

## OLASILIKSAL SİSMİK TEHLİKE ANALİZ YÖNTEMİ VE DÜZLE TIRILMI SİSMİK SİTE MODELİ KULLANILARAK SİSMİK TEHLİKE HARİTALARI ELDE EDİLMESİ

H. Karaca<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mühendis, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı  
e-mail: [karaca26@hotmail.com](mailto:karaca26@hotmail.com)

### ÖZET:

Bu çalışmada klasik olasılıksal sismik tehlike analizi (OSTA) ve Frankel (1995) tarafından geliştirilen mekansal olarak düzle tirilmi sismik site modeli (MODS M) kullanılarak sismik tehlike haritaları geliştirilmiştir. Çalışma için Çanakkale Anadolu Bölgesinin batısında yer alan Eskişehir pilot il olarak seçilmiştir. Merkezi Eskişehir olan 300 km yarıçapında bir çember içinde kalan alanda, tektonik yapılar, yerel sismik hareketlilik ve ilgili sismik parametreler araştırılmış ve seçilen alanda bulunan fay hatları ve ilgili parametreleri, sismik aktivite kayıtları ve alan kaynakları belirlenerek klasik OSTA uygulanmıştır. Sonrasında, 1900-2010 yılları arası için derlenen deprem kataloğu, her magnitud ve periyod için eksiklik (yanlıklık) açısından incelenmiş ve katalogun eksik olmayan bölümleri belirlenerek alt kataloglar elde edilmiş ve MODS M kullanılarak sismik tehlike haritaları geliştirilmiştir. Her iki yöntemin uygulanmasında da yer hareketi tahmin denklemi (YHTD) olarak Akkar ve Cagnan (2010) tarafından geliştirilen denklem kullanılmış, denklem için elde edilen esas katsayılar; yerel sismik kayıtlar kullanılarak kalibre edilmiştir. Yerel kayıtların elde edilmesi için Eskişehir merkezli 300 km yarıçapında bir çember içinde kalan alan sismik hareketlilik açısından değerlendirilmiş ve yerel sismik veri tabanı oluşturulmuştur. Hem klasik OSTA ve hem de MODS M kullanılarak elde edilen sismik tehlike haritaları, hâlihazırda kullanılan resmi sismik tehlike haritası ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda, her iki yöntemle elde edilen haritaların benzerliklerinin, resmi sismik tehlike haritası ile olan benzerliklerinden çok daha belirgin olduğu görülmüştür.

**ANAHTAR KELİMELER:** Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi, Mekânsal Olarak Düzle Tirilmi Sismik Site Modeli, Sismik Tehlike Haritası

