

KONAKLI KAYAK MERKEZ (ERZURUM) Ç N OLASILIKSAL S SM K TEHL KE ANAL Z

Recai Kartal¹ Mehmet Özyazıcıo lu² ve Tu bay Kılıç¹

¹ AFAD, Ankara

² Deprem Ara tırma Merkezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum
Email: mehmetoz@atauni.edu.tr

ÖZET:

Turizm sektörü son yıllarda dünya genelinde hızla geli en sektörlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle döviz girdisi sa laması ve bölgesel kalkınmaya katkısı nedeniyle geli mekte olan ülkeler için cazip bir endüstri haline gelmi tir. Bu ise, dünya turizm hareketlerinden daha fazla pay almak isteyen ülkeleri alternatif turizm türlerine yöneltmi tir. Kı turizmi, alternatif turizm türleri arasında dikkat çekmektedir. Alp-Himalaya da ku a ı üzerinde bulunan Türkiye, topraklarının yakla ık % 60'nın 1500-3000 m yükseklikte bulunması ve uygun iklim ko ulları ile kı turizmi sektöründe her geçen gün daha fazla rekabet edecek hale gelmi tir. Özellikle Do u Anadolu, kı turizmi açısından oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Erzurum ili Palandöken Kayak Merkezi, kı turizmi açısından isim yapmı merkezlerden biridir. Yine aynı bölgede yer alan Konaklı Kayak Merkezi (Erzurum ili Merkez ilçesine ba lı Konaklı Köyü mevki) pistlerinin uzunluk ve zorluk derecelerinin çe itlili i ve aynı anda daha çok sporcuya hizmet verebilecek olması nedeniyle, kı turizmi açısından ta ıdı ı potansiyelle öne çıkmaktadır. Böylesi önemli bir tesisin sismik tehlikesinin, eldeki verilerin elverdi i ölçüde güvenilir bir ekilde belirlenmesine ihtiyaç vardır. Konaklı Kayak Merkezi (KKM) 39.7810 K ve 41.2265 D koordinatlarında yer almaktadır. Söz konusu lokasyon proje sahası olarak seçilmi ve proje sahasının 250 km yakınlı ı, çalı ma alanı olarak belirlenmi tir. Çalı mada olasılık ve istatistik yöntemlerden yararlanılarak proje sahasının sismik tehlikesi tahmin edilmeye çalı ılmı tir. Çalı ma alanında 01.01.1900-31.12.2012 yılları arasında meydana gelen depremlere ait farklı ölçeklerdeki magnitüd de erleri tek bir ölçü e (Mw) dönü türülerek deprem katalo u yeniden derlenmi , çalı ma alanını etkileyebilecek sismik kaynaklar belirlenmi tir. Farklı yer hareketi tahmin denklemleri kullanılarak, farklı tekerrür periyotları için PGA de erleri elde edilmi tir.

ANAHTAR KEL MELER : Olasılıksal deprem tehlike analizi, turistik tesisler, Erzurum ili, en büyük yer ivmesi, sismik kaynak parametreleri

1. GİRİŞ

Erzurum ili 39.1488-40.9539 N enlemleri ve 40.2540-42.5972 E boylamları arasında kalan yüzölçümü ile Türkiye'nin kuzeydo usunda yer almaktadır. Erzurum ili mevcut Deprem Bölgeleri Haritasında [Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1997] güneyde 1. dereceden kuzeybatıda 3. Dereceye kadar de i en deprem tehlike bölgelerin içerisinde yer almaktadır.

Geli en teknolojiye paralel olarak üretilen cihazlar sayesinde veri sayısı ve kalitesi de yükselmi tir. Bununla birlikte stokastik tahmin metodlarındaki geli meler, sismik tehlike tahmininde daha güvenilir sonuçlar elde etme olana ı sa lamı tir.

Sismin tehlike tahmininde olasılık ve istatistik yöntemlerin kullanılması, mevcut belirsizliklerin göz önünde bulundurulması açısından önem taşımaktadır. Bu çalı ma da olasılık ve istatistik yöntemler kullanılarak proje sahası için sismik tehlikenin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. OLASILIKSAL SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ (OSTA)

