



Earthquake damage risk analysis in Tekirdağ province using Geographic Information Systems (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP)

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak Tekirdağ ilinde deprem hasar riski analizi

Emre Özşahin¹

Abstract

Research on earthquake improves in quality and scope day by day. Geographic Information Systems (GIS) supported methods have been used effectively in research on this subject in recent years. This study aimed at making the earthquake damage risk assessment of Tekirdağ province through the GIS supported Analytic Hierarchy Process (AHP). A significant aspect of the study was that it covered an administrative unit where 852.321 people lived and there were 136 people per square kilometer as per the 2012 data of the Address Based Population Registration System of the Turkish Statistical Institute. The factors influential on the earthquake damage risk were determined through a systematic classification of the data obtained from the related literature. Different types of data obtained from various sources were used for creating the maps pertaining to these factors. The ArcGIS/ArcMap 10 package – GIS software – was used for producing factor maps and making image analyses.

It was found that 73.8 % of Tekirdağ province was under a strong earthquake damage risk. Thus, the urban area was determined to be partially suitable for settlement. In this sense, it is necessary to prevent the areas to be opened to settlement and new constructions from

Özet

Deprem konusu hakkında yapılan çalışmalar gün geçtikçe kalite ve kapsam bakımından artmaktadır. Son yıllarda bu tarz çalışmalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli yöntemler etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada da CBS destekli Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle Tekirdağ ilinde deprem hasar riski analizinin yapılması amaçlanmıştır. Buna mukabil çalışmanın 2012 Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi verilerine göre 852.321 kişi nüfusu olan ve kilometre kareye 136 kişinin düştüğü yoğun nüfusun yaşadığı idari bir ünitenin sınırları dahilinde gerçekleştirilmesi gerekliliğini daha zaruri bir hale getirmektedir. Çalışmada kullanılan deprem hasar riskini etkileyen faktörler ilgili literatürden elde edilen verilerin sistematik bir şekilde tasnif edilmesiyle tespit edilmiştir. Bu faktörlere ait haritaların oluşturulmasında çeşitli kaynaklardan elde edilen farklı veri tiplerinden yararlanılmıştır. Çalışmadaki faktör haritalarının üretilmesinde ve görüntü analizlerinde CBS yazılımlarından ArcGIS/ArcMap 10 paket programından faydalanılmıştır.

Çalışma sonucunda Tekirdağ ilinin % 73.8'inin güçlü bir deprem hasar riski altında olduğu belirlenmiştir. Bu durumda il alanı yerleşmeye

¹ Yrd. Doç. Dr., Namık Kemal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, cozsahin@nku.edu.tr

increasing the current earthquake risk in order to decrease the earthquake damages likely to occur in Tekirdağ province. It is also necessary to conduct more planned and systematic application studies. The present study demonstrated that similar studies based on the GIS supported AHP method might be used in earthquake damage risk analyses.

Keywords: Earthquake, Geographic Information Systems (GIS), Analytic Hierarchy Process (AHP), Earthquake damage risk, Tekirdağ.

[\(Extended English abstract is at the end of this document\)](#)

1. Giriş

Depremler, toplum üzerinde büyük bir etki bırakan (Hashemi ve Alesheikh, 2011: 1607) ciddi ekonomik zararın yanında çok sayıda can kaybına neden olan en yıkıcı ve tahmin edilemeyen doğal afetlerden biridir (Daniell vd., 2011: 2235; Hashemi vd., 2013: 8). Artık günümüzde deprem tehlike ve risk çalışmalarının yapılması ve haritalandırılması bir zorunluluk şekline dönüşmüştür (Ansal ve Slejko, 2001: 372; Stein vd., 2012: 562). Çünkü bu tür çalışmalar, deprem ve onunla ilgili tehlikelerin değerlendirilmesi, ortaya çıkacak problemlerin çözümü için gerekli önlemlerin alınması ve uygun yer seçimi için önemli birer karar verme aracı haline dönüşmüştür (McGuire, 2001: 377). Ayrıca bu çalışmalar yardımıyla yerel zemin koşullarını açıklayan parametrelerin belirlenmesi ve analizi sonucu elde edilen veri tabakalarının birleştirilerek aralarındaki ilişkilerin anlaşılması daha rahat ve hızlı olmaktadır. Bütün bunların yanında elde edilen tüm verilerin coğrafi koordinatlar ile ilişkilendirilmesi (Sinha vd., 2008: 43), istatistiksel veya matematiksel coğrafi analizlere ve verilerin görsel olarak sunumlarının yapılmasına gereksinim vardır (Muson ve Henni, 2001: 385; Tağl ve Alevkayalı, 2013: 370). Bu amaç için kullanılan en iyi araçlardan birisi de Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'dir (Rashed ve Weeks, 2003: 548; Anbazhagan, 2013: 69).

CBS ortamında üretilen çok değişkenli modeller, farklı sayıdaki değişken arasındaki ilişkilerin incelenmesinde ve analiz edilmesinde güçlü tekniklerdendir (Küçükönder ve Karabulut, 2007: 4). Bu teknikler kullanılarak deprem hasar riski analiz edilip, problemler alanlar tespit edilebilir (Gutierrez vd., 2005: 1151). Bu bağlamda en sık olarak çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde deprem tehlike analizlerinde son yıllarda Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Anbazhagan vd., 2010: 186).

kısmen uygundur. Bunun için Tekirdağ ilinde meydana gelebilecek deprem zararlarının azaltılması için yerleşime açılacak alanların ve yeni yapılacak yapıların mevcut deprem riskinin arttırmasını önlemek gerekmektedir. Daha planlı ve programlı uygulama çalışmalarının başlatılması gereklilik arz etmektedir. Bu çalışma CBS destekli AHS yöntemi kullanılarak gerçekleştirilecek benzer uygulamaların deprem hasar riski analizlerinde kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Deprem hasar riski, Tekirdağ.

