

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şehirlenen Türkiye’de
Deprem Sorunu

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özlem Özata

1993

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE VE DOKÜMANTASYON .
DAİRE BAŞKANLIĞI

Yer No (DDC) : R 150

299

Kayıt No :248.....

Geldiği Yer:....Fen.Bil.Ens.....

.....
Tarih :26.04.1999.....

Fiyat :30.000.TL.....

Fatura No:.....

Ayniyat No:.....1-1.....

Ek :.....



24-

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞEHİRLEŞEN TÜRKİYE'DE DEPREM SORUNU

Y. T. O.

KÜTÜPHANE DOK. DAL. BAŞKANLIĞI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ İLE İLGİLİ
SEMINER ÇALIŞMASI
JEOFİZİK MÜH. E. ÖZLEM ÖZATA**

*Arşive kaydedilmek
üzere hediyedir.*

İÇİNDEKİLER

SAYFA

TEŞEKKÜR

ÖZET

ABSTRACT

1. GİRİŞ	1
2. DEPREM	2
2.1. TÜRKİYE VE ÇEVRESİNİN DEPREMSELLİĞİ VE TEKTONİK ÖZELLİKLERİ	7
2.1.1. Türkiye ve Çevresinin Tektonik Özellikleri	7
3. NÜFUS ARTIŞI VE DEPREM RISKİ	8
4. ÖZEL BİR BÖLGENİN SİSMİKLİK RISKİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR	12
4.1. Jeolojik Çalışmalar	12
4.2. Zemin Mühendisliği Çalışmaları	12
4.3. Sismolojik Çalışmalar	12
5. DEPREM VE MÜHENDİSLİK SİSMOLOJİSİ'NİN DEPREM ZARARLARININ AZALTILMASINA KATKILARI	13
5.1. 28 Mart 1970 Gediz Depremi	20
5.2. 4 Mart 1977 Bükreş, Romanya Depremi	20
5.3. 19 Eylül 1985 Michoacan, Meksika Depremi	21
5.4. 7 Aralık 1988 Ermenistan, Sovyet Rusya Depremi	21
6. SONUÇ	23
7. KAYNAKLAR	24
8. ÖZGEÇMİŞ	

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezimi ve tez ile ilgili seminer çalışmamı değerli önerileri ve sürekli yardımları ile yönlendiren Sayın Hocam Prof. Dr. Tuncer Kodamanoğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Istanbul, 1993

E. Özlem ÖZATA

ŞEHİRLEŞEN TÜRKİYE'DE DEPREM SORUNU URBANIZATION IN TURKEY'S EARTHQUAKE PROBLEM

ÖZET

Alpin Deprem kuşağının en aktif kesimlerinden birisini oluşturan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda geçmişten günümüze kadar büyük can ve mal kayıplarına neden olan çok sayıda deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin çoğunluğu, Kuzey Anadolu Fay zonundaki sağ yönlü doğrultu atımlı yerdeğiştirmelerle ilişkilidir.

Türkiye deprem potansiyeli yüksek bir ülkedir. Hızlı nüfus artışı, şehirleşme ve sanayileşme süreci ülkenin bir çok bölgesinde deprem riskini artırmaktadır. Deprem tehlikesi yüksek bölgelerde yer seçimi ve planlama yada depreme dayanıklı yapı yapma aşamasında ilgili alandaki depremsellik ve olası yer hareketi bilgilerini ayrıntılı bilmek gereklidir. Bu tür bilgiler, Jeolojik çalışmaların yanısıra ayrıntılı Jeofizik ve sismolojik araştırmaların yer alması gereken sismik bölgelendirme çalışmalardan elde edilir. Türkiye'deki hızlı şehirleşme, halen deprem zararlarını önleme ve azaltma için kullanılan yasa ve yönetmeliklerin ivedi olarak gözden geçirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

ABSTRACT

The North Anatolian Fault Zone (NAFZ) is a seismically very active part of the Alpine earthquake belt. Several disastrous earthquakes had occurred along this fault zone. Most of these earthquakes were associated to the right lateral strike - slip displacements along the fault zone.

Turkey is an earthquake prone country. Rapid population growth, urbanization and industrialization the increase earthquake risk in many parts of the country. In earthquake potential areas decision - making for land - using planning, or for earthquake resistant design must base on detailed knowledge of the characteristics of seismicity and probable ground motion. This information is provided by the studies of seismic zoning which require detailed geophysical and seismological studies as well as geological investigation. Urbanization in Turkey emphasizes the need of an urgent revision of the laws and regulations which are in action to prevent and protect the earthquake damages in this country.

ŞEHİRLEŞEN TÜRKİYE'DE DEPREM SORUNU URBANIZATION IN TURKEY'S EARTHQUAKE PROBLEM

1. GİRİŞ

Depremelerin sık aralıklarla olduğu bir ülkede deprem olayını gündemde tutmak ve değişik boyutlarıyla tartışmak sismologların ve yapı mühendislerinin görevlerinden biridir. Toplumlara ve ülkelerin ekonomik potansiyellerini riske sokan deprem olgusuna, depremselliği yüksek ülkelerde gerçek önemi göstermenin ne kadar gerekli olduğunu vurgulayan bir çok örnek vardır. Dünyada yılda ortalama 10.000 insan hayatını depremlerden yitirmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerine önemli darbeler indiren deprem afeti bir çok sosyal sorunları da beraberinde getirmektedir. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki depremlerin neden olduğu zararlar gelişmiş ülkelerinkine oranla 100 kat fazla olabilmektedir. Bu sonucun ana nedeni yanlış yerleşme alanlarının seçimi yetersiz ve uygun olmayan malzeme kullanımıdır.

Nüfus artışı, şehirleşme ve sanayileşme nedeniyle depremselliği yüksek ülkelerde risk oranı zaman içinde çok ciddi boyutlarda artmaktadır. Özellikle büyük şehirlerde depremin doğrudan etkileri kadar zarar verici dolaylı ekonomik ve sosyal etkileri olmaktadır. Deprem olma olasılığı yüksek şehir ve bölgelerde, deprem zararlarının derecesini belirleyen üç ana faktör sözkonusudur:

- a) Bölgenin deprem özellikleri
- b) Yerleşme alanının yer üstü ve yer altı fiziksel özellikleri,
- c) Yapının doğal ve zorlanmış titreşim özellikleri.

Yer bilimliler açısından a ve b şıkları ilgili alanımıza girmektedir. Daha önceki yayın, konferans ve panellerde ülkemizin depremselliği ve deprem sorunları sık sık gündeme getirilmiştir. Ancak son yıllarda şehirleşme olgusunun yarattığı nüfus ve yapı yoğunluğunun deprem tehlikesi yüksek

bölgelerde deprem riskini kaygı verici düzeyde arttırdığı bilinmektedir. Amacımız, Jeofizik biliminin bir uğraşı alanı olan sismolojik çalışmaların deprem zararlarını azaltmaya yönelik uğraşılarda katkılarını dile getirmek ve bazı önerilerde bulunmaktır. Konuyla ilgili olmakla birlikte burada depremi önceden kestirme ve depremin dolaylı etkileri ve deprem öncesi özellikle büyük şehirlerde yapılması gereken sosyal içerikli çalışmalar ve çevre düzenlemeleri gibi konular ele alınmıştır.

2. DEPREM

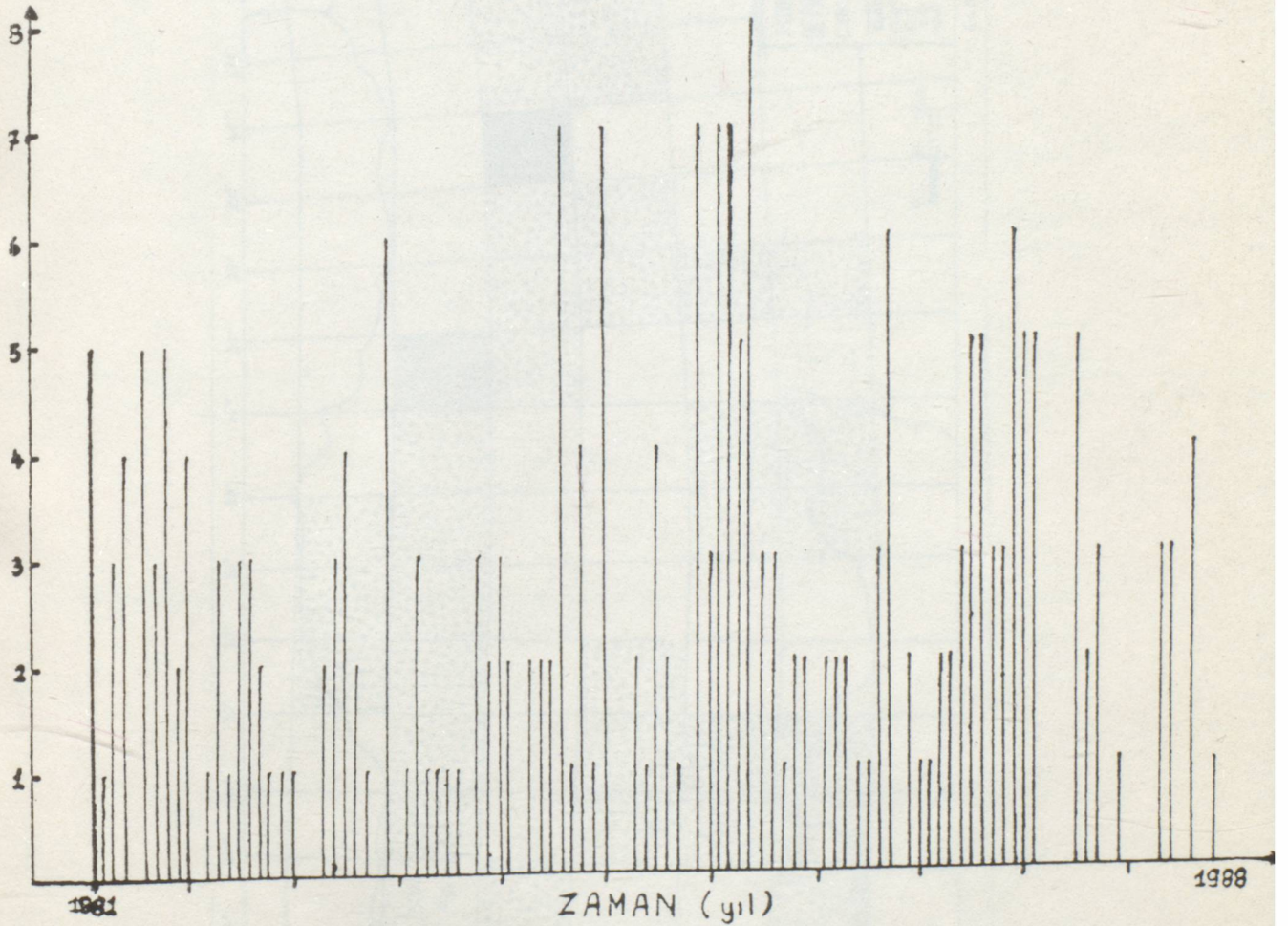
Depremlerin 1 dakikadan daha az süren yer kabuğu vibrasyonları olduğunu unutmayın. Sıklıkla 15 saniyeden daha az sürer. Zeka çabukluğu yaralanmayı azaltır.