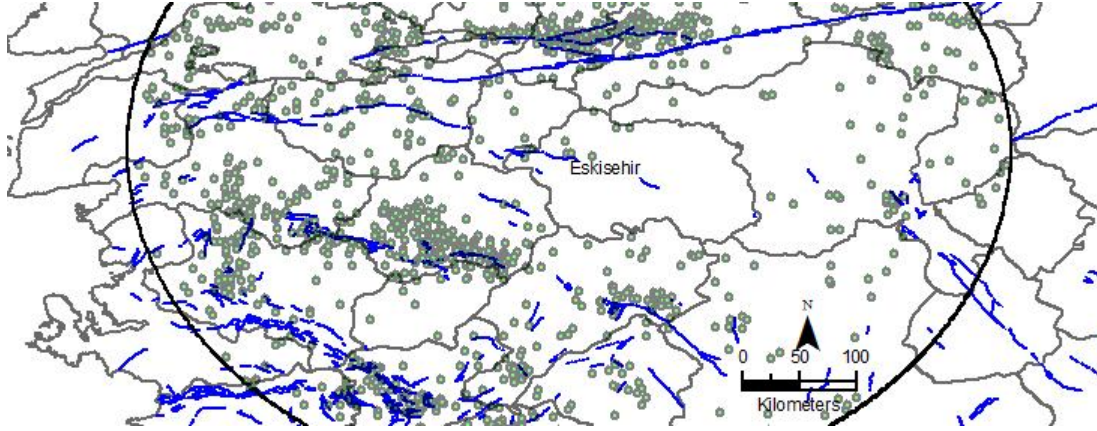
### 1. GİRİŞ

Türkiye genelinde sismik hareketlilik göz önüne alınarak bir değerlendirme yapıldığında Eskişehir'in en aktif bölgelerinin içinde olmadığı hemen anlaşılmaktadır. Fakat Eskişehir, en aktif bölgelerden olan Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAFH) Bölgesi ile Ege Bölgesinin arasında yer aldığı için çok yakınlarında meydana gelmesi de büyük ölçekli depremlerin etkilerine maruz kalabilir. Böyle bir şekilde konumlanmış bir Eskişehir için OSTA ve MODS M, deterministik analizden daha kullanışlı olabilir. Ayrıca deprem merkezlerinin koordinatları olarak da bakıldığında, OSTA veya MODS M kullanılması uygun olup olmadığı da değerlendirilebilir. Çok katlı şekilde hangi yöntemin daha uygun olduğuna karar verilemiyorsa, her iki yöntem de kullanılarak sismik tehlike haritaları geliştirilebilir ve karşılaştırılabilir yapılabilir. Öncelikli olarak her iki yöntemin üstünlüklerinin anlaşılması ve analiz çıktılarının karşılaştırılması gerekmektedir. Bu çalışmada da her iki yöntem kullanılacak ve sismik tehlike haritaları karşılaştırılacaktır.

### 2. SİSMİK KAYNAKLAR

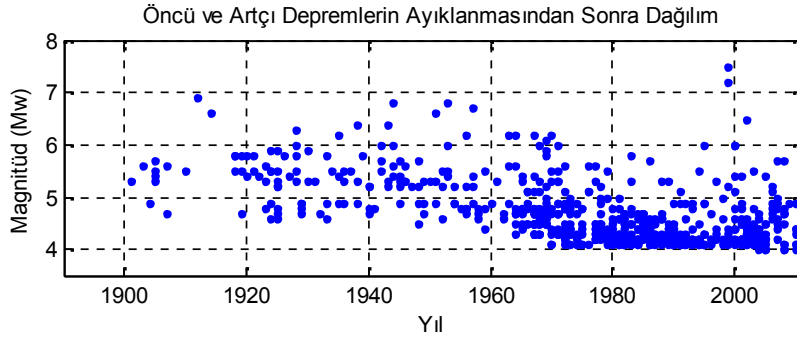
Çalışma için belirlenen alan içinde sismik hareketlilik açısından iki önemli bölge yer almaktadır: KAFH Bölgesi ve Ege Bölgesi. KAFH dünya üzerinde bulunan fay hatlarının en aktif olanlarından birisidir. Bahsi geçen fay hattında, 1939 yılından bu yana dokuz adet büyük ölçekli ve hasar verici deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden 1999 Düzce ve 2002 Marmara depremleri sadece Türkiye'de değil, dünyada meydana gelmiş en büyük ölçekli depremlerdendir. Eskişehir'in batısında bulunan Ege Bölgesinin sismik yapısı ise, KAFH'nın batıya doğru ilerlemesi, Helen hilalinin saatin tersi yönündeki dönme hareketi ve Afrika plakasının kuzeye yönünde ilerlemesi nedeniyle meydana gelen sıkı madan dolayı meydana gelen grabenlerden oluşmaktadır. Grabenler doğu-batı yönünde uzanmakta ve bölgenin içinde bulunduğu kuzey-güney yönlü gerilmeleri artırmaktadır. Bölgede orta büyüklükte depremler sık sık görülmekte olup sismik kayıtlarımızdaki en büyük ölçekli depremler Alaşehir, 1970 ( $M_s=6.6$ ) ve Gediz, 1970 ( $M_s=7.0$ ) depremleridir.

Ekil 1.de de gösterildiği üzere, ilgili çalışma alanının sismik aktivitesi KAFH ve Ege Bölgesinde yoğunlaştı. Eskişehir'in yakın çevresinde ise ihmal edilmeyecek derecede sismik aktivite olduğu anlaşılmaktadır.



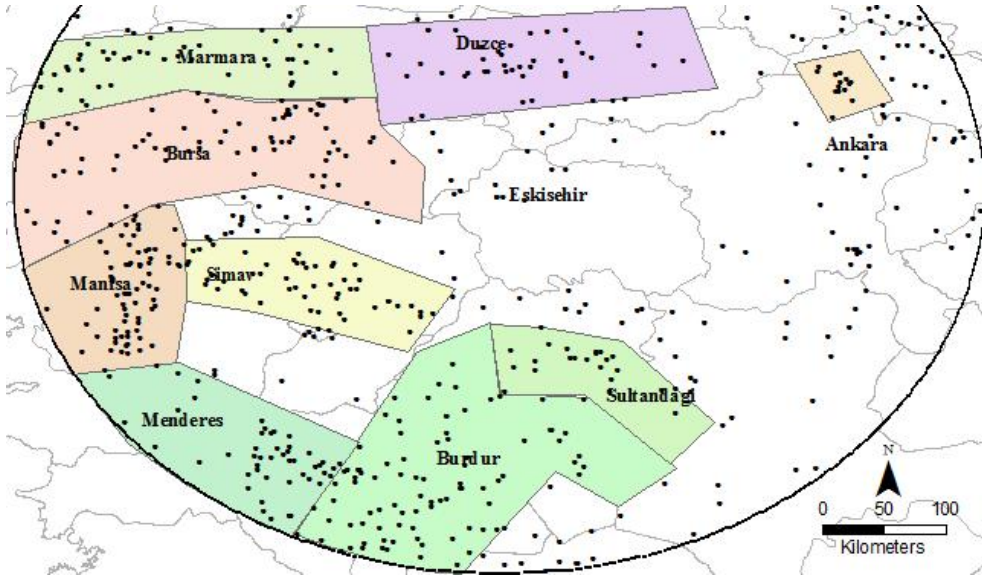
**Ekil 1. Eskişehir ve Çevresinde 1900-2010 Yılları Arasında Meydana Gelen Sismik Aktiviteleri Gösterir Harita (M 4.0, Kandilli, 1900-2005, AFAD, 2005-2010, Faylar Aroglu vd., 1992)**

