



**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANA BİLİM DALI**

**DEPREM RİSK ANALİZİ ve ŞEHİRLEŞMEDE
BALIKESİR KENT MERKEZİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. İsa CÜREBAL**

Ali Rıza GÜLEN

Balıkesir 2008

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI**

**DEPREM RİSK ANALİZİ ve ŞEHİRLEŞMEDE
BALIKESİR KENT MERKEZİ ÖRNEĞİ**


YÜKSEK LİSANS TEZİ

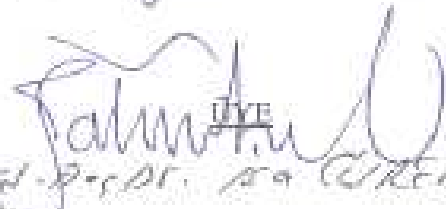
Ali Rıza GÜLEN
200412515001

Balıkesir 2008

Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalında hazırlanan Yüksek Lisans tezi jürimiz tarafından incelenerek, aday Ali Rıza GÜLEN, 06.02/2008 tarihinde tez savunma sınavına alınmış ve yapılan sınav sonucunda sunulan tezin ...BASARILI... olduğuna oy BELİGE ile karar verilmiştir.


ÖYE
Doç. Dr. Abdülkadir SOYKAN


ÖYE
Yrd. Doç. Dr. Alperhan KILIÇGÖZÜ


ÖYE
Yrd. Doç. Dr. Aytaç ÇİÇEKBAL

ÖYE

ÖYE

ÖZET

Deprem Risk Analizi ve Şehirleşmede Balıkesir Kent Merkezi Örneği

Ali Rıza GÜLEN

Yüksek Lisans Tezi, Coğrafya Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. İsa CÜREBAL
Ocak 2008, 75 sayfa

Bu çalışma, ülkemizin büyük bir bölümü için geçerli olan deprem riskinin Balıkesir kent merkezi açısından değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

Çalışmada öncelikle, literatür taraması sonucunda inceleme alanı ve yakın çevresindeki deprem üreten diri faylar belirlenmiş, daha sonra Balıkesir kent merkezi etrafındaki 100 km yarıçaplı alanda aletsel dönemde (1900–2007) meydana gelmiş olan depremler incelenerek sahanın depremselliği araştırılmıştır. Bu alandaki Kandilli kayıtlarına göre magnitüdü 4,0 M'den büyük olan depremler dikkate alınmış ve bu deprem verileri kullanılarak Poisson yöntemi ile sismik risk analizi yapılmıştır. Daha sonra olası bir depremin Balıkesir kent merkezi üzerinde oluşturacağı sonuçları etkileyeceği düşünülen faktörler değerlendirilmiştir. Bu kapsamda sahanın fiziki ve beşeri coğrafya özellikleri ilgileri oranında ele alınmaya çalışılmıştır. Jeoloji, yükselti, alüvyon kalınlığı, yeraltı su seviyesi ve zemin sınıflandırması haritalarında Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) programlarından olan ArcGIS Desktop v.9x kullanılmıştır. Saha ile ilgili haritalar oluşturulurken 1:25.000 ölçekli topografya haritaları temel alınmış, ayrıca yerleşmelerin güncel sınırının belirlenmesi amacıyla Landsat 2006 ETM+ uydu görüntüsü kullanılmıştır. Zemin özellikleri, olası bir depremde oluşabilecek riskleri yansıtması amacıyla Sağlam, Orta Derecede Sağlam, Zayıf ve Çok Zayıf Zemin olarak gruplara ayrılarak değerlendirilmiştir.

Balıkesir kenti merkezli 100 km yarıçaplı bir alan içerisinde Poisson yöntemiyle elde edilen sismik risk analizi sonuçlarına göre; bu alan içerisinde 5,0 M ve daha büyük bir depremin gelecek 10 yıl içinde meydana gelme olasılığı %93'tür. Dönüşüm periyodu ise 3,7 yıldır. 6,5 M ve daha büyük bir depremin önümüzdeki 50 yıl içerisinde olma olasılığı ise %65 ve dönüşüm periyodu 47,3 yıldır.

Çalışma, Balıkesir kent merkezi alanının %12'sinin zayıf zemin, %75'lik alanı ise çok zayıf zemin üzerinde kurulu olduğunu göstermiştir. Sağlam zemin üzerindeki oran ise %13'tür. Balıkesir kent nüfusunun % 10'u zayıf zemin, % 71'i çok zayıf zemin üzerinde yaşamaktadır. Sağlam zemin üzerinde yaşayanların oranı ise % 19'dur.

Anahtar Kelimeler: Depremsellik, Deprem Riski, Risk Analizi, Poisson, CBS, Zemin, Şehirleşme.

ABSTRACT

Earthquake Risk Analysis and Balikesir Downtown Case on Urbanization

Ali Rıza GÜLEN

MS Thesis, Geography Department
Supervisor: Yrd. Doç. Dr. İsa CÜREBAL
January 2008, 75 pages

This study aims to evaluate the earthquake risk, which is effective for most of our country, in Balikesir downtown.

Firstly, active faults were determined by literature search in study area and nearby, which produce earthquake. After that, seismicity of area was researched by searching the earthquakes, which were happened inside 100 km radius of Balikesir downtown between 1900 and 2007. Earthquakes, which were bigger than 4,0 M according to Kandilli datum inside this area, were taken into consideration and seismic risk analysis was made by using this earthquake datum with Poisson method. Afterward, factors, which were supposed to affect a possible earthquake results at the Balikesir downtown, were discussed. For this reason, physical and human geography features were tried to point according to their connection. ArcGIS Desktop v.9x was used on geology, elevation, alluvium thickness, underground water level and surface classification map, which is one of the Geography Information System (GIS) software. Area related maps were based on 1:25.000 scale topography maps. Landsat 2006 ETM+ satellite image was used to determine the current settlement border. Surface features were researched by grouping as strong, middle strong, weak, too weak surface to show the possible earthquake risks.

According to seismic risk analysis results, which were found with Poisson method inside 100 km radius area center of Balikesir downtown, probability of earthquake occurrence of equal or more than 5,0 M in 10 years is calculated as 93 percent. Return period is calculated as 3,7 years. Probability of earthquake occurrence of equal or more than 6,5 M in 50 years is calculated 65 percent and return period is calculated as 47,3 years.

Study showed that, Balikesir downtown settled 12 percent on weak surface and 75 percent on too weak surface. Percentage of settlement on strong surface is 13. Population of Balikesir downtown lives 10 percent on weak surface and 71 percent on too weak surface. Percentage of population lives on strong surface is 19.

Keywords: Seismicity, Earthquake Risk, Risk Analyze, Poisson, GIS, Surface, Urbanization.

ÖNSÖZ

Türkiye dünyanın en aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer almaktadır. Türkiye nüfusunun % 98'i, ülke alanının % 91'i, sanayi varlığının % 97'si ve barajlar başta olmak üzere temel altyapı tesislerinin % 90'ı aşkın bölümü deprem riski taşıyan alanlar üzerinde yer almaktadır. Bu oranların yüksekliği, depremin ülkemiz için ne derece ciddi bir risk taşıdığını ortaya koymaktadır. Bu noktada yapılması gereken, olabilecek bir depremde hasarı azaltmak için çalışmaktır. Söz konusu tecrübeler ve araştırmalar, zemin koşullarının hasarı etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğunu ortaya koymaktadır.

Deprem hasarını azaltmak için ise depreme dayanıklı yapı üretimi akla gelen ilk çözüm yoludur. Fakat maliyeti arttırıcı bu gibi önlemler yerine, daha uygun alanlara yerleşmek, yerleşim politikaları ve imar planları ile şehir gelişiminin yönlendirilmesi olabilecek bir depremin etkisini azaltmada daha akılcı bir yoldur.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizin büyük bir bölümü için geçerli olan deprem riskinin Balıkesir kent merkezi açısından değerlendirmesini yapmaktır.

Tez çalışmamda bana her zaman destek ve yol gösterici olan danışmanım Yrd. Doç. Dr. İsa CÜREBAL'a, her zaman en büyük desteğim olan sevgili eşime, ellerindeki imkanları kullanmama izin veren başta İmar Müdürlüğü olmak üzere Balıkesir Belediyesi çalışanlarına ve M.T.A. Genel Müdürlüğü'ne, çalışma alanının uydu fotoğraflarını bana sağlayan İNTA Uzay Sistemleri İletişim A.Ş. Satış ve İş Geliştirme Koordinatörü Tunç ŞİRİNYILDIZ beye, ArcGIS yazılımını sağladıkları için İŞLEM CBS Mühendislik Hizmetleri Ltd. Şti. Satış Temsilcisi Vedia SÖĞÜT hanıma sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
SEMBOLLER	x
BİRİNCİ BÖLÜM	1
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Materyal ve Yöntem	5
1.3. Önceki Çalışmalar	8
İKİNCİ BÖLÜM.....	12
2. DEPREMSELLİK.....	12
2.1. Türkiye'nin Depremselliği.....	12
2.2. İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinin Depremselliği	15
2.2.1. Magnitüd – Frekans İlişkisi	23
2.2.2. Deprem Tehlikesi ve Sismik Risk Analizi.....	25
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	28
3. ETKİLİ FAKTÖRLER	28
3.1. Jeolojik Özellikler	28
3.1.1. Litolojik Yapı Özellikleri.....	28
3.1.2. Tektonik Yapı Özellikleri	33
3.2. Jeomorfolojik Özellikler.....	36
3.3. Hidrografik Özellikler.....	41
3.4. Nüfus ve Yerleşme	43
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	52
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	52
Sonuç	52
Öneriler.....	54
EK.....	55
KAYNAKÇA.....	62
ÖZGEÇMİŞ	66

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Ana Fay Kuşaklarına Göre Hasar Yapan Depremlerin Can ve Mal Kayıpları	12
Tablo 2: Türkiye’de Can Kaybı ve Hasara Neden Olmuş Önemli Depremler	13
Tablo 3: Balıkesir ve Çevresinde Meydana Gelmiş Önemli Tarihsel Depremler.....	18
Tablo 4: $\Delta M=0,5$ Aralıklı Depremlerin Normal ve Yığınsal Frekans Değerleri	24
Tablo 5: Deprem Tehlikesini Belirlemede Kullanılan Parametreler	26
Tablo 6: Elde Edilmiş Sismik Risk Değerleri ve Dönüşüm Periyotları.	27
Tablo 7: Balıkesir Kent Merkezli 100 km Yarıçaplı Alanda Meydana Gelen Depremler	55

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: İnceleme Alanı Yer Bulduru Haritası	2
Şekil 2: Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	15
Şekil 3: Olası Büyük Depremlerdeki Şiddet ve Yer İvmesi Dağılımını Gösterir Harita	16
Şekil 4: 29 Ocak 1898 Depreminde Oruçgazi Mahallesi Yıkıntıları	18
Şekil 5: 18 Mart 1953 Yenice-Gönen Depremi Şiddet Haritası	19
Şekil 6: 06 Ekim 1964 Manyas Depremi Şiddet Haritası	20
Şekil 7: Balıkesir Kent Merkezindeki Depremlerin Dış Merkezlerini Gösterir Harita	21
Şekil 8: Balıkesir Kent Merkezindeki Depremlerin Odak Derinliklerine Göre Dağılımı	22
Şekil 9: Balıkesir Kent Merkezindeki Depremlerin Büyüklüklerine Göre Dağılımı	23
Şekil 10: Magnitüd - Frekans İlişkisi	25
Şekil 11: Balıkesir Kenti Merkezi İçin Elde Edilmiş Sismik Risk Değerleri	27
Şekil 12: Balıkesir Kent Merkezi ve Yakın Çevresinin Jeoloji Haritası	30
Şekil 13: Türkiye ve Çevresindeki Plakaların Göreceli Hareketleri	34
Şekil 14: Türkiye'deki Aktif Faylar	35
Şekil 15: Akşehir Fay Zonu	35
Şekil 16: Balıkesir Kent Merkezi'nden Bir Görünüş	37
Şekil 17: Balıkesir Kent Merkezinin Yükselti Haritası	38
Şekil 18: Balıkesir Kent Merkezinin Eğim Haritası	39
Şekil 19: Balıkesir Kent Merkezindeki Yeraltı Su Seviyesi ve Alüvyon Eş Kalınlık Haritası ...	42
Şekil 20: Balıkesir Kent Merkezindeki Nüfus Değişimi	44
Şekil 21: Balıkesir Kent Merkezindeki Binaların Kullanım Alanları	45
Şekil 22: Balıkesir Kent Merkezindeki Ruhsatlı Binaların Dağılımı	46
Şekil 23: Balıkesir Kent Merkezi ve Yakın Çevresinin Zemin Haritası	47
Şekil 24: Balıkesir Kent Merkezinin Mahalle Sınırlarını Gösterir Zemin Haritası	48
Şekil 25: Balıkesir Kent Merkezinin Nüfus ve Alan Dağılımını Gösterir Zemin Haritası	49
Şekil 26: Balıkesir Kent Merkezinin 1978 ve 2006'daki Alanını Gösterir Zemin Haritası	51

SEMBOLLER

Sembol	Adı	Birimi
M	Magnitüd	
M_s	Yüzey dalgası magnitüdü	
T	Periyot	

BİRİNCİ BÖLÜM

1. GİRİŞ

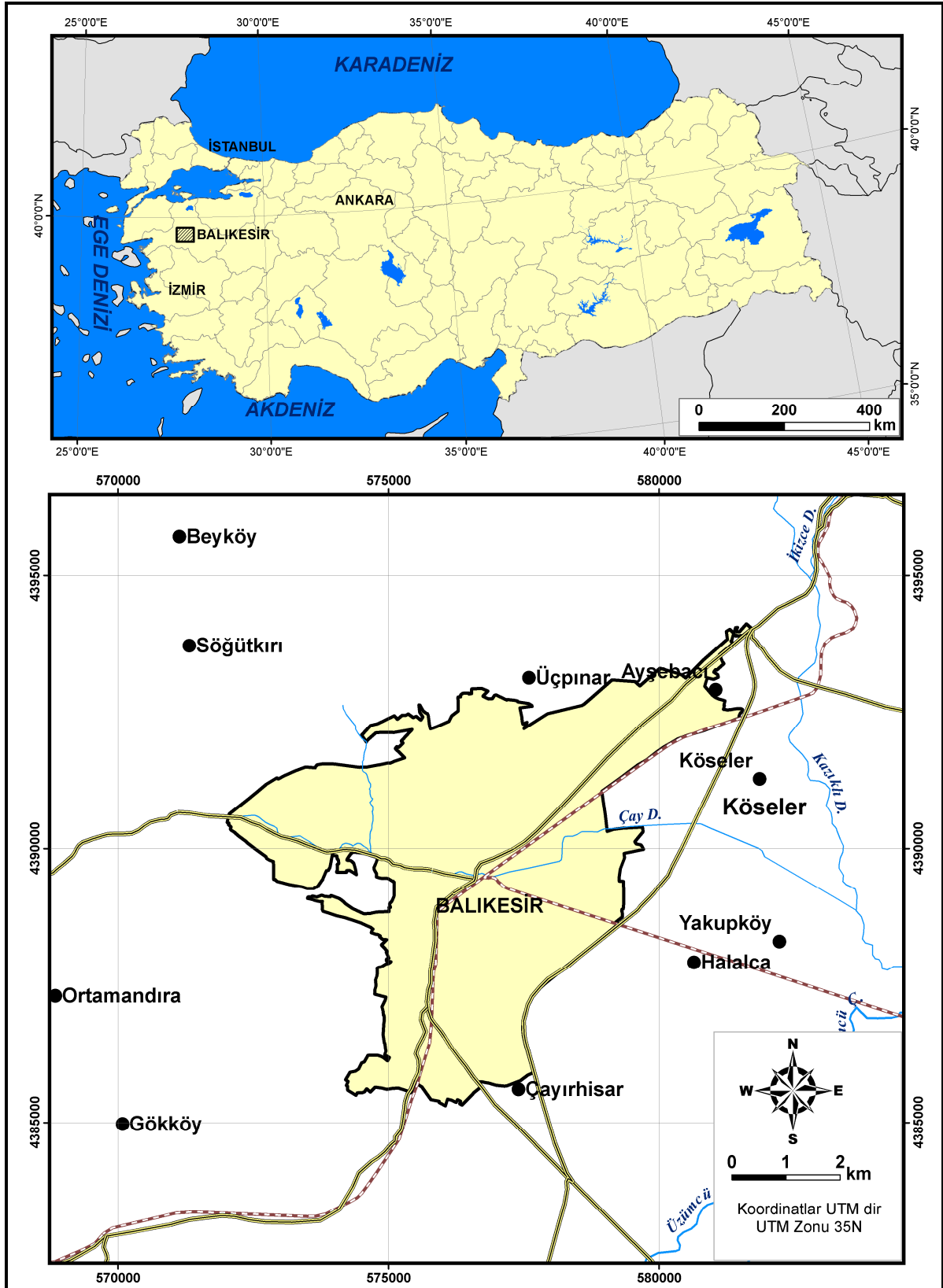
1.1. Giriş

Deprem, yerkürenin yüzeyine yakın kesimlerinde uzun bir zaman aralığında biriken gerilmelerin, kayaçların direncini aşınca aniden boşalması olayı olarak tanımlanmaktadır (Karaesmen, 2002). Ayrıca deprem, doğal afetler içinde en acımasız olarak bilinir. Dünyada diğer afetlere oranla en fazla rastlanıyor olması da depremi çok korkunç bir afet haline getirmektedir. Ülkemiz, depremler açısından dünyanın aktif yerlerinden birisi olan Alp - Himalaya kuşağı üzerinde bulunmaktadır.

Çok büyük can ve mal kaybına neden olan bu doğal afet karşısında yaşadığımız yerin depremselliğini bilmek bize mevcut durum ve bundan sonrası için yapacaklarımız hakkında fikir verecektir. Günümüzde artık depremlerde hasara yol açan ana etkenler bilinmektedir. Bu bağlamda hem güvenli hem de ekonomik olarak deprem hasarlarını azaltmak mümkün olabilir. Depreme dayanıklı yapı üretiminde, maliyeti arttırıcı önlemler yerine, araştırmalara dayalı olarak daha uygun alanlar ve tasarım ilkelerinin belirlenmesi, yerleşim politikaları ve imar planları ile gelişmelerin yönlendirilmesi olabilecek bir depremin etkisini azaltmada tercih edilmelidir. Problemin çözümünü sadece depreme dayanıklı yapı üretiminde aramak gerçekçi bir yaklaşım olmayabilir. Depreme dayanıklı yapı yapabilmek yalnızca teknik bir sorun olmaktan öte sosyal ve ekonomik faktörlere de bağlıdır. Bu nedenle amaç, daha az tehlikeli alanların belirlenmesi ile ilave maliyetlerin azaltılması olmalıdır. Böylece hem ülke ekonomisi açısından kaynakların akılcı kullanımını, hem de deprem hasarının en aza indirilmesini sağlanmış olacaktır.

Bu araştırma, Marmara Bölgesi'nin Güney Marmara Bölümü'nün ve Karesi Yöresi sınırları içinde kalan Balıkesir ili kent merkezini kapsamaktadır (Şekil 1). Çalışmada Balıkesir kent merkezinin depremselliği araştırılmış ve deprem riski ortaya

konmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda inceleme alanını etkilemesi beklenen olası bir depremin oluşturacağı sonuçları etkileyen jeoloji, jeomorfoloji, hidrografiya ile nüfus ve yerleşme özellikleri gibi faktörler ve bu faktörlerin birbirleriyle ilişkileri incelenmiştir.



Şekil 1: İnceleme Alanı Yer Bulduru Haritası

Deprem tehlikesi, hasar ve can kaybı yaratabilecek büyüklükte bir depremden kaynaklanan yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde belirlenmesi olarak tanımlanır ve deprem nedeni ile hasar, mal ve can kaybı ihtimali olarak tanımlanan, deprem riski kavramının önemli bir ögesi oluşturur. Gelecekteki depremlerin konumu, oluş zamanı, büyüklüğü ve diğer özellikleri belirsizlik arz ettiği için deprem tehlikesi tayinlerinde olasılık hesaplarına dayalı tahminler önemli karar araçlarıdır.

Kentlerde deprem tehlikesinin belirlenmesi amacı ile deterministik ve/veya probabilistik (hafızalı veya hafızasız) yöntemler kullanılır. Deterministik yöntemlere nazaran, probabilistik (ihtimal hesaplarına dayalı) deprem tehlikesi analizleri jeolojik, jeofizik, sismolojik ve tarihsel verilerin daha uyumlu ve akılcı bir şekilde göz önüne alınmasını sağlar (Erdik ve Diğerleri, 2006). En yaygın olarak kullanılan probabilistik model basit Poisson modelidir. Bu model deprem oluşumlarının hafızasız olduğunu ve bir kaynak bölgesi içinde depremlerin gerek konum ve gerekse zaman açısından birbirinden bağımsız olarak meydana geldiğini kabul eder (Çobanoğlu ve Diğerleri, 2006). Zaman-bağımsız (hafızasız) modellerden birisi de jeolojik bilgilerdeki belirsizliğin ağırlık faktörleri ile değerlendirildiği Bayes modelidir. Zaman-bağımlı (hafızalı) modeller zaman-tahminli, kayma-tahminli modeller ve Semi-Markov modelleridir. Bu hafızalı modellerden en yaygın olarak kullanılanı “karakteristik deprem” modelidir (Youngs ve Coppersmith, 1985). Bu modeller ancak üzerinde çok çalışılmış fay hatları (San Andreas Fayı gibi) ve sadece karakteristik depremlerden kaynaklanacak deprem tehlikesi için geçerli olmakta ve fay segmentasyonu ve yinelenme sürelerinden kaynaklanan belirsizlikler bu modellerin Poisson modelinin yerini almasına müsaade etmemektedir (Erdik ve Diğerleri, 2006). Diğer taraftan, Poisson modeli her durumda diğer modellere nazaran daha emniyetli deprem tehlikesi sonuçları doğurmaktadır (Jordanovski ve Todorovska, 1995). Kiremidjian ve diğerlerine (1982) göre sık ve orta büyüklükte deprem oluşumlarını içeren bölgelerdeki deprem tehlikesinin tahmini için Poisson modeli yeterlidir.

Bütün bu hususlar değerlendirilerek Balıkesir kent merkezindeki deprem tehlikesinin modellenmesinin Poisson modeline dayandırılmasına karar verilmiştir.

Balıkesir kenti merkezli 100 km yarıçaplı bir alan içerisinde Poisson yöntemi kullanılarak sismik risk analizi yapılmış ve önümüzdeki 10, 20, 30, 40, 50, 75 ve 100 yıl için 5,0 M ile 7,5 M arasındaki depremlerin 0,5 ΔM aralıkla meydana gelme olasılıkları ve dönüşüm periyotları hesaplanmıştır.

Kent merkezinin yerleştığı sahanın zemin özellikleri Erinç ve diğerleri (1970) nin yaptığı zemin sınıflandırmasına göre; sağlam, orta derecede sağlam, zayıf ve çok zayıf zeminler olmak üzere dört ayrı sınıfa ayrılarak incelenmiştir. Buna göre, Balıkesir kent merkezi ve bu merkezi oluşturan mahallelerin zemin özelliklerine göre dağılımı haritalanmış, zemin sınıflarına göre alan ve nüfus oranları hesaplanmıştır. Ayrıca Balıkesir kent merkezinin 1978 ile 2006 yıllarındaki sınırları karşılaştırılarak, kentteki alansal genişleme ve genişleme yönü ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

İnceleme alanını oluşturan Balıkesir kent merkezinin kurulu olduğu alan 2006 verilerine göre 34,4 km²'dir. 2007 yılı nüfus sayımına göre kent merkezinde yaşayan kişi sayısı da 241.404'dür. Bu veriler doğrultusunda Balıkesir kent merkezinin ortalama nüfus yoğunluğu 7.017 kişi/km²'dir.

Balıkesir kent merkezinin kurulu olduğu alan, Alt Triyas yaşta olan metamorfik kayalar, Tersiyer yaşta olan dasit, andezit, aglomera ve tuf, Tersiyer yaşta olan konglomera, kumtaşı, kireçtaşı ve kil ile Kuvaterner yaşta olan alüvyonlardan oluşmaktadır.

İnceleme alanı ve yakın çevresinde büyük fay sistemleri yer almamaktadır. Ancak kuzey, batı ve güneyden büyük fay sistemleri ile çevrilmiştir. Genel olarak bölge, kuzeyden KAF sisteminin ve güneyden Ege Graben bölgesinin etkisi altındadır. Bu özelliği ile bölge, KAF sistemi ile Ege'nin genişleme bölgesi arasında bir geçiş özelliği taşımaktadır.

Balıkesir kent merkezini etkilediği bilinen depremler içerisinde en önemlisi 29 Ocak 1898 tarihinde meydana gelen depremdir. Bu depremde Balıkesir merkezindeki binaların yarısına yakınının yıkıldığı ve 50'den fazla kişinin hayatını kaybettiği rapor edilmiştir (Yazıcı, 2003).

Yapılan incelemede aletsel dönemde meydana gelmiş depremlerin dış merkezleri Çan-Biga, Yenice-Gönen, Edincik, Manyas fayları ile Bakırçay ve Simav grabenleri ile Savaştepe, Sındırgı ve Dursunbey civarında yoğunlaştığı görülmüştür. Bu depremler çoğunlukla sığ depremlerdir.

İnceleme alanı için Magnitüd - Frekans ilişkisi, **Log N(M) = 5,3810 - 0,7378 M** olarak hesaplanmıştır. Poisson metodu kullanılarak hesaplanan deprem tehlikesi inceleme alanı ve yakın çevresinde gelecek 40 yıl içerisinde 5,5 M ve daha büyük bir depremin olma ihtimali %99, tekrarlama zamanı ise 8,6 yıl olarak bulunmuştur.

Balıkesir Belediyesi İmar Müdürlüğü'nden alınan verilere göre, Balıkesir kent merkezindeki ruhsatlı binaların %84'ü yeni yönetmelikte belirtilen şartlar aranmadan

ruhsat verilmiştir. Yönetmelikte belirtilen şartları sağlayan bina ruhsatlarının oranı ise %16'dır. Bu durumda olası bir depremde binaların göstereceği davranışı kestirmemizi zorlaştırmaktadır.