Aşağıdaki hesaplamalar Kaliforniya Oroville'de kaydedilen bir Alaska depremi ile ilgilidir. Enerji faktörü farklı şiddetlerdeki depremlerde oluşan enerjinin ölçütü hakkında bilgi edinmemize izin verir. Örneğin 7 şiddetindeki bir depremde oluşan enerjiye denk bir enerji sağlamak için 6 şiddetindeki 30 tane depreme gerek vardır. Aynı enerjiyi sağlamak için 900 tane 5 şiddetinde deprem gereklidir. 1906 San Andreas kırığı boyunca $M_s 8^{1/4}$ şiddetinde olduğu gibi. Bu deprem 60 saniye içerisinde 10^{24} Erg'lık bir enerji açığa çıkarmıştır.

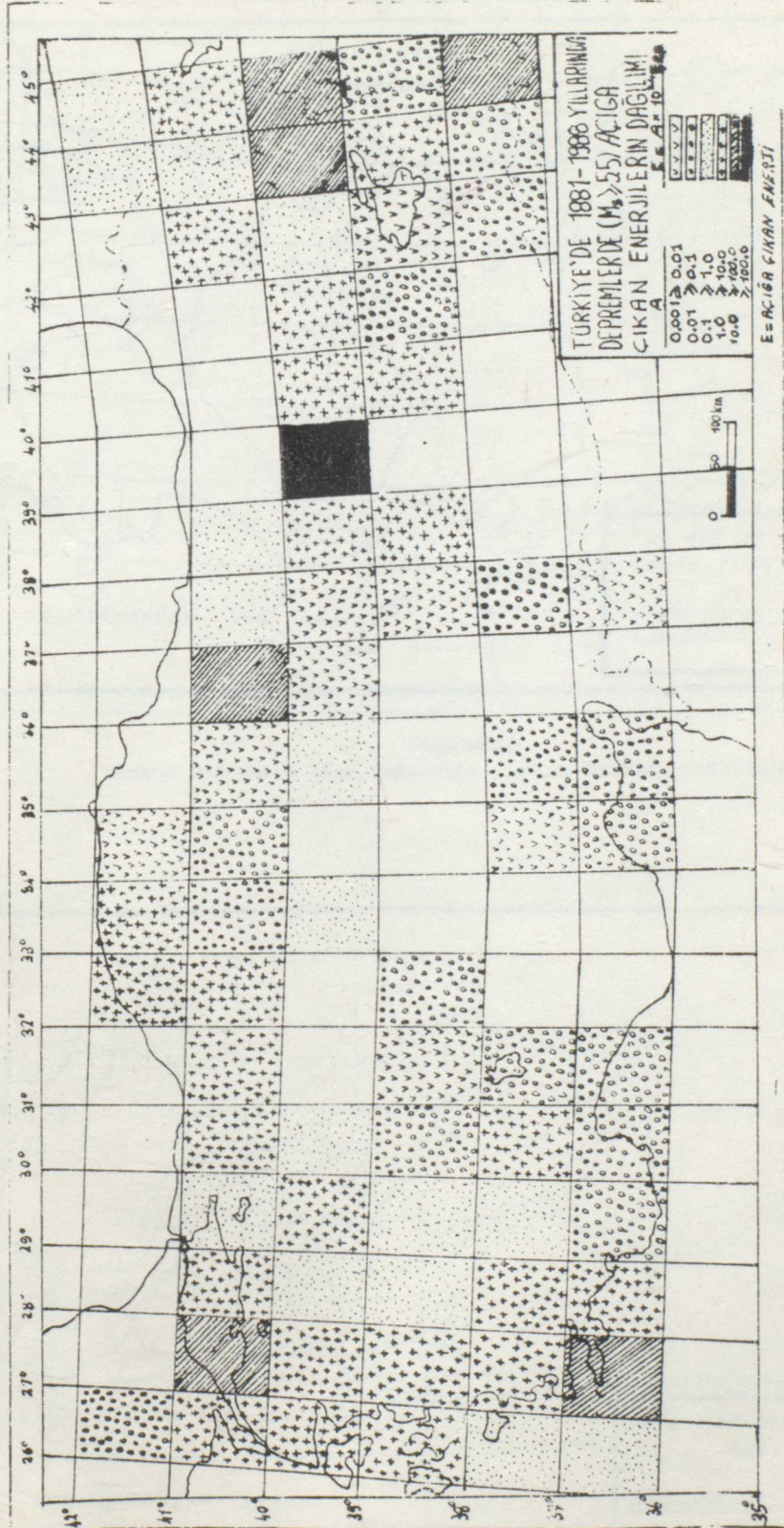
İyi bilinirki deprem ölçeğine bağlı olarak bir bölgedeki sismik durum düşük olduğunda bu ölçekteki depremlerin sayısı fazla artar. Ele alınan bir bölge için b değerleri, birbiriyle ilişkili iki levhanın birbirine mazaran rölatif hızı ve oradaki tektonik gelişmenin tipi ile ilgilidir. (b değerleri daha ziyade bölgenin tektonik yapısıyla ilgilidir.) a değerleri ise, genellikle gözönünde tutulan bölgenin büyüklüğü ve incelenen zaman süresiyle doğrudan doğruya ilgilidir. Böyle bir özellik b değerleri için söylenemez.

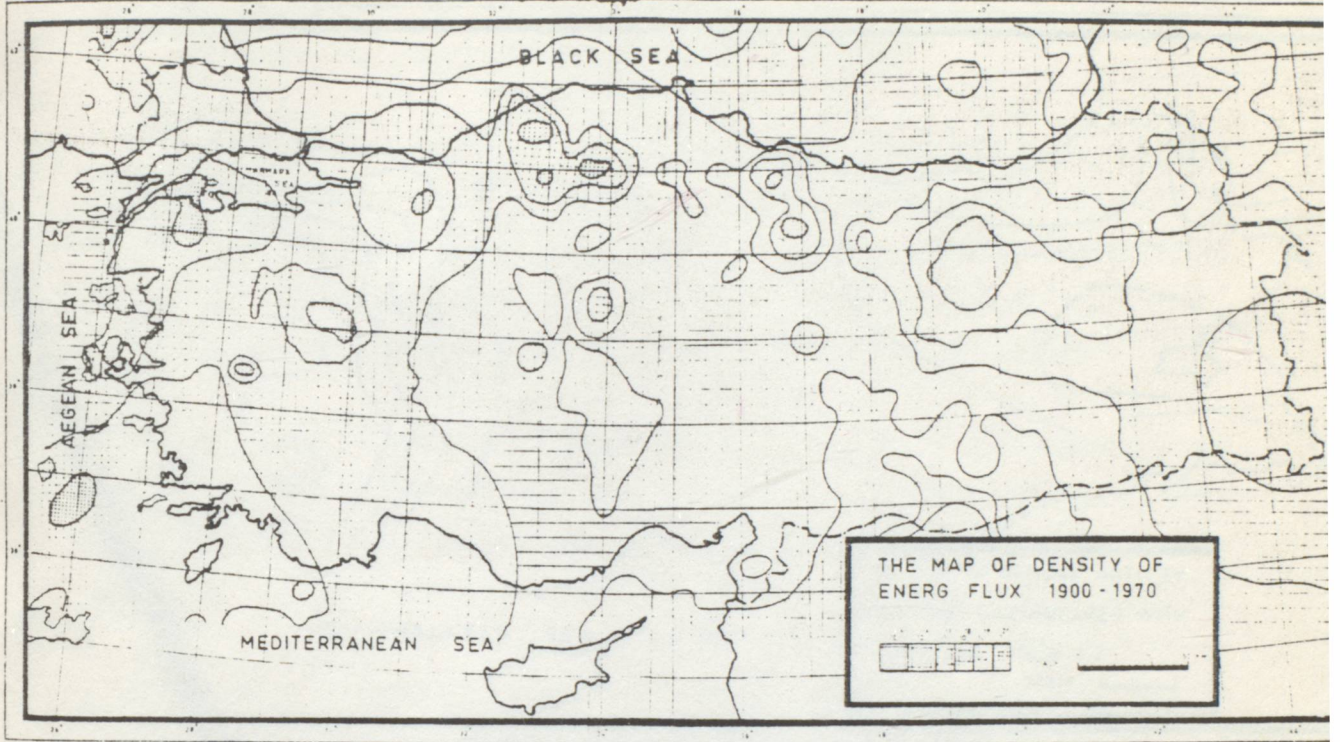
Şayet oldukça dar bir magnitüd aralığı içerisinde hemen hemen aynı deprem aktivitesinin mevcut olduğu iki bölge gözönüne alınırsa, bunlardan b

değeri daha büyük olanı daha büyük a değerine sahip olmaktadır. Gerçekten de Güney-batı Anadolu, Kafkaslar ve Güney-doğu Anadoluda b değerlerinin, Kuzey ve Doğu Anadolu fay sonuna alt b değerlerinden daha büyük değerlere sahip olduğu gözlenmiştir.