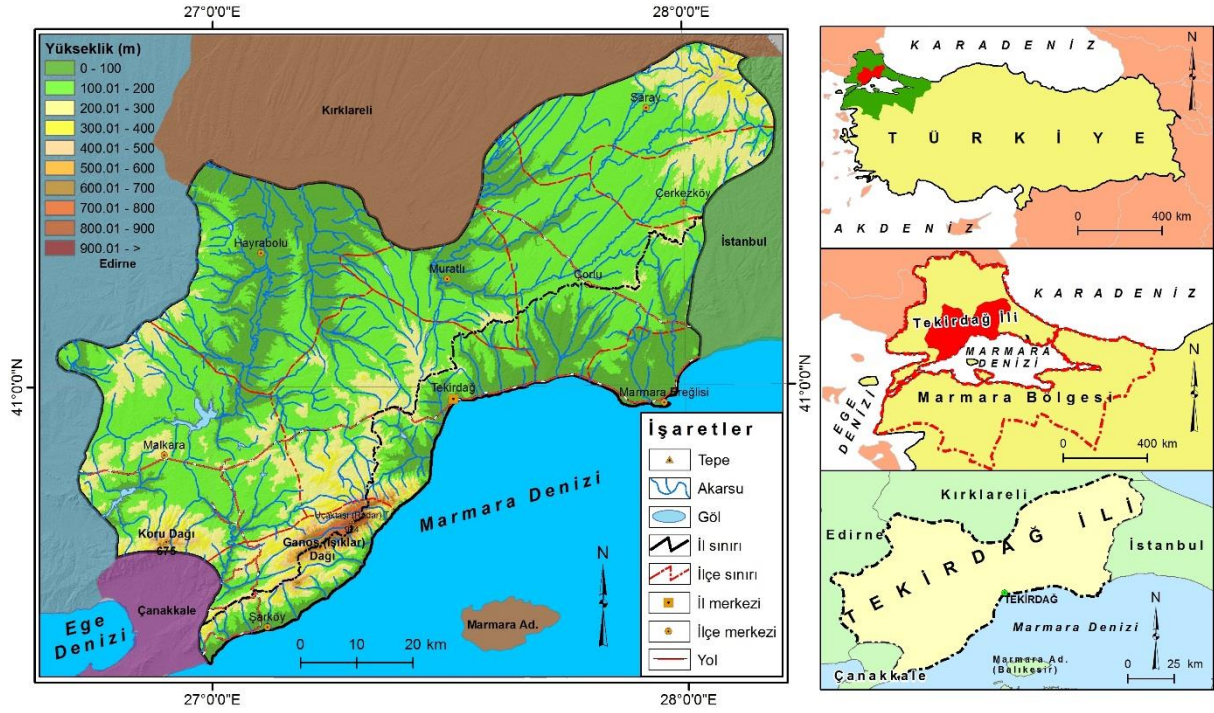
Nath ve Thingbaijam (2009) Sikkim Himalaya'daki Guwahati, Anbazhagan vd. (2010) Bangalore, Ganapathy (2011) Chennai, Erden ve Karaman (2012) Küçükçekmece, Panahi vd. (2013) ise Tahran örneklerinde CBS tekniklerine dayalı olarak AHS yöntemiyle deprem hasar risk analizi yapmışlardır.

Bu çalışmada CBS destekli AHS yöntemi kullanılarak Tekirdağ ili örneğinde deprem hasar riski analizinin yapılması amaçlanmıştır. Zira bu tür çalışmalar Türkiye'de yer seçimi ve planlamalar için oldukça önemlidir (Alparslan vd., 2008: 128; Lantada vd., 2010: 202). Nitekim Türkiye'de günümüze doğru yaşanan deprem olayları sonucunda can ve mal kaybının gittikçe arttığı ve bunun temel nedeninin de nüfus yoğunluğu ve plansızlık sonucu ortaya çıkan yapılaşmadan kaynaklandığı bildirilmektedir (Hacısalihoglu, 2001: 55; Sönmez, 2011: 15). Buna mukabil çalışmamız, 2012 Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (TUIK ADNKS) verilerine göre 852.321 kişi nüfusu olan ve kilometre kareye 136 kişinin düştüğü yoğun nüfusun yaşadığı idari bir ünitenin sınırları dahilinde gerçekleştirildiği için önemlidir. Çalışma sonucunda Tekirdağ ilinin deprem hasar riski haritası elde edilmiş ve il alanındaki deprem açısından hassas noktalar belirlenmiştir.

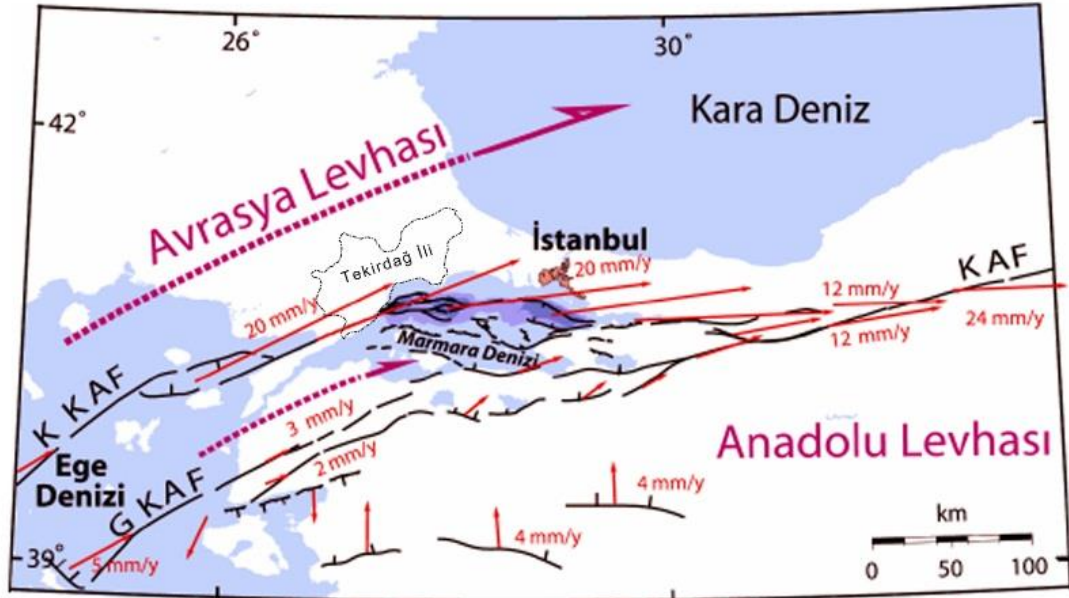
2. İnceleme Alanının Konumu ve Deprem Riski

İnceleme alanı, Türkiye'nin kuzeybatı kesiminde yer almakta olup, Türkiye'nin Coğrafi Bölgeleri'ne göre Marmara Bölgesi'nde bulunan Tekirdağ ilidir. İl alanı, kuzeyden Kırklareli, batıdan Edirne, güneybatıdan Çanakkale, doğudan İstanbul illeri ve güneyinden de Marmara Denizi ile çevrelenmiştir. Coğrafi Koordinat Sistemine göre $40^{\circ} 32' 57'' - 41^{\circ} 34' 04''$ K enlemleri ile $26^{\circ} 37' 48'' - 28^{\circ} 11' 53''$ D boylamları arasındadır (Şekil 1). Yüzölçümü ise 6250.8 km^2 'dir.

Yapılan çalışmalara göre Anadolu ve Avrasya levhaları arasındaki sınırı meydana getiren Kuzey Anadolu Fayı (KAF) sistemi boyunca ölçülen yıllık kayma miktarı GPS verilerine göre ortalama 20-25 mm'dir (Şekil 2). KAF ailesinin (Şengör, 2011: 14) batı uzantısında yer alan Ganos Fayı'nın etkinliği altında olan Tekirdağ ili ve çevresi bu nedenden dolayı tektonik anlamda çok aktif bir konumda bulunur ve deprem riski de oldukça yüksektir (Şengör vd., 2005: 71; Kalkan vd., 2008: 152; Şekil 3). Gerçekten de Tekirdağ ilinin bulunduğu bölgede son 500 yılda onun üzerinde hasar yapıcı deprem vuku bulmuştur (Pondard vd., 2007: 1118; Yaltırak, 2010: 366; Şekil 3). Keza geçtiğimiz yüzyıl içerisinde bölgede Moment büyüklüğü (M) 7 ve üzerinde olan yedi deprem kaydedilmiştir (Sancaklı, 2004: 200).