1.2. Materyal ve Yöntem

Balıkesir kent merkezindeki deprem riskini ortaya koymayı amaçlayan bu çalışmaya inceleme alanı ve konu ile ilgili yerli ve yabancı kaynaklar taranarak başlanmıştır. Literatürün incelenmesi sonucunda kullanılacak yöntem belirlenmiş ve inceleme alanına uygulanmıştır.

İnceleme alanının depremselliğini yansıtması amacıyla öncelikle sahanın sismik aktivitesinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda sahayı etkileyen hasar yapıcı depremler tarih sıralarına göre incelenmiştir. Daha sonra Balıkesir kent merkezinden 100 km yarıçaplı bir alandaki magnitüdü 4,0 M ve üzerinde olan 1900 ile 2007 yılları arasında meydana gelmiş depremler, Kandilli Rasathanesi kayıtları kullanılarak derlenmiş ve deprem dış merkez (episantr) haritası oluşturulmuştur. Bu aşamada coğrafi koordinattaki deprem kayıtları, UTM (Universal Transversal Mercator) koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Bu işlemin gerçekleşmesi esnasında ArcGIS Desktop v.9x programı kullanılmıştır. Böylece deprem dış merkezleri ile sahanın yakın çevresindeki sismik aktivitenin dağılımı ve fay sistemleri çakıştırılmıştır.

Balıkesir kent merkezindeki deprem tehlikesinin belirlenmesinde Poisson modeli tercih edilmiştir. Bu yöntemle gerçekleştirilen sismik risk analizinde yine 1900 ile 2007 yılları arasında meydana gelmiş, magnitüdü 4,0 M ve daha büyük olan Balıkesir kent merkezli 100 km yarıçaplı alan içerisinde depremler dikkate alınmıştır. Magnitüd-Frekans ilişkisini veren ve Gutenberg-Richter (1954) tarafından bulunmuş olan, deprem magnitüdü (M) nü, bir yıldaki tüm depremlerin adedi (N) ne bağlayan aşağıdaki bağıntı, depremsellik ve deprem magnitüdülerinin olasılık dağılımlarını belirlemek için kullanılmıştır.

$$(1) \quad \text{LogN(M)} = a - bM$$

N (M) : Magnitüdü M veya daha büyük olan depremlerin bir yıldaki sayısı,

a ve b : Regresyon katsayıları,

M : Deprem magnitüdüdür.

1 nolu bağıntıdaki a ve b regresyon katsayıları, her deprem kaynak zonunun birbirinden farklı tektonik özellikler göstermesi nedeniyle farklı değerler almaktadır. En küçük kareler yöntemi kullanılarak yapılan regresyon analizi ile bu katsayılar belirlenmiştir. İnceleme alanı için Magnitüd - Frekans ilişkisi,

$\text{LogN(M)} = 5,3810 - 0,7378 M$ olarak bulunmuştur.

Verilen bir dönemde magnitüdü verilen bir M değerinden büyük veya ona eşit olan depremlerin yıllık ortalama oluş sayıları,

$$(2) \quad n(M) = 10^{a_1' - b M}$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır. n(M) değeri,

$$(3) \quad R(M) = 1 - e^{-n(M) D}$$

formülünde yerine konularak belirli yıllar için sismik risk değerleri hesaplanmıştır (Alptekin, 1978). Bunların dönüş periyotları ise,

$$(4) \quad Q(M) = 1/n(M)$$

bağıntısından hesaplanmıştır. İnceleme alanının depremsellik parametreleri ise,

$$(5) \quad a' = a - \text{Log}(b \text{Ln}10)$$

$$(6) \quad a_1 = a - \text{Log} T$$

$$(7) \quad a_1' = a' - \text{Log} T$$

bağıntıları ile T=107 yıl için elde edilerek denklem

$$(2) \quad n(M) = 10^{a_1' - b M}$$

de yerine konulmuş ve denklem

$$(3) \quad R(M) = 1 - e^{-n(M) D}$$

kullanılarak D=10, 20, 30, 40, 50, 75 ve 100 yıllık periyotlar ve magnitüd değeri M= 5,0-5,5-6,0-6,5-7,0-7,5 için sismik risk değerleri hesaplanmıştır.

Çalışmanın devamında olası bir depremin oluşturacağı sonuçlar üzerinde önemli etkilere sahip; jeolojik, jeomorfolojik, hidrografik özellikler ile nüfus ve yerleşme özellikleri ve bu özelliklerin birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiştir. Jeolojik özellikler, litolojik ve tektonik yapı özellikleri olmak üzere iki başlık altında ele alınmıştır. Litolojik özellikler olası bir deprem esnasında zemindeki titreşimlere göstereceği tepkiler açısından sınıflandırılmıştır. Bu kapsamda inceleme alanındaki

litolojik yapı özellikleri Erinç ve Diğerleri (1970) nin Gediz Depremi'nden sonra yapmış oldukları zemin sınıflandırması dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

İnceleme alanının jeoloji haritasının oluşturulması esnasında farklı kaynaklardan yararlanılmıştır. Ergül ve Diğerleri (1980) nin hazırlamış oldukları 1:50.000 ölçekli Balıkesir I19-c jeoloji paftası ve Özoğul (1987) ile Tağıl (2003) ın hazırlamış oldukları jeoloji haritaları derlenerek ArcGIS Desktop v.9x programı sayesinde sayısallaştırılmıştır. Oluşturulan bu altlık daha sonra Erinç ve Diğerleri (1970) ne göre dörtlü zemin sınıflandırmasına dönüştürülmüştür.

İnceleme alanının yükselti ve eğim şartları gibi jeomorfolojik özellikleri 1:25.000 ölçekli topografya paftaları kullanılarak oluşturulmuştur. Bu kapsamda inceleme alanını gösteren 100 m eşyükselti aralıklarıyla renklendirilmiş yükselti basamakları haritası oluşturulmuş ve bu haritadan eğim haritası elde edilmiştir..

Aktimur ve Diğerleri (1994) tarafından Balıkesir Ovası için hazırlanan alüvyon kalınlık haritası ve yeraltı su seviyesi haritası, inceleme alanını gösterecek şekilde yeniden düzenlenmiş ve ArcGIS Desktop v.9x programı ile sayısal hale dönüştürülmüştür.

2007 yılı verileri kullanılarak Balıkesir kent merkezine ait nüfus özellikleri ve yoğunluğu, 2000 yılı verileri kullanılarak da nüfusun mahalle bazında dağılımı hesaplanmıştır.

Jeoloji haritası ile nüfus verileri birleştirilerek, nüfusun zemin sınıflarına göre dağılımı bulunmuş ve mahalle bazında zeminin dağılım yüzdesi haritalanmıştır. Ayrıca Balıkesir Belediyesi İmar Müdürlüğü ruhsat kayıtlarına göre inceleme alanındaki bina sayısı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda 02.09.1997 tarihli Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'in yürürlüğe girdiği 02.09.1998 öncesi ve sonrası yapılan binalar karşılaştırılarak mevcut binaların ne kadarının yeni yönetmelikteki şartlara uyduğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

Balıkesir İli'nin 1978 yılına ait 1:25.000 ölçekli topografya haritası paftalarından belirlenen kent merkezi sınırı ile Landsat 2006 ETM+ uydu görüntüsünden belirlenen güncel kent merkezi sınırları karşılaştırılarak kentin gelişimi ve gelişim yönü belirlenmiştir.

Farklı aşamalarından oluşan bu çalışmada tanımlanan verilerin analizi ve birbirleriyle ilişkilendirilmesi sonucunda amacı uygun şekilde yansıtabilecek bir kompozisyon oluşturulmaya çalışılmış, bu doğrultuda bilgisayar ortamı kullanılmış ve çalışma metin haline dönüştürülmüştür.

1.3.Önceki Çalışmalar

Çalışmada bahsedilen literatür eserlerini inceleme alanı ile ilgili olanlar ve konu ile ilgili olanlar şeklinde iki başlık altında incelemek mümkündür.

İnceleme Alanı İle İlgili Çalışmalar

Balıkesir kent merkezini kapsayan nitelikteki coğrafi çalışmalar, genelde daha büyük bir alanı kapsayacak şekilde hazırlanmış ve Balıkesir Ovası ile yakın çevresini incelemiştirlerdir. Coğrafya bilimi dışında yapılan çalışmalar ise ya mahalle seviyesindeki mikro-bölgeleme ya da Balıkesir ili için yapılan jeolojik çalışmalardır. Bu eserlere yayın tarihleri dikkate alınarak aşağıda kısaca değinilmiştir.

Bistritschen (1957), "Balıkesir Vilayetindeki Sıcak Su ve Maden Suyu Kaynakları Hakkında Rapor"da sıcak su ve maden suyu kaynaklarını detaylı bir şekilde incelemiştir. Pamukçu Ovası ve Eşeler köyü batısındaki kaynakların fay kaynakları olduğunu belirtmiştir.

Ergül ve diğerleri (1980), "Balıkesir İli Marmara Denizi Arasının Jeolojisi" adlı çalışmada, Balıkesir ili ile Marmara Denizi arasında kalan sahanın ayrıntılı bir jeolojik etüdünü yapmış ve bölgenin 1:50.000 ölçekli jeoloji haritalarını yapmışlardır.

Özoğul (1987), "Balıkesir Ovasının ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi ile Uygulamalı Jeomorfolojisi" adlı çalışmasında, Balıkesir ovası ile yakın çevresindeki jeomorfolojiyi inceleyerek bölgenin problemleri sahalarını ortaya koymuştur. "Depremlerin önüne geçmek bugünkü teknoloji ile mümkün olmadığına göre, hiç olmazsa zararlarını azaltacak bazı önlemler alınabilir...", "...mevcut yerleşmelerin gelişme planlarının yapımında, yeni yerleşme yerleri seçiminde sahanın sismik ve jeomorfolojik özellikleri göz önünde tutulmalıdır..." şeklinde bir takım önerilerde bulunmuştur. Konut ve diğer sanat yapılarının yapımında "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" teki hükümlere tam olarak uyularak inşaatların yapılması gerektiğinin altını çizmiştir. Ancak deprem açısından sakıncalı alanları tam olarak saptamamış; ova yerleşimlerinin gelecekte de deprem riski taşıdıklarını genel bir ifade ile vurgulamıştır.

Aktimur ve diğerleri (1994), "Balıkesir İlinin Arazi Kullanım Potansiyeli" adlı çalışmada bölgedeki araziye mühendislik açısından ele alarak arazinin kullanım özellikleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca inceleme alanının jeolojisi ve jeomorfolojisi hakkında da bilgi verilmiştir.

Tufan ve Çona (2000), Balıkesir Belediyesi'nin imar planı düzenlemesi sırasında dikkate alınması gereken hususları, yapılacak bina yüksekliklerinin ve yapılaşma yönünden sakıncalı alanların belirlenmesi amacıyla bir rapor hazırlamışlardır. Raporda, Bahçelievler, Plevne ve Hasan Basri Çantay mahallerinde jeolojik, jeofizik ve jeoteknik yöntemleri kullanılarak, yerleşim alanlarındaki zeminlerin sınıflaması yapılmış bunun sonucunda da yapılaşma açısından uygun olan alanlar belirlenmiştir.

Ansal (2001), hazırladığı raporda Balıkesir Belediyesi sınırları içinde kalan Bahçelievler, Plevne, Hasan Basri Çantay, Akıncılar Mahalleleri ve 18-02 Konut Bölgesinin Yerleşime Uygunluk Çalışmalarını, depremsellik ve İnşaat Mühendisliği açısından değerlendirilmiştir. "...Balıkesir Belediyesi sınırları içinde depremsellik, jeolojik ve jeoteknik özellikleri göz önüne alarak farklı parametrelere göre..." ilgili bölgeler için mikro bölgeleme haritaları oluşturmuş ve imar planlarına yönelik öneriler geliştirmiştir. Ansal, bu sahalarda zemin koşullarının oldukça değişken olmaları nedeniyle bu sahalarda imar planları açısından bir farklılık uygulanmasının gerekli olmadığını düşünmektedir.

Koçyiğit (2002), yapmış olduğu çalışmada Konya'dan başlayarak Savaştepe'ye kadar uzanan Akşehir Fay Zonu'ndan bahsetmiş ve fayın genel uzantısını BKB-DGD olarak belirtmiştir. Toplam 420 km uzunluğunda olduğu belirtilen bu fay zonunun, 1-50 km uzunluğunda birbirine paralel ya da yarı paralel çok sayıda oblik faylardan oluştuğu da ifade edilmektedir.

Tağıl (2003) çalışmasında, Balıkesir Ovası ve yakın çevresinin fiziki coğrafya özelliklerini ortaya koymuş ve alanın jeolojisi, jeomorfolojisi, iklimi, hidrografyası, toprak ve bitki özelliklerini ayrı ayrı incelemiştir. Jeoloji bölümünde yörenin tektoniğinden ve depremselliğinden de bahsetmiştir.

Yazıcı (2003), "Ocak 1898 Balıkesir Depremi ve Sonrası" adlı eserinde 29 Ocak 1898'de Balıkesir'de olan ve yöredeki ismiyle "Koca Zelzele" olarak adlandırılan depremi, öncesi ve sonrası yaşananları, araştırdığı tarihi belgelerle birlikte ortaya koymuştur. Daha çok derleme niteliğinde olan bu eser, Balıkesir kent merkezini etkileyen bilinen depremlerin en şiddetlisi olan 1898 depremini tarihi belgeleriyle birlikte incelemesi bakımından önem arz etmektedir.

Yağcı (2005), Balıkesir kent merkezi sınırları içinde kalan Bahçelievler, Plevne, Hasan Basri Çantay, Akıncılar Mahalleleri ve 18-02 Konut Bölgesi için mikro bölgeleme uygulaması yapmıştır. Çalışmasında sismik, jeolojik ve jeoteknik verilerin

birleştirilmesi doğrultusunda, olası bir yer hareketi için kaynak, yol ve yerel zemin şartlarının karşılıklı etkileşimine dayalı, yer hareketi parametrelerindeki değişimi belirlemiştir. Balıkesir yerleşim alanı sınırlarında olasılıksal olarak belirlenmiş tasarım depremi için farklı azalım ilişkileri kullanarak sentetik yer hareketi kayıtları üretilmiştir. Sonuç olarak, deprem ve zemin özelliklerinin karşılıklı etkileşiminden kaynaklanan değişkenliğin istatistiksel olarak değerlendirilmesi gerektiği ortaya konulmuştur.

Konu İle İlgili Çalışmalar

Altan ve diğerleri (1999), çalışmalarında depremin hasarlarının azaltılması için alınması gereken önlemlerden birisinin, yerleşim için riskli sahaların belirlenmesi olduğunu ve bu sahaların haritalanması gerektiğini ve buralarda yapılacak binaların özelliklerinin çok iyi belirlenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Deprem risk haritasının hazırlanması için de CBS'nin 3D tekniğini kullanmışlardır. Riskli sahaları ise sondaj sonucu belirlenen alüvyon kalınlığına ve taban suyu seviyesine göre belirlemiştir. Eskişehir'in iki mahallesi (Gökmeydan ve Kurtuluş) için toplam 25 sondaj kuyusu açılarak taban suyu seviyesi ile alüvyon kalınlığı belirlenmiş ve bölgenin deprem risk haritası hazırlanmıştır.

Özmen (2001), "Kastamonu İlinin Depremselliği ve Deprem Tehlikesi" adlı çalışmada Kastamonu ilinin depremselliğini, deprem tehlikesini incelemiş ve deterministik yöntem kullanarak Kastamonu ilinin eş-şiddet ve eş-ivme dağılım haritalarını hazırlamıştır.

Karaesmen (2002), "Öncesiyle Sonrasıyla Deprem" adlı kitabında, yer bilimleri bakış açısından depremi inceleyerek ve genel tanımları vermiştir. Levha tektoniğini kısaca açıklayarak fay hatlarının oluşumunu anlatmış ve dünyanın depremselliğine değinmiştir. Ardından Türkiye'nin depremselliğini jeolojik yapısına dayanarak ve tarihsel depremleri özetleyerek açıklamıştır.

Tüysüz (2003), İstanbul'u etkilemesi muhtemel fayların kırılması durumunda nerelerde ne şiddette bir yer sarsıntısı yaratacağının belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada, Marmara Denizi içerisinde mevcut aktif fayları dikkate alarak bunların üretebileceği deprem büyüklüklerini belirlemiş, azalım formüllerini kullanarak depremin yaratacağı ivmeyi hesaplamıştır. İstanbul için sayısal bir jeoloji haritası derlemiş, azalım formüllerinde kullanılan parametreleri bu haritanın veri bankasına işleyerek CBS içerisinde deprem senaryoları için kullanılabilir nitelikte sayısal bir harita oluşturmuştur.

Aksaraylı ve Tecim (2004), çalışmalarında İzmir ili için CBS tabanlı Acil Afet Yönetim Sistemi tasarlamışlardır. İzmir'de olabilecek afetler incelenerek en büyük tehlikenin deprem olduğu görülmüştür. İzmir ili için sayısal altlıklar tasarlanmış, elde edilen altlıklar yardımı ile İzmir ili sayısal haritaları oluşturulmuş ve deterministik deprem senaryoları altında acil afet yönetimi için gerekli analiz ve çalışmalar yapılmıştır. Model olarak, alanın deprem odağından uzaklığı, depremin büyüklüğü, depremin derinliği, zemin tipi parametrelerine bağlı ivme verileri ile oluşan model kullanılmıştır. Çalışmada, muhtemel deprem sonrası zararı en aza indirebilecek kritik yönetimsel kararlar tartışılmıştır.

Çobanoğlu ve Diğerleri (2006), "Doğu Akdeniz Bölgesi Depremlerinin Tekrarlanma Periyotlarının Tahmininde İstatistiksel Yaklaşımlar" adlı çalışmada Doğu Akdeniz (Çukurova) bölgesinde meydana gelmiş magnitüdüleri 4,0 M ve daha büyük olan 165 adet aletsel dönem deprem verisini incelemişlerdir. İstatistiksel hesaplamalar için üstel dağılım fonksiyonu, Poisson modeli ve Gumbel modeli kullanılarak depremlerin gelecekte olma olasılıkları ve tekrarlanma periyotları hesaplanmış ve incelenen üç model karşılaştırılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

2. DEPREMSELLİK

2.1. Türkiye'nin Depremelliği

Yerküre üzerinde oluşan depremlerin büyüklüğü ve neden oldukları zararlar göz önüne alındığında iki ana deprem kuşağı dikkati çekmektedir. Bunlardan biri Büyük Okyanusu çevreleyen ve özellikle Japonya üzerinde etkili olan Pasifik Deprem Kuşağı, diğeri ise Cebelitarık'tan Endonezya adalarına uzanan ve Türkiye'nin de içinde bulunduğu Alp-Himalaya deprem kuşağıdır. Ülkemizde genelde tektonik kökenli depremler gözlenmektedir. Bunun temel nedeni ülkemizin %60'dan fazlasının Alpin orojenik hareketleri sonrasında görülen epirojenik tarzdaki tektonik hareketlerin etkisiyle faylarla parçalanmış olmasıdır (Efe ve Sekin, 1998). Ülkemizde Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAF), Doğu Anadolu Fay Hattı (DAF) ve Batı Anadolu Fay Hattı (BAF) gibi üç önemli fay zonu bulunmaktadır.

Bu üç kuşak içinde Kuzey Anadolu kuşağı üzerinde yaşanan depremlerinin can ve mal kaybı açısından en yüksek değere sahip olduğu, bunu mal kaybı açısından Ege kuşağının izlediği görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1: Ana Fay Kuşaklarına Göre Hasar Yapan Depremlerin Can ve Mal Kayıpları (Özmen ve Diğerleri, 1997'den Alınmıştır)

Ana Fay Kuşaklarına göre can ve mal kayıpları				
	Ege Kuşağı Depremleri	Kuzey Anadolu Kuşağı Depremleri	Doğu Anadolu Kuşağı Depremleri	Toplam
Ağır Hasar	50 451	263 405	22 650	336 506
Orta Hasar	25 564	42 451	14 157	82 172
Hafif Hasar	31 943	35 449	18 945	86 337
Ölü Sayısı	2 154	47 906	5 941	56 001
Yaralı Sayısı	2 501	12 838	4 454	19 793

Ülkemizin her yerinde meydana gelen depremler, fay hatlarına göre olan konumlarına, farklı jeolojik ve litolojik özelliklerine bağlı olarak, aynı büyüklükte ve

aynı sıklıkta olmamaktadır. Türkiye’de görülen depremler daha çok Afrika ve Arap levhalarının kuzey-kuzeydoğu yönünde hareket etmesiyle ilişkilidir (Şahin, 2005).

Türkiye’de 1900 yılından 2004 Doğubayazıt depremine kadar 90 adet can kaybı ve hasara neden olan deprem meydana gelmiştir (Tablo 2). Bu depremlerde yaklaşık 82.329 kişi hayatını kaybetmiş ve yaklaşık 567.297 bina hasara uğramıştır. 1999 Gölcük ve Düzce depremlerinde 18.240, 1939 Erzincan depremlerinde ise 33.000 kişi hayatını kaybetmiştir.

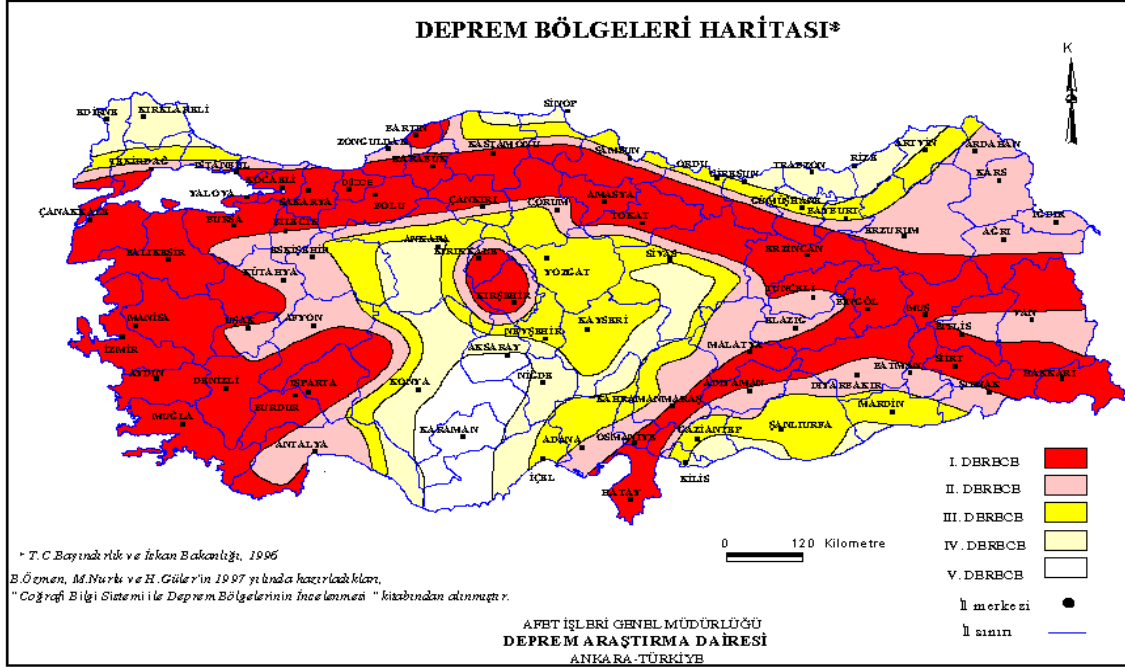
Tablo 2: Türkiye’de 1900 – 2004 Yılları Arasında Can Kaybı ve Hasara Neden Olmuş Önemli Depremler ($M_s > 5.0$) (K.R.D.A.E. UDİM’den alınmıştır).