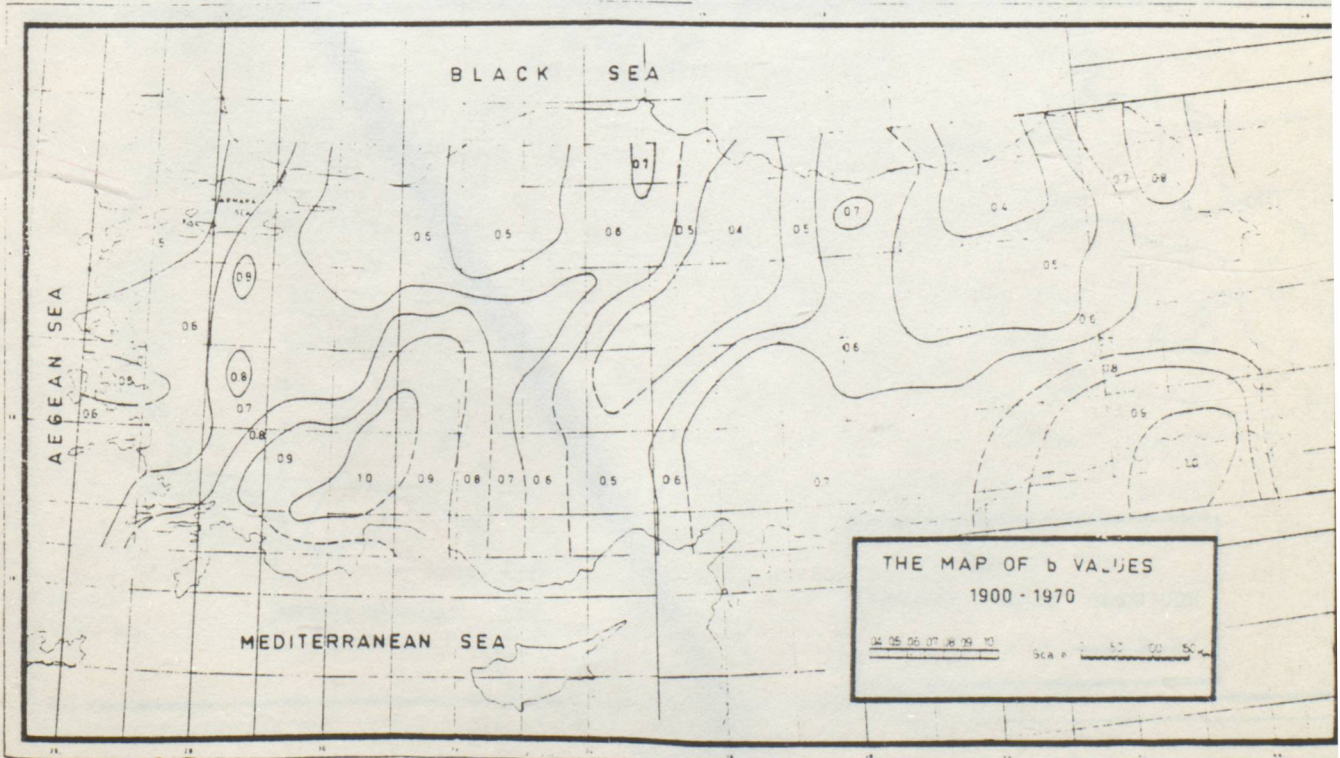
Şekil-1a Yıllara göre depremlerin oluşum sayıları.





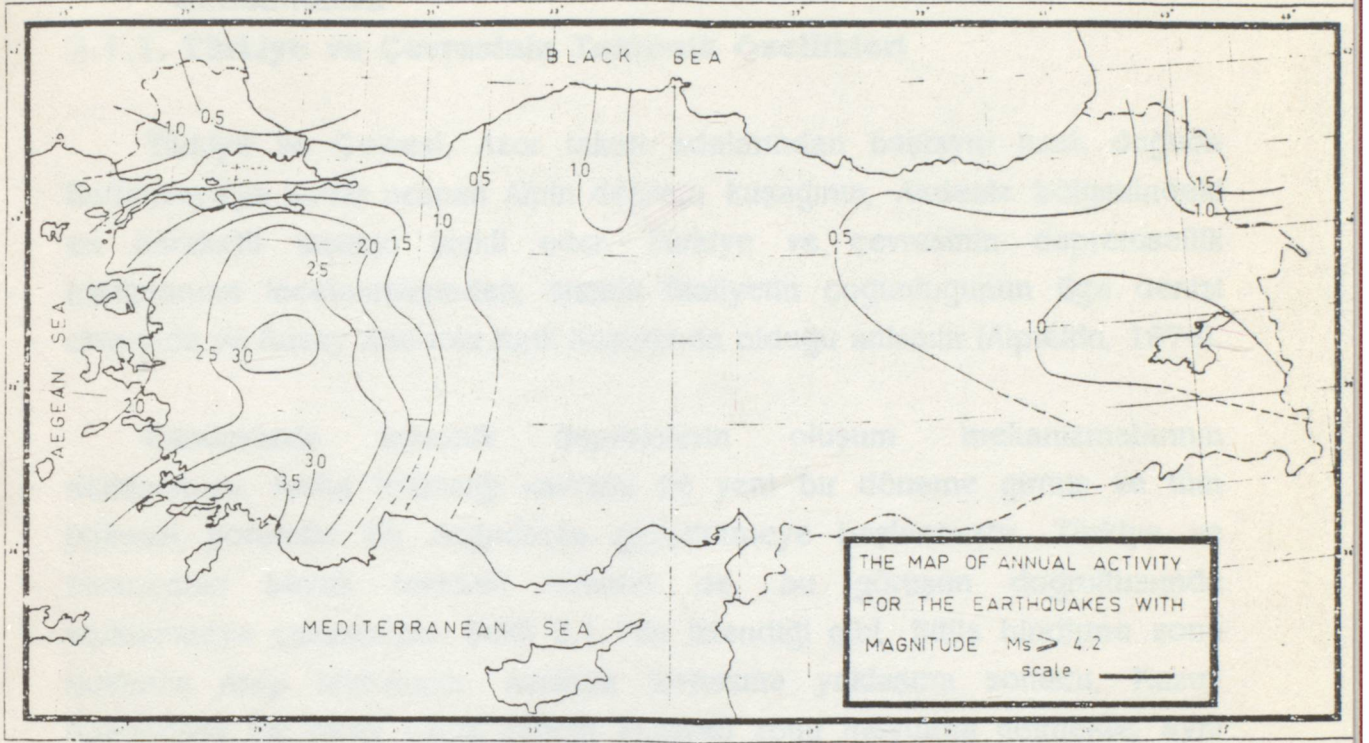
Şekil - 1b

Türkiye'deki enerji akısı yoğunluğu dağılımı haritası, (1900-1970).



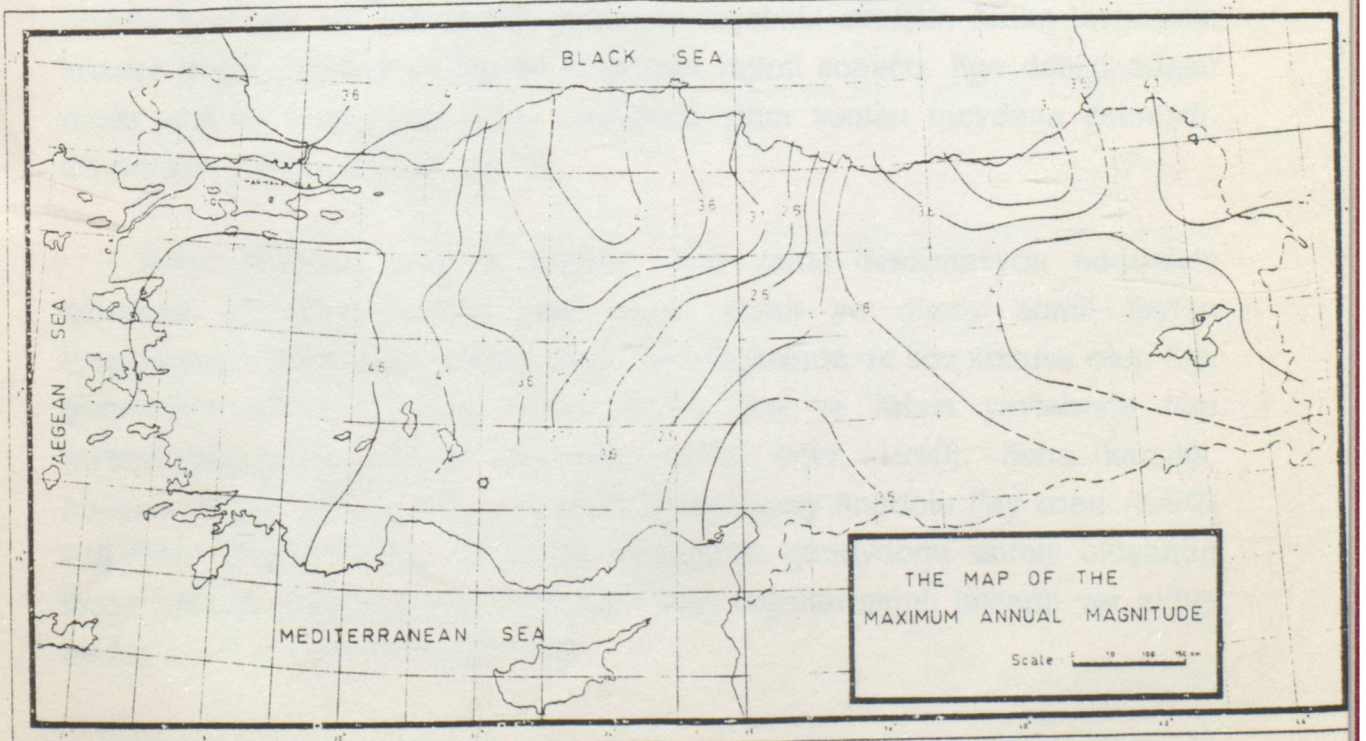
Şekil - 1c

Türkiye'deki "b" değerleri dağılımı haritası, (1900-1970).



Şekil - 1d

$M_s \geq 4.2$ olan depremler için Türkiye'deki yıllık aktivite haritası. (1900-1970).



Şekil - 1e

Türkiye'deki yıllık maksimum magnitüd dağılımı haritası, (1900-1970).