Sismik tehlikenin belirlenmesine temel olan istatistiksel yöntemler ilk olarak [Cornell,1968] tarafından geliştirilmiştir. Olasılıksal Sismik Tehlike Analizinin (OSTA) amacı, hasar ve can kaybına neden olabilecek farklı yer hareketi düzeylerinin, farklı yer veya yerlerde, belirli bir zaman dilimindeki maksimum olasılığın tahminidir. OSTA'nın genel amaçları şöyle sıralanabilir: (1) proje alanında geçmişte meydana gelen deprem kayıtlarının derlenmesi ve güvenilir bir deprem kataloğünün oluşturulması, (2) ana okların, öncü ve artçı oklardan belirli bir zaman uzaklık penceresine göre ayrılması, (3) sismik kaynakların ve bunlara ait sismosite parametrelerinin belirlenmesi, (4) oluşturulan deprem kataloğundaki depremlerin episantr dağılımına göre sismik kaynaklara dağıtılması. Belirlenen sismik kaynaklarla ilişkilendirilemeyen depremlerin katkısını da hesaba katmak üzere geri plan alan kaynakların tanımlanması, (5) uygun bir stokastik modelin seçilmesi, (6) bölge için bir yer hareketi tahmin denklemi (azalım ili kisi) geliştirilmesi veya mevcut azalım ili kilerinden uygun birinin seçilmesi, (7) analiz girdilerinde bulunan belirsizliklerin incelenmesi ve farklı analiz kombinasyonları tasarlanarak bu belirsizliklerin etkilerinin analiz sonuçlarına yansıtılmasıdır. KKM için gerçekleştirilen olasılıksal sismik tehlike analizinin amaçları aşağıdaki bölümlerde anlatılacaktır.

2.1. Proje Alanında Geçmişte Meydana Gelen Deprem Kayıtlarının Derlenmesi ve Güvenilir Bir Deprem Kataloğünün Oluşturulması

KKM için sismik tehlikenin tayininde, KKM'nin konumlandırılacağı lokasyon (39.7810 N - 41.2265 E) merkez olmak üzere yaklaşık 250 km yarıçap içinde kalan bölge (37.69646 –41.75816 N enlemleri ve 38.49766 - 44.50419 E boylamları arasında kalan dikdörtgen bölge) göz önünde tutulmuştur. Bu kısımdan itibaren KKM'nin konumlandırılacağı lokasyon (39.7810 N - 41.2265 E) proje sahası, 37.69646 – 41.75816 N enlemleri ve 38.49766 - 44.50419 E boylamları arasında kalan dikdörtgen bölge ise çalı ma alanı olarak anılacaktır. Çalı ma alanında geçmiş yıllarda meydana gelmiş depremler ile ilgili sismik veri tabanının hazırlanmasında;

- (i) 1899-1980 tarih aralığı için *Ambraseys and Finkel* [1987] kataloğu,
- (ii) 1913-1970 tarih aralığı için *Alsan et al.* [1975] kataloğu,
- (iii) 1881-1980 tarih aralığı için *Ayhan et al.* [1981] kataloğu,
- (iv) 1900-1995 (Pre) tarih aralığı için *Ambraseys and Jackson* [1998] kataloğu,
- (v) 1900-1948 tarih aralığı için *Ambraseys and Jackson* [1998] kataloğu,
- (vi) 1900-2010 tarih aralığı için International Seismological Center (ISC) kataloğu,
- (vii) 1998-2012 tarih aralığı için European-Mediterranean Seismological Center (EMSC) kataloğu,
- (viii) 1976-2012 tarih aralığı için Harvard Moment Tensor kataloğu,
- (ix) 2007-2012 tarih aralığı için AFAD Deprem Dairesi kataloğu

yararlanılmıştır. Yukarıda sıralanan her bir katalog için çalı ma alanı içerisinde kalan ve aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük olan depremler seçilmiştir. Aletsel büyüklük ölçeri olarak 1900-1976 tarih aralığı için yüzey dalgası magnitüdü (Ms) ölçeri, 1976-2012 tarih aralığı için öncelik sırasına göre moment magnitüdü (Mw), yüzey dalgası magnitüdü (Ms), lokal magnitüdü (ML), süre magnitüdü (Md) ve hacim dalgası magnitüdü (Mb) ölçerinde verilen aletsel büyüklükler tercih edilmiştir.

Bu çalışmada moment magnitudünün (M_w) kullanılmasına karar verilmiştir. Proje sahasında deprem tehlikesi yaratabilecek en küçük depremin büyüklüğü moment magnitudüne göre 4.5 olarak kabul edilmiştir. Derlenen katalogta farklı magnitud ölçeklerine (M_d , M_l , M_s ve M_b) göre raporlanan depremlerin magnitudleri Deniz [2006] tarafından son yüzyıl içerisinde Türkiye’de meydana gelmiş bütün depremlerin ortogonal regresyon yöntemi ile analizi sonucu elde edilen ağırlıkta çevrim ilişkileri kullanılarak moment magnitud ölçeğine (M_w) dönüştürülmüştür:

$$M_w = 1.57 \times M_l - 2.66 \quad (1)$$

$$M_w = 2.25 \times M_b - 6.14 \quad (2)$$

$$M_w = 1.27 \times M_d - 1.12 \quad (3)$$

$$M_w = 0.54 \times M_s + 2.81 \quad (4)$$

Deprem büyüklükleri moment magnitud ölçeğine dönüştürüldükten sonra büyüklüğü 4.5’ten küçük olan depremler deprem kataloğundan elenmiştir. Bu şekilde oluşturulan sismik veritabanındaki depremlerin episantr dağılımı Şekil 1’de gösterilmektedir.