NO	TARİH	Saat (T.S.)	YER	ŞİDDET	MAG M_s	CAN KAYBI	HASARLI BİNA
1	29.04.1903	01:46	Malazgirt (Muş)	IX	6.7	600	450
2	09.08.1912	03:29	Mürefte (Tekirdağ)	X	7.3	216	5540
3	04.10.1914	00:07	Burdur	IX	6.9	300	6000
4	13.09.1924	16:34	Horasan (Erzurum)	IX	6.8	60	380
5	07.08.1925	08:46	Dinar (Afyon)	VIII	5.9	3	2043
6	22.10.1926	21:59	Kars - Ermenistan	VIII	6	355	-
7	31.03.1928	02:29	Torbali (İzmir)	IX	6.5	50	2500
8	18.05.1929	08:37	Suşehri (Sivas)	VIII	6.1	64	1357
9	07.05.1930	00:34	Türkiye –İran Sınırı	X	7.2	2514	-
10	19.07.1933	22:07	Çivril (Denizli)	VIII	5.7	20	200
11	04.01.1935	16:41	Erdek (Balıkesir)	VIII	6.4	5	600
12	19.04.1938	12:59	Kırşehir	IX	6.6	160	4066
13	22.09.1939	02:36	Dikili (İzmir)	IX	6.6	60	1235
14	21.11.1939	10:48	Tercan (Erzincan)	VII	5.9	43	-
15	27.12.1939	01:57	Erzincan	X-XI	7.9	32968	116720
16	13.04.1940	08:29	Yozgat -Kayseri	VIII	5.6	-	1000
17	23.05.1941	21:51	Muğla	VIII	6	-	200
18	10.09.1941	23:53	Erciş (Van)	VIII	5.9	192	600
19	12.11.1941	12:04	Erzincan	VIII	5.9	15	-
20	15.11.1942	19:01	Bigadiç (Balıkesir)	VIII	6.1	16	2187
21	21.11.1942	16:01	Osmancık (Çorum)	VIII	5.5	2	150
22	20.12.1942	16:03	Erbaa (Tokat)	IX	7	3000	32000
23	20.06.1943	17:32	Hendek (Adapazarı)	IX	6.6	336	2240
24	27.11.1943	00:20	Ladik (Samsun)	IX-X	7.2	4000	40000
25	01.02.1944	05:22	Gerede-Çerkeş (Bolu)	IX-X	7.2	3959	20865
26	25.06.1944	06:16	Gediz (Uşak)	VIII	6	21	3476
27	06.10.1944	04:34	Ayvalık (Balıkesir)	IX	6.8	30	5500
28	20.03.1945	09:58	Ceyhan-Misis (Adana)	VIII	6	13	2500
29	21.02.1946	17:43	İlgın (Konya)	VIII	5.5	12	3349
30	31.05.1946	05:12	Varto-Hınıs (Muş)	VIII	5.9	839	3000
31	23.07.1949	17:03	Karaburun (İzmir)	IX	6.6	7	865
32	17.08.1949	20:44	Karlıova (Bingöl)	IX	6.7	450	3500
33	08.04.1951	23:38	İskenderun (Antakya)	VIII	5.8	6	13
34	13.08.1951	20:33	Kurşunlu (Çankırı)	IX	6.9	50	3354
35	03.01.1952	08:03	Hasankale (Erzurum)	VIII	5.8	41	701
36	22.10.1952	19:00	Ceyhan –Misis (Adana)	VIII	5.6	10	617
37	18.03.1953	21:06	Yenice (Çanakkale)	IX	7.2	265	6750
38	07.09.1953	05:58	Kurşunlu (Çankırı)	VIII	6.0	2	230
39	16.07.1955	09:07	Söke-Balat (Aydın)	IX	6.8	23	470
40	20.02.1956	22:31	Eskişehir	VIII	6.4	1	2819

41	25.04.1957	04:25	Fethiye-Rodos(Muğla)	IX	7.1	67	3200
42	26.05.1957	08:33	Abant (Bolu)	IX	7.1	52	5200
43	25.04.1959	02:26	Köyceğiz (Muğla)	VIII	5.9	-	775
44	23.05.1961	04:45	Fethiye-Rodos(Muğla)	VIII	6.3	-	61
45	18.09.1963	18:58	Çınarcık (İstanbul)	VIII	6.3	1	230
46	30.01.1964	19:45	Tefenni (Burdur)	VIII	5.7	-	39
47	14.06.1964	15:15	Malatya	VIII	6.0	8	847
48	06.10.1964	16:31	Manyas (Balıkesir)	IX	7.0	23	5398
49	13.06.1965	22:01	Denizli	VIII	5.7	14	488
50	07.03.1966	03:16	Varto-Hınıs (Muş)	VIII	5.6	14	1100
51	19.08.1966	14:22	Varto (Muş)	IX	6.9	2396	20007
52	22.07.1967	18:56	Mudurnu (Adapazarı)	IX	6.8	89	7116
53	26.07.1967	20:53	Pülümür (Tunceli)	VIII	5.9	97	1282
54	03.09.1968	10:19	Bartın (Zonguldak)	VIII	6.5	29	2478
55	23.03.1969	23:08	Demirci (Manisa)	VIII	5.9	-	945
56	28.03.1970	03:48	Alaşehir (Manisa)	VIII	6.5	53	3072
57	06.04.1969	05:49	Karaburun (İzmir)	VIII	5.9	-	1360
58	28.03.1970	23:02	Gediz (Kütahya)	IX	7.2	1086	19291
59	19.04.1970	15:29	Gediz (Kütahya)	VIII	5.8	-	1360
60	23.04.1970	11:01	Demirci (Manisa)	VIII	5.6	-	411
61	12.05.1971	08:25	Burdur	VIII	5.9	57	3227
62	22.05.1971	18:43	Bingöl	VIII	6.8	878	9111
63	06.09.1975	12:20	Lice (Diyarbakır)	VIII	6.6	2385	8149
64	24.11.1976	14:22	Muradiye (Van)	IX	7.5	3840	9232
65	05.07.1983	15:01	Biga (Çanakkale)	VIII	6.1	3	85
66	30.10.1983	07:12	Erzurum – Kars	VIII	6.9	1155	3241
67	18.09.1984	15:26	Balkaya (Erzurum)	VIII	6.4	3	570
68	05.05.1986	06:35	Doğanşehir (Malatya)	VIII	5.9	7	824
69	06.06.1986	13:39	Doğanşehir (Malatya)	VIII	5.6	1	1174
70	07.12.1988	09:41	Kars – Ermenistan	X	6.9	4	546
71	13.03.1992	19:08	Erzincan	VIII	6.8	653	8057
72	15.03.1992	18:16	Pülümür (Tunceli)	VII	5.8	-	439
73	06.11.1992	21:08	Doğanbey (İzmir)	VII	6.0	-	55
74	28.01.1994	17:45	Manisa	VI	5.1	-	44
75	01.10.1995	17:57	Dinar (Afyon)	VIII	6.1	90	14156
76	05.12.1995	18:49	Kığı (Tunceli)	VI+	5.7	1	-
77	14.08.1996	01:55	Mecitözü (Amasya)	VI+	5.6	1	2606
78	22.01.1997	17:57	Antakya	VI+	5.4	1	1841
79	13.04.1998	18:14	Karlıova (Bingöl)	VI	5.0	-	148
80	27.06.1998	16:55	Ceyhan (Adana)	VIII	6.2	146	31463
81	17.08.1999	03:01	Gölcük (Kocaeli)	X	7.8	17480	73342
82	12.11.1999	18:57	Düzce	IX	7.5	763	35519
83	06.06.2000	05:41	Orta (Çankırı)	VII	6.1	1	1766
84	15.12.2000	18:44	Sultandağı (Afyon)	VII	5.8	6	547
85	25.06.2001	16:28	Osmaniye	VII	5.5	-	66
86	03.02.2002	09:11	Çay - Sultandağı (Afyon)	VII	6.4	44	622
87	27.01.2003	07:26	Pülümür (Tunceli)	VII	6.2	1	50
88	01.05.2003	03:27	Bingöl	VIII	6.4	176	6000
89	25.03.2004	21:30	Aşkale (Erzurum)	VII	5.6	9	1280
90	02.07.2004	01:30	Doğubayazıt (Ağrı)	VII	5.1	17	1000

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi tarafından 1996 yılında hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nda Türkiye 5 ana deprem bölgesine ayrılmıştır (Şekil 2). Bu haritada olasılık metodu

hesaplarına göre çizilen eş ivme kontur haritası esas alınarak deprem bölgeleri tespit edilmiştir. Buna göre, normal bir yapı 50 yıllık ekonomik ömrü içinde % 90 ihtimal ile bu ivme değerlerinden fazla bir yüklenmeye maruz kalmayacağı tahmin edilmektedir. Ekonomik ömrü daha uzun veya önemli yapılar için karşılaşılabilecekleri en büyük ivme değerlerinin ayrıca hesaplanması gerekmektedir.



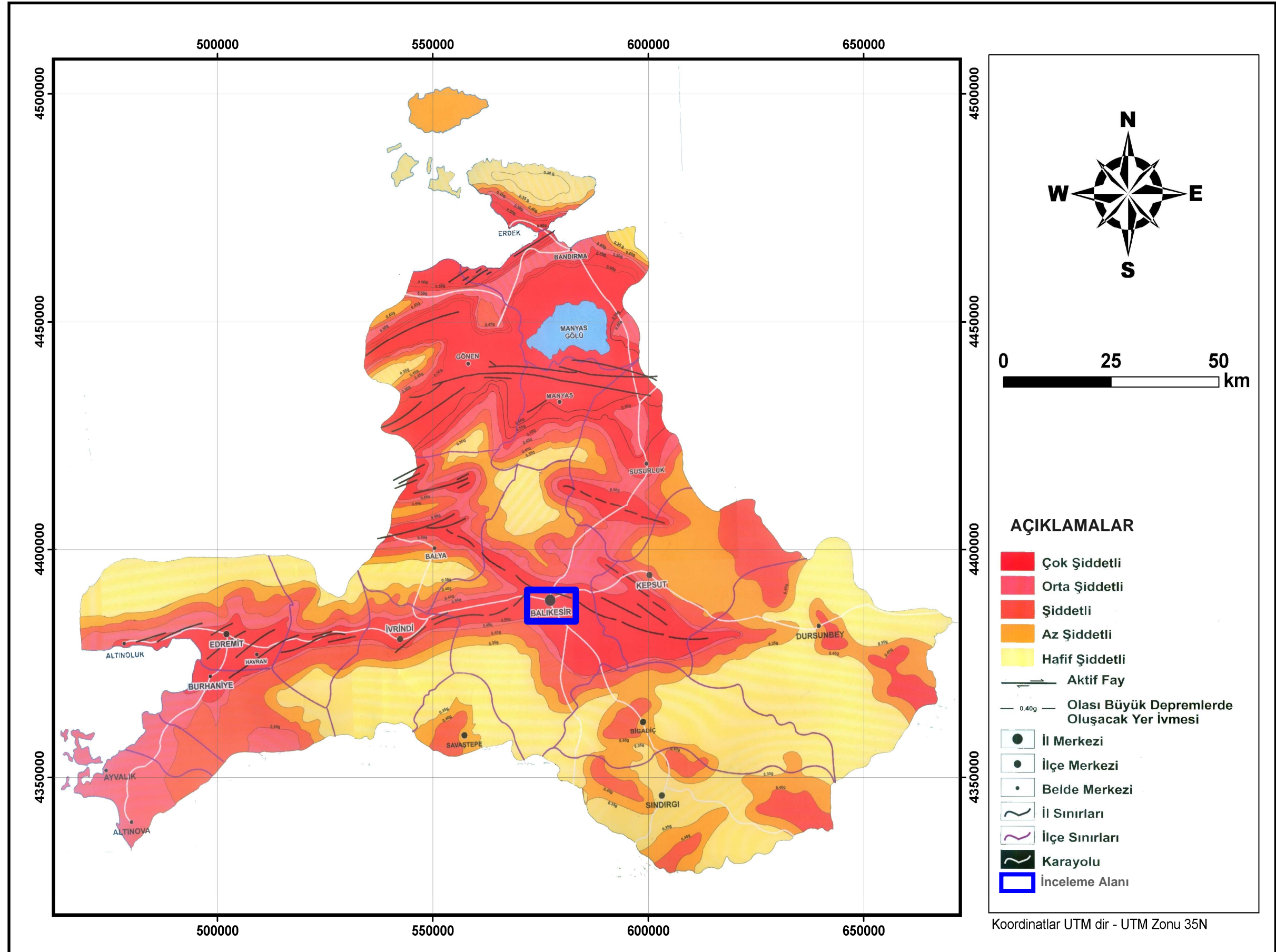
Şekil 2: Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 1996).

2.2. İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinin Depremselliği

İnceleme alanı Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi tarafından 1996 yılında hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nda 1. derece deprem bölgesi olarak gösterilmiştir (Şekil 2). Bu haritada inceleme alanının depremselliği çok küçük ölçekte gösterilmektedir.

Aktimur ve diğerleri (1994) nin yapmış oldukları bölgede oluşacak olan olası büyük depremlerde meydana gelecek yer ivmesi ve şiddetini gösteren haritada da Balıkesir kent merkezinin maruz kalacağı etki çok şiddetli olarak gösterilmektedir (Şekil 3).

İnceleme alanını oluşturan Balıkesir kent merkezinin yerleştiği Balıkesir Ovası ve ovayı çevreleyen plato arazisinde büyük fay sistemleri yer almamaktadır. Ancak kuzey, batı ve güneyden büyük fay sistemleri ile çevrilmiştir. Genel olarak bölge, kuzeyden KAF sisteminin ve güneyden Ege Graben bölgesinin etkisi altındadır. Bu özelliği ile bölge, KAF sistemi ile Ege'nin genişleme bölgesi arasında bir geçiş özelliği taşımaktadır.



Şekil 3: Olası Büyük Depremlerde Balıkesir İli'nde Oluşacak Olan Şiddet ve Yer İvmesi Dağılımını Gösterir Harita (Aktimur ve Diğerleri, 1994'den yararlanılarak düzenlenmiştir).

Bölgenin kuzeyindeki KAF hattının güney koluna ait olan Yenice-Gönen fayı, doğrultu atımlı fay çözümleri veren depremler üretmektedir. Ege graben sisteminin Edremit Körfezini içine alan kuzey kesimi, Kuzey Anadolu fayı ile Batı Anadolu'daki çekme rejimin etkisi altında bulunmaktadır. Dolayısıyla bu bölgede oluşmuş depremlerin odak mekanizmaları, hem normal hem de yatay bileşenlerin hakim oldukları birleşik fay çözümleri vermiştir (Demirtaş ve Yılmaz, 1996). Daha güneyde ise KKD yönelimli Bakırçay grabeni ile KKB yönelimli Simav grabeni bulunur. Bu grabenler, kenarları doğrultu atım bileşenli normal faylar olan büyük çöküntü alanlarını temsil ederler. Çandarlı Körfezi ile Soma arasında uzanan Bakırçay grabeni, 10–20 km genişliğe ve 80 km. uzunluğa sahiptir. Diğer taraftan Simav grabeni, Simav çayı boyunca yaklaşık 100 km uzanır (Gülkan ve Diğerleri, 1993).

Yenice-Gönen Fayı: Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultulu yaklaşık 55–60 km. uzunluğundaki bu fay 18.03.1953 tarihinde 7,2 M büyüklüğünde bir depreme neden olmuştur (Aktimur ve Diğerleri, 1994).

Edincik Fayı: Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultulu olan bu fayın uzunluğu 30–35 km. civarında olup 04.01.1935 tarihinde 6,4 M büyüklüğünde bir depreme neden olmuştur (Aktimur ve Diğerleri, 1994).

Manyas Fayı: Doğu-Batı yönünde 60 km. uzunluğunda olan bu fay 06.10.1964 tarihinde 7,0 M büyüklüğünde bir depreme neden olmuştur (Aktimur ve Diğerleri, 1994).

Sarıköy Fayı: Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultulu olan bu fay yaklaşık 60 km uzunluğundadır. Bu fayın yaklaşık 45 km'lik bölümü Balıkesir il sınırları içerisindedir (Aktimur ve Diğerleri, 1994).

Tüm bu tektonik aktivitenin etkisi altında inceleme alanının yakın çevresinde çeşitli araştırmacılar tarafından tespit edilmiş bazı faylar bulunmaktadır.

- Beşpınar köyünün güneyinden Macarlar köyü, Kabaklı köyü üzerinden Ziraat çiftliği ve Balıkesir'e doğru olan fay (Herzog, 1954).
- Pamukçu Ovasında Eftalya kaplıcaları civarında K-G yönlü fay (Bistritschen, 1957).

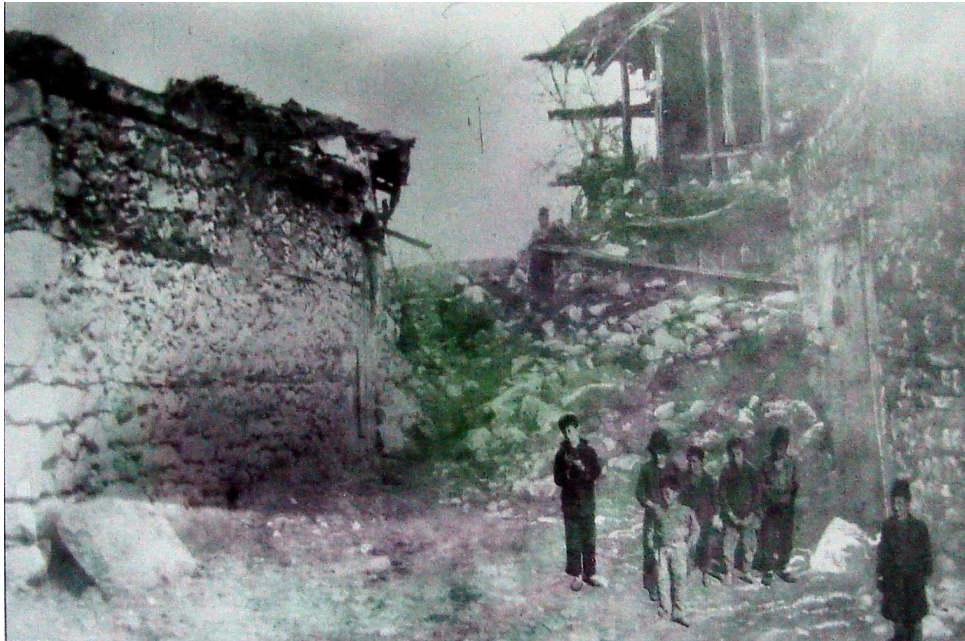
- Çömlekçi doğusundan Yenice kuzeyine geçen, Güven deresinin aşağı kısmına doğru G-K istikametli fay (Herzog, 1954).
- Ayvatlar köyü batısında Ortaca derede K-G uzanımlı düşey atımlı fay (Ergül ve diğerleri 1980).

İnceleme alanı ve yakın çevresinde olmuş tarihsel döneme ait depremler Pınar ve Lahn (1952) ile Soysal ve Diğerleri (1981) tarafından hazırlanan deprem kataloglarından çıkarılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3: Balıkesir ve Çevresinde Meydana Gelmiş Önemli Tarihsel Depremler (Pınar ve Lahn (1952) ile Soysal ve Diğerleri (1981))

Tarih	Enlem	Boylam	Şiddet	Yer
03.05.170	40.10	28.00	IX	Bandırma, Erdek, Gemlik
06.09. 543	40.35	27.80	IX	Erdek, Bandırma-(Tsunami)
23.09.1064	40.40	28.90	IX	İznik, Bandırma, İstanbul-(Tsunami)

Bu depremlere ilave olarak 1577 yılının Eylül ayında Balıkesir’de olan depremde birçok bina yıkılmış ve 40 kişi hayatını kaybetmiştir. Ayrıca Balıkesir kent merkezini etkilediği bilinen tarihi ve aletsel dönem depremleri içerisinde en önemlisi olarak kabul edilen 29 Ocak 1898 tarihinde olan depremde Balıkesir-Bigadiç-Kepsut üçgeni içerisinde kalan birçok bina hasar görmüş ve yüzlerce vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. Depremden önce Balıkesir merkezi 3.579 hane ve 17.299 nüfusa sahipti. Depremde Balıkesir merkezindeki binaların yarısına yakınının yıkıldığı ve 50’den fazla kişinin hayatını kaybettiği rapor edilmiştir (Yazıcı, 2003).



Şekil 4: 29 Ocak 1898 Depreminde Oruçgazi Mahallesi Yıkıntıları (Yazıcı, 2003)

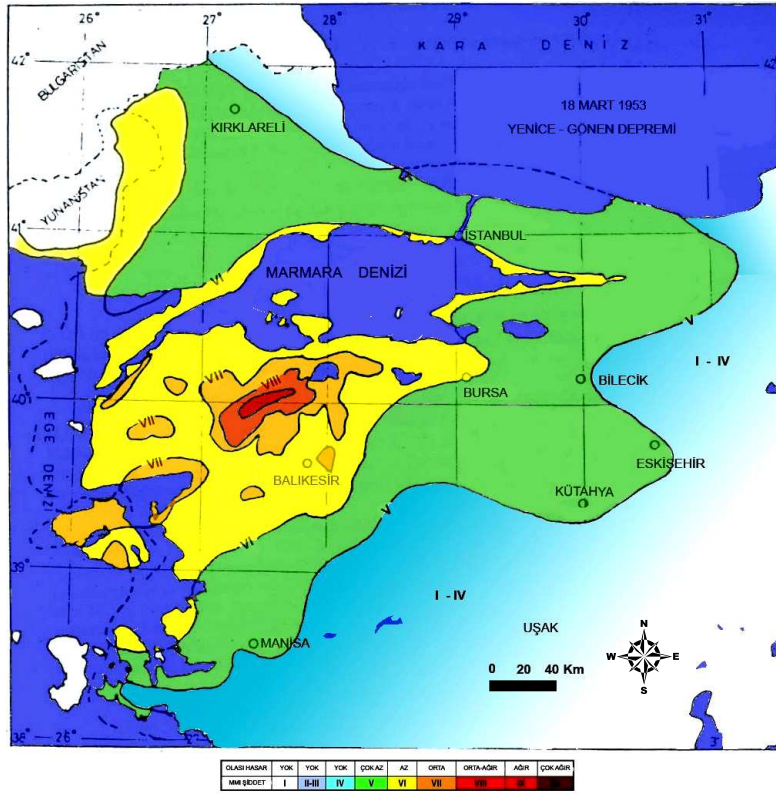
Aletsel dönemde (1900 ve sonrası) meydana gelen depremler daha sağlıklı kayıt altına alındığı için bu dönemdeki depremler hakkında daha detaylı bilgiye sahip bulunmaktayız. Balıkesir kent merkezi ve yakın çevresinde meydana gelmiş olan depremlerden Tablo 2'deki can kaybı ve hasara neden olanlara tarih sırasına göre aşağıda kısaca değineceğiz.

04 Ocak 1935 tarihinde Erdek'te meydana gelen VIII şiddetindeki (6,4 Ms) depremde 5 kişi hayatını kaybetmiş 600 bina hasara uğramıştır.

15 Kasım 1942 tarihinde Bigadiç'te meydana gelen VIII şiddetindeki (6,1 Ms) depremde 16 kişi hayatını kaybetmiş 2.187 bina hasar görmüştür. Bu deprem Balıkesir kent merkezinde de hafif hasara neden olmuş, Çanakkale ve Eskişehir'e kadar hissedilmiştir (Pınar ve Lahn, 1952).

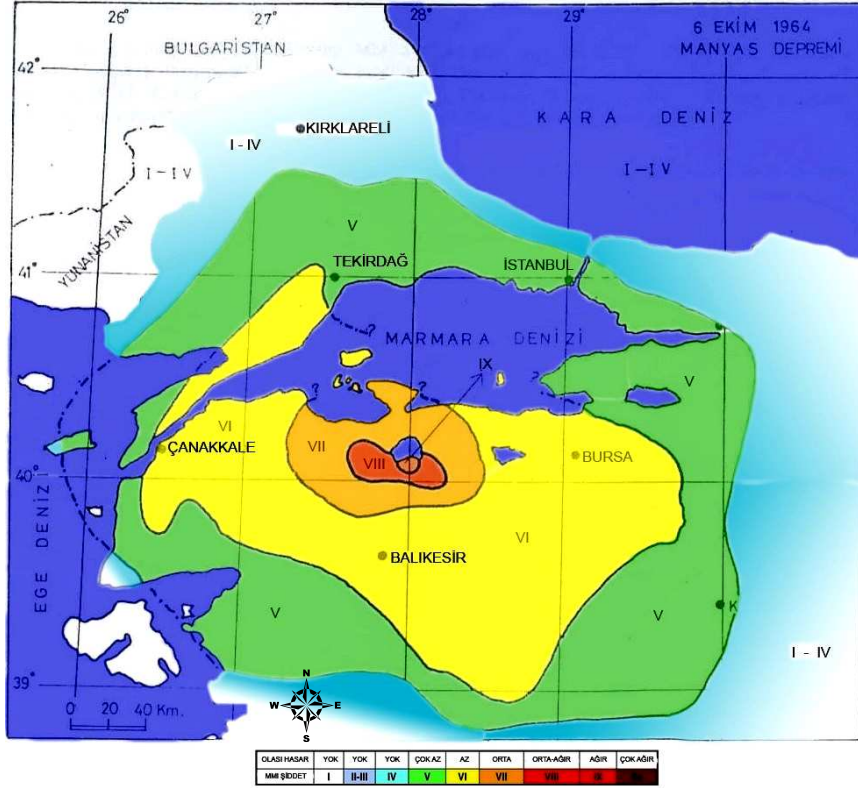
06 Ekim 1944 tarihinde Ayvalık'ta meydana gelen IX şiddetindeki (6,8 Ms) depremde 30 kişi hayatını kaybetmiş 5.500 bina hasar görmüştür.

18 Mart 1953 tarihinde Yenice-Gönen'de meydana gelen IX şiddetindeki (7,2 Ms) depremde 265 kişi hayatını kaybetmiş 6.750 bina hasar görmüştür. Bu deprem inceleme alanı ve yakın çevresinde aletsel dönemde meydana gelmiş en büyük depremdir. Balıkesir kent merkezinde de VI şiddetinde kentin hemen doğusundaki alüvyon ovada ise VII şiddetinde hissedilmiştir (Şekil 5).



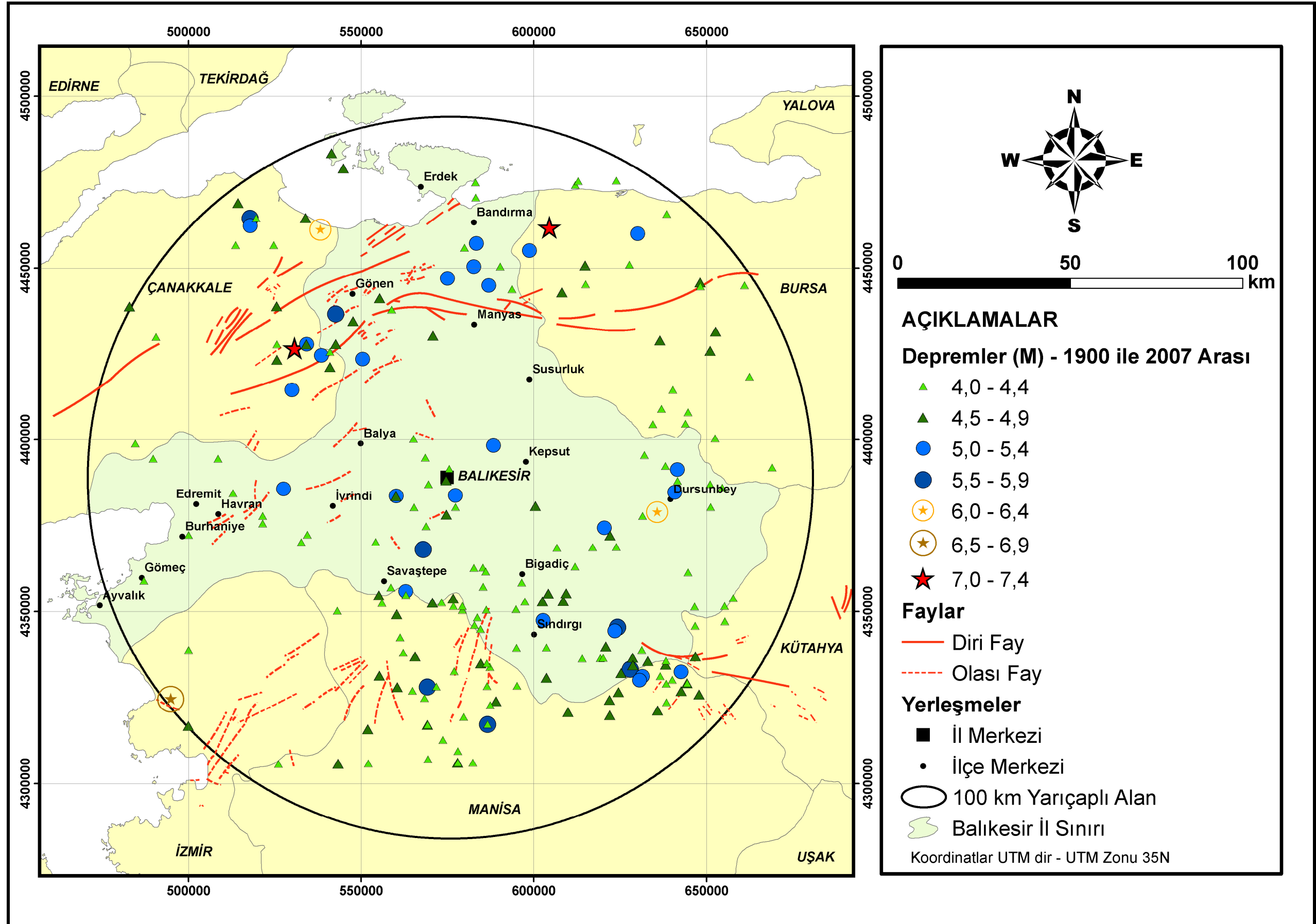
Şekil 5: 18 Mart 1953 Yenice-Gönen Depremi Şiddet Haritası
(http://www.ibb.gov.tr/akom/yenice_gonen_dep.htm)

06 Ekim 1964 tarihinde Manyas'ta meydana gelen IX şiddetindeki (7,0 Ms) depremde 23 kişi hayatını kaybetmiş 5.398 bina hasara uğramıştır. Bu deprem Balıkesir kent merkezinde VI şiddetinde hissedilmiştir (Şekil 6).