Şekil 1. Tekirdağ ilinin lokasyon haritası



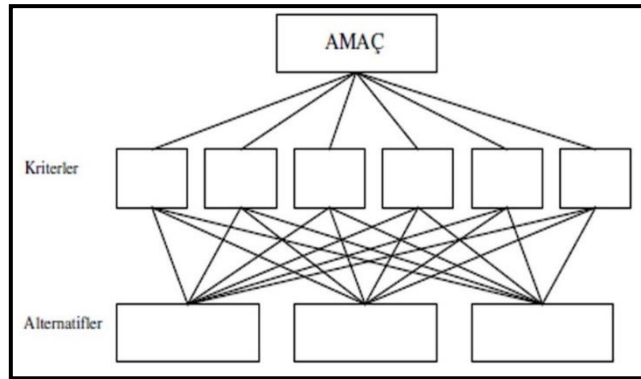
Şekil 2. Marmara bölgesinde yer alan aktif faylardaki yıllık kayma miktarları (Gülkan ve Kalkan, 2010: 31)

Tablo 1. Çalışmada kullanılan veriler, türleri ve tedarik edildiği kaynaklar

Veri türü	Veri kaynağı	Üretilen veri
Topografya haritaları (Ölçek: 1/25.000)	Harita Genel Komutanlığı	Temel harita verileri (tepe, yerleşme vs.) Akarsulara mesafe faktörü
GDEM (Sayısal Yükseklik Modeli)	ERSDAC ve NASA	Eğim faktörü
Jeoloji haritası (Ölçek: 1/500.000)	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü	Litoloji faktörü Fay hatlarına mesafe faktörü
Trakya Yarımadası'nın Morfotektonik Haritası (Ölçek: 1/100.000)	Altın, 2000	Yerçekilleri faktörü
Marmara Bölgesi'nin En Büyük Yer İvmesi Haritası	Gülkan ve Kalkan, 2010	En büyük yer ivmesi faktörü
Trakya'nın Hidrojeoloji Haritası	Gürler, 2012	Hidrojeoloji faktörü
Tekirdağ İli Deprem Bölgeleri Haritası	BAADYBDDDB, 1996	Deprem bölgeleri derecelendirmesi faktörü

3. 2. Metot

Çalışmanın amacına bağlı olarak metot olarak CBS tabanlı uygulamaların karar verme sürecinde en sık kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHS'den yararlanılmıştır. Zira bu yöntem sadeliği, kolay kullanılabilirliği ve anlaşılabilir bir metot olması nedeniyle çok kriterli karar verme yöntemleri arasında sıkça başvurulan bir tekniktir (Aktaş vd., 2001: 218; Akdeniz ve Turgutlu, 2007: 5; Soba ve Bildik, 2013: 54). Çalışmamızda AHS, SCB Associates Ltd tarafından geliştirilen AHP Template yazılımı kullanılarak uygulanmıştır. Bunun için öncelikle çalışma amacı belirlenmiş (hedef) ve bu amaç doğrultusunda seçimi etkileyen kriterler ortaya konmuştur (Şekil 6). Daha sonra bu kriterler göz önüne alınarak alternatifler tespit edilmiş ve hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur (Dağdeviren ve Eren, 2001: 43; Scholl, 2005: 763; Toksarı, 2007: 173). Bunun akabinde ilk aşamada tespit edilen kriterler ve alternatifler Saaty (1994: 26) tarafından ortaya konan önem ölçeğine (Tablo 2) göre kıyaslanmış ve bu ölçek yardımıyla 1 ile 9 arasında derecelendirilmiştir (Saaty, 1994: 26). Bu derecelendirme literatürde bildirilen ölçütlere göre gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. Üç aşamalı AHS modeli (Saaty ve Vargas, 2001: 3)

Tablo 2. Önem ölçeği

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit önem
3	Orta derecede önemli olması
5	Kuvvetli düzeyde önemli
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli
9	Son derece önemli
2, 4, 6, 8	İki faaliyet arasında kalan ara değerler

(Kaynak: Saaty, 1986: 843)

Karşılaştırmalı karar verme ve tercih matrisinin oluşturulması safhasında daha öncesinde tespit edilen kriterler ve alternatifler birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu kıyasta karşılaştırma yapılacak hiyerarşi düzeyinde n sayıda eleman bulunduğu n (n-1)/2 adet karşılaştırma yapılmış ve her bir karşılaştırma matris şeklinde düzenlenmiştir (Byun, 2001: 290; Arslan, 2010: 458). Daha sonra ölçek katsayıları belirlenen kriterlerin ve alternatiflerin yüzde önem ağırlıkları (Toksarı, 2007: 172) tutarlılığı geçerli olacak bir şekilde (Saaty ve Vargas, 2001: 9; Kwiesielewicz ve Uden, 2004: 713-714; Arslan, 2010: 459; Dündar ve Ecer, 2008: 200) elde edilmiştir (Tablo 3). Tutarlılığın geçerliliği, tutarlılık indeksi ve oranının hesaplanmasıyla kontrol edilmiştir. A matrisinin tutarlılık oranının hesaplanmasında aşağıdaki işlemler uygulanmıştır (Shrestha vd., 2004: 187-188).

Tablo 3. Çalışmada değerlendirilen kriter ve alternatiflerin ağırlık değerleri

Kriterler	Sembol	Ağırlık	Alternatifler	Ağırlık
Litoloji	Li	0.369	A	0.593
			B	0.225
			C	0.112
			D	0.069
Fay hatlarına mesafe (m)	F	0.218	<-60	0.049
			60.01-120	0.064
			120.01-180	0.112
			180.01-240	0.219
			240.01->	0.556
Deprem bölgeleri derecelendirmesi	D	0.137	1 derece deprem bölgesi	0.069
			2 derece deprem bölgesi	0.112
			3. derece deprem bölgesi	0.225
			4. derece deprem bölgesi	0.593
En büyük yer ivmesi	Yi	0.092	<-0.8	0.593
			0.8-1.0	0.225
			1.0-1.2	0.112
			1.2->	0.069
Hidrojeoloji	H	0.065	Geçirimsiz ortam	0.650
			Yarı geçirimli ortam	0.234
			Geçirimli ortam	0.116
Yerşekilleri	Yr	0.049	Dağ	0.650
			Plato	0.234
			Ova	0.116

Eğim	E	0.039	0-15	0.049
			15.01-25	0.064
			25.01-35	0.112
			35.01-45	0.219
			45.01->	0.556
Akarsulara mesafe (m)	A	0.032	< - 50	0.047
			50.01 - 100	0.067
			100.01 - 150	0.111
			150.01 - 200	0.219
			200.01 - >	0.555

$$CR = CI / RI$$

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

CI: Tutarlılık İndeksi (Consistency Index)

RI: Rastgele İndeks (Random Index)

CR: Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio)

Buna göre tutarlılık oranı (CR) genellikle % 10 veya daha küçükse matrisin tutarlı olduğu kabul edilmektedir (Wind ve Saaty, 1980: 646; Saaty vd., 2003: 174). Ayrıca en büyük öz değer matris boyutuna eşit ise ($\lambda_{max} = n$) karşılaştırma matrisi tutarlı olarak ifade edilir (Shrestha vd., 2004: 187; Arslan, 2010: 459).