2.2. Ana okların, Öncü ve Artçı oklardan Belirli Bir Zaman Uzaklık Penceresine Göre Ayrılması

Depremlerin meydana gelme sürecinin tahmininde, kendilerinden önceki depremlere bağımlı veya bağımsız olarak oluşturulan çeşitli stokastik modeller vardır. Bu modellerden en yaygın olarak kullanılanı Poisson modelidir. Deprem olaylarının zaman uzayında bir Poisson süreci oluşturabilmeleri için;

- Herhangi bir yıl içerisinde olacak deprem, takip eden yılda olacak depremi etkilemez. Yani depremler zamanda bağımsızdır,
- Herhangi bir kaynakta oluşan deprem başka bir kaynakta olacak depremi etkilemez. Yani depremler uzayda bağımsızdır,
- Aynı anda ve aynı yerde iki ayrı depremin olması sıfırdır,

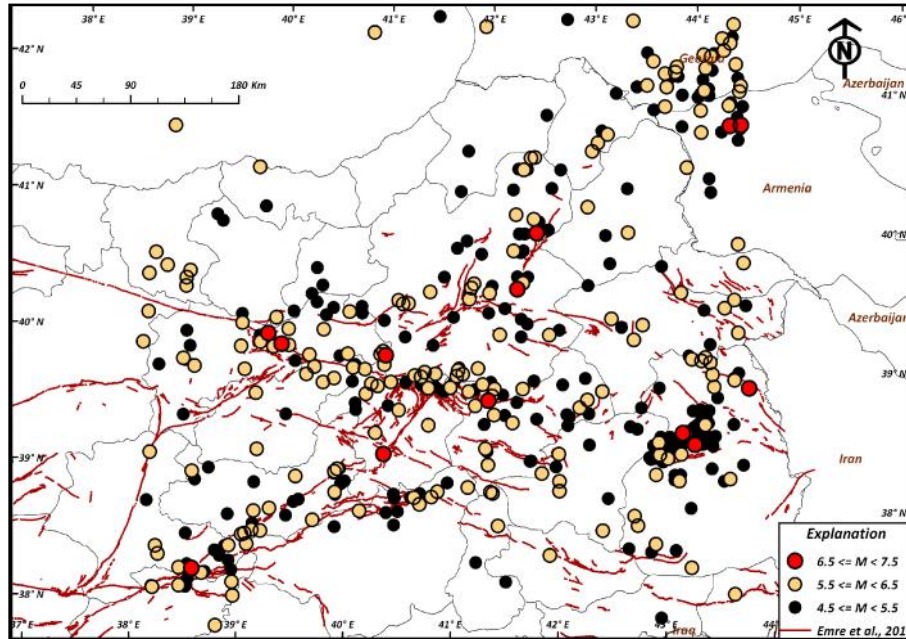
koşullarını sağlamaları gerekir. Bu bağımsızlık koşulunu sağlamak açısından öncü ve artçı depremlerin sismik tehlike analizinin dışında tutulması gerekmektedir.

Öncü ve artçı depremlerin (ikincil depremler) belirlenmesine yönelik literatürde birçok yöntem bulunmaktadır [Prozorov and Dziewonski, 1982; Kagan, 2000]. Bu çalışmada için, Deniz [2006] tarafından önerilen ve Tablo 1’de gösterilen zaman ve uzaklık pencereleri kullanılarak ikincil depremler belirlenmiştir. Bu yöntemde belirli bir deprem büyüklüğü seviyesindeki bir ana okta, belirli bir zaman ve uzaklık penceresi içerisinde kalan bütün depremler, dikkate alınan ana okun artçı depremleri olarak kabul edilmiştir. Bir depremin öncü deprem sayılabilmesi için ise, kendi büyüklük seviyesi için belirlenmiş olan zaman ve uzaklık pencerelerinin içerisinde, kendisinden daha büyük bir deprem bulunması gerekmektedir. Bu durumda magnitudü daha büyük olan ikinci depremin ana ok olduğu varsayılmıştır. Ayrıca aletsel büyüklüğü 6.0 ve daha büyük olan depremler yukarıda bahsedilen yöntemle göre bir ana okun ikincil depremi olarak belirlenseler bile ana ok olarak kabul edilmiştir. Şekil 2, bu şekilde belirlenen ana okları içeren deprem kataloğundaki depremlerin episantr dağılımını göstermektedir.