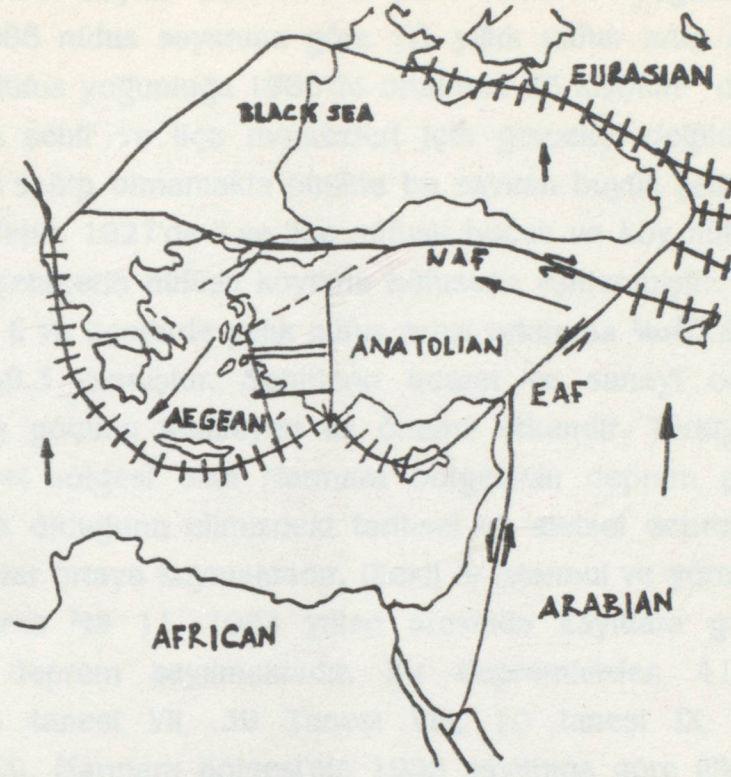
2.1. TÜRKİYE VE ÇEVRESİNİN DEPREMSELLİĞİ VE TEKTONİK ÖZELLİKLERİ

2.1.1. Türkiye ve Çevresinin Tektonik Özellikleri

Türkiye ve Çevresi, Azor takım adalarından başlayıp uzak doğuda Endenozya'ya kadar uzanan Alpin deprem kuşağının, Akdeniz bölgesindeki en hareketli kısmını teşkil eder. Türkiye ve çevresinin depremsellik harıtarının incelenmesinden, sismik faaliyetin çoğunluğunun Ege denizi civarında ve Kuzey Anadolu Kırık Kuşağında olduğu anlaşılr (Alptekin, 1978).

Günümüzde tektonik depremlerin oluşum mekanizmalarının açıklanması, levha tektoniğı kavramı ile yeni bir döneme girmiş ve tüm bilimsel yorumlar bu doğrultuda geliştirilmeye başlanmıştır. Türkiye ve civarındaki büyük tektonik birimler de, bu görüşün doğrultusunda açıklanmaya çalışılmıştır. Şekil 2.1.1'de izlendiğı gibi, Bitlis blindırme zonu boyunca Arap levhasının, Avrasya levhasına yaklaşımı sonucu, Kuzey Anadolu'da bir yatay kaçış (lateral escape) zonu meydana gelmekte, aynı zamanda Anadolu levhası batıya doğru hareket etmekte, Kuzeydoğu Anadolu bloğı da doğuya doğru hareket etmektedir. (Ketin, 1948; Mckenzie, 1972; Şengör, 1979). Ege bölgesi bir kuzey - güney gerilme rejimi altında olup, bu açılma zonunda bir çok büyük grabenler teşekkül etmiştir. Afrika levhasının kuzeye doğru hareketli ve Ege'de ki açılma rejimi sonucu, Ege denizi adalar (Girit) yayı ve Kıbrıs yayı adını verdiğimiz yitim zonları meydana gelmiştir. (McKenzie 1972; Alptekin, 1973).

Doğu Anadolu sıkışma bölgesi, aşırı yanal deformasyon nedeniyle karmaşık bir yapıya sahip olup yanal atımlı ve düşey atımlı fayları içermektedir. Karmaşık tektonik yapı Ege bölgesinde de söz konusu olup Ege grabeninde normal, güney batıya doğru Girit ve Kıbrıs yaylarında ters faylanmalar görülmektedir. (Alptekin, 1973; Üçer, 1990). Buna karşılık, Anadolu bloğunun kuzey sınırını teşkil eden Kuzey Anadolu Fay zonu (KAFZ) sağ yönlü doğrultu atımlı faylardan oluşmakta, güneydoğu sınırını oluşturan Doğu Anadolu Fay zonu (DAFZ) ise sol yönlü doğrultu atımlı fayların yer aldığı bir fay zonu niteliğı göstermektedir.



Şekil 2.1.1: Türkiye ve Çevresinde güncel tektonik hareketleri açıklayan levha tektonik modeli (McKenzie 1972)

Bu görünüm altında, Türkiye ve çevresindeki ana tektonik birimleri:

- a) Karlıova'dan Adapazarı'na ulaşan KAFZ.
- b) Kuzey Doğu Anadolu bloğu.
- c) Antakya'dan Karlıova'ya kadar uzanan Doğu Anadolu Fay zone (DAFZ).
- d) Girit ve Kıbrıs yitim zonları
- e) KAFZ'ının batı uzantısını temsil eden ve İstanbul'u da içine alan

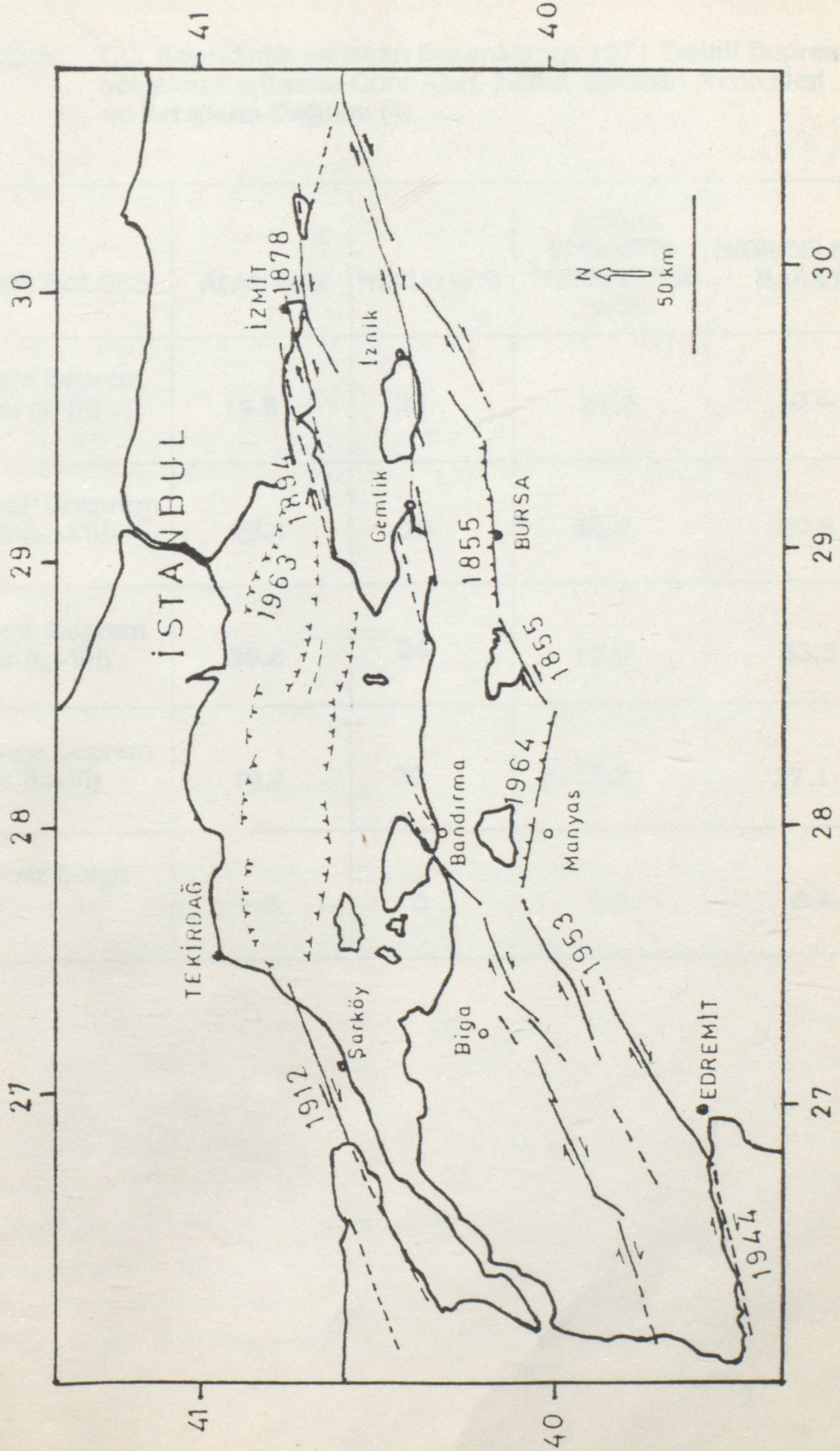
Marmara bölgesi olarak sıralanabilir (Üçer, 1990)

3. NÜFUS ARTIŞI VE DEPREM RİSKİ

Cumhuriyet dönemi ve özellikle İkinci Dünya Savaşı sonrası Türkiye'de belirli merkezlere doğru nüfus hareketleri başladığı görülmektedir. Nüfus artışı oranı genelde her devirde yüksek olan Türkiye'de buna ek olarak

nüfusun özellikle büyük ilçe ve il merkezlerinde yoğunlaşma süreci başlamıştır. 1985 nüfus sayımına göre (1) yıllık nüfus artış oranı %27.9 dolayındadır. Nüfus yoğunluğu 1985'de ortalama 66 kişi/km² dir. Ancak bu değerler büyük şehir ve ilçe merkezleri için gerçekçi değildir. Bellirli bir istatistik bilgiye sahip olmamakla birlikte bu sayının büyük şehirlerde birkaç bin olması beklenir. 1927'de il ve ilçe nüfusu bucak ve köy nüfusunun 1/3'ü iken, 1985'de şehirlerin nüfusu köylerin nüfusuna eşitlenmiştir. 1980 - 1985 yılları arasında il ve ilçelerde yıllık nüfus artışı ortalama %45.4 iken köy ve bucaklarda %9.3 olmuştur. Şehirlerin ticaret ve sanayi odakları olma eğilimleri nüfus göçünü tetikleyen en önemli etkidir. Türkiye'nin önemli sanayi ve ticaret bölgesi olan Marmara bölgesinin deprem potansiyelinin oldukça yüksek olduğunu elimizdeki tarihsel ve aletsel deprem verileri ve jeolojik gözlemler ortaya koymaktadır. (Şekil 3) İstanbul ve yöresinin tarihsel depremleri olarak MS 11, 1984 yılları arasında kayıtlara geçmiş çeşitli şiddette 145 deprem sayılmaktadır. Bu depremlerden 41 Tanesi VI şiddetinde, 35 tanesi VII, 39 Tanesi VIII, 10 tanesi IX, 2 tanesi X şiddetindedir. (3). Marmara Bölgesi'nin 1985 sayımına göre ülke nüfusunun 1/5'inden fazlasını barındırmakta olduğu, İstanbul ve Kocaeli gibi sanayi ve ticaret merkezlerinde nüfus artış oranının %50'ye vardığı düşünülürse bölgedeki deprem riskinin boyutunun ne denli büyüdüğü anlaşılır. Nüfus artış trendlerinin bu düzeyde olduğu şehirlerde beklenen depremler nedeniyle birim alan başına düşecek insan kaybı ve ekonomik zararlar her geçen gün biraz daha artmaktadır.