Yöntemin son aşamasında ise elde edilen ağırlık değerleri vektör veri formatındaki alternatif etkenlerin haritalarına işlenmiştir. Daha sonra bu vektör haritaları aşağıdaki formüle göre analiz edilmiş ve deprem hasar riski haritası elde edilmiştir.

$$DHRA = (Li \times 0.369) + (F \times 0.218) + (D \times 0.137) + (Yi \times 0.092) + (H \times 0.065) + (Yr \times 0.049) + (E \times 0.039) + (A \times 0.032)$$

Burada: DHRA (Deprem Hasar Riski Analizi) hedef, Li (Litoloji), F (Fay hatlarına mesafe), D (Deprem bölgeleri derecelendirmesi), Yi (En büyük yer ivmesi), H (Hidrojeoloji), Yr (Yerçekilleri), E (Eğim) ve A (Akarsulara mesafe) ise kriterlerdir.

Çalışmada yapılan analizler sonucunda elde edilen haritalarının hepsi 10x10 m çözünürlüğünde raster tabanlı grid haritalar şeklinde üretilmiştir. Ayrıca analiz sonuçlarının derecelendirilmesi Hafif, Orta, Kısmen Güçlü, Güçlü ve Şiddetli olmak üzere Nath ve Thingbajam (2009) tarafından kullanılmış olan beş seviyeye göre sınıflandırılmıştır.

4. Bulgular ve Tartışma

4.1. Deprem Hasar Riski Üzerinde Etkili Olan Faktörler

Deprem hasar riski üzerinde çeşitli faktörler etkili olmaktadır (Sitharam ve Anbazhagan, 2008: 12; Pal vd., 2008: 334; Nath vd., 2008: 810; Anbazhagan vd., 2010: 188). Bu bağlamda bir depremin oluşturacağı etkinin boyutu ve depremin karakteristiği özellikle yersel faktörlere bağlı olarak değişir (Demirtaş ve Erkmen, 2000: 315; Bol vd., 2007: 234; Özçep, 2009: 370). İnceleme alanında bu faktörler; litoloji, fay hatlarına mesafe, deprem bölgeleri derecelendirmesi, en büyük yer ivmesi, hidrojeoloji, yerçekilleri, eğim ve akarsulara mesafe'dir.

Litolojik özellikler deprem hasar riski dağılımını etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Efe ve Demirci, 2001: 4). Bu faktörünü, zeminin olası bir deprem esnasında meydana gelen titreşimlere vereceği tepkiye göre sınıflandırmak mümkündür. Çünkü litolojik özellikler deprem şiddetini artırıcı ya da azaltıcı bir etkiye sahiptir (Turoğlu, 2004: 65; Day, 2004: 212; Ünsal, 2006: 198; Şen, 2011: 14568). İnceleme alanındaki litolojik birimlerin AHS'ne göre derecelendirilmesi Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmenlik esaslarında belirtilen zemin grupları (DBYBHY, 2007: 100) sınıflandırmasına göre puanlanmıştır. Bu puanlamaya göre inceleme alanındaki litolojik birimler % 6 oranında bir tutarlılığa sahiptir.

Fay hatlarına mesafe faktörü deprem hasar riski açısından oldukça belirleyici bir faktör olarak görülmesine rağmen (Sönmez, 2011: 17), bu konuda kesin bir uzaklık verilmemiştir (Nichols ve Buchanan-Banks, 1974: 3; Vallejo ve Shettima, 1996: 119). Ancak Türkiye için bu değer en az 15 m'den az olmaması gerektiği konusunda bildirimde bulunulmuştur (Demirtaş, 2003: 53; Korkmaz, 2006: 50). Bu kapsamda inceleme alandaki aktif faylara uzaklık 15 m olarak ayrılmış ve puanlanmıştır. AHS'ne göre yapılan değerlendirme sonucunda fay hatlarına uzaklık faktörünün % 7 tutarlılık oranına sahip olduğu belirlenmiştir.

Deprem hasar riski tespitinde deprem bölgeleri derecelerinin de göz önüne alınması gerekir (Ünsal, 2006: 198). Bu bağlamda Türkiye Deprem bölgeleri haritasına (BAADYBDDDB, 1996) göre inceleme alanı 1., 2., 3. ve 4. derece arasında değişen kategorilerde deprem bölgelerine dahildir. Bu faktörün AHS sonuçlarının tutarlılık oranı % 6'dır.

Deprem hasar riskinde yer hareketi şiddet ölçüsü olan yer ivmesi de önemli bir parametredir (Celep ve Kumbasar, 2000: 59; Demirtaş ve Erkmen, 2000: 171). İnceleme alanında bu parametre en büyük yer ivmesi kayıtlarına göre Gülkan ve Kalkan (2010: 34) tarafından yapılan analiz haritası göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. AHS uygulaması sonucunda en büyük yer ivmesinin tutarlılık oranı % 6 olarak tespit edilmiştir.

Hidrojeoloji faktörü, deprem etkisiyle ortaya çıkan sıvılaşmanın meydana gelmesindeki temel şartlardan biridir (Yılmaz, 2007: 362). İnceleme alanındaki jeolojik birimler deprem hasar riskini etkileyebilecek hidrojeolojik ortam şartlarına göre geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz ortamlar olarak üç sınıfta incelenmiştir (Gürlü, 2012: 30). AHS'ne göre bu faktör % 4 tutarlılık oranına sahiptir.

Farklı yerçekimleri üzerinde deprem hasar riski de değişiklik gösterir (Nath ve Thingbaijam, 2009: 1447; Mittal vd., 2013: 60). Çok çeşitli yerçekimlerinin tespit edildiği (Altın vd., 1992: 305; Altın, 2000: 56) inceleme alanında, yerçekimlerinin etkisi depreme karşı gösterdiği dayanıklılıkla ilişkilendirilmiş ve buna göre puanlamaya gidilmiştir. Bu faktörün tutarlılık oranı % 8 olarak belirlenmiştir.

Arazinin eğim özellikleri de deprem hasar riskinde etkili olmaktadır (Pal vd., 2008: 348; Tudes, 2012: 422). İnceleme alanının eğim özelliklerinin puanlaması U.S. Geological Survey'in kullandığı değerler (McBride, 1999: 66) göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Eğim faktörünün tutarlılık oranı % 8'dir.