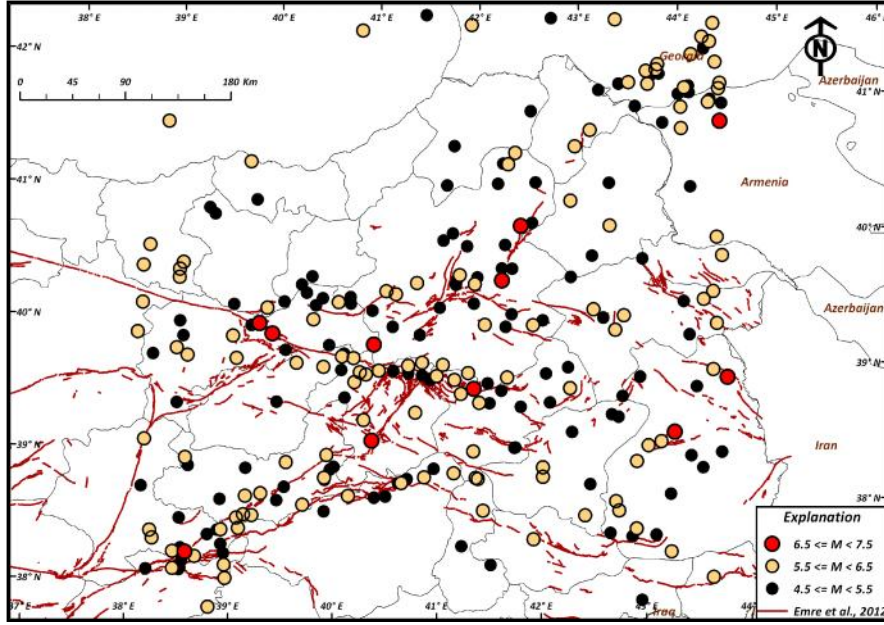
Deprem kataloglarında günümüzden geriye doğru gidildikçe özellikle küçük depremlerin raporlanması ile ilgili eksiklikler ortaya çıkmaktadır. Deprem kataloglarındaki bu eksiklikler veri tabanında hem zamanda, hem de mekanda yanlışlıklara sebep olmakta ve buna bağlı olarak da bulunan tekerrür süreleri uzun süreli oluşuklıklarını gerçekçi bir biçimde vermeyebilmektedir. Bu nedenle, belirli bir magnitüd aralığına düşen depremlerin eksiksiz olarak kayda geçirildiği zaman dilimini belirlemek ve bu magnitüd aralığındaki depremlerin oluşukluğunu sadece o zaman diliminde oluşan depremleri göz önünde tutarak hesaplamak gerekmektedir. Bu amaçla bu çalışmada derlenen, tüm depremleri ve sadece ana okları içeren deprem katalogları incelenmiş ve 1964'ten önce moment magnitüdü de 4.5-5.0 arasında olan depremlerin her iki katalogda da yer almadığı gözlenmiştir.

Tablo 1. Küçük depremlerin ayırt edilmesinde kullanılan uzaklık ve zaman pencereleri [Deniz, 2006].

Magnitüd	Uzaklık (km)	Zaman (gün)
4.5	35.5	42
5.0	44.5	83
5.5	52.5	155
6.0	63.0	290
6.5	79.4	510
7.0	100.0	790
7.5	125.9	1326
8.0	151.4	2471



ekil 1. Katolo umuzda yer alan tüm depremlerin mekansal dağılımını gösteren harita.



ekil 2. Sadece ana ok depremlerin mekansal dağılımını gösteren harita.

2.3. Sismik Kaynakların ve Bunlara Ait Sismisite Parametrelerinin Belirlenmesi

KKM'nin sismik tehlike analizi için Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından 2012 yılında yenilenen 1/250.000 ölçekli diri fay haritalarında yer alan faylar dikkate alınarak ekil 3'te gösterilen çizgi (fay) kaynaklar belirlenmiştir.

KKM için gerçekleştirilen sismik tehlike analizinde, depremlerin oluşum sürecinin tahmininde, depremlerin birbirlerinden bağımsız olarak meydana geldiklerini varsayan Poisson modeli kullanılmıştır. Poisson modeline göre bir sismik kaynak içerisinde, t zaman aralığında m_0 alt magnitüd sınırından büyük en az bir deprem olma olasılığı şöyledir:

$$\Pr(N \geq 1) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (5)$$

burada, λ , incelenen sismik kaynaktaki birim zaman süresinde (genellikle bir yıl) meydana gelen ve magnitüdü m_0 'a eşit veya m_0 'dan büyük depremlerin ortalama sayısını temsil etmektedir.