Çalışma alanında meydana gelen depremler derlenerek katalog çalışması yapılmış, katalog oluşturmak için 1900-2005 arası için Kandilli Rasathanesi kayıtları ile 2006-2010 arası için AFAD kayıtları kullanılmıştır. Oluşturulan katalog, deprem magnitüdlerinin farklı ölçeklerde kaydedilmesinden dolayı, Deniz (2006) tarafından geliştirilen denklemler kullanılarak homojenleştirilmiştir. Ayrıca Deniz (2006) ve Deniz ve Yucemen (2010) tarafından geliştirilen zaman ve uzaklık büyüklükleri kullanılarak öncü ve artçı depremler ayıklanmıştır. Ayıklanma işleminden önce moment magnitüdü 4.0'dan büyük olan 1422 deprem belirlenmiştir, ayıklanma işleminden sonra bu sayı 653'e inmiştir.



**Ekil 2. Zaman ve Büyüklük Açısından Deprem Kayıtlarının Dağılımı**

Katalog oluşturulan depremlerin zaman ve büyüklük açısından dağılımı göz önüne alınarak değerlendirildiğinde ve 1960'lardan itibaren deprem kayıt araçlarının bütün ülke çapında yaygınlaştırılması göz önüne alındığında, artış olmayan bir sonuç elde edilmiştir. Ekil 2'de anlaşıldığı üzere, magnitüdü 5.0'den büyük olan depremler olma sıklığı açısından dönemsel olarak dalgalı bir yapı arz etmekte, 1965 öncesi kayıtlarında moment magnitüdü 4.5'den küçük olan depremlere neredeyse hiç rastlanılmamasına rağmen, 1965 sonrası çok yoğun olarak kaydedildiği görülmektedir. Dolayısıyla oluşturulan katalogda bir tamlik sorunu olduğu, ancak klasik OSTA için oluşturulan deprem katalogunun tamliği gerektiğinden, katalogun tamlik açısından uygun hale getirilmesi gerektiği belirlenmiştir. Bununla birlikte katalog 10'ar yıllık dilimlere bölünmüş ve Stepp (1973) tarafından geliştirilen tamlik testi kullanılarak katalogun deprem magnitüdüleri açısından tamliği sağlanmıştır.



ekil 3. Alan Kaynaklar ve 1900-2010 Arası Meydana Gelen Depremler ( $M_w > 4.0$ , Öncü ve Artçı Deprem Elendikten Sonra)

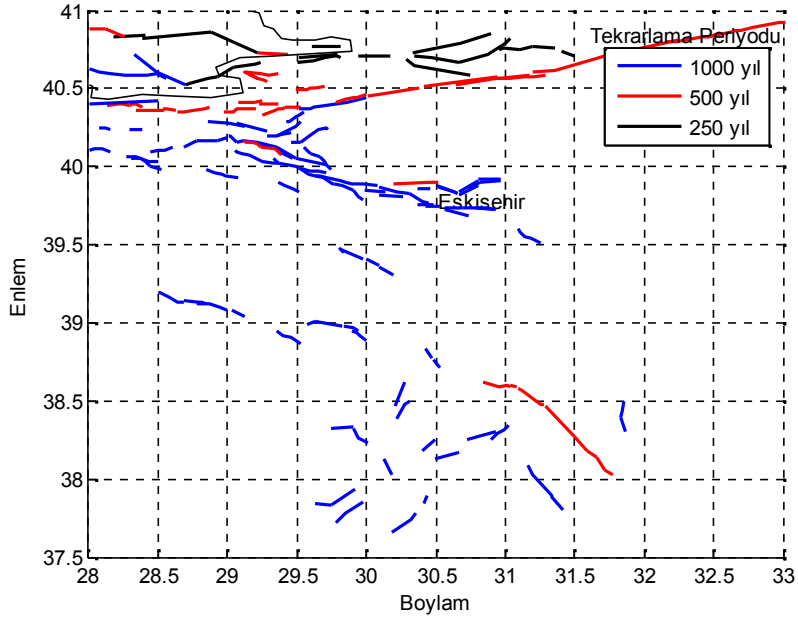
Tablo 1. Alan Kaynaklar ve İlgili Parametreler