Türkiye yüzölçümünün %91'ini deprem tehlikesi içeren bölgeler oluşturmakta ve halkımızın %95'i de deprem tehlikesi yüksek bölgelerde yaşamaktadır. Buna bağlı olarak yapılan hizmet ve sanayi sektörü yatırımları da hızla artmaktadır. Büyük endüstri merkezlerinin %98'i hidroelektrik barajların %91 deprem tehlikesi olan bölgelerde bulunmaktadır. (4) (Tablo 3). Türkiye'de depremler ortalama olarak yılda milli gelirin 1/130'u kadar zarara neden olmaktadır. Sanayileşme ve hızlı şehirleşme sürecine giren Türkiye'de yer seçimi, yapı tekniği ve halkın deprem konusunda bilinçlendirilmesi konularında daha duyarlı davranmak ve çağdaş teknolojilerden yararlanmak zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3- Marmara bölgesinin önemli tektonik zonları ve bu zonlarla ilgili bazı büyük tarihsel ve aletsel dönem depremleri (3).

TABLO 3. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın 1971 Tarihli Deprem bölgeleri Haritasına Göre Alan, Nüfus, Endüstri Merkezleri ve Barajların Dağılımı (4).

DEPREM BÖLGESİ	ALAN %'Sİ	NÜFUS %'Sİ	BÜYÜK ENDÜSTRİ MERKEZLERİ %'Sİ	HIDROELEKTRİK BARAJLARI
1.Derece Deprem Bölgesi (I_0 IX)	14.8	22	24.7	10.4
2.Derece Deprem Bölgesi (I_0 VIII)	28.4	29	48.8	20.8
3.Derece Deprem Bölgesi (I_0 VII)	28.8	24	12.0	33.3
4. Derece Deprem Bölgesi (I_0 VI)	19.4	20	12.8	27.1
Tehlikesiz Bölge (I_0 V)	8.6	5	1.7	8.4

4. ÖZEL BİR BÖLGENİN SİSMİKLİK RİSKİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

4.1. Jeolojik Çalışmalar

- * Bölgesel tektonikler ve deformasyon modelleri.
- * 100 km içerisindeki muhtemel önemli kırk haritaları.
- * Kırk tiplerinin belirlenmesi (darbe-kayma, dalma (batma)-kayma vb.).
- * En son kırklar boyunca olan yerdeğiştirmelere açıklık getirmek.
- * Kaymaların ve yeni yapılanmaların bölgesel yerleri.

4.2. Zemin Mühendisliği Çalışmaları

- * Temel Zemin ile ilgili raporlar.
- * Kararsız eğimler üzerine özel çalışmalar.
- * Gerekli zaman güçlü hareket parametrelerinin modifikasyonları.

4.3. Sismolojik Çalışmalar

- * Yerel tarihi deprem kayıtlarının belirlenmesi.
- * Deprem merkezlerinin haritaları.
- * Bölgede zamanla orantılı deprem yoğunluğu (şiddet) ve magnitudünün belirlenmesi.
- * Bölgenin yakınındaki tarihsel yayılma (deprem) bilgileri üzerine çalışmalar.
- * Haritaya geçirilmiş kırklar ile deprem yerlerinin korelasyonu.
- * Gelecek deprem yoğunluklarının (ivme, hız, süre) tahminleri.
- * Geçmiş depremlerden güçlü hareket kayıtlarının seçilmesi.

ABD'de 1971'den buyana Nükleer Güç Şirketi nükleer güç üretimiyle ilgili şirketlerin yaptıkları sismik çalışmaların geçerli olanlarıyla uğraşmaktadır. "Bölgedeki geçmişteki depremlerin tarihçesi ve civardaki yer hareketleri kontrol edilmelidir. Raporlar genellikle uzun vadeli deprem kayıtlarından alınmalıdır. Bölgenin toprak yapısı ve kayalar ile ilgili bilgiler değerlendirilmelidir". Güçlü yer sarsıntılarını parametreleri iki tip deprem çeşidini tanımlıyor. Birisi <<Emniyet kesme depremi>> nükleer reaktörlerin yapılarına ve içerisindekilere büyük zarar veren maksimum yer sarsıntısıdır. Reaktörün çalışması gerekiyorsa emniyetli bir şekilde kesme uygulanır.

İkincisi ise daha az şiddetli olan bir deprem çeşididir. Çalışanların sağlığını tehlikeye sokmadıkça işler devam eder.

Bu türden çalışmalara dayanarak alınan kararlar diğer yapılar için de esasen gereklidir. nükleer reaktörlerle ilgili faaliyetler, bunların bulunduğu bölgelerde birkaç tane deprem olana kadar yoğun şekilde devam edecektir. Henüz hiçbir modern reaktör 7 şiddetinin üzerindeki bir şiddetle sarsılmamıştır.

Depremeler ayrıca diğer yollarla enerji üretimini de etkiler. Alaska, Kaliforniya ve Kuzey denizi gibi yerlerde büyük petrol çıkarma platformları sismik dalgalara uğrayacak konumdadırlar. Kuzey Denizinin altındaki petrol rezervlerinin kullanımı orada depremlerin olma tehlikesini ortaya çıkarmıştır. Bölge erozyon bölgesi sınırlarından uzaktadır ve Jeolojik tarihçesi kayıtlarına göre depremler önemsiz düzeydedir. Depremler İskoçya'nın merkezinde ve Norveç'in kuzey kıyılarında etkili şekilde olmuştur. Bölgede yüzyılın en güçlü depremi 7 Temmuz 1931'de Kuzey Denizinde 5,5 şiddetinde (Richter ölçeğine göre) meydana gelmiştir. Ayrıca İskoçya'da Büyük Glen kınğı boyunca çok sayıda depremler olmuştur. Kuzey Denizine doğru Kuzeydoğu istikametinde yayıldığında bazen güçlü depremlerin olması beklenebilir. 7 Temmuz 1975'de Kaliforniya kuzeyinde Humboldt nükleer santrali 5,5 şiddetindeki bir depreme maruz kalmış ancak yapısal bir zarar oluşmamıştır. Deprem merkezli bölgeden 25 km uzaktadır. Mercalli ölçeğine göre şiddetli orada VII olarak hesap edilmiştir.

5. DEPREM VE MÜHENDİSLİK SİSMOLOJİSİ'NİN DEPREM ZARARLARININ AZALTILMASINA KATKILARI

Yapı mühendisi depreme dayanıklı yapı yapmada iki temel veriyeye gerek duyar. Bunlar, yapının statik-dinamik davranış özellikleri ve yerin yapısal ve titreşim özellikleridir. Gerçekçi yer hareketi bilgileri ise Sismologların çalışmaları sonucu belirlenir. Depremden herhangi uzaklıktaki bir noktadaki yer hareketini belirleyen unsurlar şunlardır (şekil 5)

1) Deprem kaynak zonundaki fiziksel koşullara bağlı olarak oluşan deprem kaynak spektrumu,

2) Deprem alanı ile yapının bulunduğu nokta arasındaki ortam fonksiyonu,

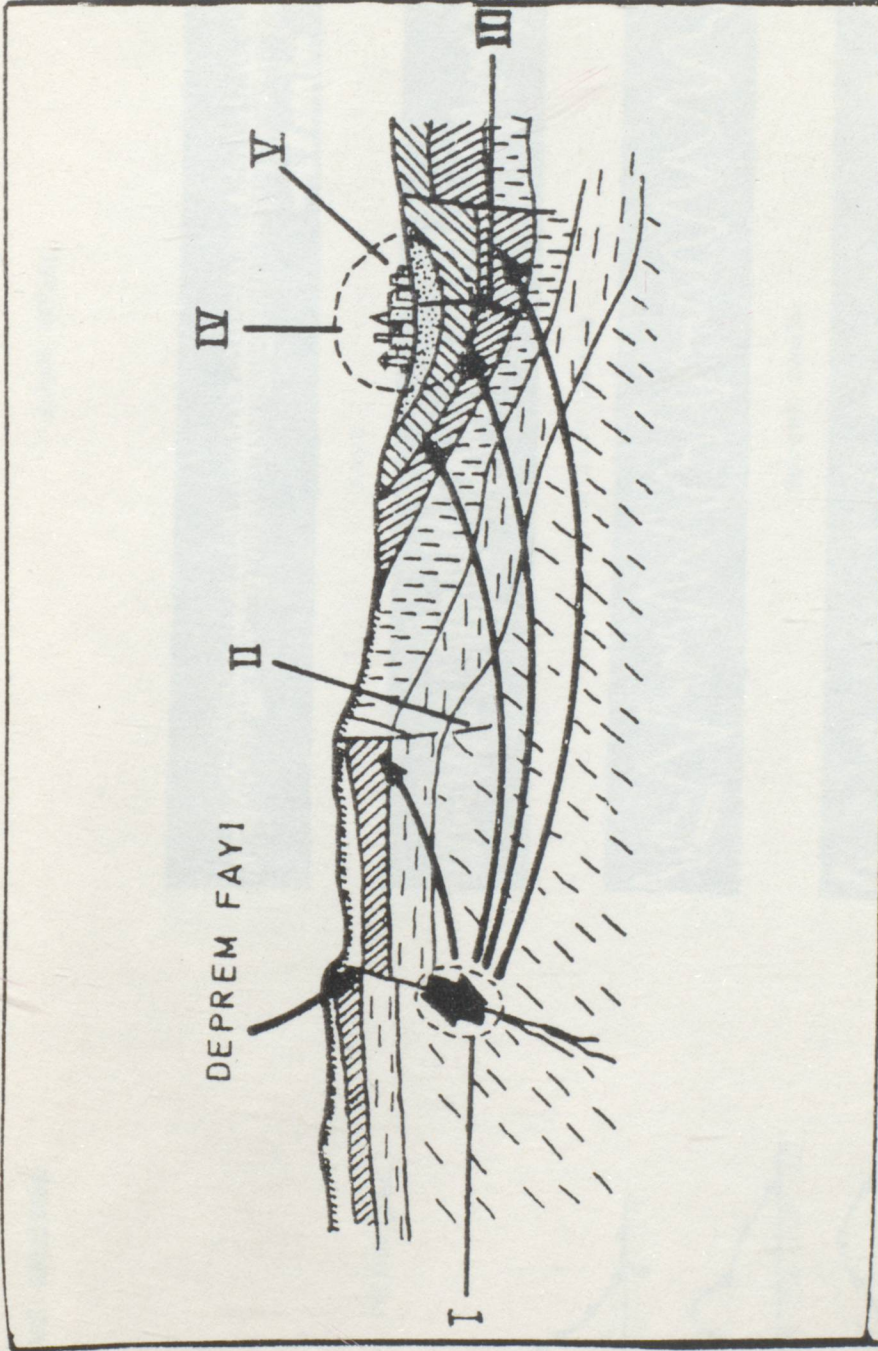
3) Yapının bulunduğu alandaki topografyaya, yer altı yapısına ve soğurmaya bağlı olarak oluşan zemin titreşim fonksiyonu,