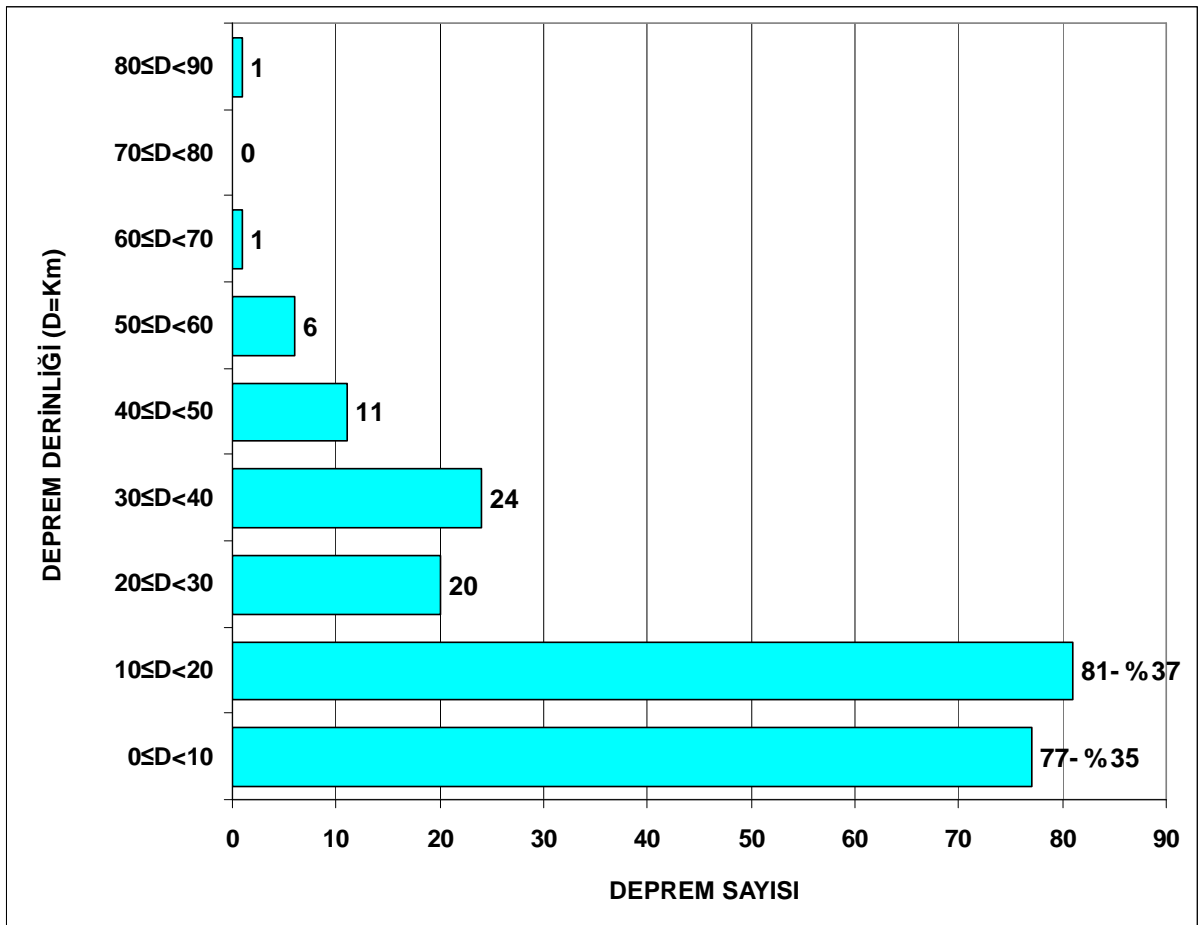
Şekil 6: 06 Ekim 1964 Manyas Depremi Şiddet Haritası
(http://www.ibb.gov.tr/akom/manyas_dep.htm)

İnceleme alanının depremselliğinin belirlenmesi amacı ile, 1900–2007 yılları arasında Balıkesir kent merkezli 100 km yarıçaplı bir alan içerisinde meydana gelmiş olan magnitüdü 4,0 M ve üzerindeki 221 depremin dış merkezleri Kandilli kayıtlarından derlenerek haritalanmıştır (Şekil 7). Ayrıca bu depremlerin listesi Ek'teki Tablo 7'de gösterilmiştir. Magnitüdü 4,0 M'den küçük olan depremler insanlar tarafından hissedilememesi sebebiyle incelemeye dahil edilmemiştir. Depremlerin dış merkezleri bazı yerlerde yoğunlaşmaktadır. Çan - Biga, Yenice - Gönen, Edincik, Manyas Fayı ile Bakırçay ve Simav grabenleri bu mekânların başında gelmektedir. Bunların dışında Savaştepe, Sındırgı ve Dursunbey civarında da bir yoğunlaşma bulunmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7: Balıkesir Kent Merkezi ve 100 km Yarıçaplı Alanda 1900–2007 Yılları Arasında Meydana Gelen $M \geq 4,0$ Depremlerin Dış Merkezlerini Gösterir Harita (Faylar Şaroğlu ve Diğerleri, 1992'den alınmıştır)

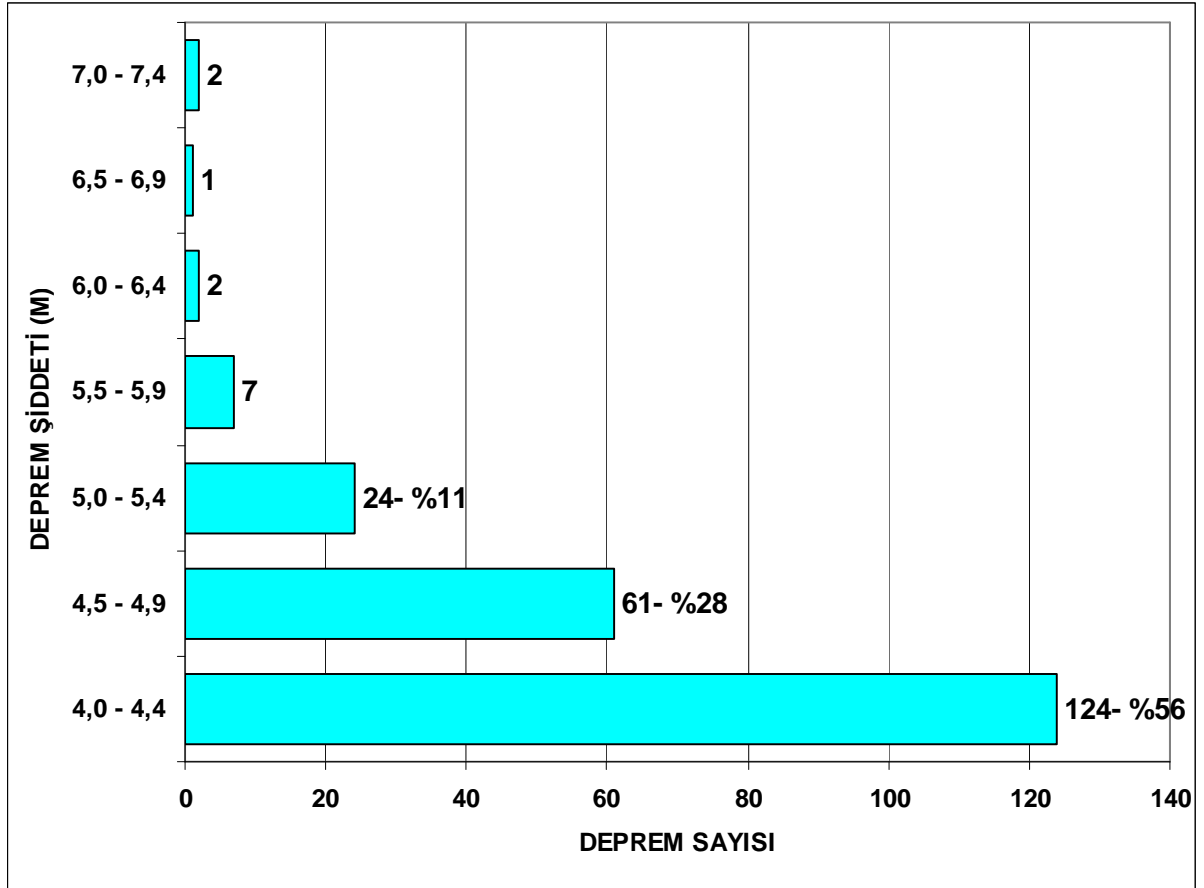
Depremi önemli bir parametresi de odak derinliğidir. Balıkesir kent merkezi ve 100 km yarıçaplı alanda 1900–2007 yılları arasında meydana gelen magnitüdü 4,0 M ve üzerindeki depremlerin odak derinlikleri Şekil 8’de grafik halinde gösterilmiştir. Bu depremlerden bir tanesi hariç hepsi 70 kilometreden daha sığ derinlikte meydana gelmiştir. Odak derinliği $10 \leq 20$ km arasında olan 81 deprem % 37’lik bir oranla ilk sırada yer almaktadır. Bunu %35’lik oranla $0 \leq 10$ km arasında olan 77 deprem izlemektedir. İncelenen depremlerin odak derinliğine bakarak Balıkesir kent merkezini etkilemesi beklenen olası bir depremin sığ bir deprem olacağını söyleyebiliriz. Depremlerin sığ olması dış merkezinde yapacağı tahribatı da artıracaktır (Efe, 1998).



Şekil 8: Balıkesir Kent Merkezli 100 km Yarıçaplı Alanda 1900–2007 Yılları Arasında Meydana Gelen $M \geq 4,0$ Depremlerin Odak Derinliklerine Göre Dağılımı

Balıkesir kent merkezi ve 100 km yarıçaplı alanda 1900–2007 yılları arasında meydana gelen magnitüdü 4,0 M ve üzerindeki depremlerin büyüklüklerine göre dağılımı Şekil 9’da grafik halinde gösterilmiştir. Bu depremlerin 124 adedi 4,0 M ile 4,4 M arasında olup toplam sayının %56’sını oluşturur. Bunu %28 ile 61 adet 4,5–4,9

M arasındaki, %11 ile 24 adet 5,0–5,4 M arasındaki depremler izlemektedir. Geriye kalan %5'lik orana sahip 12 adet depremin 2 tanesi 7,0 M'den büyüktür. Bu depremlerin büyüklüklerine göre dağılımlarına bakarak azalan oranda depremlerin olduğunu söyleyebiliriz. Bu doğal bir dağılımdır. Fakat 2 adet 7,0 M ve 7,2 M büyüklüğünde depremin olması inceleme alanında ve yakın çevresinde gelecekte de bu büyüklükte depremler olabileceğini işaret etmektedir.



Şekil 9: Balıkesir Kent Merkezli 100 km Yarıçaplı Alanda 1900–2007 Yılları Arasında Meydana Gelen $M \geq 4,0$ Depremlerin Büyüklüklerine Göre Dağılımı

2.2.1. Magnitüd – Frekans İlişkisi

Magnitüd-Frekans ilişkisini veren ve Gutenberg-Richter (1954) tarafından bulunmuş olan, deprem magnitüdü (M) nü, bir yıldaki tüm depremlerin adedi (N) ne bağlayan aşağıdaki bağıntı, deprensellik ve deprem magnitüdülerinin olasılık dağılımlarını belirlemek için kullanılmıştır.

$$(8) \quad \text{Log}N(M) = a - bM$$

N (M) : Magnitüdü M veya daha büyük olan depremlerin bir yıldaki sayısı,

a ve b : Regresyon katsayıları,
M : Deprem magnitudüdür.

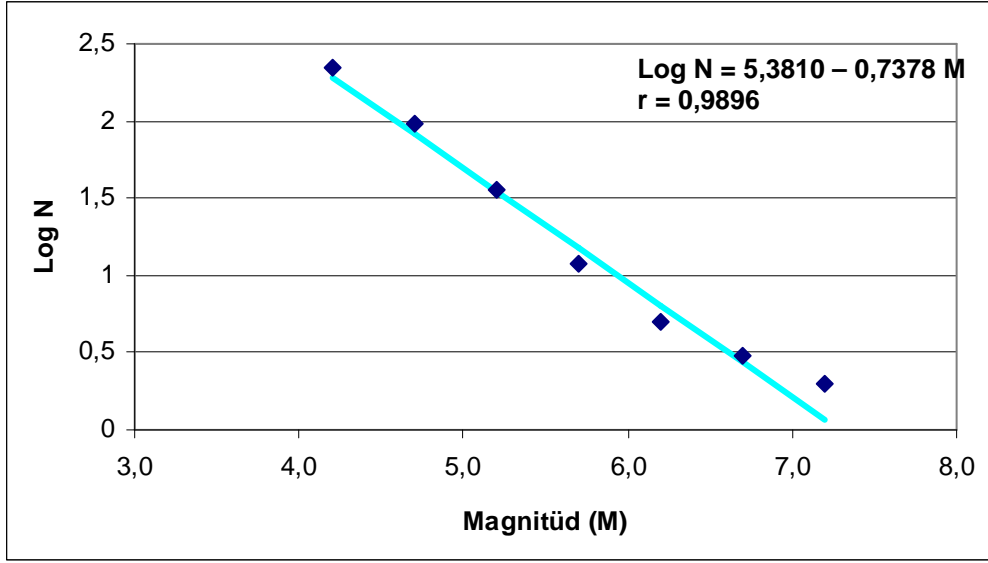
1 nolu bağıntıdaki a ve b regresyon katsayıları, her deprem kaynak zonunun birbirinden farklı tektonik özellikler göstermesi nedeniyle farklı değerler almaktadır. İncelenilen bölgenin büyüklüğüne, gözlem süresine ve gözlem süresindeki deprem etkinliğine bağlı olan a katsayısı “*Ortalama Yıllık Sismik Aktivite İndeksi*”, incelenilen bölgenin tektonik özelliklerine göre farklılık gösteren b katsayısı ise “*Sismotektonik Parametre*” olarak tanımlanmaktadır. Yapılan incelemelerle küçük b katsayısı, bölgede sismik faaliyetin yüksek olduğunu, gerilimin sürekli olarak boşaldığını göstermektedir (Özmen,2001).

Magnitud – Frekans ilişkisi 1900 ile 2007 yılları arasında Balıkesir kent merkezli 100 km yarıçaplı alan içerisinde meydana gelmiş, magnitudü 4,0 M ve daha büyük olan 221 adet deprem kullanılarak hesaplanmıştır. Deprem magnitudleri $\Delta M=0,5$ birim aralık içeren sınıflara ayrılarak her bir aralığa karşılık gelen normal ve yığınsal frekanslar, LogN değerleri belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4: $\Delta M=0,5$ Aralıkları İle Sıralanan Depremlerin Normal ve Yığınsal Frekans Değerleri

$\Delta M=0,5$	Ortalama Aralık	Frekans	Yığınsal Frekans	Log N
4,0 - 4,4	4,2	124	221	2,344392
4,5 - 4,9	4,7	61	97	1,986772
5,0 - 5,4	5,2	24	36	1,556303
5,5 - 5,9	5,7	7	12	1,079181
6,0 - 6,4	6,2	2	5	0,69897
6,5 - 6,9	6,7	1	3	0,477121
7,0 - 7,4	7,2	2	2	0,30103

En küçük kareler yöntemi kullanılarak yapılan regresyon analizi ile M-Log N eğrisinden 1 bağıntısındaki a ve b katsayıları bulunmuştur (Şekil 10).



Şekil 10: Magnitüd - Frekans İlişkisi

İnceleme alanı için Magnitüd - Frekans ilişkisi, **Log N(M) = 5,3810 - 0,7378 M** olarak bulunmuştur. Burada regresyon uyumluluk parametresi $r = 0,9896$ dir. Diğer bir deyişle yapılan analizin uyumluluğu %98'dir.

2.2.2. Deprem Tehlikesi ve Sismik Risk Analizi

Hasar ve can kaybına neden olabilecek büyüklükte bir depremin, belli bir yerde ve belli bir zaman aralığı içerisinde meydana gelme ihtimali "*Deprem Tehlikesi*" olarak tanımlanmaktadır. Gelecekte beklenen depremlerin yeri, oluş zamanı ve büyüklüğü'nün saptanmasına yönelik olarak, kullanılan modellerden kaynaklanan belirsizlikleri gidermek amacıyla, farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler içerisinde, deprem oluşumlarının belirlenen bir bölge içinde yer ve zaman açısından birbirinden bağımsız oldukları varsayımına dayanan basit "*Poisson*" modeli yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Konuya ilişkin yapılan çalışmalar, Poisson modelinin belleksiz özelliğinin, genel olarak, orta ve büyük magnitüdü deprem oluşumları için geçerli olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada da probabilistik yöntem olarak basit Poisson modeli kullanılmıştır.

Deprem olaylarının zaman uzayında bir Poisson süreci oluşturabilmeleri için şu koşulları sağlamaları gerekir.

1. Depremler zamanda bağımsızdır, yani bu yıl olacak bir deprem gelecek yıl olabilecek bir depremin oluşunu önceden etkilemez.

2. Depremler uzayda bağımsızdır, yani belirli bir kaynaktan oluşacak deprem başka bir kaynaktan meydana gelecek bir depremi etkilemez.
3. Aynı an ve aynı yerde iki ayrı depremin olma ihtimali sıfırdır.

İnceleme alanı için elde edilen Magnitüd-Frekans ilişkisi kullanılarak depremlerin gelecekte beklenen oluşumları, diğer bir deyişle deprem tehlikesinin belirlenmesine yönelik hesaplamalar, olasılık yöntemleriyle yapılabilmektedir.

Verilen bir dönemde magnitüdü verilen bir M değerinden büyük veya ona eşit olan depremlerin yıllık ortalama oluş sayıları,

$$(9) \quad n(M) = 10^{a_1' - bM}$$

bağıntısı ile bulunabilir. n(M) değeri,

$$(10) \quad R(M) = 1 - e^{-n(M)D}$$

formülünde yerine konularak belirli yıllar için sismik risk değerleri hesaplanabilir (Alptekin, 1978). Bunların dönüş periyotları ise,

$$(11) \quad Q(M) = 1/n(M)$$

bağıntısından hesaplanabilir. İnceleme alanının depremsellik parametreleri ise,

$$(12) \quad a' = a - \text{Log}(b \text{Ln}10)$$

$$(13) \quad a_1 = a - \text{Log} T$$

$$(14) \quad a_1' = a' - \text{Log} T$$

bağıntıları ile T=107 yıl için elde edilerek Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5: Deprem Tehlikesini Belirlemede Kullanılan Parametreler

a	b	a'	a1	a1'
5,3810	0,7378	5,1508	3,3516	3,1214

Tablo 5'deki değerler denklem

$$(2) \quad n(M) = 10^{a_1' - bM}$$

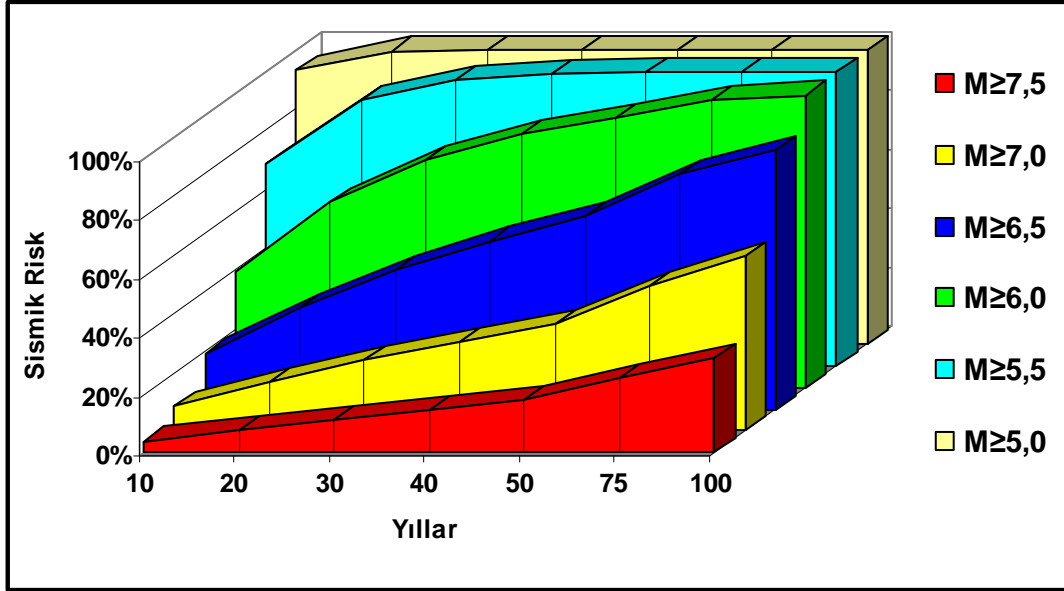
de yerine konulmuş ve denklem

$$(3) \quad R(M) = 1 - e^{-n(M)D}$$

kullanılarak D=10, 20, 30, 40, 50, 75 ve 100 yıllık periyotlar ve birim magnitüd değeri $\Delta M = 0,5$ için sismik risk değerleri ile dönüşüm periyotları hesaplanmıştır (Tablo 6, Şekil 11). Buna göre inceleme alanında ve yakın çevresinde gelecek 40 yıl içerisinde 5,5 M ve daha büyük bir depremin olma ihtimali %99, tekrarlama zamanı ise 8,6 yıldır.

Tablo 6: Balıkesir Kenti Merkezli 100 Km Yarıçaplı Bir Alan İçin Elde Edilmiş Sismik Risk Değerleri ve Dönüşüm Periyotları.

M	N(M)	SİSMİK RİSK (%)							Dönüşüm Periyodu (Yıl) Q(M)
		Yıllar							
		10	20	30	40	50	75	100	
5,0	0,2895	93	100	100	100	100	100	100	3,7
5,5	0,1238	69	90	97	99	100	100	100	8,6
6,0	0,0529	39	63	77	86	92	98	99	20,2
6,5	0,0226	19	35	47	57	65	80	88	47,3
7,0	0,0097	9	17	24	30	36	49	60	110,5
7,5	0,0041	4	7	11	14	18	25	32	258,4



Şekil 11: Balıkesir Kenti Merkezli 100 Km Yarıçaplı Bir Alan İçin Elde Edilmiş Sismik Risk Değerleri

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ETKİLİ FAKTÖRLER

3.1. Jeolojik Özellikler

Balıkesir kent merkezini etkilemesi beklenen olası bir depremin oluşturacağı sonuçları etkileyen faktörlerin başında jeolojik özellikler gelmektedir. Bu kapsamda Balıkesir kent merkezinin ve yakın çevresinin jeolojik özellikleri, litolojik ve tektonik yapı özellikleri olmak üzere iki başlık altında ele alınmıştır.

3.1.1. Litolojik Yapı Özellikleri

İnceleme alanı ve yakın çevresinde farklı zamanlarda oluşmuş sedimanter, volkanik ve metamorfik kayalar görmek mümkündür. Balıkesir kent merkezinin yerleştiği zeminler (2006 yılı verilerine göre); % 0,5 ile Alt Triyas yaşta olan metamorfik kayalar, %12,5 ile Tersiyer yaşta olan dasit, andezit, aglomera ve tuf, %12 ile Tersiyer yaşta olan konglomera, kumtaşı, kireçtaşı ve kil, %75 ile Kuvaterner yaşta olan alüvyonlardan oluşmaktadır (Şekil 12).

İnceleme alanının litolojik yapı özelliklerini olası bir deprem esnasında meydana gelen titreşimlere vereceği tepkiye göre sınıflandırmak mümkündür. Çünkü litolojik özellikler deprem şiddetini artırıcı ya da azaltıcı bir etkiye sahiptir. Bu kapsamda inceleme alanının jeolojik özellikleri Erinç ve Diğerleri nin (1970) Gediz Depremi'nden sonra yapmış oldukları zemin sınıflandırması dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu araştırmada zemin özellikleri dört sınıfa ayırmıştır:

- **Sağlam Zeminler:** Granit, çözülmemiş yoğun başkalaşım kayaları ile yine çözülmemiş volkanik kayalar, yoğun birinci ve ikinci zaman kalker ve konglomeralarını içermektedir.

- **Orta Derecede Sağlam Zeminler:** Ayrışmamış yeşil kayaçlar, örneğin serpantin, yoğun kayaçlarla ara tabakalı Neojen kalker ve kumtaşlarından oluşmaktadır.
- **Zayıf Zeminler:** Kum, kil, marn gibi gevşek Neojen depolarını kapsar.
- **Çok Zayıf Zeminler:** Su ile doygun ve gevşek olan yeni alüvyonlar, bataklık alanlar, su ile doygun Neojen kil – marnları, çözülme ürünleri, dolgu alanları ve topraklarıdır.