Alan Kaynak	Maks $M_w$	Ham Veri		1970 Sonrası Veri		Elenmi ve Tamlanımı	
		€ (/yıl)	b	€ (/yıl)	b	€ (/yıl)	b
Ankara	6.0	0.20	1.29	0.13	1.34	0.19	1.02
Burdur	6.0	2.00	0.91	0.55	0.93	1.22	0.93
Bursa	5.8	1.02	0.65	0.45	0.91	1.14	0.84
Düzce	5.6	2.08	0.83	0.24	0.71	0.66	0.74
Marmara	5.7	0.69	0.89	0.32	0.93	0.36	0.89
Manisa	6.0	0.97	0.78	0.52	1.28	0.93	1.04
Menderes	5.8	0.68	0.62	0.28	0.61	0.91	0.74
Simav	6.0	2.34	0.92	0.52	0.96	0.70	0.95
Sultanda 1	6.0	0.35	0.59	0.15	1.26	0.41	0.93
Genel	6.0	2.61	0.69	1.09	0.96	3.39	0.91

### 2.1. Alan Kaynaklar

Magnitüdü 6.0'dan büyük olan depremlerin fay kaynakları tarafından oluşturulduğu varsayılmıştır. Alan kaynak oluşturulması için magnitüdü 6.0'dan küçük olan depremler kullanılmıştır. Güvenilir alan kaynak modeli geliştirilmesi için bir alanda jeolojik yapıların ve sismik aktivitelerin ayırt edici derecede yoğunlaşması ölçütü öncelikli olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca bu alan kaynakların geliştirilmesinde alan içerisinde kalan depremlerin güvenilir sismik parametre elde edilebilecek sayıda olması koşulu sağlanmıştır.

Ekil 3'de çalışılma sonucu oluşturulan alan kaynaklar gösterilmektedir. Oluşturulan alan kaynaklarında kalan depremler ise genel bir alan kaynak oluşturularak değerlendirilmiştir. Tablo 1'de geliştirilen alan kaynaklar ve ilgili sismik parametreler gösterilmektedir. Bütün alan kaynaklar için, mühendislik açısından hasar verebilecek en küçük magnitüdü deprem için  $M_{wmin}=4.0$  olarak belirlenmiştir ve Tablo 2'de de verildiği üzere, her bir alan kaynak için varsayılan en büyük magnitüdü ise katalog kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca, magnitüdü 4'den büyük depremlerin yıllık meydana gelme sıklığı ve Gutenberg-Richter denkleminde kullanılan b değerleri; ham veriler, 1970 sonrası ham veriler ve öncü ve artçı depremlerin elendiği ve tamlanımının yapıldığı katalog verileri için hesaplanmıştır ve tabloda verilmiştir. Alan kaynaklar için derinlik olarak 20 km varsayılarak analiz yapılmıştır.



ekil 4. Fay Kaynakları ve Karakteristik Deprem Tekerrür Sıklığı (Detaylı Fay Haritaları ve Fay Listesi Karaca, 2014'ten Elde Edilebilir)

## 2.2. Faylar

Fayların büyük bir kısmı ile ilgili sismik parametreler örneğin fay çentikleri, aktivite yoğunlukları ve tekrar etme sıklıkları Koçyiğit (2005)'ten elde edilmiştir. Eskişehir ve yakın çevresindeki faylar için Ocakolu (2007), Marmara Denizi fayları için ise Kalkan vd.(2009) kullanılmıştır (Karaca, 2014). Faylar üzerinde meydana gelebilecek en büyük magnitudü deprem büyüklüğü Wells ve Coppersmith (1984) tarafından geliştirilen denklemler kullanılarak elde edilmiştir. ekil 5'te, bu çalışmada kullanılan faylar, hesaplanan maksimum magnitudü deprem tekerrür sıklığına göre sınıflandırılarak farklı renklerde gösterilmiştir. ekil 6'da ve Tablo 2'de ise Eskişehir ve yakın çevresinde bulunan fayların haritası ve analiz için gerekli sismik parametreler verilmiştir (Karaca, 2014). Diğer faylarla ilgili bütün bilgiler Karaca, 2014'den elde edilmiştir. Ayrıca sismik tehlike analizi için gerekli bilgilerden biri olan fay derinlikleri bütün faylar için 20 km kabul edilmiştir ve dikey olarak uzandıkları varsayılmıştır. Magnitudü tekerrür ilişkisi için karakteristik tekerrür modelinin sadece büyük ölçekli depremler için geçerli olan kısmı kullanılmıştır ve  $(m_{\max}-0.5)$  ile  $m_{\max}$  arası olasılıksal dağılım sabit kabul edilmiştir. Zaman alanındaki tekerrür ilişkisi için Poisson modeli kullanılmıştır.