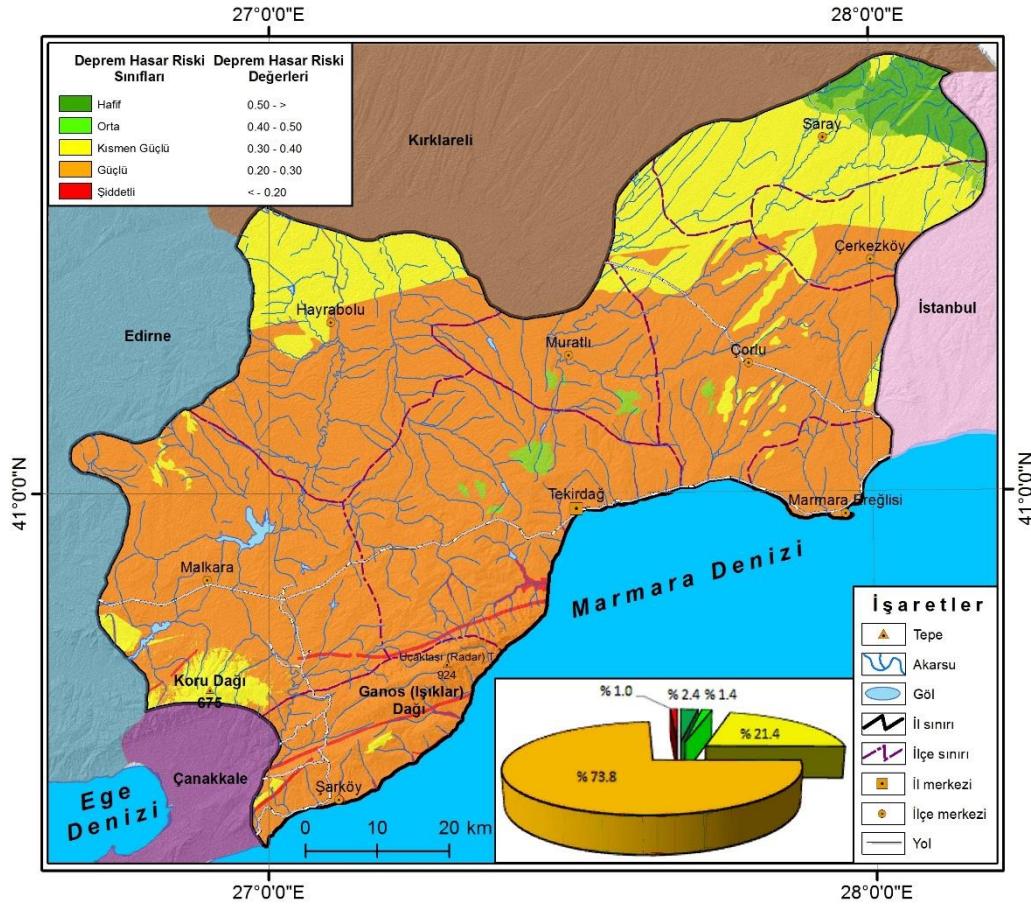
Deprem hasar riskini etkileyen bir başka parametre ise akarsulara mesafe (m) faktörü'dür (Ganapathy, 2011: 556). Bu faktörün etkisi 50 m aralıklarla değerlendirilmiş ve tutarlılık oranı % 8 olarak tespit edilmiştir.

4. 2. Deprem Hasar Riski Analizi

CBS temelli AHS yöntemine göre deprem hasar riski analizinin yapıldığı bu çalışma sonucunda, Tekirdağ il alanının % 73.8 (4615.8 km²)'inin güçlü deprem hasar riski altında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4). Bu sahalar il alanının genelinde yayılış göstermektedir (Şekil 7). Güçlü deprem hasar riskinden sonra en etkili risk sınıfı ise ilin % 21.4 (1334.6 km²)'üne karşılık gelen kısmen güçlü kategorisidir (Tablo 4). Bu risk sınıfı daha çok il alanının kuzey kesiminde Hayrabolu-Saray ilçeleri arasındaki kuşakta yayılış göstermektedir (Şekil 7). En düşük alana sahip şiddetli deprem risk sınıfı ise ilin güney kesimindeki Ganos Fayı çevresinde izlenmektedir. İlin kuzeybatı köşesinde ise hafif ve orta risk sınıfları sırasıyla % 2.4 (152.5 km²) ve % 1.4 (87.0 km²) oranlarında bir dağılışa sahiptir (Tablo 4; Şekil 7).

Tablo 4. Deprem hasar riski sınıflarının ve değerlerinin alansal dağılışı

Deprem Hasar Riski Sınıfları	Deprem Hasar Riski Değerleri	Alan (km ²)	Oran (%)
Hafif	0.50 - >	152.5	2.4
Orta	0.40 - 0.50	87.0	1.4
Kısmen Güçlü	0.30 - 0.40	1334.6	21.4
Güçlü	0.20 - 0.30	4615.8	73.8
Şiddetli	< - 0.20	60.9	1.0
TOPLAM		6250.8	100.0



Şekil 7. İnceleme alanında deprem hasar riskinin dağılışı

5. Tartışma ve Sonuç

Gelecekteki depremlerin konumu, oluş zamanı, büyüklüğü ve diğer özellikleri belirsizlik arz ettiği için, deprem hasar riski analizleri kapsamında yapılan çalışmalar önemli bir karar verme aracı haline dönüşmüştür (Uzunçubuk, 2005: 14-15; Reza vd., 2013: 324). Bu bağlamda deprem hasar riski haritalarının üretilmesi planlama çalışmalarını oldukça kolaylaştırmıştır (Liu vd., 2012: 534). Ayrıca bu tarz çalışmalar olası bir deprem sonucunda meydana gelebilecek sonuçlar hakkında tahmini bilgiler verdiği için temel uygulamalar olarak kabul edilmektedir (Mohamed vd., 2012: 132).

Bu çalışma sonucunda Tekirdağ ilinin genel olarak güçlü bir deprem hasar riski altında olduğu belirlenmiştir. Bu durumda il alanı yerleşmeye kısmen uygundur. Zira ilin bulunduğu bölge genelinde benzer bir durumun olduğu da bilinmektedir (Erdik vd., 2004: 605). Benzer sonuçlar Türkiye'deki başka iller içinde tespit edilmiştir. Aktimur vd. (1994) olası büyük bir depremde Balıkesir ilinin önemli kısmında yüksek oranda deprem hasar riskinin ortaya çıkacağını açıklamışlardır. Kundak ve Tükoğlu (2007) İstanbul'daki deprem tehlikesinin büyüklüğünün yanı sıra, şehirsiz gelişmesindeki plansızlığında deprem riskini arttırdığını savunmuşlardır. Orhan vd. (2007) Eskişehir ili için özellikle Eskişehir Fay zonu çevresinde deprem tehlikesinin yüksek

olduğunun altını çizmişlerdir. Alparslan vd. (2008) Bolu ili Merkez, Yeniçağa ve Dörtdivan ilçelerinin yerleşmeye düşük duyarlılıkta olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışma CBS destekli AHS yöntemiyle gerçekleştirilen çalışmaların deprem hasar risk analizlerinde kullanılabilceğini göstermiştir. Benzer sonuçlar Hindistan'ın Bangalore (Anbazhagan vd., 2010), Pakistan'ın İslamabad (Bhatti vd., 2011), Romanya'nın başkenti Bükreş (Kienzle vd., 2006; Armaş, 2012), Çin'in Beichuan bölgesi (Liu vd., 2012), İran'ın başkenti Tahran (Hashemi ve Alesheikh, 2011; Panahi vd., 2013), Hindistan (Sitharam ve Kolathayar, 2013) ve Türkiye örneğinde Antalya (Koc-San vd., 2013) için yapılan çalışma sonuçlarıyla da uyumlu bir paralellik izlemektedir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre Tekirdağ ilinde meydana gelebilecek deprem zararlarının azaltılması için yerleşime açılacak alanların ve yeni yapılacak yapıların mevcut deprem riskini arttırmasını önlemek gerektiği anlaşılmıştır. Zira bölge genelinde yapılmış bazı çalışmalarda bu duruma özellikle vurgu yapılmıştır (Yalçınlar, 2002: 152; Kepekçi ve Özçep, 2008: 3). Daha planlı ve programlı uygulama çalışmalarının başlatılması gerekmektedir. Ayrıca benzer çalışmaların daha detaylı bir şekilde ve büyük ölçekte yapılmasına ihtiyaç vardır.