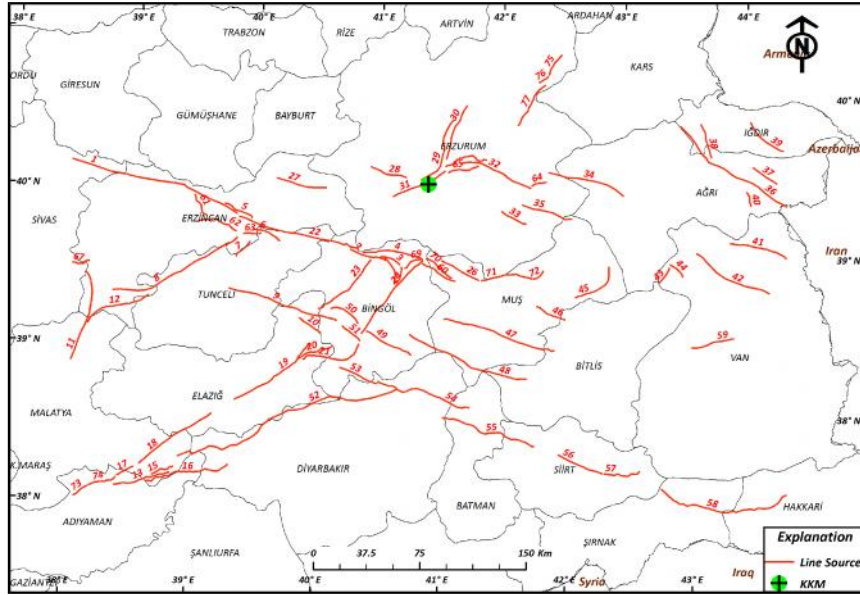
Cornell [1968] tarafından geliştirilen klasik OSTA modelinde deprem magnitüdülerinin Richter [1958] tarafından önerilen doğrusal magnitüd-tekerrür ilişkisine dayanarak üstel dağılıma sahip olduğu kabul edilir.

Üstel magnitüd dağılımı için olasılık yoğunluk fonksiyonu şu şekilde ifade edilmektedir:

$$f_M(m) = k \beta e^{-\beta(m-m_0)} \quad (6)$$

$$k = \left[1 - e^{-\beta(m_1 - m_0)} \right]^{-1} \quad (7)$$

Burada, k birikimli da ılım i levinin m_1 üst magnitüd sınırında 1.0'a e it olmasını sa layan bir katsayı,



ekil 3. Model 1'de esas çizgi (fay) kaynaklar.

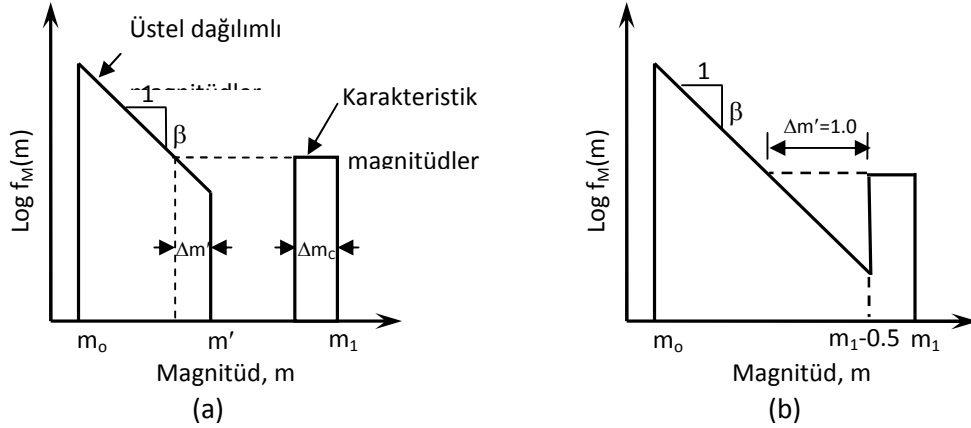
ise büyük depremlerin küçük depremlere göre hangi sıklıkta meydana geldi ini gösteren sismotektonik parametredir.

KKM için gerçekte tirilen sismik tehlike analizinde, ekil 3'te gösterilen çizgi (fay) kaynaklar için üstel magnitüd da ılımı yerine karakteristik deprem modeli esas alınmıştır. *Schwartz and Coppersmith* [1984], üstel da ılım modelinin büyük alanlardaki magnitüd da ılımını yeterli bir biçimde tanımladığını, ancak fay segmentlerinde oluşan büyük magnitüdü depremlerin oluşum sıklığını eksik tahmin ettiğini belirtmiş ve karakteristik deprem modelini önermiştir. Daha sonra *Youngs and Coppersmith* [1985], karakteristik deprem modeli için geçerli olacak bir olasılık yoğunluk fonksiyonunu çıkartmıştır. Bu modelde deprem magnitüdüleri m de erine kadar üstel da ılımlı olarak alınmıştır. Magnitüdü m de erinden büyük depremler karakteristik deprem olarak tanımlanmış ve bunların $m_1 - m_c$ ve m_1 arasında bir biçimli (uniform) da ılım gösterdikleri varsayılmıştır (ekil 4.a). *Youngs and Coppersmith* [1985]'in bu modelin kullanımı için yaptıkları varsayımları dikkate alarak karakteristik deprem modeli (ekil 4.b) için aşağıda verilen olasılık yoğunluk fonksiyonu elde edilmiştir:

$$f_M(m) = \begin{cases} k\beta e^{-\beta(m-m_0)} & m_0 \leq m \leq m_1 - 0.5 \\ k\beta e^{-\beta((m_1 - 3/2) - m_0)} & m_1 - 0.5 \leq m \leq m_1 \end{cases} \quad (8)$$

$$k = \left[1 - e^{-\beta(m_1 - 0.5 - m_0)} + \beta e^{-\beta(m_1 - 3/2 - m_0)} 0.5 \right]^{-1} \quad (9)$$

ekil 3'te gösterilen çizgi (fay) kaynaklara ait sismosite parametrelerini (β ve m_0 de erleri) tayin etmek amacıyla derlenen deprem kataloglarındaki depremlerin mekansal da ılımı ve belirlenen çizgi (fay) kaynaklarının konumları dikkate alınarak ekil 5'de gösterilen alanlar belirlenmiştir.



ekil 4. Youngs ve Coppersmith [1985] tarafından önerilen karakteristik deprem modeli.

Tüm depremleri ve sadece ana okları içeren deprem kataloglarındaki depremler bu alanlara da atılmış ve eksik verilere (1964'ten önce $M_w = 4.5-5.0$ deprem olmaması durumu) ilişkin tadilat yapılması ve yapılmaması durumları için, her bir alana ait sismisite parametreleri elde edilmiştir. Belirlenen çizgi (fay) kaynaklar bu alanlar ile ilişkilendirilmiş ve her bir alana ait depremleri o alanla ilişkilendirilen çizgi (fay) kaynaklar arasında boylarına göre dağıtılmıştır. Çizgi (fay) kaynakların depremleri ise ilişkilendirildikleri alanların depremlerine eşit alınmıştır. Bu kaynaklar için kullanılan derinlik depremleri ilişkilendirildikleri alanların içerisine düşen depremlerin derinliklerinin ortalaması olarak varsayılmıştır. Ayrıca faylar ile ilişkilendirilemeyen 5 alan, alan kaynak olarak modellenmiştir. Bu alan kaynaklar için üstel magnitüd dağılımı esas alınmıştır. Faylara ait en büyük magnitüd depremleri (m_1) geçmiş depremler ve Wells and Coppersmith [1994] tarafından moment magnitüdü (M_w) ile yüzey kırığı boyu (SRL) arasında önerilen aşağıdaki ilişki kullanılarak atanmıştır:

$$M_w = 5.08 + 1.16 \log(SRL) \quad (10)$$

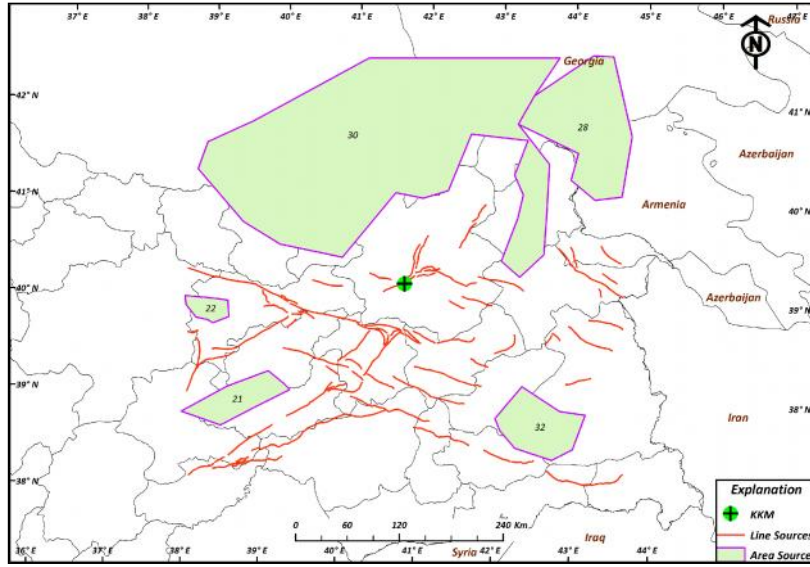
Bu çalışmada, her bir fay için m_1 depreminin hesaplanmasında SRL depremi, o fayın boyuna eşit olarak alınmıştır. Tüm kaynaklar için en küçük magnitüd depremi 4.5 olarak alınmıştır. Bu çalışmada çizgi (fay) ve alan kaynaklar için sismisite parametreleri elde edilmiştir. Yukarıda da belirtildiği üzere alan kaynaklar için üstel magnitüd dağılımı, çizgi (fay) kaynaklar için ise karakteristik deprem modeli esas alınmıştır.