Tablo 2. Eskişehir ve Yakın Çevresi Faylarının Sismik Parametreleri

Fay No	Fayın Adı	Fay Tipi <sup>1</sup>	Uzunluk (km)	Aktivite Derecesi	$M_w$ <sup>2</sup>	Tekrarlama Periyodu (yıl)
1	Kozpınar	OAN	39	Potansiyel Aktivite	7.0	$\geq 1000$
2	Hisarönü+Çuk. <sup>3</sup>	N	19	Potansiyel Aktivite	6.5	$\geq 1000$
3	Sat.+Kar. <sup>4</sup>	N	14	Potansiyel Aktivite	6.3	$\geq 1000$
4	Yusuflar	OAN	10	Potansiyel Aktivite	6.1	$\geq 1000$
5	Meelik	OAN	10	Potansiyel Aktivite	6.1	$\geq 1000$
6	Sultandere	N	11	Potansiyel Aktivite	6.2	$\geq 1000$
7,8	Karacaören	N	20	Potansiyel Aktivite	6.6	$\geq 1000$
9	Altıpatlar	N	12	Potansiyel Aktivite	6.2	$\geq 1000$
10	Gülpınar	OAN	16	Potansiyel Aktivite	6.4	$\geq 1000$
11	nönü	OAN	15	Potansiyel Aktivite	6.4	$\geq 1000$



Tablo 2 Devamı

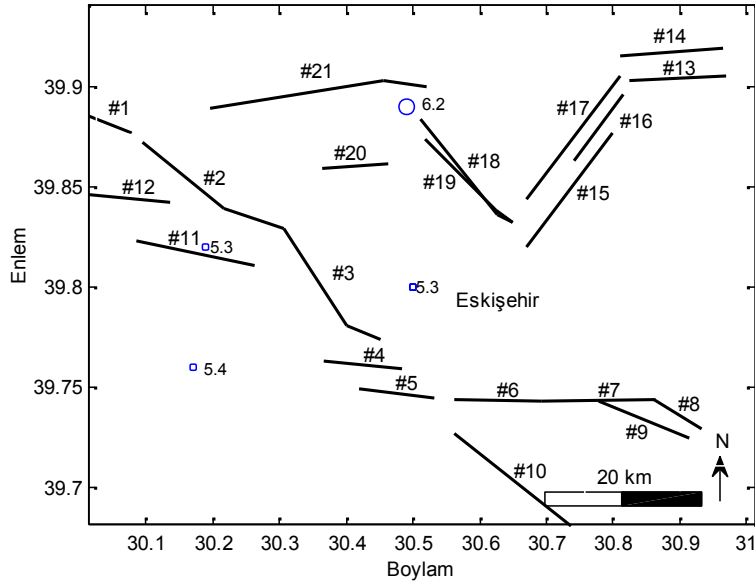
Fay No	Fayın Adı	Fay Tipi <sup>1</sup>	Uzunluk (km)	Aktivite Derecesi	M <sub>w</sub> <sup>2</sup>	Tekrarlama Periyodu (yıl)
12	Kovalıca	OAN	12	Potansiyel Aktivite	6.2	≥ 1000
13	Sepetçi	OAN	12	Potansiyel Aktivite	6.2	≥ 1000
14	Kozlubel	OAN	13	Potansiyel Aktivite	6.3	≥ 1000
15	Gökdere	OAN	13	Potansiyel Aktivite	6.3	≥ 1000
16	Gündüzler	OAN	7	Potansiyel Aktivite	5.9	≥ 1000
17	Kızılcäören	OAN	14	Potansiyel Aktivite	6.3	≥ 1000
18	Muttalip	N	12	Potansiyel Aktivite	6.5	≥ 1000
19	Kızılyar+ Cum <sup>5</sup> .	N	13	Potansiyel Aktivite	6.3	≥ 1000
20	Keskin	N	8	Potansiyel Aktivite	6.0	≥ 1000
21	ESKKEK <sup>6</sup>	OAN	28	Aktif	6.7	~500
22	Kaymaz	N	18	Potansiyel Aktivite	6.6	≥ 1000