3.1.1.1. Sağlam Zeminler

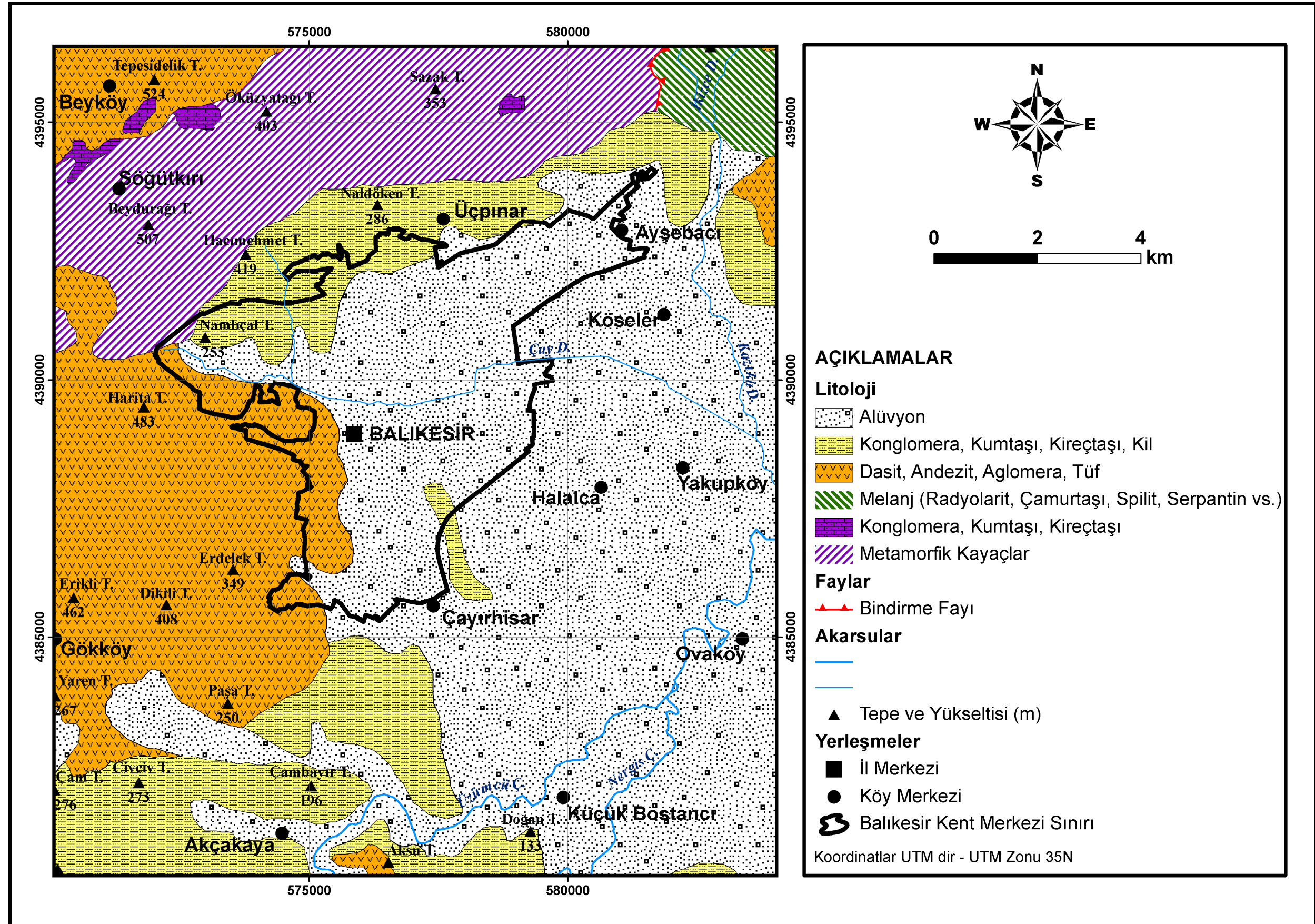
3.1.1.1.1. Metamorfik Kayaçlar

İnceleme alanının kuzeyinde Söğütürü ile Sazak Tepe arasında Güneybatı-Kuzeydoğu yönünde uzandığı gözlenmektedir (Şekil 12). Spilit, çamurtaşı, radyolarit ve bunlarla yer yer birbirine yanal ve dikey geçişli az metamorfik veya hiç metamorfizma görülmeyen feldspatlı kumtaşı, kuvarsit, konglomera ve silttaşı araldanmasından meydana gelmiştir. Bu birim içinde Karbonifer ve Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları da görülmektedir (Ergül ve Diğerleri, 1980). Bu birim ilk defa Bingöl ve Diğerleri tarafından Karakaya grubu olarak da adlandırılmıştır (Bingöl ve Diğerleri, 1973).

Bu formasyonun tanıtıcı özelliği bloklu bir seri oluşudur. Kesin kalınlığı bilinmemekle birlikte yaklaşık 200 m olarak kabul edilmektedir (Ergül ve Diğerleri, 1980). Yaşı radyometrik yaş tayinlerine göre Alt Triyas olarak belirlenmiştir (Bingöl, 1976). Bu formasyon, bölgenin erken Mezozoik'teki tektonik durumunu göstermesi bakımından önemlidir. Formasyonun oluşumunda Kazdağı masifi ile Menderes masifinin birbirinden uzaklaşması etkili olmuştur (Bingöl, 1976).

3.1.1.1.2. Konglomera, Kumtaşı ve Kireçtaşı

İnceleme alanının kuzeyindeki Söğütürü ile Beyköy arasında ve Sazak Tepe doğusunda görülmektedir (Şekil 12). Bu formasyon, açık bej renkli, orta-kalın katmanlı kireçtaşlarından oluşur. Altta oolitik aratabakalı, yer yer çört bantlı sileks yumrulu olan birim, üste doğru oldukça sert koyu siyahımsı gri renkli, çatlaklı kireçtaşına geçer. Formasyon yaklaşık 130 m kalınlığında olup Üst Jura- Alt Kretase yaşıdır (Ergül ve Diğerleri, 1980; Aktimur ve Diğerleri, 1994) .



Şekil 12: Balıkesir Kent Merkezi ve Yakın Çevresinin Jeoloji Haritası (Ergül ve diğerleri (1980), Özoğul (1987), Tağıl (2003)'den yararlanılarak düzenlenmiştir.

3.1.1.1.3. Dasit, Andezit, Aglomera ve Tüf

İnceleme alanının batı – güneybatı bölümünde, Gökköy ile Balıkesir kent merkezi arasındaki alanda yaygın olarak görülmektedir. Bu kayaç grubu, Akyürek ve Soysal (1981) tarafından Yuntdağ volkaniti olarak adlandırılmıştır. Lavlar, tüfler, silisleşmiş tüfler, aglomeralar ve laharlardan oluşan bu formasyonun kalınlığı 500 m civarındadır. Alt – Orta Miyosen'e tekabül eden bir yaş aralığında, yaklaşık 5 milyon yılda çeşitli evrelerde ortaya çıkmıştır(Ercan ve Diğerleri, 1990).

Lavlar, çoğunlukla andezit ve yer yer dasit karakterde olmakla birlikte; seyrek de olsa riyodasit ve riyolit özellik gösterenlere de rastlanmaktadır. Andezitik lavlar, genellikle pembemsi morumsu, pembemsi boz renkte düzensiz kırıklı, köşeli kırılmalı akma yapısı nadiren gözlenen birimde yer yer iri feldspatlar ve mikalar izlenir. Dasitik lavlar ise pembemsi beyaz, kirli beyaz renkte gözlenmekte olup içerisinde bol miktarda belirgin kuvars tanelerine rastlanmaktadır. Tüfler yer yer kaolinleşmiştir. Laharlar ise orta ve iri boyutlu, köşeli, genellikle andezit bileşimli volkanik çakıl ve bloklardan oluşmaktadır. Aglomeralar ise genellikle andezit ve dasit çakılıdır ve tüf çimentoludur (Ergül ve Diğerleri, 1980).

3.1.1.2. Orta Derecede Sağlam Zeminler

3.1.1.2.1. Yayla Melanjı

İnceleme alanının kuzeydoğusunda, Ayvatlar köyünün güneybatısında, Kabaklarla ve Kızılbayır tepeleri civarında görülmektedir (Şekil 12). Bu formasyon, birbirleriyle ilksel ilişkide olmayan irili ufaklı radyolarit, çamurtaşı, spilitik tüf, serpantin, diyabaz, gabro, mermer, metakumtaşları, rekristalize kireçtaşı, gloukofan şist gibi kayaçlardan oluşmaktadır (Ergül ve diğerleri,1980). Karmaşık bir topluluk olan bu formasyon, teşil, gri, sarı, mor, kırmızı gibi renklerin oluşturduğu alaca bir görünüme sahiptir. Yayla melanjının yaşı, Üst Kretase olarak belirlenmiştir (Ercan ve diğerleri,1990). Bu formasyonun kalınlığı Ergül ve diğerleri (1980) tarafından 200 m olduğu belirtilmektedir.

3.1.1.3. Zayıf Zeminler

3.1.1.3.1. Konglomera, Kumtaşı, Kireçtaşı ve Kil

İnceleme alanının kuzey – kuzeybatı bölümünde Namlıçal Tepe' den Üçpınar köyünün kuzeydoğusuna kadar uzanan bölümü ile Çayırhisar köyü kuzeydoğusunda görülür (Şekil 12). Balıkesir kent merkezi alanının %12'lik bölümünü kaplayan bu formasyon konglomera, kumtaşı, marn, killi kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanmalarından oluşmakta ve yer yer lav ve tuf düzeyleri içermektedir.

Yaşı, fosil bitki materyali üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda Üst Miyosen – Pliyosen olarak belirlenmiş olan bu formasyonun yaklaşık kalınlığı 300 m'dir (Akyürek ve Soysal, 1981). Formasyon, daha eski kaya birimleri üzerinde, temel kayalara ait tüm çakılları içeren konglomera ile başlar. Daha üstte yer alan kumtaşları gevşek tutturulmuş tuf ve kalsit çimentoludur. Formasyon daha üste doğru kiltası ve marn ardalanması ile devam eder ve killi killi kireçtaşlarına geçer. En üstte kireçtaşları ve silisifiye kireçtaşları ile devam eder (Aktimur ve diğerleri, 1994).

Karasal ortamda oluşmuş bu formasyon, alt düzeyde akarsu ortamını, üst düzeyde delta ve gölssel ortam şartlarını yansıtmaktadır. Genellikle kumtaşı ve kumlu tuf ardalanmalı olan birimde kumtaşı ile tuf birbirinden ayrılamamaktadır. Bu nedenle çökeltme ortamı, hızlı ve ani bir çökeltmenin olduğu ve yüksek enerjili küçük ortamlar olarak tanımlanmaktadır (Ergül ve diğerleri, 1980).

3.1.1.4. Çok Zayıf Zeminler

3.1.1.4.1. Alüvyon

İnceleme alanının doğu ve güneydoğu bölümünde, Çayırhisar ile Ayşebacı köyleri arasındaki alanı kaplayarak batıda Namlıçal tepeye kadar uzanan bu formasyon, Balıkesir kent merkezi alanının %75'lik bölümünü kaplayarak en büyük orana sahip formasyon özelliğindedir. Alüvyon tabaka, inceleme alanının doğusundaki Balıkesir Ovası'nın tamamına yakınına kaplamaktadır (Şekil 12).

Alüvyonların karakteristik özelliği siltli ve ince kumlu olmasıdır (Tağıl, 2003). İnceleme alanı çevresindeki Alüvyon kalınlığı 10-80 m arasında değişmektedir. Balıkesir kent merkezi sınırları içindeki alüvyon kalınlığı 10-20 m civarında iken ova tabanındaki Okaköy köyü civarında 80 m yi bulmaktadır (Şekil 19).

Özoğul (1987) tarafından Balıkesir ovasında alınan kuvars, andezit ve kalker çakılları üzerinde yapılan yassılık testi sonucu elde edilen yassılık indisi değerleri, alüvyonların akarsular tarafından şekillendirildiğini kanıtlamaktadır.

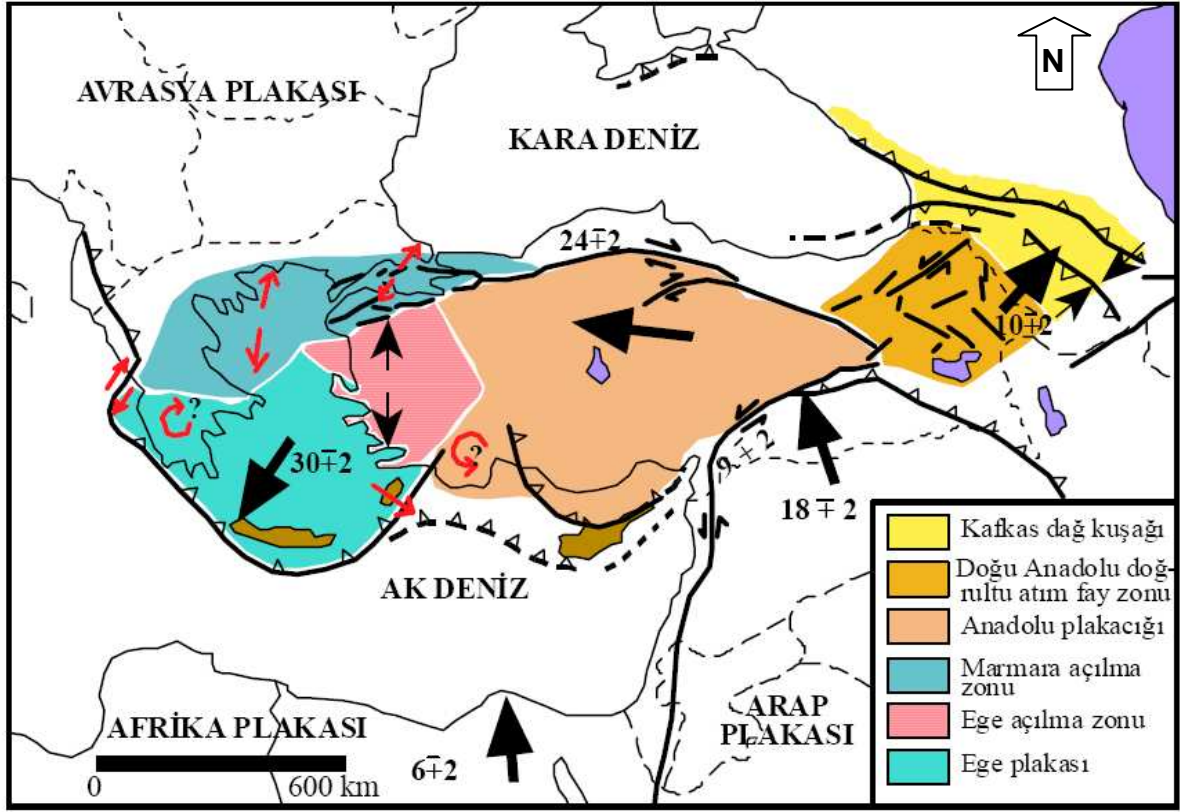
Erinç ve diğerlerinin (1970) yaptıkları çalışmada alüvyonları deprem şiddetini en fazla arttıran formasyon olarak nitelemiş ve gevşek ve su ile doygun olan malzemenin, deprem dalgalarının oluşturduğu titreşimi kolaylıkla ve şiddetini arttırarak nakledeceğini belirtmişlerdir.

3.1.2. Tektonik Yapı Özellikleri

Türkiye, Alp - Himalaya tektonik kuşağında yer almaktadır. Bu nedenle, Türkiye' nin bulunduğu sahada deprem aktivitesi oldukça yoğundur.

Türkiye, esas olarak deprem üreten Avrasya, Afrika ve Arabistan gibi üç etkin levhanın birleşme noktasındadır (Şekil 13). Anadolu'nun büyük bir kısmının yer aldığı Anadolu levhası, Avrasya levhasının küçük bir bölümüdür. Sahanın tektonik yapısının şekillenmesinde bu levhalar arasındaki hareketler etkili olmaktadır. Arabistan levhasının kuzeye doğru ilerlemesi ile Atlas Okyanusu ve Akdeniz'i Hint okyanusuna bağlayan eski bir okyanus yok olmaya başlamış ve böylece Arabistan kıtası ile Avrasya kıtası birbirleri ile çarpışma sürecine girmiştir (Atabey, 2000). Afrika ve Arap levhalarının Avrasya levhasına göre kuzeye doğru hareket etmesi, Anadolu levhalarının batıya hareket etmesine neden olmaktadır (Şekil 13).

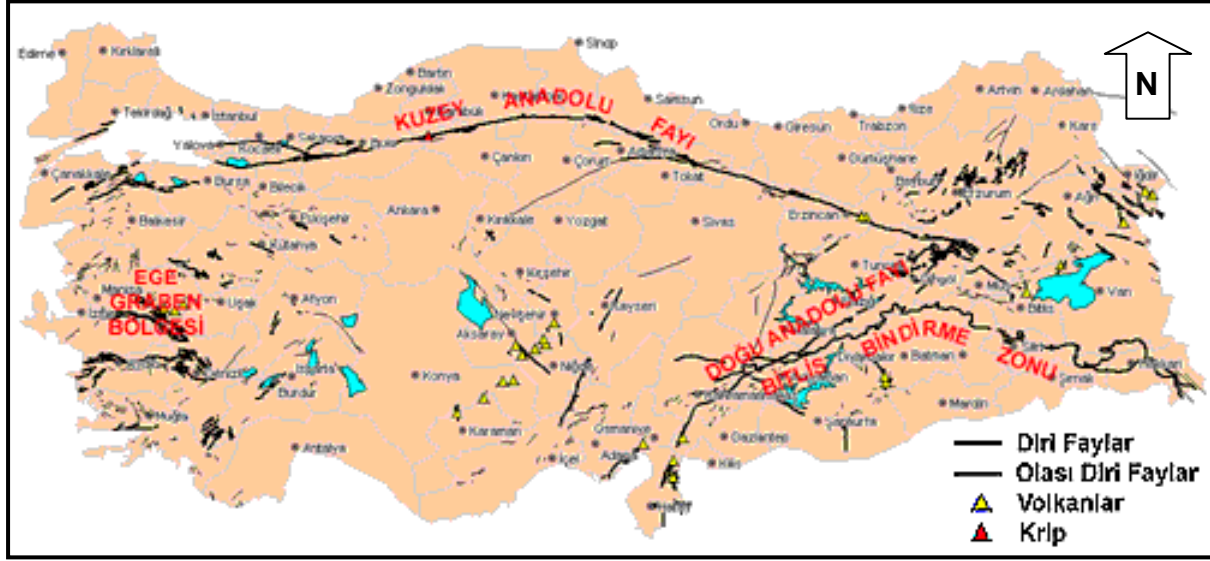
Balıkesir kent merkezi ve yakın çevresini de içine alan Batı Anadolu, Afrika levhasının Girit adasının güneyinde Ege ile Anadolu levhalarının altına dalması sonucu Orta Miyosen - Üst Pliyosen zaman aralığında K-G yönünde sıkışmıştır (Şaroğlu ve Yılmaz, 1990). Bu sıkışma sonucu Anadolu levhasında oluşan batı yönündeki hareket bugün halen devam etmektedir. Yakın zamanda Anadolu'nun çeşitli kesimlerinden yapılan GPS (Küresel Pozisyon Sistemi) ölçümlerine göre, Arap Yarımadası her yıl 18 ± 2 mm kuzeybatıya doğru ilerlemektedir (Şekil 14). Buna bağlı olarak Anadolu, Kuzey Anadolu Fayı boyunca senede 24 ± 2 mm, Doğu Anadolu fayı boyunca senede 9 ± 2 mm hareket etmektedir. GPS ölçümleri Batı Anadolu'nun ise yılda 30 ± 2 mm güneybatıya hareket ettiğini işaret etmektedir (McClusky, 2000).



Şekil 13: Türkiye ve Çevresindeki Plakaların Göreceli Hareketleri (McClusky, 2000).

Bölgenin aktif tektoniği ve depremselliğinde, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) büyük etkiye sahiptir. Bu fay sistemi, doğuda Doğu Anadolu Fayı (DAF) ile kesiştiği Karlıova üçlü birleşim noktasından başlar, orta kesimi civarında dışa bükey bir yay yaparak Mudurnu Vadisi segmentinin batı ucuna kadar devam eder (Şekil 14). Mudurnu Vadisi segmentinin batısında iki ana kola ayrılarak, kuzeydeki kol Sapanca, oradan Armutlu yarımadasının kuzey kenarını izleyerek Marmara Denizi içerisinde Saroz Körfezine doğru uzanır. Güneyde yer alan kol ise Geyve-Mekece-İznik boyunca uzanarak oradan da Bandırma ve daha sonra Biga yarımadasını izleyerek Ege denizine doğru devam eder. Kuzey Anadolu fayının toplam uzunluğu yaklaşık 1000 km civarında olup, toplam atım miktarı 25 km ile 85 km arasında değişmektedir. Doğuda fay 100 m ile birkaç yüz metre arasında değişen genişliklerde oldukça dar çizgisel görünüm ve ters bileşenli özellikler gösterirken, batıya doğru fay hattının genişliği artarak 5 km ye ulaşır ve normal atım bileşenli özellikler sunmaktadır. Fay orta kısımda dış bükey bir kavis yaparak fayın kilitlemesine neden olacak şekilde Anadolu bloğunun güneybatıya doğru dönmesine (rotasyona) neden olmaktadır. KAF'nın Marmara Bölgesi'ndeki güney kolu olası bir depremde inceleme alanını etkileyebileceği düşünülen Balıkesir kenti merkezli 100 km yarıçaplı alanın kuzey

sınırını oluşturmaktadır. Bu sisteme bağlı veya bağımsız olarak birçok küçük faylar gözlenmektedir.



Şekil 14:Türkiye'deki Aktif Faylar (<http://www.mta.gov.tr/deprem>)

Son yıllarda yapılan bazı araştırmalarda Balıkesir-Afyon-Konya arasında uzanan Akşehir Fay Zonu'ndan söz edilmektedir (Şekil 15). Bu fay zonu, doğuda Konya'dan başlamakta batıda Savaştepe'ye kadar uzanmaktadır. Genel uzantısı BKB-DGD olup toplam uzunluğu 420 km olarak kabul edilen bu fay zonunun 1–50 km uzunluğunda birbirine paralel ya da yarı paralel çok sayıda normal faylardan oluştuğu kabul edilmektedir. Bu fay sistemi K-G, KD-GB ve KB-GD uzantılı ikincil fay sistemlerinden oluşmaktadır. Bu faylar, çok küçük doğrultu atım bileşeni olan oblik faylarla temsil edilmektedir (Koçyiğit, 2002).



Şekil 15:Akşehir Fay Zonu (Koçyiğit, 2002)

3.2. Jeomorfolojik Özellikler

Balıkesir kent merkezi, Batı Anadolu'nun Marmara Bölgesi'nin Güney Bölümü'nde yer alan Balıkesir Ovası'nın batısında kurulmuştur. Kentin genel görünüşü kuzeyden itibaren batıya ve daha sonra da güneye doğru yönelen tepelerle çevrili, doğu ve güney ucu ise Balıkesir Ovası'na doğru yayılmıştır (Şekil 16). Kenti kuzeyden batıya ve güneye doğru çevreleyen tepelerin ortalama yükseltisi 400 m civarındadır. Bu tepeler kuzeyden güneye doğru sırasıyla Üçpınar köyü batısındaki Naldöken tepe, Hacımehmet tepe, Namlıçal tepe, Harita tepe ve Erdelek tepedir. Bunların içinde en yükseği 483 m ile Harita tepedir. Kent batıdan itibaren bu tepelerin eteklerinden başlayarak doğuya doğru Balıkesir Ovası'na yayılmıştır. Bu yayılış güneyde Çayırhisar köyüne, doğuda Halalca köyünün batısından geçen çevre yoluna, kuzeyde ise Ayşebacı köyüne kadar uzanmaktadır. Kentin yükseltisi de batıdan doğuya doğru azalmaktadır (Şekil 17). En yüksek yer Hacıahmet tepe doğusunda 310 m ile 2. Sakarya mahallesi batı ucu, en alçak yer ise 106 m ile Gümüştçeşme mahallesi doğu ucudur. Balıkesir kent merkezi doğu-batı 7,7 km, kuzey-güney 8,2 km uzanarak 34,4 km² lik bir alanı kaplamaktadır.