2.4. Yer Hareketi Tahmin Denklemleri (Azalım ilişkileri)

Bu çalışmada Kalkan and Gülkan [2004] tarafından önerilen ve Türkiye'de meydana gelen depremlere ait verilere dayanan azalım ilişkisi ve yeni nesil azalım ilişkilerinden (NGA) Boore and Atkinson [2008] tarafından önerilen azalım ilişkisi kullanılmıştır.

2.5. Sismik Tehlike Analizleri

Bölüm 2.3'te bahsedilen sismik kaynaklar (çizgi ve alan kaynaklar) hesaplanan her bir sismisite parametresi çifti (β ve β' depremleri) kullanılarak sismik tehlike analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilen öznel olasılık depremleri kullanılarak mantık ağacı yöntemi ile birleştirilmiştir.

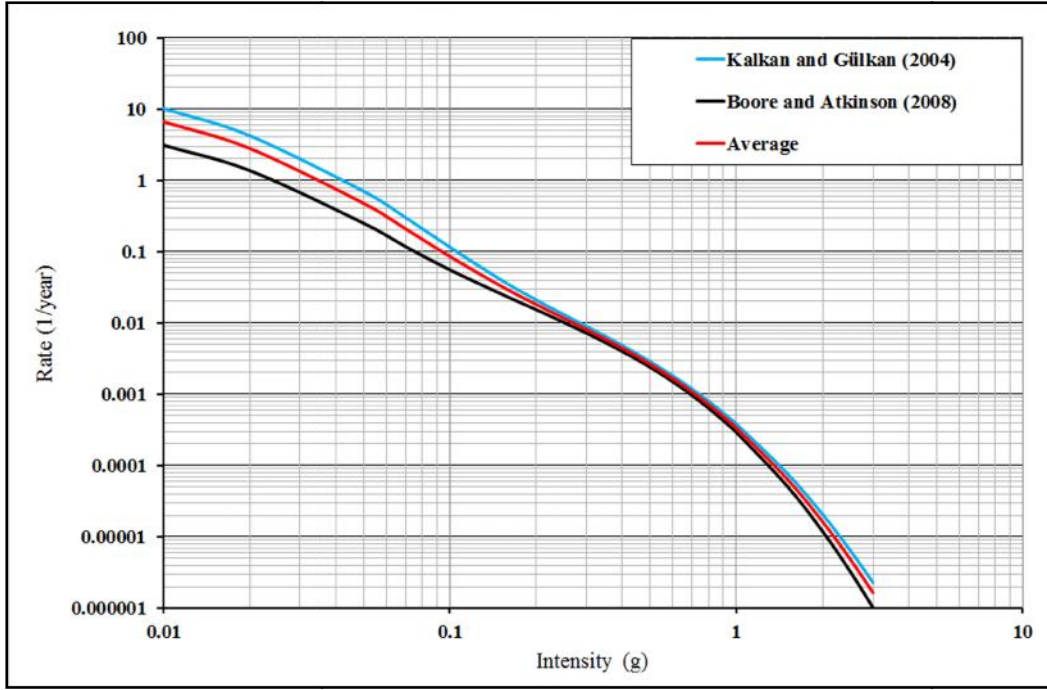


ekil 5. Deprem ve faylar dikkate alınarak belirlenen alan kaynaklar.

Analizlerde KKM için ilk 30 m'deki ortalama kayma dalgası hızı (V_{S30}) 760 m/s olarak alınmıştır. ekil 6, KKM için Bölüm 2.4'de bahsedilen azalım ili kileri kullanılarak en büyük yer ivmesi (PGA) cinsinden elde edilen sismik tehlike değerlerini göstermektedir. Ayrıca bu azalım ili kilerine bir katsayı (özel olasılık) verilerek elde edilen sismik tehlike değerleri de ekilde gösterilmektedir. Tablo 3 ise KKM sahasında farklı tekerrür periyotlarına karşılık gelen PGA değerlerini göstermektedir.