1 OAN: Oblik atımlı normal, N:Normal

2 En büyük deprem magnitudü

3 Çukurhisar, 4 Karacaören, 5. Cumhuriyet

6 ESKKEK: Esmekaya, Sogucak, Karaozkuyu, Kavacık, Egrioz, Kozkayı



ekil 5. Eskişehir ve Yakın Çevresi Fay Hatları ve Deprem Aktivitesi (M<sub>w</sub>>5.0) (Kocyyigit, 2005)

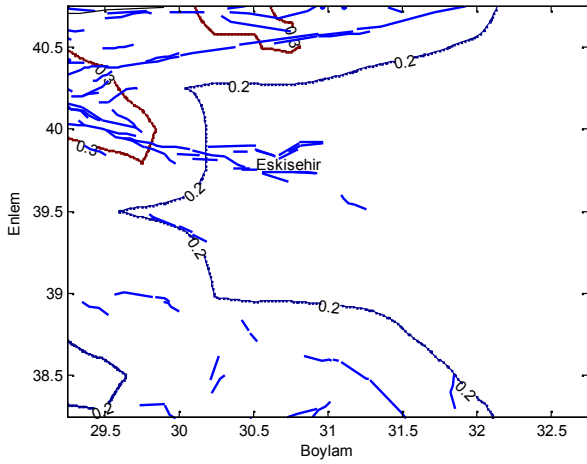
### 3. ANALİZ

#### 3.1. Sismik Tehlike Haritası (OSTA)

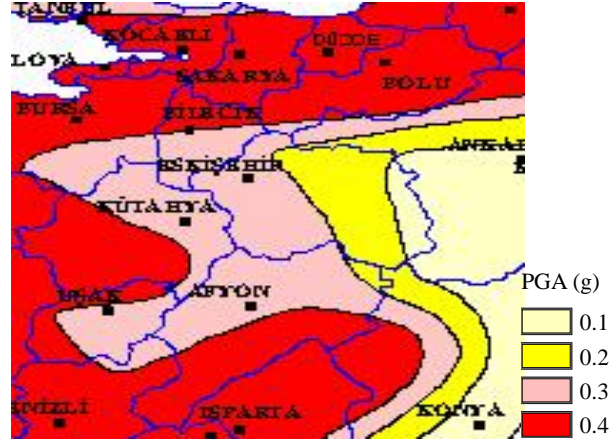
Sismik tehlike analizi için gerekli bilgilerle oluşturulan veri tabanı ile EZ-FRISK v7.62 (Risk Engineering, 2013) programı kullanılarak sismik tehlike analizi yapılmış ve deprem tehlike haritaları üretilmiştir. Ekil 6.a'dan da görüleceği üzere tekrarlaması 475 yıl olan bir deprem için yapılan sismik tehlike analizi sonucunda elde edilen etkin yer ivmesi (PGA) haritası elde edilmiştir. Gülkan vd. (1993) tarafından hazırlanan resmi deprem tehlikesi haritası, Joyner ve Boore (1981) tarafından geliştirilen tahmin denklemi kullanılarak üretilmiş ve zemin koşullarının etkisi yok sayılarak analiz yapılmıştır. Dolayısıyla bu çalışma için elde edilen sismik tehlike haritasının, resmi sismik tehlike haritası ile karşılaştırmasının yapılabilmesi

için, Akkar ve Cagnan (2010) tarafından geliştirilen tahmin denklemi  $V_s=760$  m/s varsayılarak kullanılmıştır.

ekil 6.a'da verilen harita ile ekil 6.b'de gösterilen resmi deprem tehlikesi haritası karşılaştırıldı. İki haritada da Eskişehir'in kuzeyinde bulunan KAFH ile Ege Bölgesinde sismik tehlikenin diğer bölgelere göre yüksek olduğu ve tehlikenin ç Anadoluya doğru kademeli olarak azaldığı görülmektedir. Kısaca yorum yapmak gerekirse, Eskişehir deprem tehlikesi açısından göreceli olarak güvenilir bir şehirdir, ancak kısa mesafelerde bulunan ve yüksek sismik tehlikeye maruz kalan bölgelerde meydana gelebilecek bir depremin Eskişehir'i etkileme kapasitesine sahip olduğu görülmüştür.