Nihai olarak, CBS tekniklerine dayalı yöntemle gerçekleştirilen bu çalışmanın daha öncesinde yapılan uygulamalarla tutarlı sonuçlar gösterdiği için benzer alanlarda da kullanılabilir olması bakımından tercih edilebileceği anlaşılmıştır.

Kaynakça

- Akdeniz, H. A., Turgutlu, T. (2007). Türkiye'de Perakende Sektöründe Analitik Hiyerarşik Süreç Yaklaşımıyla Tedarikçi Performans Değerlendirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı: 9 (1), s. 1-17.
- Aktaş, R., Kısa, T., Doğanay, M., Tarım, A. (2001). Karar Analizleri, KHO Basımevi, Ankara.
- Aktimur, H. T., Bozbag, E., Deveciler, E., Karabalık, N. N., Tamgaç, Ö. F., Yıldırım, N., Aktimur, S., Karabıyıkoglu, N. (1994). Balıkesir İlinin Arazi Kullanım Potansiyeli, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Proje No: 9692, Ankara.
- Alparslan, E., Ince, F., Erkan, B., Aydöner, C., Özen, H., Dönertaş, A., Ergintav, S., Yağsan, F. S., Zateroğulları, H., Eroğlu, I., Değer, M., Elalmış, H., Özkan, M. (2008). A GIS model for settlement suitability regarding disaster mitigation, a case study in Bolu Turkey, *Engineering Geology*, Volume: 96, p. 126-140.
- Altın, B. N., Eldeniz, Ş., Kayacılar, C. (1992). Hayrabolu Dolayının Jeomorfolojik ve Neotektonik Gelişimi-Ergene Nehri Havzası Güneyi, Trakya, İ. Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülten, sayı: 9 (9), s. 299-307.
- Altın, B. N. (2000). Trakya'da Yerçekillerinin Neotektonik Dönem Jeomorfolojik Gelişimleri. 28. Coğrafya Meslek Haftası (Edirne) Bildiriler, Geçmişte, Günümüzde ve Gelecekte Trakya, Editör: Prof. Dr. Suna Doğaner, Türk Coğrafya Kurumu Coğrafya Meslek Haftaları Serisi: 2, 10-12 Haziran 1998, s.: 53-71, İstanbul.
- Anbazhagan, P. (2013). Method for Seismic Microzonation with Geotechnical Aspects, *Disaster Advances*, Volume: 6 (4), p. 66-86.

- Anbazhagan, P., Thingbajam, K. K. S., Nath, S. K., Narendara Kumar, J. N., Sitharam, T. G. (2010). Multi-criteria seismic hazard evaluation for Bangalore city, India, *Journal of Asian Earth Sciences*, Volume: 38, p. 186-198.
- Ansal, A., Slejko, D. (2001). The long and winding road from earthquakes to damage, *Soil Dynamic and Earthquake Eng.*, Volume: 21 (5), p. 369-375.
- Armaş, I. (2012). Multi-criteria vulnerability analysis to earthquake hazard of Bucharest, Romania, *Nat Hazards*, Volume: 63, p. 1129-1156.
- Arslan, E. T. (2010). Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemiyle Strateji Seçimi: Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinde Bir Uygulama, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Sayı: 15 (2), s. 455-477.
- BAADYBDDDB (Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı). (1996). Tekirdağ Deprem Fay Hattı Haritası, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Bhatti, A. Q., Ul Hassan, S. Z., Rafi, Z., Khatoon, Z., Ali, Q. (2011). Probabilistic seismic hazard analysis of Islamabad, Pakistan, *Journal of Asian Earth Sciences*, Volume: 42, p. 468-478.
- Bol, E., Arel, E., Önalp, A. (2007). Yerel Zemin Koşullarının Deprem Hasarına Etkisi-Adapazarı Örneği, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
- Byun, D. H. (2001). The AHS Approach For Selecting an Automobile Purchase Model, *Information & Management*, Volume: 38, p. 289-297.
- Celep, Z., Kumbasar, N. (2000). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İkinci Baskı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Dağdeviren, M., Eren, T. (2001). Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Sayı: 16 (2), s. 41-52.
- Daniell, J. E., Khazai, B., Wenzel, F., Vervaeck, A. (2011). The CATDAT damaging earthquakes database, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Volume: 11, p. 2235-2251.
- Day, R. W. (2004). Geoteknik Deprem Mühendisliği El Kitabı, Çevirenler: Mollamahmutoglu, M., Kayabalı, K., Gazi Kitabevi, Ankara.
- DBYBHY (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmenlik) (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar, Yayın Tarihi: 06.03.2007, Resmi Gazete No: 26454, Değişiklik: 03.05.2007, Resmi Gazete No: 26511, Ankara.
- Demirtaş, R. (2003). Yerleşim ve yapı güvenliği açısından diri faylardan ne kadar uzaklaşılmalı?, *Antakya ve Osmaniye depremselliği ve kentleşmeye etkileri*, TMMOB, 26-27 Haziran 2003, Konferanslar Serisi: 1, Jeoloji Odası Yayınları, No: 76, s.: 46-67, Ankara.
- Demirtaş, R., Erkmek, C. (2000). Deprem ve Jeoloji, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*: 52, Ankara.
- Dündar, S., Ecer, F. (2008). Öğrencilerin GSM Operatörü Tercihinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemiyle Belirlenmesi, *Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, Sayı: 15 (1), s.: 195-205.
- Efe, R., Demirci, A. (2001). Gölçük 1999 Depreminde Zemin ve Yerçekilleri Özelliklerinin Şiddet ile Hasar Dağılımına Etkisi, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 36, s. 1-15.
- Erden, T., Karaman, H. (2012). Analysis of earthquake parameters to generate hazard maps by integrating AHP and GIS for Küçükçekmece region, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Volume: 12, p. 475-483.
- Erdik, M., Biro, Y. A., Onur, T., Sesetyan, K., Birgoren, G. (1999). Assesment of earthquake hazard in Turkey and neighboring regions, *Annali Dı Geofisica*, Volume: 42 (6), p. 1125-1138.
- Erdik, M., Demircioglu, M., Sesetyan, K., Durukal, E., Siyahi, B. (2004). Earthquake hazard in Marmara Region, Turkey, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Volume: 24, p. 605-631.
- Ganapathy, G. P. (2011). First level seismic microzonation map of Chennai city-a GIS approach, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Volume: 11, p. 549-559.