4) Yerin titreşim özelliklerine bağlı olarak yapıda gelişen titreşim fonksiyonu,

5) Titreşen yapı-zemin etkileşmesi.

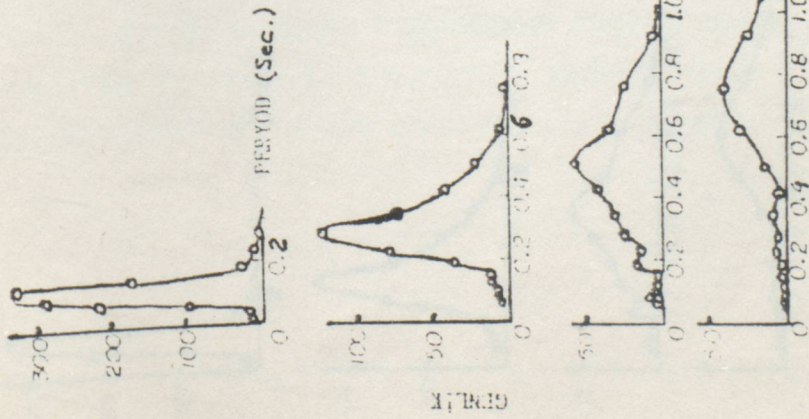
Yukarıda belirtilen etmenlerden 1, 2 ve 3'üncü sırada olanlar sismologların çalışma alanları içindedir. Bir yapı, mühendislik koşullarına uygun olarak yapılmış olsa bile, eğer altındaki yer yapısı ve beklenen depremin kaynak özellikleri bilinmiyorsa, o yapı depremde tehlikeydedir. Yer titreşim frekanslarının yapıyla olan önemli ilişkisi nedeniyle bir betonarme yapının tek katlı ahşap ve hatta standart dışı bir yapıdan daha fazla hasar gördüğü bir çok kereler gözlenmiştir. Karmaşık Jeolojik nedeniyle birbirine yakın alanlarda bile yer hareketinin baskın titreşim frekanslarının değiştiği görülmektedir. (Şekil 5-1)

Türkiye'de depremler titreşim hareketleri konusunda bilgilerimiz çok yetersizdir. Her şeyden önce ulusal çapta bir deprem kayıt istasyon ağı yoktur. Gerek deprem kaynağı ve gerekse mühendislik uygulamaları açısından sismoloji'ye önemli katkıları olan kuvvetli yer hareketi kayıtları sayı ve dağılım olarak çok azdır. Deprem zararlarının azaltılması açısından üniversiteler ve ilgili kurumlardaki jeofizik ve sismoloji çalışmaları daha fazla desteklenmeli ve endüstri ile ilişkileri canlandırılmalıdır.

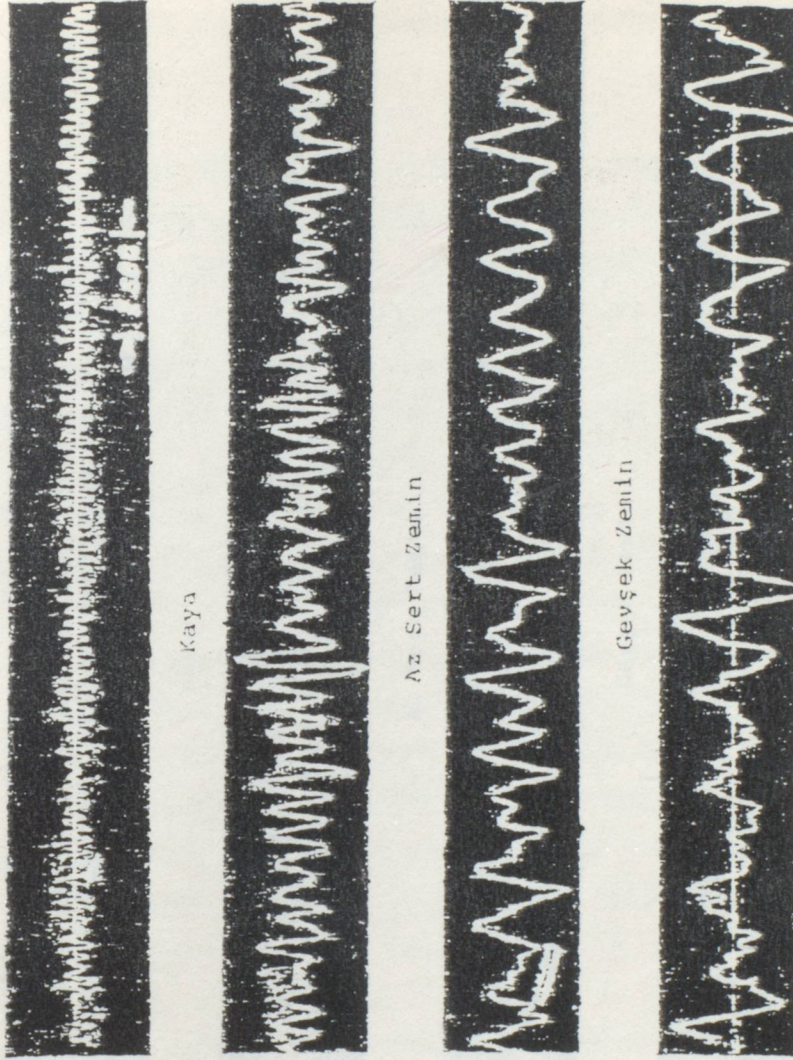


Şekil 5- Deprem sırasında yapılardaki hareketleri belirleyen beş ana etmenin şematik olarak gösterimi. I. Kaynak fonksiyonu, II. Ortam soğurma fonksiyonu, III. Zemin titreşim fonksiyonu, IV. Yapı titreşim fonksiyonu ve V. Yapı-Zemin etkileşmesi fonksiyonu.

FREKANS SPECTRUMU



ZAMAN ORTAMI



Kalın Gevşek Zemin

Gevşek Zemin

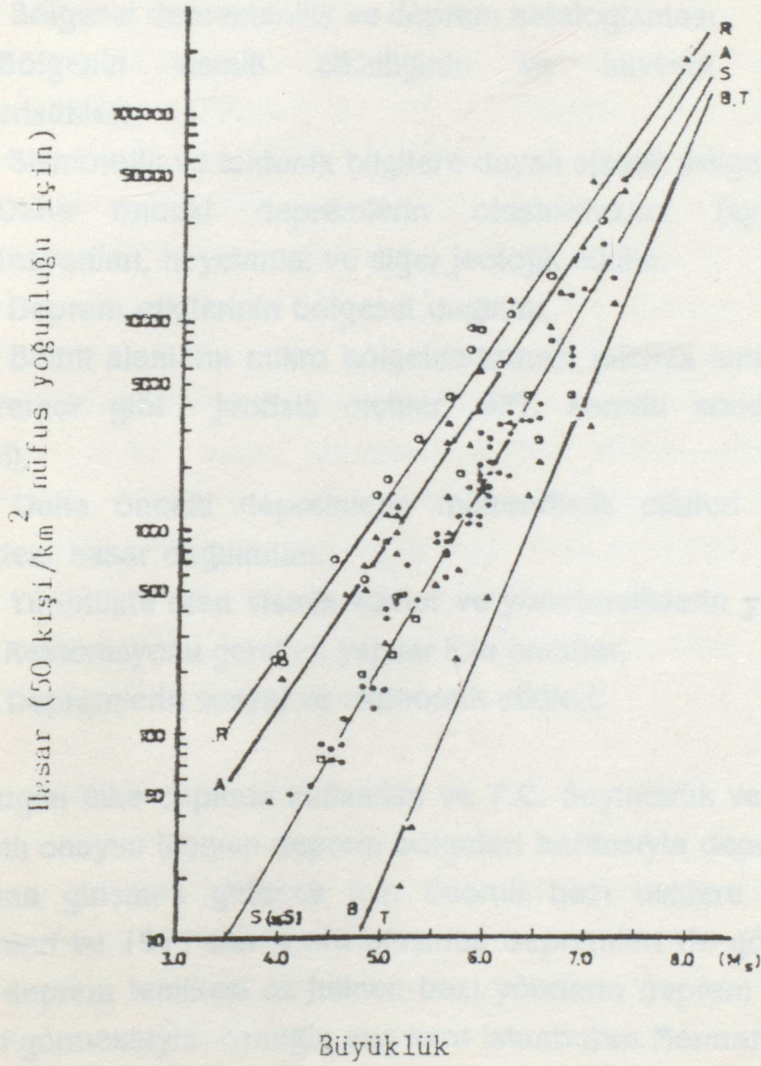
Az Sert Zemin

Kaya

Şekil 5.1. Değişik jeolojik ortamların yer yüzünde oluşturdıkları baskın doğal titreşim özelliklerinin zaman ve frekans ortamında gösterilmesi (5).