(a)



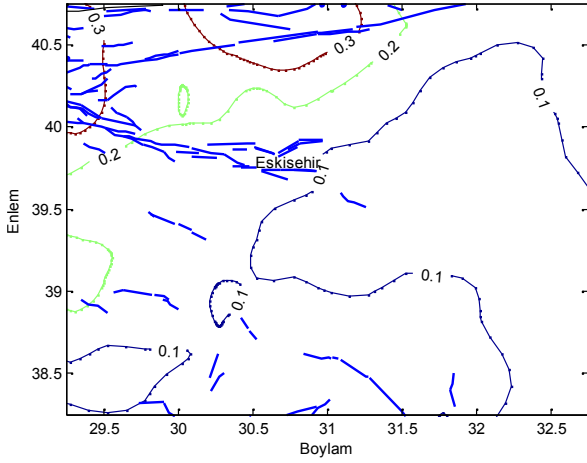
(b)

ekil 6.(a) Eskişehir ve Çevresi için OSTA Yöntemi ile 475 yıl Tekrarlama Periyotlu bir Deprem Kullanılarak Hazırlanan Sismik Tehlike Haritası (PGA Birimi g, Zemin Sınıfı Olarak NEHRP B/C ve  $V_s=760$  m/s Kabul Edilmiştir) (b) Eskişehir ve Çevresi için, 475 yıl Tekrarlama Periyotlu bir Deprem Kullanılarak Hazırlanan Resmi Sismik Tehlike Haritası (PGA, Tahmin Denklemi Olarak Joyner ve Boore, 1981 Kullanılmıştır)

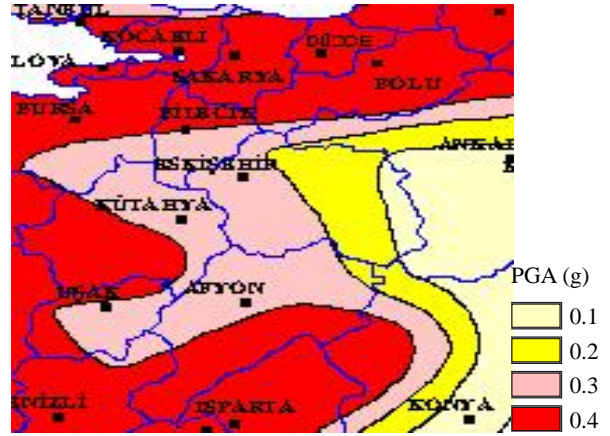
### 3.2. Sismik Tehlike Haritası (MODS M)

Frankel (1995) tarafından geliştirilen bu modelde geçmişte meydana gelen bütün depremlerin merkez üsleri, ileride meydana gelebilecek depremler için potansiyel tehlike noktaları olarak kabul edilirler. Gelecekte oluşacak depremlerin merkez üslerinin tahmini için, geçmiş depremlerin merkez üsleri merkez olmak üzere Gauss dağılımında bir olasılıklı tehlike dağılımı öngörülmüştür. Bu çalışmada oluşturulan katalog tamamı açısından değerlendirildiğinde 1970 öncesi dönem için magnitüdü 5 ve daha büyük depremler ve 1970 sonrası dönem için ise 4 ve daha büyük depremler açısından tam olduğu anlaşılmıştır ve dolayısıyla MODS M açısından iki ayrı katalog dilimi kullanılarak analiz yapılmıştır. 1. dilimde magnitüdü 5'ten büyük 95 adet kayıt bulunurken, 2. dilim için magnitüdü 4'ten büyük 432 adet kayıt bulunmaktadır. Bu dilimler için MODS M kullanılarak yapılacak analizde kullanılacak üzere gerekli olan  $b$  değerleri ise 2.80 ve 2.46 olarak hesaplanmıştır. Depremlerin zaman-tekerrür ilişkisi olarak Poisson dağılımını izlediği varsayılmıştır. Analiz yapılacak alan  $0.04^\circ$  paralel ve  $0.05^\circ$  meridyen aralığından oluşan hücrelere bölünmüştür ve korelasyon mesafesi 28.7 km olarak kabul edilmiştir. Korelasyon mesafesinin belirlenmesinde bölgede meydana gelen deprem kümelerinin çapları dikkate alınmıştır.

475 yıl tekrarlama periyoduna sahip bir deprem için yapılan analiz sonucu elde edilen sismik tehlike haritası ekil 7.a'da gösterilmektedir. Harita oluşturulurken katalog iki kısımda değerlendirilmiştir ve her bir kısmın katkısı 0.5 katsayısı kullanılarak sismik tehlike hesabına eklenmiştir. Faylardan kaynaklanan sismik tehlike, ayrıca sismik tehlike hesabına katılmıştır.