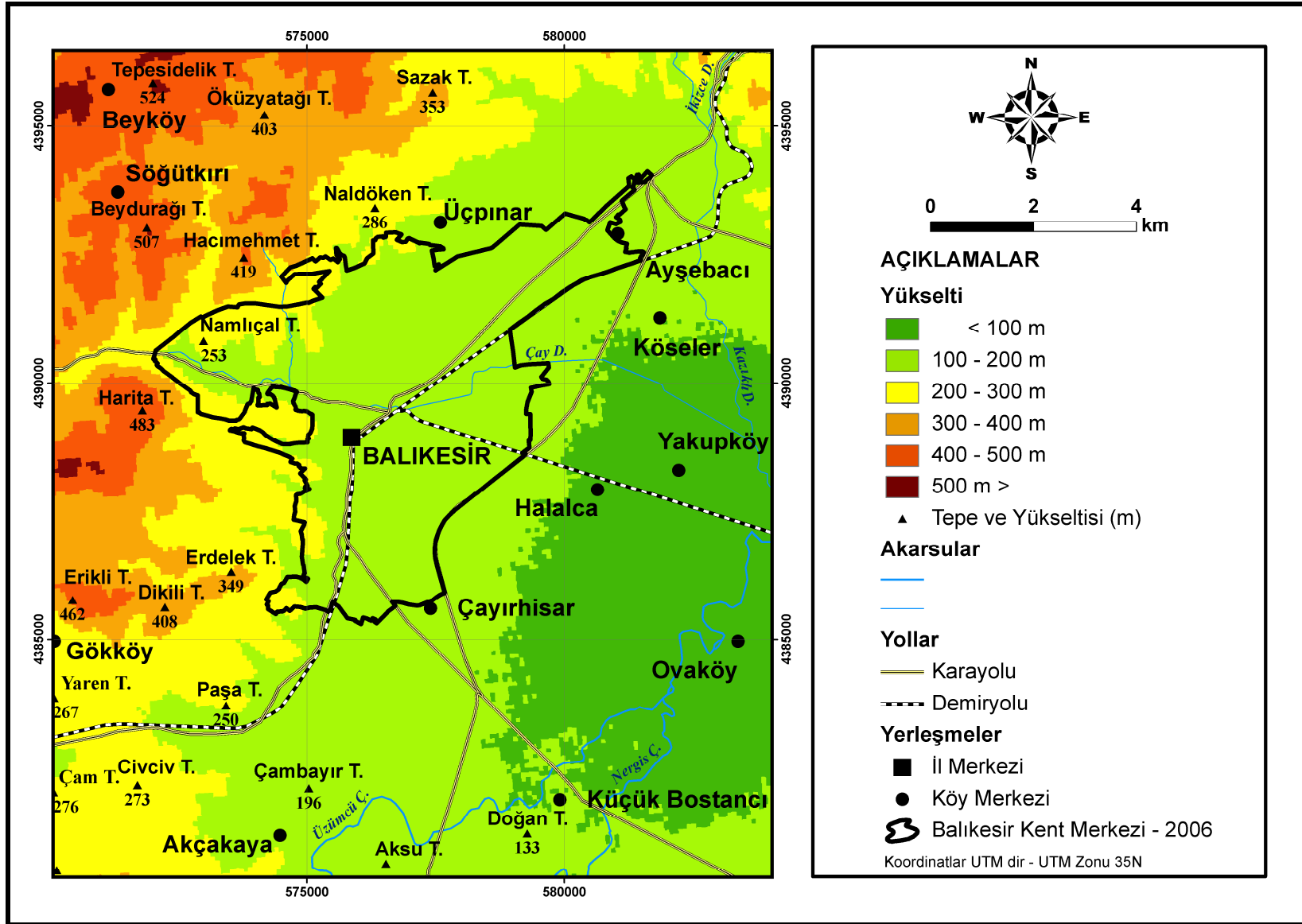
Kent merkezinin kurulduğu Balıkesir Ovası'nın batı kenarında, altta Miyosen yaşlı dasit ve andezitler bulunmaktadır. Bunun üzerinde yer yer aglomera ve tüfler ile en yüksek kesimlerde oldukça ince bir örtü şeklinde Pliyosen yaşlı bazaltlar yerleşmiş durumdadır. Neojen göl serilerinin biraz gerisinde yer alan bu andezit kütleler, daha yüksek rölyefi temsil etmektedir (Özoğul, 1987). Balıkesir Ovası'nın batı kenarına göre nisbi yüksekliği 300 m civarında olan bu alanda aglomera ve lav akıntılarının hakim olduğu yerlerde flüvyal aşındırma sonucunda yamaç eğimleri 12–17 derece arasında değişirken, volkan konilerinin yamaçlarında, flüvyal aşındırmanın da dikleşmeye katkıda bulunmasıyla eğim yer yer 17 derecenin üzerine çıkmaktadır (Şekil 18).

Volkan konilerinin zeminini dasit ve andezitler oluşturmuş olup, volkanik faaliyetin yoğun lav çıkışı şeklinde gelişerek bugünkü Balıkesir Ovası'na doğru aktığı söylenebilir (Özoğul, 1987).

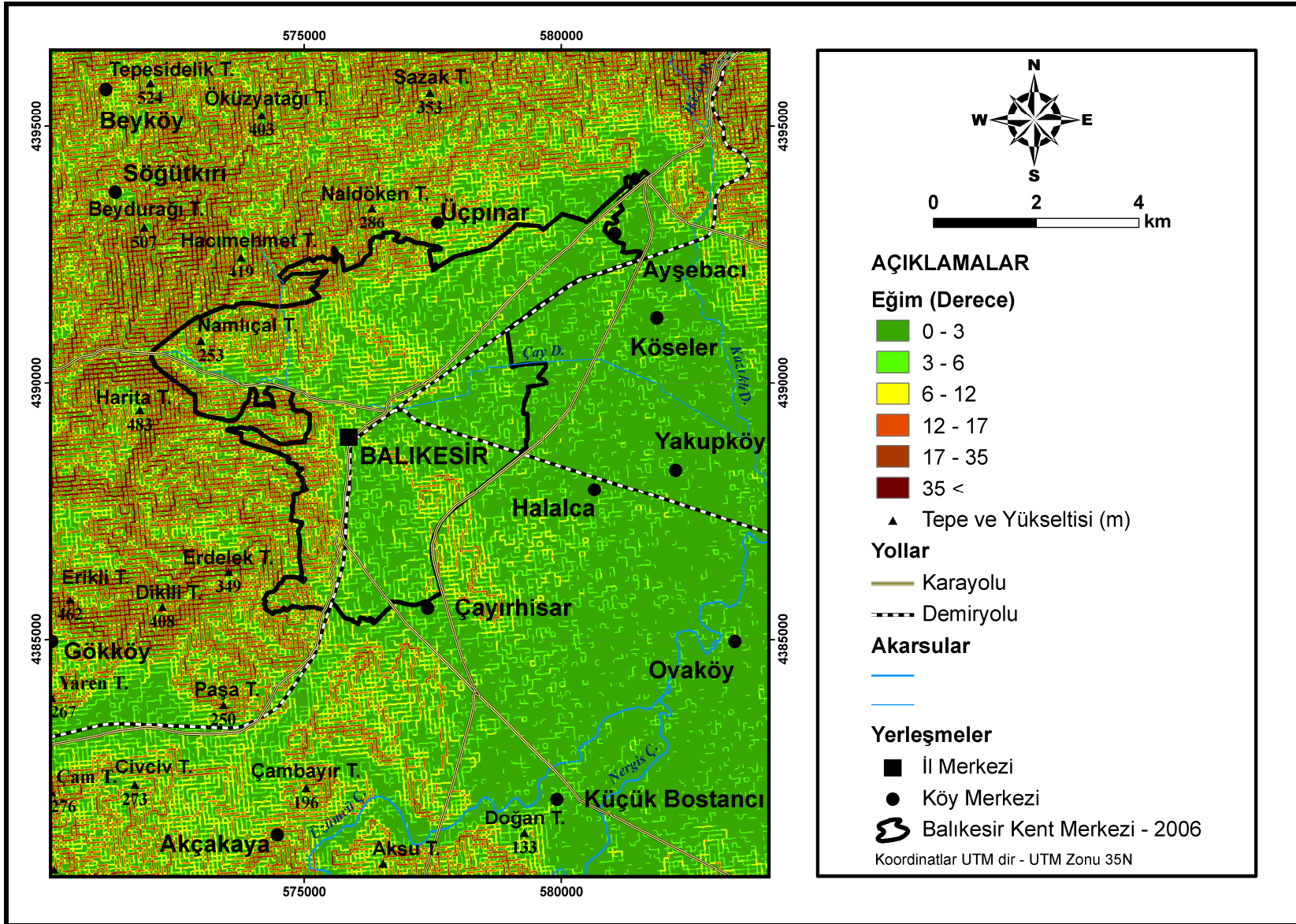
Kent merkezinden geçen Çay deresi, kuzeydeki Neojen kütleler ile güneydeki volkanik serileri birbirinden ayıran doğal bir sınır oluşturur. Bu iki farklı jeolojik yapı arasında fazla geniş olmayan bir oluk meydana gelmiştir (Durmaz, 1995). Çay deresi bu oluk içinde akmaktadır. Kenti batıdan doğuya doğru kat ederek önce Yakupköy



Şekil 16: Balıkesir Kent Merkezi'nden Bir Görünüş



Şekil 17: Balıkesir Kent Merkezinin Yükselti Haritası



Şekil 18: Balıkesir Kent Merkezinin Eğim Haritası

doğusunda Kazıklı dere ile sonra Üzümcü çayı ile birleşir. Namlıçal tepe ile Harita tepe arasından kentin batı ucundan girerek 1. Sakarya mahallesinde Haydar deresi ile birleşir.

Balıkesir kent merkezinin kurulu olduğu alanın eğim haritası, Aktimur ve Diğerleri (1994) tarafından hazırlanan çalışmadaki derece aralıkları temel alınarak oluşturulmuştur (Şekil 18). Bu derecelendirmenin konumuz olan deprem ve şehirleşme açısından daha uygun olduğu değerlendirilmiştir. Bu kapsamda eğim dereceleri mühendislik açısından şöyle sınıflandırılmıştır:

- 0–3 derece : Hava limanları, yüksek standartlı otoyol ve demir yolları, sulu tarım alanları.
- 3–6 derece : Karayolları, kent yolları, ticaret merkezleri, sulu tarım alanları.
- 6–12 derece : Genel kent kullanımı, konut yapımı, eğimli tarım alanları.
- 12–17 derece : Mühendislik yapıları, genel eğlence bölgeleri, makineli tarım alanları.
- 17–35 derece : Mühendislik yapıları, genel eğlence bölgeleri, taraklı araç operasyonları, orman bölgeleri.
- 35 dereceden fazla : Tüm mühendislik yapıları özel sorun yaratır.

Bu duruma göre kent alanı için uygun olmadığı değerlendirilen 0–3 derece eğime sahip alanlar kent merkezinin doğusundaki ova tabanında uzanan düz alanlardır. Bu alanlar aynı zamanda sulu tarım arazisi olarak nitelendirilmişlerdir. Hali hazırdaki kent merkezi alanının büyük bölümü de bu alan üzerinde yer almaktadır. Bunun deprem tehlikesi açısından sakıncası, ova tabanındaki bu arazilerin alüvyonla kaplı olması ve hidrografya bölümünde ayrıntılı olarak değinilecek olan yeraltı su seviyesinin yüksek olması sebebiyle zemin sıvılaşması riski taşımasıdır. Bu özellikteki zeminler deprem dalgalarının oluşturacağı titreşimi şiddetini artırarak iletirler. Bu da üzerinde kurulu olan yapıların daha fazla hasara uğramalarına neden olacaktır.

Kentin kuzey ve batı kesimindeki alanların eğim derecesi 12–35 derece arasındadır. Bu alanlar mühendislik yapıları için uygun alanlardır. Jeoloji bölümünde de incelendiği gibi bu alanların litolojik yapısı da sağlam zemin olarak adlandırdığımız

sınıfa girmektedir. Bu kapsamda kent merkezinin eğimli alanlara doğru gelişmesi deprem açısından daha sağlıklı olacaktır.

3.3. Hidrografik Özellikler

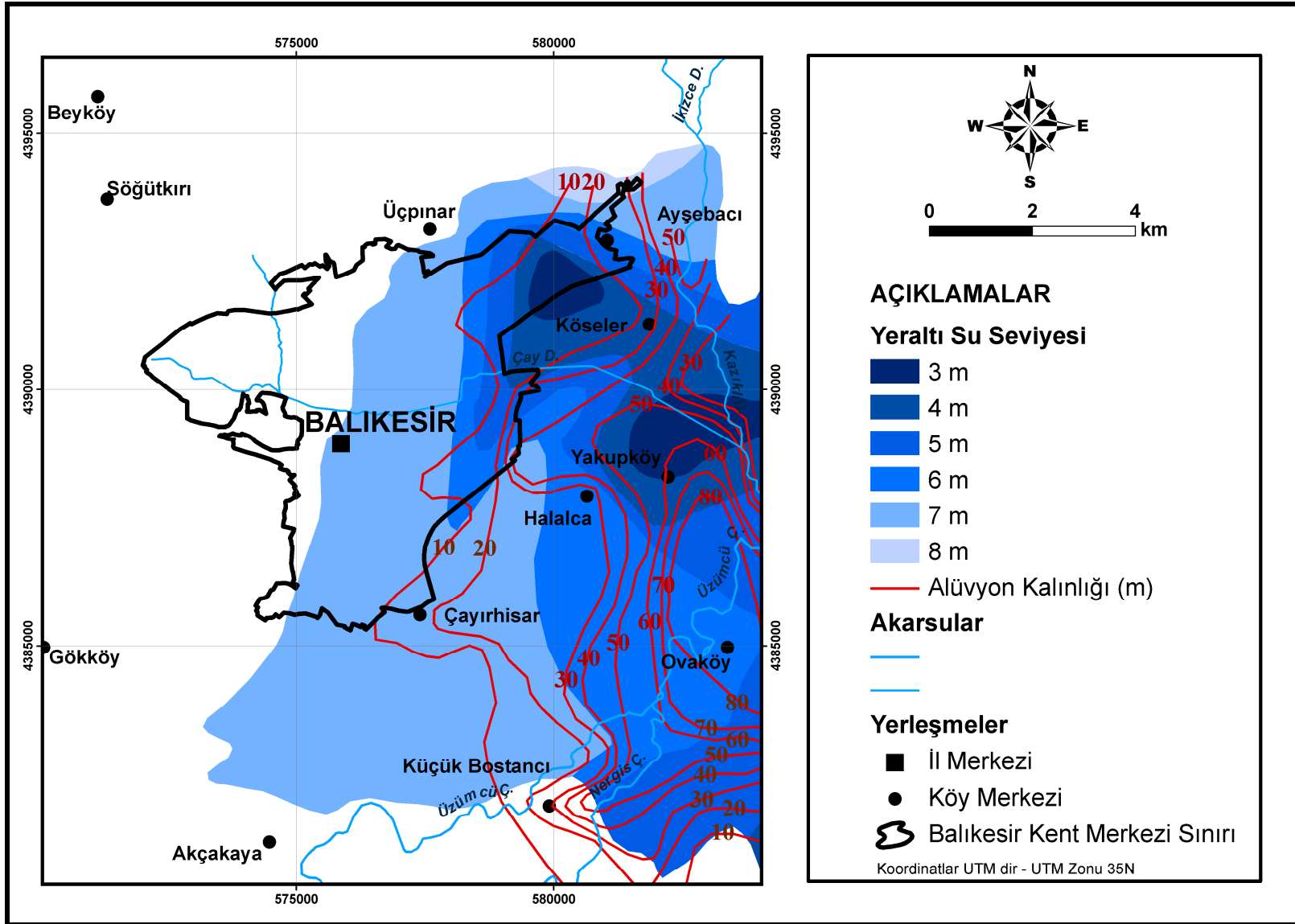
İnceleme alanının hidrografik özelliklerini olası bir depremde hasar derecesine etki edeceğini düşündüğümüz akarsular, yağış rejimi ve buna bağlı olarak da yeraltı su seviyesi konuları ile sınırlayacağız.

Namlıçal tepe ile Harita tepe arasından kentin batı ucundan girerek 1. Sakarya mahallesinde Haydar deresi ile birleşen Çay deresi Koca dere olarak da anılır. Kenti batıdan doğuya doğru kat ederek önce Yakupköy doğusunda Kazıklı dere ile sonra Üzümcü çayı ile birleşir. Eğimin doğuya doğru giderek azalması sebebi ile ova zemininde akış hızı ve taşıma gücü yavaşlar. Bunun doğal bir sonucu olarak da taşıdığı materyali ova tabanında biriktirmektedir. Biriktirdiği bu alüvyon üzerinde rahatça menderesler yapar. Son yıllarda DSİ tarafında ovada yapılan kurutma ve sulama kanallarına alınan derenin eski yatağına ait izler, tarımsal faaliyetler sonucu silinmiştir.

İnceleme alanındaki eğimin batıdan doğuya doğru azalıyor olması neticesinde yeraltı suyu inceleme alanının batısındaki Susurluk ırmağına boşalmaktadır. Balıklı köyü yakınlarında 1/1.500 olan hidrolik eğim, kent merkezinin doğu kesiminde 1/800'e artmaktadır (Tağıl, 2003). İnceleme alanındaki yeraltı su seviyesi 3 ile 8 m arasında değişmektedir (Şekil 19).

Yağış rejimine bağlı olarak sonbahar ve kış mevsimlerindeki yağışlarla beslenmede artış olmakta ve yeraltı suyu en yüksek seviyesine çıkmaktadır. Yaz aylarında ise yağış azalmakta ve bazı aylar hiç yağış kaydedilmemektedir. Bu nedenle Ağustos, Eylül ve Ekim ayları yeraltı suyu seviyesinin en düşük olduğu aylardır (Tağıl, 2003).

Taban suyunun beslenmesinde etkili olan faktörler, yüzeysel akıştan süzülme, yağıştan kaynaklanan beslenme, yanal beslenme ve sulama suyundan kaynaklanan beslenmedir. Bu faktörler içinde en büyük orana yüzeysel akıştan süzülme gelmektedir. Genel olarak, yüzey sularının %8'lik bir oranı sızma ile yeraltı suyuna karışmaktadır (Tağıl, 2003). İnceleme alanı yakınında yağıştan kaynaklanan sızma, genellikle Çayırhisar köyünün doğusundan Ovaköy ve Yakupköy'e kadar olan 72 km²'lik alanda gözlenmektedir (Şekil 19). Yanal beslenme ise inceleme alanındaki alüvyonla dokunak oluşturan konglomera ve kumtaşlarından oluşan birimlerin kontak



Şekil 19: Balıkesir Kent Merkezindeki Yeraltı Su Seviyesi ve Alüvyon Eş Kalınlık Haritası (Aktimur ve Diğerleri, 1994'den düzenlenmiştir)

yüzeylelerinin, suyu derinlere sızdırması şeklinde olmaktadır. Sulama suyundan kaynaklanan beslenme ise tarımsal faaliyetlerin sulama ile yürütüldüğü yaz aylarında etkili olmaktadır. Bu şekilde beslenen yeraltı suları, akarsularla, yapay kullanımla, buharlaşmayla ve kaynaklarla boşalmaktadır (Tağıl, 2003).

İnceleme alanında Kuvaterner yaşta olan Alüvyonlar, yeraltı suyunu taşıyan en önemli formasyondur. Alüvyonların kalınlığı Ovaköy civarında 80 m.yi bulmaktadır. Batıya, inceleme alanına doğru ise doğal olarak alüvyon kalınlığı azalmaktadır. Kent merkezi içerisinde kalan alüvyonların kalınlığı 10–40 m civarında değişmektedir (Şekil 19).

Deprem açısından yeraltı suyu ile alüvyon kalınlığını beraber değerlendirmek gerekmektedir. Bunun sebebi zemin sıvılaşması riskidir. Gevşek ve nemli bir zeminlerde özellikle yeraltı suyu seviyesi yüksek ise kolaylıkla kayma, göçme ve torbalaşma olabilmekte ve deprem şiddeti de artmaktadır. Gevşek ve su ile doymuş alüvyal dolgusu deprem şiddetini birkaç derece birden artırıcı bir rol oynar. *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte* de belirtildiği gibi kalınlığı 10 m.yi geçen ve yeraltı su seviyesi yüksek olan alüvyon zeminler en zayıf sınıfı olarak nitelendirilmektedir. İnceleme alanındaki yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu ve alüvyon kalınlığının 10 m.den fazla olduğu, Çayırhisar köyü ile Ayşebacı köyü arasındaki hat ve doğusunu zayıf zemin sınıfına sokabiliriz. Buradaki zemin olası bir depremdeki dalgaların şiddetini ve titreşimini artıracak niteliktedir (Şekil 19).

3.4. Nüfus ve Yerleşme

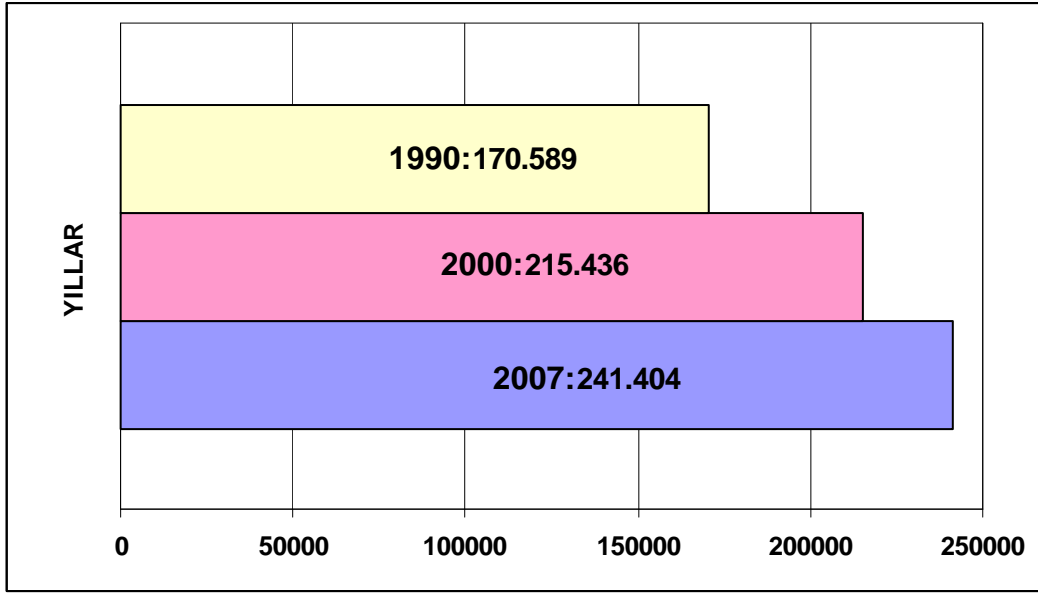
Balıkesir kent merkezi, Batı Anadolu'nun Marmara Bölgesi'nin Güney Marmara Bölümü'nde Karasi Yöresi olarak bilinen bir kesimde yer alan ve kendi adıyla anılan ovanın batı sınırında düz sırtlı bir tepenin yamacında kurulmuştur. Kentin ilk gelişme yeri ova ile tepenin kesiştiği kesime isabet eder (Durmaz, 1995).

Kentin bu yerde kurulmasının en büyük nedeni, eski şehirlerde yer seçiminde insanların bilhassa sağlam zeminleri seçmeleridir. Böylece kent, dayanıklı kayaların bulunduğu batıdaki tepenin yamaçlarını seçmekle nispeten depremden korunmuştur.

Kentin bu yerde kurulmasının diğer bir nedeni de halkın kendini besleyebileceği bir ovaya sahip olmak istemeleridir. Kentin besin ihtiyacını

karşılacak verimli tarım arazileri bu ovada yer almaktaydı. Böylece halk verimli tarım alanlarından yararlanmak için batıdaki yamaçları seçmiştir.

Balıkesir kent merkezinin nüfusu 1990 yılı nüfus sayımlarına göre 170.589 iken, 2000 yılı nüfus sayımında %26,3 artarak 215.436 kişi olmuştur. 2007 yılı nüfus sayımında ise %12 artarak 241.404 kişi olmuştur (Şekil 20). Bu veriler doğrultusunda Balıkesir kent merkezinin ortalama nüfus yoğunluğu 6.258 kişi/km²'dir.

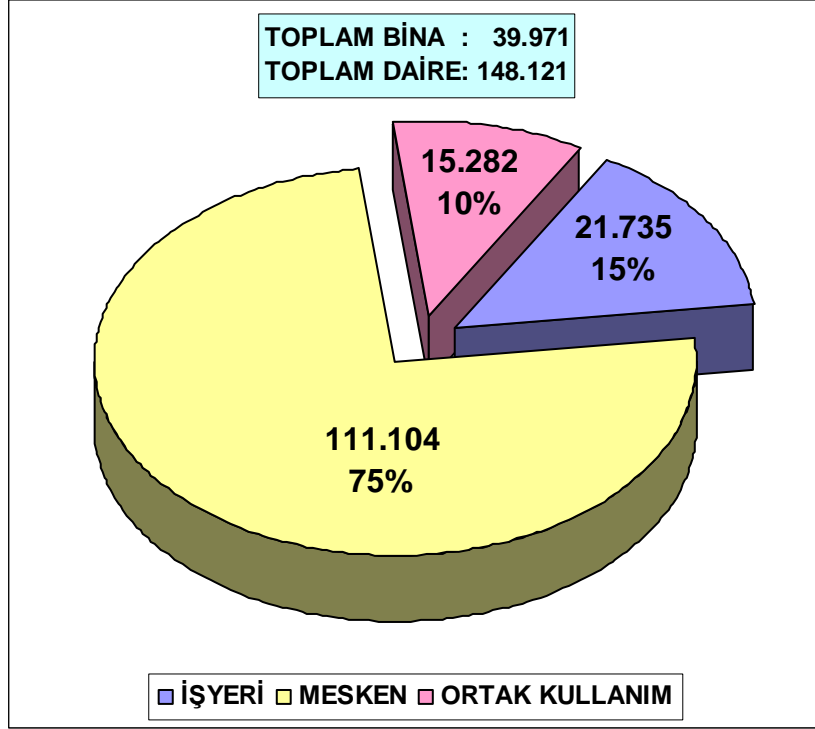


Şekil 20: Balıkesir Kent Merkezindeki Nüfus Değişimi

Balıkesir kent merkezindeki mesken tipleri, yapıldıkları yıla göre değişim göstermektedir. Yeni yapılan binalar modern malzemeden yapılıyor olmasına karşın, eski binalar taş, tuğla ve ahşaptan yapılmıştır. Özellikle Aygören ve Karaoğlan mahallelerindeki eski evler ahşap malzemeden yapılmıştır. Bu evlerin büyük çoğunluğu tarihi eser olduğu için içerisinde restore edilmeden oturlan yoktur. Restore edilmeyen bu evler terkedilmiştir. Bu evlerin yerine yıkılıp dayanıklı malzeme ile modern binalar yapılamamasının bir nedeni de, tarihi eser olmalarından dolayı orijinal haline sadık kalınarak restore edilme zorunluluğudur. Eski binaların içinde taştan yapılar da halen sağlam bir şekilde duranlar da vardır. Yeni yapılan binaların çoğunluğu çok katlı apartman ve iş merkezi niteliğindedir.

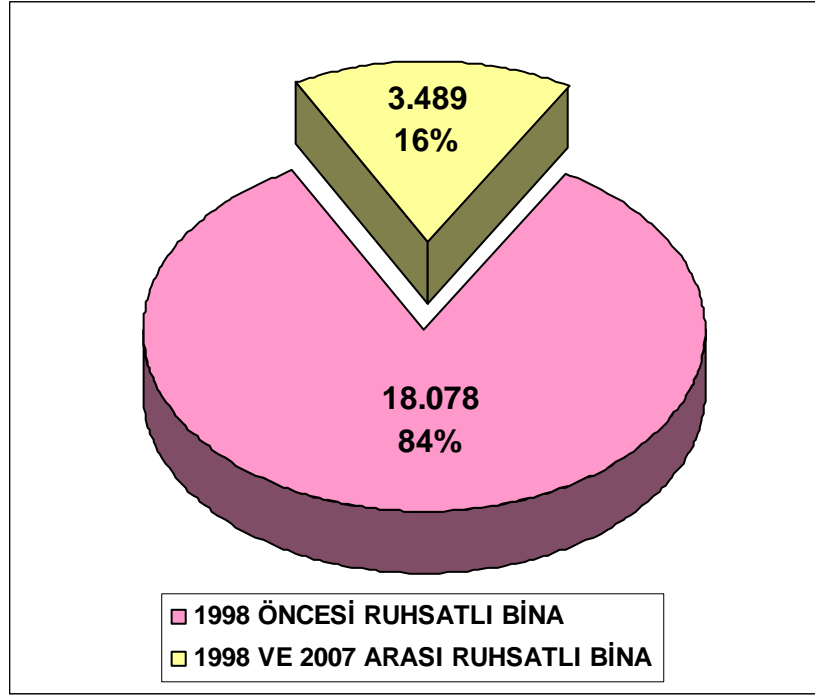
Balıkesir kent merkezinde son yıllarda belediyenin toplu konut alanları tahsis etmesiyle kooperatifleşme ön plana çıkmıştır. Bu bölgelerde toplu siteler yapılmaktadır. Kentin kuzeydoğusunda ve güneyinde yoğun şekilde görülmektedir. Üçpınar köyü ile Ayşebacı köyü arasında kalan Paşaalanı ve Toygar mahalleleri ile Bahçelievler ve Plevne mahallelerinde bu tip çok katlı sitelere çokça rastlanır.