Tablo 2. Farklı sismisite parametrelerinin geçerliliği için belirlenen özel olasılık değerleri

Alternatif varsayımlar	Özel olasılık
Tüm katalog	0.4
Sadece ana oklar	0.6
Eksik raporlanma ile ilgili bir tadilat yapılmaması	0.3
Eksik raporlanma ile ilgili bir tadilat yapılması	0.7



ekil 6. KKM için en büyük yer ivmesi (PGA) cinsinden elde edilen sismik tehlike e rileri

Tablo 3. KKM sahasında, farklı tekerrür periyotları için elde edilen PGA de erleri (olasılıksal)

	Boore ve Atkinson (2008)	Kalkan ve Gülkan (2004)	Ort
50 Yılda % 10 A ılma Olasılı ı (72 Yıllık Tekerrür Periyodu)	0.53	0.57	0.55
50 Yılda % 50 A ılma Olasılı ı (475 Yıllık Tekerrür Periyodu)	0.21	0.24	0.23

Kaynaklar

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1997). Bayındırlık ve şkan Bakanlığı, Ankara.

Alsan, E., Tezuçan, L., and Bath, M. (1975). An earthquake catalogue for Turkey for the interval 1913-1970, Kandilli Observatory Seismological Department Çengelköy- stanbul, Turkey and Seismological Institute Box 517, S-751 20 Uppsala, Sweden.

Ambraseys, N. N., Finkel, C. F. (1987). Seismicity of Turkey and neighbouring regions, 1899-1915, *Annales Geophysicae*, 1987, 5B, (6), 701-726.

3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı
14-16 Ekim 2015 – DEÜ – ZMR



Ambraseys, N. N., Jackson, J. A. (1997). Faulting Associated with Historical and Recent Earthquakes in the Eastern Mediterranean Region, *Geophys. J. Int.* (1998) 133, 390-406.

Ayhan, E., Alsan, E., Sancaklı, N., Üçer, S. B. (1981). Türkiye ve Dolayları Deprem Katalo u 1881-1980, Bo aziçi Üniversitesi Yayınları.

Ba bakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Ba kanlı ı, Deprem Dairesi Katalo u, 2007-2012 <http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Veritabani/DDA.aspx?param=1>

Boore, D. M. ve Atkinson G. M. (2008). Ground-Motion Prediction Equations for the Average Horizontal Component of PGA, PGV, and 5%-Damped PSA at Spectral Periods between 0.01 s and 10.0 s, *Earthquake Spectra*, Vol.24, No. 1, pp. 99–138.

Cornell, C. A. (1968). Engineering Seismic Risk Analysis, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 58, No. 5, pp. 1583-1606.

Deniz, A. (2006). Estimation of Earthquake Insurance Premium Rates Based on Stochastic Methods, Yüksek Lisans Tezi, n aat Müh. Bölümü, Orta Do u Teknik Üniversitesi, Ankara.

Emre. Ö., Duman, T. Y., Olgun, ., Elmacı, H. ve Özalp, S., (2012). 1/25.000 Ölçekli Sayısal Diri Fay Haritaları, A rı (NJ 38-1), Ba kale (NJ 38-6), Cizre (NJ 38-9), Divri i (NJ 37-2), Diyarbakır-Ceylanpınar (NJ 37-15), Do ubayazıt (NJ 38-2), Elazı (NJ 37-7), Erzincan (NJ 37-3), Erzurum (NJ 37-4), Kars (NJ 38-10), Malatya (NJ 37-6), Mu (NJ 37-8), Tortum (NJ 37-16), Van (NJ 38-5) Paftaları, Türkiye Jeoloji Veri Tabanı, Jeoloji Etütleri Dairesi Ba kanlı ı, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlü ü, Ankara.

European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC-CSEM), Earthquake Catalog, 1998-2012 <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/?filter=yes>

International Seismological Centre (ISC) Event Catalog, 1960-2010 <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/catalogue/>

Kagan, Y. Y. (2002). Aftershock Zone Scaling, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 92, No. 2, 641-655.

Kalkan, E. ve Gülkan, P. (2004). Site-Dependent Spectra Derived from Ground Motion Records in Turkey, *Earthquake Spectra*, Vol. 20, No. 4, pp. 1111-1138.

Prozorov, A. G., Dziewonski, A. M. (1982). A Method of Studying Variations in the Clustering Property of Earthquakes: Application to the Analysis of Global Seismicity, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 87, No. B4, 2829-2839.

Richter C. F. (1958). Elementary Seismology, W.H. Freeman and Company, San Francisco.

Schwartz, D. P. and Coppersmith K. J. (1984). Fault behavior and characteristic earthquakes: examples from the Wasatch and San Andreas Fault zones. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 89, No. B7, pp. 5681-5698.

The Harvard Centroid Moment Tensor Catalog, The Global Centroid-Moment-Tensor (CMT) Project, 1976-2012, <http://www.globalcmt.org/>

Youngs, R. R. and Coppersmith, K. J. (1985). Implications of fault slip rates and earthquake recurrence models to probabilistic seismic hazard estimates, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 75, No. 4, pp. 939-964.