Deprem sorunu ile ilgili bir panelde , yapı mühendisi olan bir konuşmacı şöyle demiştir:

"..... Yıllardır gördüğüm kadıyla deprem hasarlarının nedeni % 100 yapıların dayanıklı olmaması. Biz Yerbilimcilere gidip onlardan bilgi (yeraltı yapısı ve depremsellik) alınız ama bu aşamaya gelmedik. Şu an bizim başarmamız gereken şey yapılarımızı depreme dayanıklı yapmak. ... Eğer biz yönetmeliğimizdeki (deprem) deprem katsayısını diyelim %10'dan %20'ye çıkarırsak Türkiye'de çok az yapı yapabiliriz. Mevcut malzememizle dayanıklı yapı yapmak istiyorsak, yönetmeliğimizin istediği güvenliği sağlayacak biçimde yapılar yapmak gerekir. Buna da Türkiye'nin kaynakları ne yazık ki yetmiyor." Ülkemizdeki yapıların bir çoğunun mühendislikten uzak olarak yapıldığı, mühendislik yapılarında ise kurallara uygunluk denetiminin ne düzeyde olduğu bilinmektedir. Bu konu bu yazının sınırlarını aşmaktadır, ancak burada paneldeki konuşmacının yerbilimlerine yaklaşımı tartışılmalıdır. Şekil 5 b'de Ege ve Türkiye için yapılan bir araştırma sonucu elde edilen deprem büyüklüğü-hasar ilişkisi gösterilmiştir. Bu diyagramı gelişmiş ülkelerin benzer büyüklük-hasar diyagramlarıyla karşılaştırsak arada büyük farklar olduğunu görmekteyiz. Kırsal kesimdeki standart dışı yapılar büyüklüğü 5,0-5,5 olan orta şiddetteki depremlerde dahi yıkılmamaktadır. Doğu Anadolu ile Batı anadolu deprem hasarlarını karşılaştırdığınızda bile yapı kalitesi farkını hemen görmek olanaklıdır. Doğu Anadolu'da deprem dolayısıyla yapı kaybı oranı Batı Anadolu'dakının 2 katı, insan kaybı oranı ise 7,5 katıdır. Ülkemizde deprem hasarlarının büyük olması yapıların zayıf olması kadar zemin koşulları ile de yakından ilgilidir. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı yapma aşamasında çağdaş yaklaşım yerbilimciye yani Jeofizikçi ve Jeoloğa başvurulmasını gerektirir. Deprem tehlikesi altında bulunan yerleşme bölgelerinde deprem tehlike analizlerinin yapılması ve yeraltı yapısının incelenmesi ve zeminin titreşim özelliklerinin bilinmesi deprem zararlarını en aza indirmede önemli noktaları oluşturur.



Şekil 5b-Farklı yapı türleri için deprem büyüklüğü (M_s) ve toplam hasar diyagramı. Burada R ve A toprak ve moloz yığma yapıları, S ve Ss kesme taş yığma yapıları ve B ve T ise Ahşap ve Tuğla Karkas yapıları belirtmektedir.(7).

Deprem riski yüksek bölgelerde ve şehirleşme alanlarında bölgesel ve yersel ölçüde yapılmasında büyük fayda olan çalışmalar ana katlarıyla şunlardır:

- * Bölgesel Jeoloji ve tektonik,
- * Bölgesel depremsellik ve deprem kataloglaması,
- * Bölgenin sismik etkinliğinin ve kuvvetli yer hareketlerinin karakteristikleri,
- * Sismolojik ve tektonik bilgilere dayalı sismik bölgelendirme,
- * Daha önceki depremlerin oluşturdukları faylanma ve yüzey defarmasyonları, heyelanlar ve diğer jeolojik etkiler,
- * Deprem etkilerinin bölgesel dağılımı,
- * Bellirli alanların mikro bölgelendirmesi (Sismik kırılma, yer, elektrik ve mikrotremör gibi jeofizik ölçüler, SPT, karotlu sondaj, ayrıntılı jeoloji etüdleri),
- * Daha önceki depremlerin mühendislik etkileri ve değişik yapılar üzerindeki hasar dağılımları,
- * Yürürlükte olan sismik kodlar ve yönetmeliklerin yeterlilikleri,
- * Restorasyonu gereken yapılar için öneriler,
- * Depremlerin sosyal ve ekonomik etkileri.

Bugün ülke çapında kullanılan ve T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın 1971 yılı onayını taşıyan deprem bölgeleri haritasıyla depreme dayanıklı yapı dizaynına girmek gelecek için önemli bazı risklere girmektir. Tarihsel depremleri ve 1971'den sonra oluşmuş depremleri de gözönüne aldığınızda bugün deprem tehlikesi az bilinen bazı yörelerin deprem tehlike derecesinin arttığını görmekteyiz. Örneğin ana kent İstanbul'un Marmara sahil bölgelerinin birinci derece deprem bölgelerine yükseldiği anlaşılmaktadır. (3,8). Özellikle bu bölgenin heyelanlar ve alüvyon sahalar bakımından zengin olduğu düşünülürse riskin boyutu daha büyüktür. Aslında deprem bölgeleri haritası bir risk haritası değildir. Ayrıca ülke çapında tehlike ve risk haritaları makro düzeydedir ve yerel alan kullanımlarında yeterli değildir. Deprem zararlarını indirmeye yönelik yer seçimi, arazi kullanım planlaması ve mevcut yapıların iyileştirilmesi işlerinin sağlıklı olarak yapılabilmesi için yersel ölçüde sismik bölgelendirme ya da sismik mikrobölgelendirme çalışması ancak jeofizik ve sismolojik araştırmaların katkısıyla gerçekleştirilebilir. Ne

yazıktır ki, bugün Jeofizik ve sismolojik araştırmalar bu amaca yönelik olarak imar ve planlama ile ilgili yasalarda belirgin olarak yer almaktadır.

Yeraltı yapısına bağlı olarak zeminlerin titreşim periyotları ile yapıların hasar derecesi arasında yakın bir ilişki vardır. Tavan ağırlığına bağlı olmakla birlikte özellikle kırsal kesimde görülen toprak ve taş yığma yapılar periyodu 0.15 saniye dolayındadır. (7). Bugüne kadar olmuş büyük depremlerden oluşan hasarlar genellikle 0.1 ile 0.4 saniye arasında salınım periyodlu yapılara karşılık gelmektedir. Günümüzde özellikle şehir ve büyük ilçelerimizde metrekarede daha çok insan barındıran yüksek yapılar baskın duruma geçmiştir. Şehirlerde bir çok yapının salınım periyodu 0.5, 1.5 saniye arasında değişmektedir. Deprem potansiyeli yüksek bazı şehirlerimizde yüksekliğinden başka hiç bir faydası olmayan, nüfus yoğunluğunun artmasına neden olan gökdelenlerin sayısı artmaktadır. Böylece yalnız yakın depremler değil daha uzaktaki büyük depremlerde şehirleri riske sokmaktadır. Uzakta (>100 km) olmasına rağmen bazı büyük şehirlerde önemli hasarlar yapan depremlerde bazı örnekler aşağıda verilmiştir. Bu tür olayların gözlenmesinden çıkan sonuçlar, deprem kaynağı ve yeraltı yapısının, yapıların deprem sırasındaki davranışlarını biçimleyen önemli etkenler olduğunu göstermektedir.

3.1. 28 Mart 1970 Gediz Depremi

$M_s = 7.1$ büyüklüğündeki bu deprem sonucu 1086 kişi ölmüştür. 14.852 yapı tamamıyla yıkılmıştır. Deprem episantırından 135 km uzakta ve V derece şiddet alanının oldukça dışında bulunan Bursa, Tofaş otomobil fabrikasında bazı yapılarda ağır hasar olmuştur. (Şekil 3.1). Bunun nedeni bölgedeki kalın tortul tabakanın titreşim periyodunun yapının doğal titreşim periyodu ile rezonansa gelmesidir. (9)

3.2. 4 Mart 1977 Bükreş, Romanya Depremi

$M_s = 7.3$ büyüklüğündeki bu deprem, kaynaktan 200 km uzakta bulunan Bükreş şehrinde büyük genlikli ve uzun periyodlu baskın yer hareketleri oluşturmuştur. Yapı tasarımında gözönüne alınmayan bu tür titreşim etkileri nedeniyle yüksek ve duktıl betonarme yapılar çok fazla hasar

görmüştür. Toplam ölü sayısı 1541'den 1300'ü Bükreş şehrinde dir. Bu olayda, Bükreş'te oluşan uzun peryodlu yer hareketlerinin nedeni derin deprem kaynağı ve şehrin altındaki kalın kuvarterner tortul yapıdır.