Kent merkezindeki bina stoğuna bakacak olursak, 39.971 bina olduğu görürüz. Balıkesir belediyesi kent bilgi sisteminden aldığımız 2007 yılı verilerine göre, bu binalarda toplam 148.121 daire bulunmaktadır. Daireleri kullanım alanlarına göre ayırdığımızda, %75'lik oranla 111.104 adet mesken, %15'lik oranla 21.735 adet işyeri ve %10'luk oranla 15.282 adet ortak kullanım alanı bulunmaktadır (Şekil 21).



Şekil 21: Balıkesir Kent Merkezindeki Binaların Kullanım Alanları (2007)
(Balıkesir Belediyesi Kent Bilgi Sistemi)

Bu binaların *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte* belirtilen şartları sağlayıp sağlamadıklarını yönetmeliğin yürürlüğe giriş tarihi olan 02.09.1998'den önceki ve sonraki binalar olarak ayırarak anlayabiliriz. Bunun için belediyeden alınan bina ruhsat sayılarını kullanarak Şekil 22'de gibi bir analiz yapabiliriz. Buna göre Balıkesir kent merkezindeki ruhsatlı binaların %84'ü yeni yönetmelikte belirtilen şartlar aranmadan ruhsat verilmiştir. Yönetmelikte belirtilen şartları sağlayan bina ruhsatlarının oranı ise %16'dır. Bu durumda olası bir depremde binaların göstereceği davranışı kestirmemizi zorlaştırmakta, dolayısı ile inceleme alanında oluşacak hasarı tahmin etmemizi engellemektedir. Çünkü %84'lük oranın içerisinde de yönetmelikte belirtilen şartları sağlayan binalar olabilecektir.



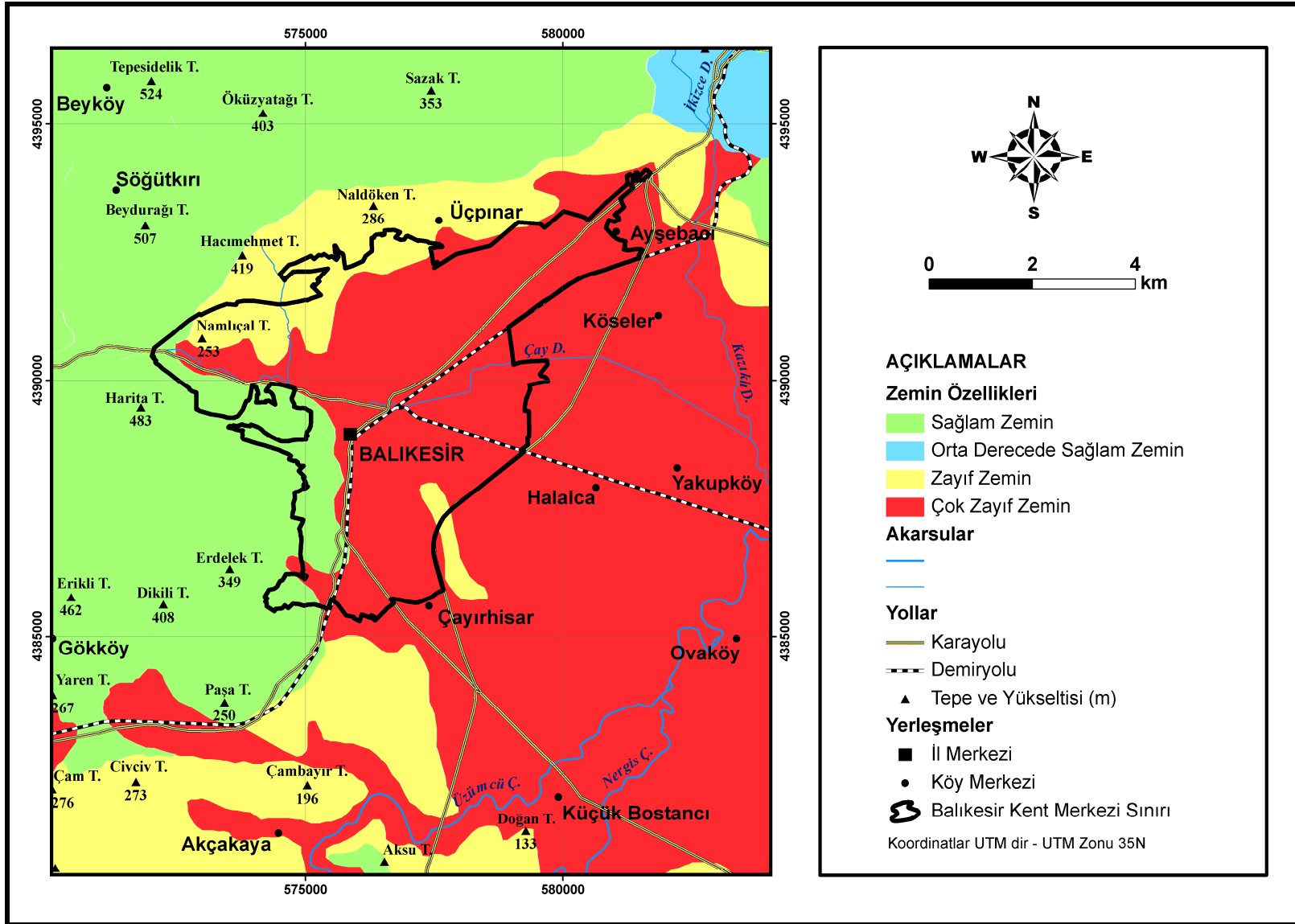
Şekil 22: Balıkesir Kent Merkezindeki Ruhsatlı Binaların Dağılımı (2007)
(Balıkesir Belediyesi İmar Müdürlüğü)

Bu binaların üzerinde kurulu oldukları zemin özelliklerini incelemek için kent merkezi ve yakın çevresinin jeoloji haritası Erinç ve Diğerleri (1970) nin yapmış oldukları sınıflamaya göre zemin haritasına dönüştürülmüştür (Şekil 23). Buna göre inceleme alanının doğusundaki ova yüzeyi çok zayıf zemin özelliğindedir. Sağlam zeminler ise batı ve kuzeybatıdadır.

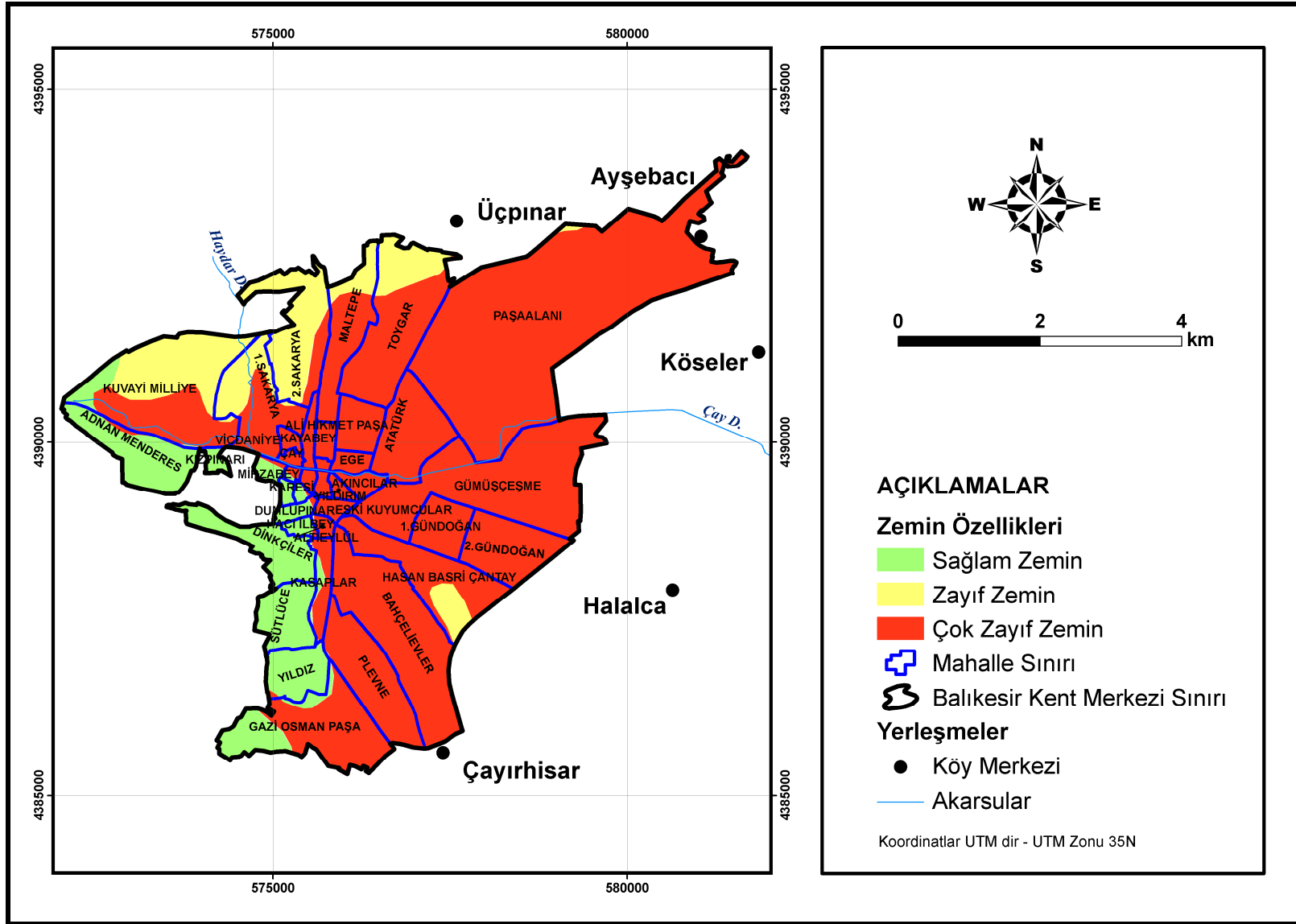
Balıkesir kent merkezindeki mahalle zeminlerinin dağılımı ise Şekil 24'de gösterilmiştir. Buna göre sonradan yerleşime açılan ve toplu sitelerin yapıldığı Toygar, Paşaalanı, Bahçelievler ve Plevne mahallelerinin büyük bir bölümü çok zayıf zemin üzerindedirler.

Bu durumda Balıkesir kent merkezinin kurulu olduğu alanının %13'ü sağlam zemin, %12'si zayıf zemin, %75'i ise çok zayıf zemin özelliğindedir. Kent nüfusunun ise %19'u sağlam zemin, %10'u zayıf zemin, %71'i de çok zayıf zemin üzerinde yaşamaktadır (Şekil 25).

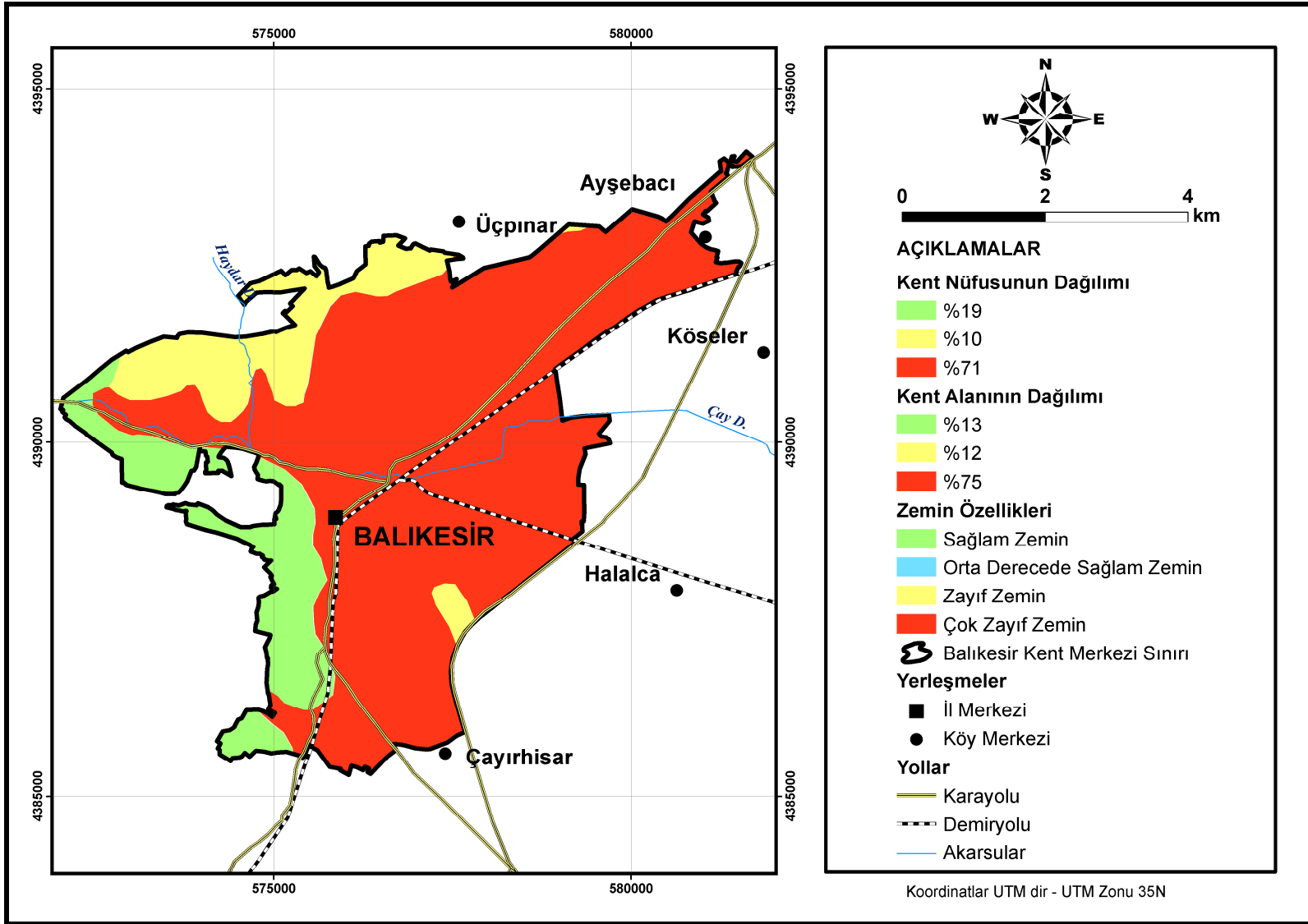
Kentin 1950 yıllarına kadar gelişmesi, ilk yerleşim merkezi etrafında meydana gelmiştir. XIX. Yüzyıl sonuna kadar batı ve güneybatı yönünde büyüyen kent, konutların eğime dayanmasıyla kuzeye doğru gelişmeye başlamıştır. Cumhuriyet sonrası artan nüfus nedeniyle kentin kuzey ve güneydoğusu yerleşime açılmıştır.



Şekil 23: Balıkesir Kent Merkezi ve Yakın Çevresinin Zemin Haritası (Zemin Sınıflaması için Erinç ve Diğerleri 1970'den Esinlenilmiştir)



Şekil 24: Balıkesir Kent Merkezinin Mahalle Sınırlarını Gösterir Zemin Haritası (Zemin Sınıflaması için Erinç ve Diğerleri 1970'den Esinlenilmiştir)



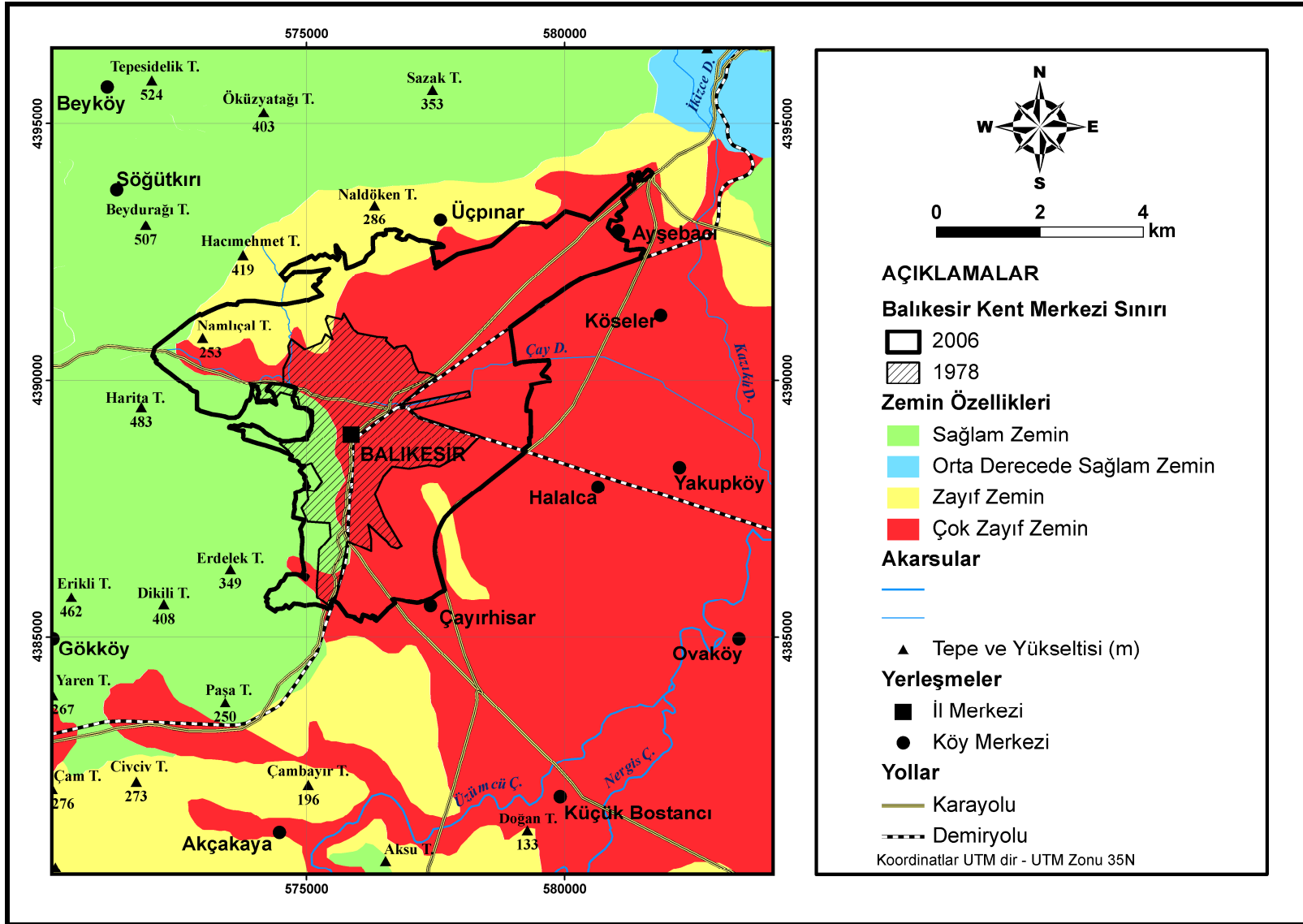
Şekil 25: Balıkesir Kent Merkezinin Nüfus ve Alan Dağılımını Gösterir Zemin Haritası
 (Zemin Sınıflaması için Erinç ve Diğerleri 1970'den Esinlenilmiştir.) (Nüfus Dağılımı 2000 Yılı Nüfus Sayımına Göre Hesaplanmıştır.)

1950 yılında Bulgaristan'dan gelen göçmenler, güneyde şehirden kopuk bir alanda Gazi Osman Paşa ve Plevne mahallelerinde yerleşmişlerdir (Durmaz, 1995).

Kentin 1950 yılında sonraki gelişmesi karayolu ve sanayi bölgesinin etkisiyle doğu ve güneydoğuya olmuş, güneydeki bu kopuk yerleşim ile kent arasındaki boş alan büyük ölçüde dolmuştur (Durmaz,1995).

Kentin 1980 yılında 1995 yılına kadar olan dönemdeki gelişimi ise, büyük ölçüde ovaya doğru güney, doğu ve kuzey yönde olmuştur. Güneydoğuya doğru Çayırhisar köyüne kadar gelişmesinin nedeni gelişen sanayi tesisleri ve ikametgâh alanları olmuştur (Durmaz,1995).

Balıkesir kent merkezinin son yıllardaki gelişim yönünü tayin etmek amacıyla 1978 yılına ait 1:25.000 ölçekli topografya haritasının Balıkesir paftalarından belirlenen kent sınırı ile Landsat 2006 ETM+ uydu görüntüsünden edinilen 2006 yılındaki kent sınırları karşılaştırılmıştır (Şekil 26). Bu kapsamda, 28 yıllık bir süreçte kent merkezinin doğu, kuzeydoğu ve kuzey yönde geliştiğini söyleyebiliriz. Özellikle doğu ve kuzeydoğudaki alanların çok zayıf zemin özelliğinde olması kentin geleceği açısından düşündürücüdür. Çünkü kentin 1950'den sonraki gelişimi ve son 28 yıllık gelişim yönü bize güneydoğu, doğu, kuzeydoğu ve kuzeyi göstermektedir. Bu yön ise ovayı yani çok zayıf zemini işaret etmektedir.



Şekil 26: Balıkesir Kent Merkezinin 1978 ve 2006 Yıllarındaki Alanını Gösterir Zemin Haritası (Zemin Sınıflaması İçin Erinç ve Diğerleri 1970'den Esinlenilmiştir.)

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç

Araştırma sonunda elde edilen bulgular doğrultusunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1) İnceleme alanını oluşturan Balıkesir kent merkezinin yerleştiği Balıkesir Ovası ve ovayı çevreleyen plato arazisinde büyük fay sistemleri yer almamaktadır. Ancak inceleme alanı kuzey, batı ve güneyden büyük fay sistemleri ile çevrilmiştir.
- 2) İnceleme alanı çevresindeki 100km yarıçaplı bir alan içerisinde aletsel dönemde meydana gelen depremlerin dış merkezleri bazı yerlerde yoğunlaşmaktadır. Çan - Biga, Yenice - Gönen, Edincik, Manyas Fayı ile Bakırçay ve Simav grabenleri bu mekanların başında gelmektedir. Bunların dışında Savaştepe, Sındırgı ve Dursunbey civarında da bir yoğunlaşma bulunmaktadır
- 3) İncelenen depremlerin odak derinlikleri sığ depremlerdir. Depremlerin sığ olması şiddetini ve yapacağı hasar derecesini artıracaktır.
- 4) İnceleme alanı için Magnitüd - Frekans ilişkisi, **Log N(M) = 5,3810 - 0,7378 M** olarak bulunmuştur. Burada regresyon uyumluluk parametresi $r = 0,9896$ dir.
- 5) İnceleme alanında ve yakın çevresinde gelecek 40 yıl içerisinde 5,5 M ve daha büyük bir depremin olma ihtimali %99, tekrarlama zamanı ise 8,6 yıldır.
- 6) Balıkesir kent merkezinin yerleştiği zeminlerden (2006 yılı verilerine göre) sağlam zemin sınıfına giren birimler, % 0,5 ile Alt Triyas yaşta olan metamorfik kayalar ve %12,5 ile Tersiyer yaşta olan dasit, andezit, aglomera ve tüftür. Zayıf zemin sınıfına girenler, %12 ile Tersiyer yaşta olan konglomera, kumtaşı,

kireçtaşı ve kildir. Çok zayıf zemin sınıfına girenler ise %75 ile Kuvaterner yaşta olan alüvyonlardır.

- 7) Kentin kuzey ve batı kesimindeki alanların eğim derecesi 12–35 derece arasındadır. Bu alanlar mühendislik yapıları için uygun alanlardır. Bu alanlar, litolojik açıdan sağlam zemin olarak adlandırdığımız sınıfa girmektedir. Bu kapsamda kent merkezinin eğimli alanlara doğru gelişmesi deprem açısından daha sağlıklı olacaktır.
- 8) İnceleme alanındaki yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu ve alüvyon kalınlığının 10 m den fazla olduğu yerler, yani Çayırhisar köyü ile Ayşebacı köyü arasında çizilecek hattın doğu kesimi zayıf zemin özelliklerine sahiptir. Buradaki zemin olası bir depremdeki dalgaların şiddetini ve titreşimini artıracak niteliktedir.
- 9) Balıkesir kent merkezindeki binaların %84'üne yeni yönetmelik yürürlüğe girmeden önce ruhsat verilmiştir. Yönetmeliklerde belirtilen şartları sağlayan bina ruhsatlarının oranı ise %16'dır. Bu durumda olası bir depremde binaların titreşimlere göstereceği davranışı kestirmek zorlaşmaktadır. Çünkü % 84'lük oranın içerisinde de yönetmelikte belirtilen şartları sağlayan binaların da olması mümkündür.
- 10) Balıkesir kent merkezinin kurulu olduğu alanının %13'ü sağlam zemin, %12'si zayıf zemin, %75'i ise çok zayıf zemin özelliğindedir. Kent nüfusunun ise %19'u sağlam zemin, %10'u zayıf zemin, %71'i de çok zayıf zemin üzerinde yaşamaktadır
- 11) Son 12 yıllık süreçte kent merkezinin doğu, kuzeydoğu ve kuzey yönde geliştiğini söyleyebiliriz. Özellikle doğu ve kuzeydoğudaki alanların çok zayıf zemin özelliğinde olması kentin geleceği açısından düşündürücüdür. Çünkü kentin 1950'den sonraki gelişimi ve son 12 yıllık gelişim yönü bize güneydoğu, doğu, kuzeydoğu ve kuzeyi göstermektedir. Bu alanlar ise ova zemini, yani çok zayıf zeminlerdir.