- Gutierrez, E., Taucer, F., De Groeve, T., Al-Khudhairi, D. H. A., Zaldivar, J. M. (2005). Analysis of Worldwide Earthquake Mortality using Multivariate Demographic and Seismic Data, *American Journal of Epidemiology*, Volume: 161 (12), p. 1151-1158.
- Gülkan, P., Kalkan, E. (2010). İhtimaller Hesabına Dayalı İstanbul ve Çevresindeki Deprem Tehlikesi, *Bilim ve Teknik*, Sayı: Ağustos 2010, s. 30-35.
- Gürler, S. (2012). Tekirdağ İli Muratlı İlçesi Küçük Sanayi Sitesinde Küçük Sanayi Sitesi'nin (Pafta No: 31L-3D) Mevzi İmar Planına Esas Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu, *Gürler Mühendislik, Tekirdağ*.
- Hacısalihoglu, İ. Y. (2001). Türkiye'nin Kentsel Gelişme Süreci 1999 Marmara Depremi Mekânsal Planlamadan Kopmanın Acı Bilânçosu, *Çantay Kitabevi, İstanbul*.
- Hashemi, M., Alesheikh, A. A. (2011). A GIS-based earthquake damage assessment and settlement methodology, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Volume: 31, p. 1607-1617.
- Hashemi, M., Alesheikh, A. A., Zolfaghari, M. R. (2013). A spatio-temporal model for probabilistic seismic hazard zonation of Tehran, *Computers & Geosciences*, Volume: 58, p. 8-18.
- Hoşgören, M. Y. (2000). İstanbul ve Deprem, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 35, s. 1-24.
- Kalkan, E., Gülkan, P., Yılmaz Öztürk, N., Çelebi, M. (2008). Seismic Hazard In The Istanbul Metropolitan Area: A Preliminary Re-Evaluation, *Journal of Earthquake Engineering*, Volume: 12 (2), p. 151-164.
- Kalkan, E., Gülkan, P., Yılmaz, N., Çelebi, M. (2009). Reassessment of Probabilistic Seismic Hazard in the Marmara Sea Region, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Volume: 99 (4), p. 2127-2146.
- Kepekçi, D., Özçep, F. (2008). Kentlerimiz ve Deprem Risk Değerlendirmelerine Bir Yaklaşım, *Türkiye 18. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi*, 14-17 Ekim 2008, s. 1-4.
- Kwiesielewicz, M., Uden, E. V. (2004). Inconsistent and Contradictory Judgements In Pairwise Comparison Method In The AHP, *Computers & Operations Research*, Volume: 31, p. 713-719.
- Kienzle, A., Hannich, D., Wirth, W., Ehret, D., Rohn, J., Ciugudean, V., Czurda, K. (2006). A GIS-based study of earthquake hazard as a tool for the microzonation of Bucharest, *Engineering Geology*, Volume: 87, p. 13-32.
- Koc-San, D., San, B. T., Bakis, V., Helvacı, M., Eker, Z. (2013). Multi-Criteria Decision Analysis integrated with GIS and remote sensing for astronomical observatory site selection in Antalya province, Turkey, *Advances in Space Research*, Volume: 52, p. 39-51.
- Korkmaz, H. (2006). Antakya'da Zemin Özellikleri ve Deprem Etkisi Arasındaki İlişki, *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafya Araştırma ve Uygulama Merkezi Coğrafi Bilimler Dergisi*, Sayı: 4 (2), s. 47-63.
- Kundak, S., Türkoğlu, H. (2007). İstanbul'da deprem riski analizi, *İTÜDERGİSİ/a*, Sayı: 6 (2), s. 37-46.
- Küçükönder, M., Karabulut, M. (2007). Çok Kriterli Analiz Yöntemi Kullanılarak Kahramanmaraş'ta Çöp Depolama Alanı Tespiti", *Coğrafi Bilimler Dergisi*, Sayı: 5 (2), s. 55-76.
- Lantada, N., Irizarry, J., Barbat, A. H., Goula, X., Roca, A., Susagna, T., Pujades, L. G. (2010). Seismic hazard and risk scenarios for Barcelona, Spain, using the Risk-UE vulnerability index method, *Bull Earthquake Eng.*, Volume: 8, p. 201-229.
- Liu, J. G., Mason, P. J., Yu, E., Wu, M-C., Tang, C., Huang, R., Liu, H. (2012). GIS modelling of earthquake damage zones using satellite remote sensing and DEM data, *Geomorphology*, Volume: 139-140, p. 518-535.
- McBride, S. B. (1999). Site Planning and Design, Regional Research Institute, West Virginia University, <http://rri.wvu.edu/WebBook/McBride/main.html>, Son Erişim Tarihi: 10.12.2013.
- McGuire, R. K. (2001). Deterministic vs. probabilistic earthquake hazards and risks, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Volume: 21, p. 377-384.

- Mittal, H., Kamal, Kumar, A., Singh, S. K. (2013). Estimation of site effects in Delhi using standard spectral ratio, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Volume: 50, p. 53-61.
- Mohamed, AE-EA., El-Hadidy, M., Deif, A., Abou Elenean, K. (2012). Seismic hazard studies in Egypt, *National Research Institute of Astronomy and Geophysics*, Volume: 1, p. 119-140.
- Muson, R. M. W., Henni, P. H. O. (2001). Methodological Considerations of Probabilistic Seismic Hazard Mapping, *Soil Dynamic and Earthquake Eng.*, Volume: 21 (5), p. 385-403.
- Nath, S. K., Thingbaijam, K. K. S. (2009). Seismic hazard assessment-a holistic microzonation approach, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Volume: 9, p. 1445-1459.
- Nath, S. K., Thingbaijam, K. K. S., Raj, A. (2008) Earthquake hazard in the Northeast India - A seismic microzonation approach with typical case studies from Sikkim Himalaya and Guwahati city, *Journal of Earth System Science*, Volume: 117, p. 809-831.
- Nichols, D. R., Buchanan-Banks, J. M. (1974). Seismic hazards and land-use planning, U.S. Geology Survey, Circular 690, USA.
- Orhan, A., Seyrek, E., Tosun, H. (2007). A probabilistic approach for earthquake hazard assessment of the Province of Eskişehir, Turkey, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Volume: 7, p. 607-614
- Özçep, F. (2009). Zeminlerin Geoteknik ve Jeofizik Özellikleri-İnşaatların Tasarım Sürecinde, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Pal, I., Nath, S. K., Shukla, K., Pal, D. K., Raj, A., Thingbaijam, K. K. S., Bansal, B. K. (2008). Earthquake hazard zonation of Sikkim Himalaya using a GIS platform, *Natural Hazards*, Volume: 45, p. 333-377.
- Panahi, M., Rezaie, F., Meshkani, S. A. (2013). Seismic vulnerability assessment of school buildings in Tehran city based on AHP and GIS, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.*, Volume: 1, p. 4511-4538.
- Pondard, N., Armijo, R., King, G. C. P., Meyer, B., Flerit, F. (2007). Fault interactions in the Sea of Marmara pull-apart (North Anatolian Fault): earthquake clustering and propagating earthquake sequences, *Geophys. J. Int.*, Volume: 171, p. 1185-1197.
- Rashed, T., Weeks, J. (2003). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas, *Int. J. Geographical Information Science*, Volume: 17 (6), p. 547-576.
- Reza, H., Nedovic-Budic, Z., Akbar, A. R., Mohsen, N., Hassan, H. (2013). Interactive approach for GIS-based earthquake scenario development and resource estimation (Karmania hazard model), *Computers & Geosciences*, Volume: 51, p. 324-338.
- Saaty, T. L. (1986). Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, Volume: 32 (7), p. 841-855.
- Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process, *Interfaces*, Volume: 24, p. 19-43.
- Saaty, T. L., Vargas, L. G. (2001). *Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Saaty, T. L., Vargas, L. G., Dellman, K. (2003). The Allocation of Instangible Resources: The Analytic Hierarchy Process and Linear Programming, *Socio-Economic Planning Sciences*, Volume: 37, p. 169-189.
- Sancaklı, N. (2004). Marmara Bölgesi Depremleri (M.Ö. 427 - M.S. 1912), Kastaş Yayınevi, İstanbul.
- Scholl, A., Manthey, L., Helm, R. ve Steiner, M. (2005). Solving Multiattribute Design Problems with Analytic Hierarchy Process and Conjoint Analysis: An Empirical Comparison, *European Journal of Operational Research*, Volume: 164, p. 760-777.
- Sezer, L. İ. (2003). Marmara Bölgesi'nde Deprem Aktivitesi ve Riski, *Ege Coğrafya Dergisi*, Sayı: 12, s. 29-38.