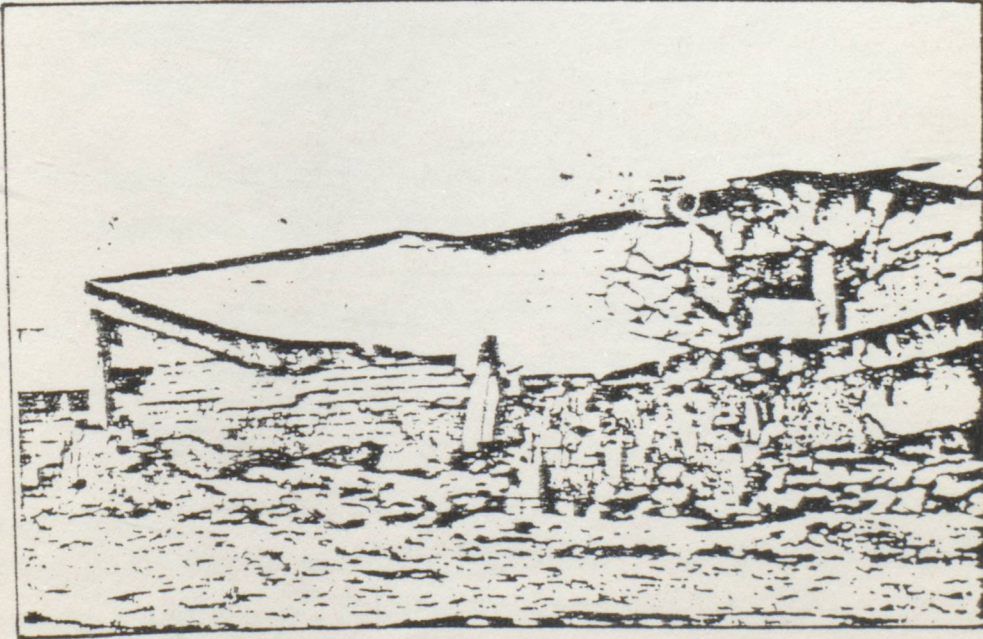
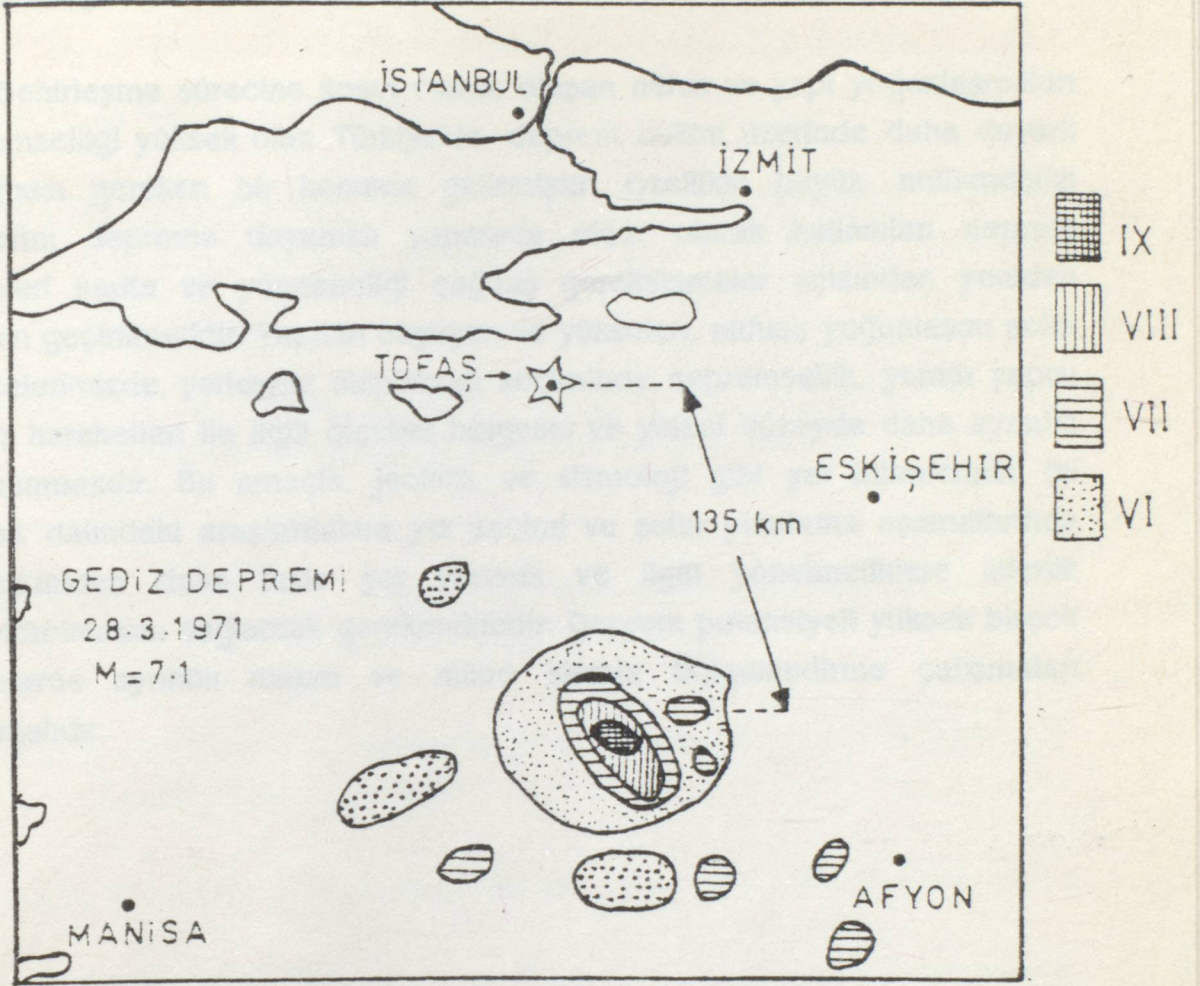
Şehrin yeraltı yapısının titreşim modellemeleri 1.2 ile 1.92 saniyelik titreşim peryodlarının baskın olduğunu göstermiştir. Ayrıca, gevşek zemin nedeniyle ivme sağlam zeminde beklenenden 7 kat daha büyük olmuştur.

5.3. 19 Eylül 1985 Michoacan, Meksika Depremi

$M_s = 7.9$ büyüklüğündeki bu depremde 9500 kişi ölmüş, 30.000 kişi yaralanmıştır. 4 milyar dolara yakın hasar olmuştur. 420 yapı tamamen, 3124 yapı kısmen hasar görmüştür. Meksiko şehrinde 8, 18 katlı yapıların çoğu önemli derecede hasar görmüştür. Şehrin büyük bir bölümü kalınlığı yer yer 40 m'ye varan ve baskın titreşim peryodu 2 sn olan kıllı bir havza üzerinde kurulmuştur. Yeraltı yapısının bu özelliği ve deprem episantrının şehirden uzakta (400 km) olmasına bağlı olarak gelişen uzun peryodlu büyük genlikli yer hareketli yüksek yapıların zemininin titreşimli ile rezonansa gelmesine ve önemli hasar görmelerine neden olmuştur. Meksika depreminin deprem kayıtları üzerinde yapılan son çalışmalara göre bu depremin kaynağında 10 saniye arayla arka arkaya iki şok olduğu anlaşılmıştır. Bu olgunun da hasarı arttırıcı bir unsur olduğu görülmektedir. Ayrıca yavaşık düzende ve farklı yükseklikli yapıların birbirlerine çarpması sonucu onarılması güç hasarlar oluşmuştur.

5.4. 7 Aralık 1988 Ermenistan, Sovyet Rusya Depremi

Büyüklüğü $M_s = 7.0$ olan depremde 70.000'e yakın insan ölmüştür. (Gazeteler). Deprem sonucu Leninakan, Kirokovan ve Spitak gibi şehirlerde özellikle 4-5 kattan yüksek yapıların çoğu tamamen yıkılmıştır. Şu ana kadar bu depremle ilgili bilimsel çalışmalar henüz yayınlanmadığından özellikle yüksek betonarme yapıların yıkılma nedenleri çok iyi bilinmemektedir.



Sekil 5-28 Mart, 1970 Gediz depreminin eş şiddet eğrilerinin dağılımı ve Bursa, Tofaş otomobil fabrikasının eş şiddet eğrilerine göre konumu. Altındaki şekilde fabrikanın bir betonarme yapısındaki hasar görülmektedir (9).

6. SONUÇ

Şehirleşme sürecine koşut olarak oluşan nüfus ve yapı yoğunlaşmaları depremselliği yüksek olan Türkiye'de, deprem riskini üzerinde daha duyarlı durulması gereken bir konuma getirmiştir. Özellikle büyük mühendislik yapılarını depreme dayanıklı yapmada ölçüt olarak kullanılan deprem bölgeleri harita ve yönetmeliği çağdaş gereksinimler açısından yeniden gözden geçirilmelidir. Yapıları büyüyen ve yükselen, nüfusu yoğunlaşan şehir ve ilçelerimizde, yerleşme alanlarının seçiminde depremsellik, yeraltı yapısı ve yer hareketleri ile ilgili ölçütler bölgesel ve yersel düzeyde daha ayrıntılı ele alınmalıdır. Bu amaçla, Jeofizik ve sismoloji gibi yer bilimlerinin iki önemli dalındaki araştırmalara yer seçimi ve şehir planlama aşamalarında bugünkünden daha fazla yer vermek ve ilgili yönetmeliklere işlerlik kazandırılmasını sağlamak gerekmektedir. Deprem potansiyeli yüksek birçok bölgelerde ayrıntılı makro ve mikro sismik bölgelendirme çalışmaları yapılmalıdır.

7. KAYNAKLAR

1. TÜRKİYE ALMANAK, Milliyet Yayınları, 1988.
2. BARKA, A.A. ve KADINSKY-CADE, K., Strike - Slip Fault Geometry In Turkey and Its Influence on Earthquake Activity, Tectonics, 7, 1988 663-684.
3. SİPAHIOĞLU, S., Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Çevresinin Deprem Etkinliğinin İncelenmesi, Deprem Araştırma Bülteni, 1984, S, 1-139.
4. SİPAHIOĞLU, S. ve ALPTEKİN, Ö., Türkiye'de Deprem Sorununun Görünümü, Jeofizik, 2, 1988, s. 151-183.
5. KANAI, K. ve TANAKA, T., Measurement of the Microtremor, Bull Earth Res. Inst. 35, 1962, 191-200.
6. DEPREM, Panel, 10. Türkiye Jeolojî Kurultayı, 9 Şubat 1984, Ankara
7. AMBRASEYS, N.N. ve JACKSON, J.J., Earthquake hazard and Vulnerability in Northeastern Mediterranean: The Corinth Earthquake sequence of February-March, 1981, Disasters, 5, 1981, s. 355-368.
8. TÜRKİYE DEPREM BÖLGELERİ HARİTASI, Ön Çalışma, İ.T.Ü. YBYK UYG, AR Merkezi Sismolojî ve Sismotektonik Alt Birimi, 1989.
9. TEZCAN, S.S. ve İPEK, M., March 28, 1970 Gediz, Turkey Earthquake and Its Long-Distance Effects, Research Center, Robert College, İstanbul, Turkey.
10. TEZCAN, S.S., YERLİCİ, V. ve DURGUNOĞLU, H.T., A Reconnaissance report for the Romanian Earthquake of 4 March, 1977, Earthq. Eng. Struc. Dyn., 6, 1978, S. 397-421.
11. BOLT, B.A.(1978) Earthquakes, University of California, Berkeley