Öneriler

- 1) Balıkesir kent merkezindeki binaların %84'üne yeni yönetmelik yürürlüğe girmeden önce ruhsat verilmiştir. Bu binaların ne kadar büyüklükteki bir depreme dayanacağı bilinmemektedir. Çünkü bu binaların içerisinde de yönetmelikte belirtilen şartları sağlayan binalar olabilir. Bunlar için yapılması gereken ülke genelinde yapılacak bir düzenleme ile yeni yönetmeliğin yürürlüğe girdiği 02.09.1998 tarihinden önce alınan ruhsatların da yönetmelikteki şartlara uyma zorunluluğu getirmektir. Böylece bu binaların da etüdünün yapılması sağlanmış olacaktır. Bundan sonra verilecek olan bina ruhsatlarında da yönetmelik şartlarının aranmasına devam edilmelidir.
- 2) Balıkesir kentinin bundan sonraki gelişim yönü kuzey ve batı kesimindeki mühendislik yapıları için uygun alanlara doğru olmalıdır. Çünkü bu alanların litolojik yapısı sağlam zemin olarak adlandırdığımız sınıfa girmektedir. Bu amaç için mevcut imar planları tekrar gözden geçirilerek yenilenmelidir.
- 3) Kentin doğu yönündeki gelişimi alüvyon kalınlığının 10 m.yi geçtiği Çayırhisar köyü ile Ayşebacı köyü arasındaki hattın doğusuna geçirilmemelidir. Çünkü buradaki zemin yeraltı suyu yüksek alüvyal ova zeminedir. Buradaki zemin olası bir depremdeki dalgaların şiddetini ve titreşimini artıracak niteliktedir.
- 4) Balıkesir kent merkezindeki nüfusun büyük çoğunluğu çok zayıf zemin üzerinde yaşamaktadır. Öncelikle bu kesimdeki güncel deprem yönetmeliklere uygun olarak inşa edilmemiş binalardan başlayarak, deprem dayanıklılık testleri yapılmalı ve uygun olmayan binalar kentsel dönüşüm projeleri oluşturularak dayanıklı hale getirilmelidir.
- 5) Kentin son yıllardaki gelişimi göz önüne alındığında uygulanan politikaların uygun olmadığı ve kenti çok zayıf zeminlere doğru geliştirdiği söylenebilir. Zararın neresinden dönülürse kar olacağı noktasından hareketle; bundan sonra uygulanacak yerleşim politikalarında ova zeminine yerleşimden kesinlikle kaçınılmalıdır.

EK**Tablo 7: Balıkesir Kent Merkezli 100 km Yarıçaplı Alanda 1900–2007 Yılları Arasında Meydana Gelen $M \geq 4,0$ Depremler**

Tarih	Saat (GMT)	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik
25.10.2007	05:02	39.34	27.73	8	4,4
29.09.2007	22:35	39.75	27.76	7	4,0
19.12.2006	19:15	40.41	28.32	8	4,2
20.10.2006	18:15	40.26	27.98	13	5,2
30.08.2005	17:39	39.14	27.89	18	4,2
03.08.2005	23:52	39.38	26.85	32	4,1
13.01.2005	13:39	39.18	27.73	15	4,2
13.01.2005	11:00	39.19	27.72	14	4,1
02.12.2004	15:51	39.26	27.96	12	4,4
05.11.2004	17:30	39.18	27.76	9	4,5
22.06.2003	23:46	39.06	28.03	9	4,6
09.06.2003	17:47	40.25	27.94	16	4,1
09.06.2003	17:44	40.20	27.97	15	5,1
20.03.2003	12:25	39.97	28.77	13	4,5
06.06.2002	05:10	39.05	28.01	9	4,1
13.08.2001	11:11	39.32	27.85	3	4,2
22.06.2001	11:54	39.35	27.73	5	5,0
01.02.2001	09:58	40.09	27.69	14	4,0
21.09.2000	14:10	39.28	27.97	10	4,0
08.09.2000	05:46	39.34	27.64	14	4,6
26.09.1999	06:38	39.02	27.92	9	4,1
25.07.1999	06:56	39.33	27.89	10	4,5
24.07.1999	16:05	39.31	27.89	9	4,3
05.03.1998	01:55	39.53	27.25	5	4,3
05.03.1998	01:45	39.55	27.25	7	4,4
18.10.1997	09:18	39.81	28.69	17	4,0
21.09.1996	03:34	38.96	27.85	0	4,0
26.08.1993	19:50	39.10	27.83	14	4,0
31.03.1993	18:20	39.15	28.01	13	4,3
18.03.1993	07:51	40.42	27.98	10	4,3
18.03.1993	07:19	40.38	27.98	14	4,0
01.04.1992	12:23	39.39	28.68	10	4,0

22.03.1992	16:52	40.20	28.35	24	4,9
30.11.1991	15:57	39.32	28.13	10	4,1
22.07.1991	00:49	39.31	27.92	13	4,0
26.06.1991	11:00	39.57	27.76	12	4,0
13.09.1990	22:05	39.54	28.53	10	4,3
24.05.1990	05:49	39.98	27.48	28	4,2
10.02.1990	19:48	39.57	27.90	10	4,0
31.05.1989	23:43	39.63	27.81	8	4,0
10.05.1989	03:05	39.67	27.88	10	4,2
23.04.1988	17:54	39.10	28.10	33	4,0
27.10.1987	03:15	40.42	28.46	18	4,4
25.04.1987	22:11	39.30	27.92	3	4,2
30.10.1986	03:46	39.74	28.78	8	4,0
12.10.1986	11:13	39.66	28.97	11	4,4
29.09.1986	17:38	39.07	27.79	11	4,1
23.09.1986	08:41	39.09	27.75	14	4,0
03.06.1986	19:35	39.46	28.36	9	4,3
27.05.1986	08:54	39.46	28.44	11	4,4
14.05.1986	03:01	39.49	28.42	8	4,5
01.12.1985	11:47	39.29	27.70	15	4,6
14.11.1984	14:24	40.33	27.23	6	4,1
07.11.1984	11:39	38.91	27.80	10	4,0
01.04.1984	17:17	39.56	28.76	7	4,1
31.03.1984	13:56	39.62	28.76	4	4,1
29.03.1984	00:06	39.64	27.87	12	4,6
01.03.1984	06:39	39.25	27.98	4	4,0
30.01.1984	05:58	40.50	27.49	10	4,5
05.07.1983	17:30	40.26	27.16	4	4,1
05.07.1983	12:01	40.33	27.21	7	5,5
15.06.1983	13:45	39.46	28.24	12	4,1
28.05.1983	02:40	40.02	26.89	9	4,4
15.02.1983	02:21	39.07	28.71	7	4,6
27.12.1982	11:02	39.34	28.27	10	4,8
26.12.1982	17:48	39.32	28.26	5	4,9
09.06.1982	04:13	40.14	28.89	10	4,4
26.12.1981	17:53	40.15	28.74	0	4,9

02.06.1981	19:07	39.41	27.96	7	4,1
27.11.1980	15:49	39.23	27.71	0	4,1
07.08.1980	22:54	39.37	28.12	0	4,0
09.09.1979	16:10	39.32	28.83	8	4,0
18.07.1979	13:12	39.66	28.65	7	5,2
13.02.1978	05:31	40.14	28.74	10	4,2
19.01.1978	12:08	38.93	27.90	10	4,3
07.01.1978	14:55	39.78	28.68	10	4,0
09.12.1977	21:32	39.36	27.99	3	4,2
21.06.1977	11:31	39.48	27.63	10	4,2
23.03.1977	11:55	39.63	28.65	23	4,2
25.01.1977	23:54	39.41	28.30	19	4,2
10.01.1977	09:14	39.48	27.38	4	4,1
25.08.1976	08:38	39.30	28.80	33	4,1
09.05.1976	02:55	39.26	28.80	10	4,0
11.03.1976	03:41	39.36	27.68	10	4,0
11.03.1976	03:14	39.32	27.65	10	4,0
23.02.1976	10:13	39.10	28.67	16	4,1
18.11.1975	04:54	40.26	27.29	7	4,1
12.02.1975	01:48	39.14	29.00	15	4,2
30.01.1975	16:26	39.87	28.64	0	4,3
30.01.1975	04:51	39.82	28.60	0	4,1
25.11.1974	23:54	38.96	27.85	7	4,0
07.09.1974	08:33	39.67	28.61	17	4,2
07.02.1974	08:49	39.50	27.00	0	4,0
07.02.1974	08:46	39.70	26.88	37	4,2
18.01.1974	10:57	40.50	28.94	18	4,3
03.01.1974	07:39	39.74	26.82	29	4,2
08.04.1973	09:52	39.17	28.39	7	4,2
02.03.1973	19:30	39.20	28.10	55	4,2
11.02.1973	12:57	40.42	28.33	0	4,0
08.02.1973	14:33	39.25	28.70	38	4,2
23.09.1972	03:32	39.78	28.57	0	4,3
03.09.1972	08:38	39.16	27.98	30	4,6
16.12.1971	16:42	39.52	27.80	0	4,1
30.04.1971	16:44	39.19	28.52	5	4,1

23.02.1971	19:41	39.62	27.32	10	5,0
15.09.1970	06:28	39.70	28.54	10	4,0
06.09.1970	17:39	40.20	28.50	0	4,0
10.07.1970	05:36	39.16	28.60	12	4,2
27.06.1970	17:44	39.30	28.70	0	4,0
24.06.1970	08:42	39.10	28.60	0	4,0
26.04.1970	13:23	39.90	28.90	0	4,1
24.04.1970	02:40	39.06	28.60	21	4,2
23.04.1970	09:01	39.13	28.65	28	5,2
13.04.1970	05:58	39.40	28.00	33	4,2
07.04.1970	10:55	39.00	27.80	48	4,4
28.03.1970	22:59	39.13	29.00	0	4,1
23.03.1970	07:56	39.20	28.20	26	4,2
13.10.1969	03:24	39.17	28.38	9	4,4
07.10.1969	18:49	39.16	28.54	49	4,9
07.10.1969	05:09	39.20	28.40	13	4,9
19.08.1969	21:55	39.70	27.80	0	4,2
14.08.1969	21:51	39.55	27.87	21	4,7
27.06.1969	10:40	39.30	28.70	0	4,0
19.05.1969	15:27	39.12	28.58	0	4,0
14.05.1969	23:57	39.15	28.49	36	4,6
13.05.1969	17:48	39.03	28.57	35	4,6
06.05.1969	06:36	39.30	28.10	0	4,0
01.05.1969	01:14	39.10	28.00	0	4,1
30.04.1969	20:20	39.12	28.52	8	5,0
17.04.1969	12:23	39.11	28.62	0	4,1
28.03.1969	10:02	39.13	28.45	37	4,9
27.03.1969	18:07	39.12	28.20	51	4,5
26.03.1969	09:00	39.30	28.10	52	4,2
26.03.1969	03:31	39.03	28.27	37	4,6
25.03.1969	17:51	39.16	28.00	44	4,1
25.03.1969	16:13	39.08	28.44	42	4,7
25.03.1969	14:18	39.17	28.49	34	4,8
25.03.1969	13:37	39.00	28.00	0	4,0
25.03.1969	13:21	39.06	28.41	28	4,9
25.03.1969	13:21	39.25	28.44	37	5,5

24.03.1969	12:13	39.08	28.65	20	4,7
24.03.1969	11:34	39.17	28.70	37	4,6
24.03.1969	08:13	39.02	28.41	43	4,7
24.03.1969	02:58	39.15	28.60	4	4,5
24.03.1969	01:59	39.11	28.51	30	5,0
23.03.1969	21:08	39.14	28.48	9	5,6
23.03.1969	03:50	39.30	28.00	10	4,3
23.03.1969	00:15	39.17	28.32	12	4,4
22.03.1969	18:00	39.10	28.67	28	4,7
05.03.1969	14:41	40.06	27.56	33	4,7
03.03.1969	00:59	40.08	27.50	6	5,6
17.02.1969	22:49	38.90	27.60	0	4,0
26.11.1968	16:56	39.10	28.10	0	4,0
09.11.1968	12:38	40.15	28.35	24	4,2
06.10.1968	09:31	39.61	28.80	0	4,1
06.05.1968	09:38	40.33	28.63	4	4,3
07.11.1967	14:23	38.90	27.30	0	4,1
09.05.1967	04:05	39.61	27.15	37	4,4
11.03.1967	05:19	39.30	28.50	0	4,0
12.02.1967	23:23	40.14	28.10	36	4,2
30.01.1967	01:26	38.90	27.50	0	4,5
29.01.1967	19:47	38.99	27.60	0	4,5
21.08.1966	01:30	40.33	27.40	12	4,9
28.06.1966	17:01	39.00	27.00	49	4,5
30.09.1965	19:37	38.90	27.90	0	4,4
19.09.1965	14:03	38.90	27.95	0	4,3
02.09.1965	05:29	39.70	27.10	0	4,4
01.05.1965	21:24	39.50	27.40	33	4,0
15.12.1964	21:03	40.02	28.79	26	4,5
20.11.1964	06:59	40.20	28.06	56	4,1
20.10.1964	08:47	40.00	28.60	0	4,8
06.10.1964	14:31	40.30	28.23	34	7,0
06.10.1964	14:29	40.24	28.16	23	5,0
28.04.1963	00:41	39.32	27.82	30	4,7
14.09.1962	00:33	39.57	28.17	40	4,5
24.08.1961	13:29	39.41	27.99	10	4,3

11.10.1957	07:33	39.32	28.19	10	4,9
18.07.1956	09:46	39.96	27.30	60	4,5
24.10.1954	23:37	40.46	27.53	10	4,8
22.07.1953	15:09	39.24	28.43	10	5,2
09.06.1953	16:28	39.34	28.21	20	4,6
03.06.1953	16:05	40.28	28.53	20	5,3
01.04.1953	01:47	39.97	27.45	20	5,3
31.03.1953	18:24	40.10	27.30	15	4,5
26.03.1953	15:10	39.94	27.48	10	4,7
24.03.1953	20:20	40.00	27.50	12	4,7
22.03.1953	13:17	40.00	27.30	26	4,2
19.03.1953	21:13	39.88	27.35	10	5,0
19.03.1953	12:53	40.10	27.30	48	4,8
18.03.1953	23:28	40.00	27.40	0	4,5
18.03.1953	22:28	40.00	27.40	30	4,8
18.03.1953	21:18	39.96	27.59	30	5,4
18.03.1953	20:34	40.02	27.83	10	4,6
18.03.1953	20:20	40.00	27.40	30	5,0
18.03.1953	19:06	39.99	27.36	10	7,2
19.03.1952	01:27	39.60	28.64	40	5,4
15.09.1951	22:52	40.15	28.02	40	5,0
28.11.1950	17:53	39.73	28.05	40	5,1
04.01.1949	20:30	38.90	27.90	14	4,5
15.11.1942	17:01	39.55	28.58	10	6,1
28.10.1942	02:41	39.46	27.79	10	5,5
28.10.1942	02:22	39.10	27.80	50	5,9
28.10.1942	00:31	39.27	28.19	10	5,4
12.08.1942	21:52	39.10	27.70	17	4,8
12.08.1942	20:38	39.13	27.64	50	4,8
09.02.1941	09:23	40.13	28.27	15	4,6
22.09.1939	00:36	39.07	26.94	10	6,6
02.07.1938	12:26	40.17	27.88	10	5,0
22.10.1935	07:29	40.31	27.21	10	5,2
04.01.1935	16:20	40.30	27.45	20	6,3
04.01.1935	15:19	40.37	27.17	5	4,5
04.01.1935	15:18	40.12	27.65	12	4,6

29.04.1925	20:03	39.60	27.70	15	4,6
22.12.1924	17:49	39.60	27.70	15	5,4
14.04.1924	-	39.00	27.80	15	4,7
22.01.1924	11:05	39.51	28.40	80	5,3
08.08.1917	03:41	39.00	27.00	15	4,5
26.04.1916	15:56	39.20	27.00	10	4,3
16.09.1912	21:04	40.10	26.80	0	4,9
11.01.1905	17:32	39.60	27.90	15	5,0
04.04.1903	-	39.00	28.00	20	5,5

KAYNAKÇA

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 02.09.1997 Tarihli ve 23098 Mükerrer Sayılı Resmi Gazete.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 06.03.2007 Tarihli ve 26454 Sayılı Resmi Gazete.

Aksaraylı, M. - Tecim, V. (2004): **İzmir İli Deprem Senaryolarının Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Analizi ve Acil Afet Yönetim Sistemi Amaçlı Kullanımı**, 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul.

Aktimur, H.T. – Bozbağ, E. – Deveciler, E. – Karabalık, N.N. – Tamgaç, Ö.F. – Yıldırım, N. – Aktimur, S. – Karabıyıkolu, N. (1994): **Balıkesir İlinin Arazi Kullanım Potansiyeli**, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Proje No:9692, Ankara.

Akyürek, B. – Soysal, Y. (1981): **Biga Yarımadası Güneyinin (Savaştepe – Kırkağaç – Bergama – Ayvalık) Temel Jeolojik Özellikleri**, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, Sayı:95-96.

Alptekin, Ö. (1978): **Türkiye ve Çevresindeki Depremlerde Manyitüd-Frekans Bağlılıkları ve Deformasyon Boşalımı**, Doçentlik Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Altan, M. - Öztürk, F. - Gençler, G. - Ayday, C. (1999): **Preparation Of Potential Earthquake Risk Map Of Two Districts Of Eskişehir By Using 3-Dimensional Geographic Information System Techniques**, International Conference Of Earthquake Hazard And Risk In The Mediterranean Region, Vol 1, Near East University, Lefkoşa.

Ansal, A. (2001): **Balıkesir Şehri Bahçelievler, Plevne, Hasan Basri Çantay, Akıncılar Mahalleleri ve 18-02 Konut Bölgesinin Yerleşime Uygunluk Çalışmalarının, Depremsellik ve İnşaat Mühendisliği Açısından Değerlendirilmesi**, İstanbul Teknik Üniversitesi Geliştirme Vakfı Uygulamalı Araştırma Raporu.

Atabey, E. (2000): **Deprem**, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınlarından Eğitim Serisi No:34, Ankara.

Bingöl, E. (1976): **Batı Anadolu'nun Jeotektonik Evrimi**, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, Sayı:86.

-----Akyürek, E. – Korkmazer, B. (1973): **Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun Bazı Özellikleri**, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğler, Ankara.

- Günay, E. – Çevikbaş, A. – Ateş, M. – Küçükkayman, A. – Can, B. – Erkan, M. (1984): **Bigadiç Çevresinin (Balıkesir) Jeolojisi Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Kökenselel Yorumu**, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Proje No:7601, Ankara.
- Bistritschen, K. (1957): **Balıkesir Vilayetindeki Sıcak Su ve Maden Suyu Kaynakları Hakkında Rapor**, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Proje No:2622, Ankara.
- Çobanoğlu, İ. - Bozdağ, Ş. - Dinçer, İ. - Erol, H. (2006): **Doğu Akdeniz Bölgesi Depremlerinin Tekrarlanma Periyotlarının Tahmininde İstatistiksel Yaklaşımlar**, İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, C. 19, S. 1.
- Demirtaş, R. - Yılmaz, R. (1996): **Türkiye'nin Sismotektoniği**, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Durmaz, G. (1995): **Balıkesir Şehri**, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Sos. Bil. Ens. Beşeri ve İktisadi Coğrafya Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Efe, R. (2000): **Gölcük ve Düzce Depremleri-1999**. Fatih Üniversitesi Yayınları, No:7, ISBN: 975-303-007, İstanbul.
- Sekin, S. (1998): **Adana-Ceyhan Depremi**. Fatih Üniversitesi Yayınları, No:2, ISBN: 975-303-002, İstanbul.
- Ercan, T. – Ergül, E. – Akçaören, F. – Çetin, A. – Granit, S.- Asutaş, J. (1990): **Balıkesir Bandırma Arasının Jeolojisi, Tersiyer Volkanizmasının Petrolojisi ve Bölgesel Yayılımı**, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, Sayı:110.
- Erdik, M. - Şeşetyan, K. - Demircioğlu, M.B. – Durukal, E. (2006): **Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar ve Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Kıyı Yapıları, Demiryolları ve Havameydanları İnşaatları Deprem Teknik Yönetmeliği İçin Deprem Tehlikesi Belirlemesi**, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ergül, E. - Öztürk, Z. - Akçaören, F. - Gözler, Z. (1980): **Balıkesir İli Marmara Denizi Arasının Jeolojisi**, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Proje No:6760, Ankara.
- Erinç, S. - Bilgin, T. - Bener, M. - Sungur, K. A. - Erer, S. - Göçmen, K. (1970): **28 Mart 1970 Gediz Depremi**, İ.Ü. Coğr. Enst. Yay. No 60, İstanbul.
- Gutenberg, B. - Richter, C.F. (1949): **Seismicity of the Earth and Associated Phenomena**, Princeton University Press, New Jersey, USA
- Gülkan, P. - Koçyiğit, A. - Yücemem, M.S. - Doyuran, V. (1993): **En Son Verilere Göre Hazırlanan Deprem Bölgeleri Haritası**, O.D.T.Ü. Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Rapor No. 93-01.

Herzog, E. (1954): **Balıkesir Ovası Hidrojeolojik Raporu**, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Proje No:2719, Ankara.

<http://tuikapp.tuik.gov.tr/adnksdagitimapp/adnks.zul>

<http://www.bayindirlik.gov.tr>

<http://www.deprem.gov.tr>

<http://www.die.gov.tr>

<http://www.koeri.boun.edu.tr>

<http://www.sayisalgrafik.com.tr/deprem/turkiye.htm>

Jordanovski, L.R. – Todorovska, M.I. (1995). **Earthquake Source Parameters For Seismic Hazard Assessment: How To Obtain Them From Geologic Data, Historic Seismicity And Relative Plate Motions**, In G. Duma (ed.), Proc. 10th European Conf. Earthquake Engrg, Aug. 28 - Sept. 2, 1994, Vienna, Austria. Spec. Theme Sess. S01.2: Source Mechanism, Balkema, Rotterdam, 1995, Vol. 4, pp. 2561–2566.

Karaesmen, E. (2002): **Öncesiyle Sonrasıyla Deprem**, Atılım Üniversitesi ISBN:975-6707-09-07.

Koçyiğit, A. (2002): **Çay (Afyon) Depreminin Kaynağı ve Ağır Hasarın Nedenleri: Akşehir Fay Zonu**, Cumhuriyet Bilim Teknik, Sayı:779.

Kiremidjian, A.S. - Mortgat, C. - Shah, H. (1992): **Stanford Seismic Hazard Analysis-STASHA**, The John Blume Earthq. Engrg. Ctr., Stanford Univ., Stanford, CA.

McClusky, S., (2000): **Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics and Dynamics In The Eastern Mediterranean and Caucasus**, Journal of Geophysical Research, Vol. 105, No: B3, p. 5695-5719.

Özmen, B. (2001): **Kastamonu İlinin Depremselliği ve Deprem Tehlikesi**, 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı 7-10 Mayıs, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.

-----Nurlu, M. - Güler, H. (1997): **Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi**, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara

Özoğul, A. (1987): **Balıkesir Ovasının ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi ile Uygulamalı Jeomorfolojisi**, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.

- Pınar, N. – Lahn, E. (1952): **Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu**, Bayındırlık Bakanlığı, Yapı ve İmar İşleri Reisliği, Ankara.
- Şahin, C. (2005):**Türkiye Fiziki Coğrafyası**, ISBN: 975-6859-32-6, Ankara.
- Şaroğlu, F. – Yılmaz, Y. (1990): **Batı Anadolu’da Neojen Deformasyon Tipleri ve Gelişimi Üzerine Bazı Görüşler**, Türkiye 8. Petrol Kongresi, Ankara.
- Şaroğlu, F. - Emre, Ö. - Boray, A. (1992): **Türkiye Diri Fay Haritası**, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü.
- Soysal, H. - Sipahioğlu, S. - Kolçak, D. - Altınok, Y. (1981): **Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu**, TUBİTAK Proje No: TBAG 341,
- Tağıl, Ş. (2003): **Balıkesir Ovası ve Yakın Çevresinin Fiziki Coğrafyası**, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Tufan, E.A. - Çona, A. (2000):**Balıkesir Belediyesi Bahçelievler, Plevne, Hasan Basri Çantay, Akıncı Mahalleleri ve 18-02 Konut Bölgesi Jeoloji-Jeoteknik Etüd Raporu**”. Balıkesir Üniversitesi.
- Türkiye Çevre Atlası**, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, <http://www.cedgm.gov.trcevreatlasi.htm>
- Tüysüz, O. (2003): **İstanbul İçin Deprem Senaryolarının Hazırlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı**, İ.T.Ü. Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü.
- Yağcı, B. (2005): **Mikrobölgeleme Metodolojileri ve Balıkesir İçin Bir Uygulama**, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Yazıcı, N. (2003): **Ocak 1898 Balıkesir Depremi ve Sonrası**, ISBN:975-288-391-5, Ankara.
- Youngs, R.R. - Coppersmith K.J. (1985): **Implications of Fault Slip Rates and Earthquake Recurrence Models to Probabilistic Seismic Hazard Estimates**, Bull.Seism. Soc. Am., v.75, pp.939-964.

ÖZGEÇMİŞ

1976 tarihinde Çorum'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Ankara'da yaparak 1990 yılında Kuleli Askeri Lisesi'ne girdim. 1994 yılında Hava Harp Okulu'na girerek, 1998 yılında Elektronik Mühendisi lisans diplomasıyla mezun oldum. 2000 yılında 2 nci Ana Jet Üs Uçuş Eğitim Komutanlığı'nı bitirerek jet pilotu unvanını aldım. 2001 yılında 3 ncü Ana Jet Üs Komutanlığı ve 4 ncü Ana Jet Üs Komutanlığı'nda verilen F-5 ve F-16 harbe hazırlık eğitimlerini tamamlayarak 9 uncu Ana Jet Üs Komutanlığı'na kol uçucusu olarak atandım. 2004 yılında Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladım. 2006 yılından itibaren 4 üncü Ana Jet Üs 142 nci Filo Komutanlığı'nda dördüncü kol lideri statüsünde görevime devam etmekteyim.