Anadolu Fay hattı boyunca yaklaşık D-B doğrultuda fazla olmuştur (Şekil 5.7).

Yıkık ve ağır hasarlı yapı sayısına bakıldığında yapılarıdaki ağır hasarın (Tablo 4.5, Şekil 5.4), Düzce (12513), Sakarya (5675), Yalova (3511), Bolu (2532) ve Kocaeli (2355) olduğu görülmektedir. Hasarın Kuzey Anadolu fayı boyunca yaklaşık D-B yönlü olarak daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Düzce ve Bolu İli merkez hasar dağılımlarına bakıldığında (Şekil 5.5, Şekil 5.6) D-B yönlü hasar gözlenebilmektedir.

Meydana gelen hasarda özellikle batı illerinde (Sakarya, Kocaeli, Yalova, Bolu) 17 Ağustos Depreminin etkilerini de gözönüne alınması gerekir.

KAYNAKLAR

1. ARMİJO, R., MEYER,B., NAVARRO, S., KING G., BARKA, A., “ **Asymetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart. A clue propagation processes of the North Anatolian Fault** ” Terra Nova 14 80-86s.
2. ARPAT, E., HERECE, E., KOMUT, T., ÖZGÜL, N., . “**12 Kasım 1999 Düzce Dpremi İlk 3 Günlük Jeolojik saha verilerinin Ön Değerlendirmesi.** ” <http://93.140.203.16/düzce/düzce.html>
3. BAGCI, G.,YATMAN, A., ÖZDEMİR,S., ALTIN, N., (2000) “**Türkiye’ de Hasar Yapan Depremler,**” Jeofizik Bülteni, Sayı 37, 91-93s, Ankara.
4. BARKA, A.,(1992). “ **The North Anatolian Fault Zone**” Anneles Tectonica, Special Usue Suply to vol. 1 p.164 – 195.
5. BARKA, A.,ALTUNEL,E., AKYÜZ, S., Sunal, G., Hartleb, R., Uslu, O.B., Toroman, E., (1999), “ **12 Kasım 1999 Düzce Depremi, Tubitak Bilim ve Teknik Dergisi,**” Sayı 385, 40-42s, Ankara.
6. CEYHAN, U., 2004, “**Büyükçekmece İlçesinde Sismik Kırılma Verileriyle Mikrobölgeleme Çalışmaları**” İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul (Yayınlanmamış).
7. DEMİRTAŞ, R., ERKMEN, C., YAMAN,M. (2000), “**12 Kasım Düzce Depremi Raporu**” Editörler; BÜLENT ÖZMEN – GÜNRUH BAĞCI, Yüzey Kırık Geometrisi, Atım Miktarı Dağılımı ve Gelecek Deprem Potansiyeli. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.,61-100s
8. EMRE, I., TAYMAZ, T., DUMAN, T.Y., DOĞAN, A. 2000 “ **Gölcük Ve Düzce Depremleri , Yüzey Kırıkları ve Sismolojik Özellikleri**”, TUBİTAK, Bilim Teknik Ocak 2000 Ankara.
9. EYİDOĞAN, H., BARKA, A., (1996), “ **Deprem ve Deprem Kaynakları TDV/TR 96-004** ” İTÜ Maden Fakültesi Ayazaga, İstanbul, 13-18s
10. GÜNDOĞDU O., (1986) “ **Türkiye Depremlerinin Kaynak Parametreleri ve Aralarındaki İlişkiler**”, İ.Ü. Doktora Tezi.

11. GÜNDOĞDU, O., ALTINOK, Y., AKKARGAN, Ş., SAYIN, N., HİSARLI, M., ÖZÇEP, F., ÖZCEP, T., ÖZER, N. 2002. **“17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi Araştırması”** Rapor, İstanbul Üniv. Araştırma Fonu, Proje no: 1383/081299, İstanbul.
12. KALAFAT, D., YILMAZER, M., **“ 12 Kasım 1999 Düzce Deprem, Ön Jeolojik Saha Gözlemleri ”**
http://www.koeri.boun.edu.tr/seismo/12_Kasim_1999_duzce_depremi. Html.
13. LEPCİHON, A.M.C. ŞENGÖR, E., DEMİRBAĞ, C., RANGİN, C., İMREN, R., ARMİJO, N. GÖRÜR, N., ÇAĞATAY, B., MERCIER DE LEPINAY, B., MEYER, R., SAATCILAR, B., TOK., (2001), **“The Active Main Marmara Fault”**, Earth and Planetary Science Letters 192, (595-616).
14. MILKEREIT, C., ZUNBUL, S., KARAKISA, S., IRAVUL Y., ZSCHAU, J., (SABO GROUP) ve BAUMBAH, M., GROSSER, H., GUNTHER, E., UMUTLU, N., KURU, T., ERKUL, E., KLİNKE, K., IBSVON, M., KARAHAN, A., **“ The 1999 İzmit and Düzce Earthquakes: preliminary results ”** Editörler; AYKUT BARKA – ÖZGÜR KOZACI – SERDAR AKYÜZ – ERHAN ALTUNEL, İstanbul Technical Üniversitesi (2000), İstanbul 185s.
15. PINAR, A., HONKURA, Y. and KUGE, K., (2001), **“ Seismic Activity Triggered by The 1999 İzmit Earthquake And Its Implications For The Assessment of Future Seismic Risk ”**, Geophys.J. INT. 146, F1-F7,
16. ÖZMEN, B., NURLU, M., GÜLER, H., (1997), **“Çoğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi ”** T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 89s, Ankara
17. ÖZMEN, B., (2000), **“17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Hasar Durumu ”** Türkiye Deprem Vakfı., İTÜ, İstanbul.
18. ÖZMEN, B., (2000 a), **“ 12 Kasım Düzce Depremi Raporu ”** Editörler; BÜLENT ÖZMEN – GÜNRUH BAGCI, Bölgenin Jeolojisi, Diri Fayları ve Hasar Yapan Depremleri, 1-15s T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
19. ÖZMEN, B., (2000 b), **“12 Kasım Düzce Depremi Raporu ”** Editörler; BÜLENT ÖZMEN – GÜNRUH BAGCI, Düzce Depremi’ nin Konut ve İşyeri Hasarları (Rakamsal Verilerle) 156-182s T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.,

20. SOYSAL, H.,SİPAHİOĞLU, S., KOLÇAK, D.,ALTINOK, Y.,
(1981). **“ Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu”**
TÜBİTAK, proje no.TBAK 341 TÜBİTAK yay. no.563, seri 34, Ankara.
21. TÜYSÜZ, O **“ Deprem ve Türkiye”** İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü
(2000).
22. YILMAZER, M., (2003), **“ Deprem kaynak parametlerinin on-line belirlenmesi ”**, Yüksek Lisans tezi İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2003, İstanbul

ÖZGEÇMİŞ

1977 İstanbul doğumluyum.

İlkokul, ortaokul ve lise' yi Terakki Vakfı Özel Şişli Terakki Lisesin de 1983 – 1994 yılları arasında okudum.

1995 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliğine girdim.1999 yılında mezun oldum.

2000 yılında İstanbul Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Bölümünde yüksek lisansa başladım.

2000 yılı Şubat ayından beri Jeofizik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Yönetim Kurulu Üyeliğini sürdürmekteyim.

Çalışma hayatıma Müşteri Hizmetlerinde Müşteri Tensilcisi olarak başladım.

2004 Yılında askerliğimi bitirdikten sonra aynı alanda çalışmaya devam etmekteyim.