(a)



(b)

ekil 7.a. Eskişehir ve Çevresi için, MODS M Kullanılarak 475 yıl Tekrarlama Periyotlu bir Deprem için Hazırlanan Etkin Yatay Yer İvmesi Sismik Tehlike Haritası (PGA Birimi g, Zemin Sınıfı Olarak NEHRP B/C ve  $V_s=760$  m/s Kabul Edilmiştir) (b) ekil 6.b'de gerekli açıklama yapılmıştır

#### 4. SONUÇ

ekil 6.a ve 7.a'de gösterilen sismik tehlike haritalarının hem etkin yer ivmesi değerleri ve hem de riskli bölgeler açısından açıkça benzerliği görülmektedir. Eskişehir için etkin yatay yer ivmesi klasik OSTA için 0.175g ve MODS M için 0.166g olarak hesaplanmıştır. Beklendiği üzere, en yüksek etkin yatay yer ivmesi değerleri KAFH boyunca elde edilmiş olup Ege Bölgesinde bulunan fay hatları çevresinde de yer yer yüksek etkin yer ivmesi değerleri görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen sismik tehlike haritalarıyla resmi sismik tehlike haritası karşılaştırıldığında ise, resmi sismik tehlike haritası etkin yer ivmesi değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca resmi haritada etkin yer ivmesinin bölgelere göre dağılımında daha geniş alanların aynı tehlike sınıfında olduğunu görürüz. Bunun nedeni olarak ise, resmi haritanın hazırlanmasında ülke çapında sismik kaynakların değerlendirilmiş olduğu ve dolayısıyla daha büyük ölçekli bir çalışmanın yapılması olduğu anlaşılmıştır.

## Referanslar

- Akcar, S. ve Cagnan, Z. (2010). A local ground motion predictive model for Turkey and its comparison with other regional and global ground-motion models, *Bulletin of the Seismological Society of America* **100**, 2978-2995.
- KOERI, Earthquake Catalog, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/>
- Deniz, A. (2006). Estimation of Earthquake Insurance Premium Rates for Turkey, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ İnşaat Müh. Böl., Ankara
- Deniz, A. ve Yucemen, M.S. (2008). *Processing earthquake catalog data for seismic hazard analysis*, 8th International Congress on Advances in Civil Engineering, Kuzey Kıbrıs
- Erdik, M., Biro, Y., Onur, T., Sesetyan, K., Birgoren, G. (1999). Assessment of earthquake hazard in Turkey and neighboring regions – GSHAP, *Annali di Geofisica*, **42:6**. 1125-1138.
- Frankel, A. (1995) Mapping seismic hazard in the Central and Eastern United States, *Seismological Research Letters* **66:4**, 8–21.
- Gulkan, P., Kocyyigit, A., Yucemen, M.S., Doyuran, V., Basoz, N. (1993) En Son Verilere göre hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası. ODTÜ İnşaat Müh. Böl., (1993). Rapor no. 93-01, 156 s
- Joyner, W.B. ve Boore, D.M. (1981). Peak horizontal acceleration and velocity from strong motion records, including records from the 1979 Imperial Valley, California Earthquake: *Bulletin Seismological Society of America* **71:6**, 2011-2038.
- Karaca, H. (2014), Estimation of Potential Earthquake Losses for the Evaluation of Earthquake Insurance Risks, Doktora Tezi, ODTÜ İnşaat Müh. Böl., Ankara
- Kalkan, E., Gulkan, P., Yilmaz, N., Celebi, M., (2009), Reassessment of probabilistic seismic hazard in the Marmara Region, *Bulletin of the Seismological Society of America* **99:4**, 2127–2146,
- Kocyyigit, A. (2005). *Active fault investigation in pilot municipalities and their neighbourhood: Eskisehir, Gemlik, Bandirma, Tekirdag And Korfez*, Final Report, Project: MEER-A3 Microzonation and Hazard Vulnerability Studies for Disaster Mitigation in Pilot Municipalities, 17 s.
- Kocyyigit, A. (2010). Yüzyüze görü me, Jeoloji Müh. Böl., ODTÜ, Ankara.
- Ocakoglu, F., (2007) A re-evaluation of the Eskisehir Fault Zone as a recent extensional structure in NW Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences* **31**, 91–103
- Saroglu, F., Emre, O., Boray, A. (1992). *1:1 000 000 Türkiye Diri Fay Haritası*, MTA, Ankara.
- Stepp, J. C. (1973). *Analysis of completeness of the earthquake sample in the Puget Sound Area*, *Contributions to Seismic Zoning*: U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report ERL 267-ESL 30, 16-28.
- Wells, D.L. ve Coppersmith, K.J. (1984). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement, *Bulletin of the Seismological Society of America* **84:4**, 974-1002.