- Shrestha, R. K., Alavalapati, J. R. R., Kalmbacher, R. S. (2004). Exploring the potential for silvopasture adoption in south-central Florida: an application of SWOT-AHP Method, *Agricultural Systems*, Volume: 81, p. 85-199.
- Sinha, R., Aditya, K. S. P., Gupta, A. (2008). GIS-Based Urban Seismic Risk Assessment Using Risk.iitb, *ISET Journal of Earthquake Technology*, Volume: 45 (3-4), p. 41-63.
- Sitharam, T. G., Anbazhagan, P. (2008). Seismic Microzonation: Principles, Practices and Experiments, *EJGE Special Volume Bouquet*, Volume: 8, p. 1-61.
- Sitharam, T. G., Kolathayar, S. (2013). Seismic hazard analysis of India using areal sources, *Journal of Asian Earth Sciences*, Volume: 62, p. 647-653.
- Soba, M., Bildik, T. (2013). İlçelerde Fakülte Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci Metodu İle Belirlenmesi, *KAU IIBF Dergisi*, Sayı: 4 (5), s. 51-63.
- Sönmez, M. E. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Deprem Hasar Riski Analizi: Zeytinburnu (İstanbul) Örneği, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 56, s. 11-22.
- Stein, S., Geller, R. J., Liu, M. (2012). Why earthquake hazard maps often fail and what to do about it, *Tectonophysics*, Volume: 562-563, p. 1-25.
- Şen, Z. (2011). Supervised fuzzy logic modeling for building earthquake hazard assessment, *Expert Systems with Applications*, Volume: 38, p. 14564-14573.
- Şengör, A. M. C. (2011). İstanbul Boğazı Niçin Boğaziçi'nde Açılmıştır?. Deniz Ekinci (Ed.). *Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel* (ss.: 57-102), *Türk Coğrafya Kurumu Yayınları No: 5*, İstanbul.
- Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X., Rangin, C. (2005). The North Anatolian Fault: A New Look, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, Volume: 33, p. 37-112.
- Tabban, A. (2000). *Kentlerin Jeolojisi ve Deprem Durumu*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası: 56, Ankara.
- Tağil, Ş., Alevkayalı, Ç. (2013). Ege Bölgesinde Depremlerin Mekânsal Dağılımı: Jeostatistiksel Yaklaşım, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Sayı: 6 (28), s. 369-379.
- Toksarı, M. (2007). Analitik Hiyerarşi Prosesi Yaklaşımı Kullanılarak Mobilya Sektörü için Ege Bölgesi'nde Hedef Pazarın Belirlenmesi, *Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, Sayı: 14 (1), s. 171-180.
- Tudes, S. (2012). *Correlation Between Geology, Earthquake and Urban Planning*, *Earthquake Research and Analysis - Statistical Studies, Observations and Planning*, Dr. Sebastiano D'Amico (Ed.), ISBN: 978-953-51-0134-5, InTech, Rijeka/Croatia.
- Turoğlu, H. (2004). Zemin Sıvılaşmasının 17 Ağustos 1999 Depreminde Adapazarı'ndaki Hasara Etkisi, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, Sayı: 12, s. 63-74.
- Uzunçubuk, L. (2005). *Yerleşim Yerlerinde Afet ve Risk Yönetimi*, *Yayınlanmamış Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimi Anabilim Dalı (Kent ve Çevre Bilimleri), Ankara.
- Ünsal, N. (2006). *İnşaat Mühendisleri İçin Jeoloji*, Alp Yayınevi, Ankara.
- Vallejo, L. E., Shettima, M. (1996). Fault movement and its impact on ground deformations and engineering structures, Chapter 4, In: *Earthquake Proof Design and Active Faults* (Edit.: Y. Kanaori), p.: 43-60, Elsevier Science B.V.
- Wind, Y., Saaty, T. L. (1980). Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, Volume: 26 (7), p. 641- 658.
- Yalçınlar, İ. (2002). Marmara Bölgesi ve Depremler, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 38, s. 149-153.
- Yaltrak, C. (1996). Ganos Fay Sistemi'nin Tektonik Tarihi, *TPJD Bülteni*, Sayı: 8 (1), s: 137-156.
- Yaltrak, C. (2010). Marmara Bölgesinin Tarihsel Depremleri, *İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (Editörler: ÖRGÜN, Y., ŞAHİN, S. Y.), s.: 366-371, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul.
- Yılmaz, I. (2007). *Mühendislik Jeolojisi, İlkeler ve Temel Kavramlar*, Teknik Yayınevi, Ankara.

Extended English Abstract

Earthquakes are one of the natural disasters that have influenced the communities deeply during the history of humanity. Each year, more than 900.000 earthquakes are recorded around the world and according to official records; approximately 1.600.000 people died and trillions of dollars economic lost were experienced due to this disaster just in the 20th century. Thus, predicting earthquakes is a topic that has always been in the agenda of the mankind. One of the most important reasons for the casualties and loss of property during earthquakes is the inability to forewarn or alert people before their occurrences. Therefore, extensive research is undertaken in the field of earthquake prediction. However, no degree of accuracy has been obtained as a result of these studies undertaken in the framework of earthquake detection. As the location, time of origin, magnitude and other features of the future earthquakes are uncertain, estimations based on probability calculations have become important decision support tools for Seismic Hazard Risk Analyses.

Seismic hazard generated by the effects of earthquake, is an important component of earthquake risk concept which is expressed as the probability of casualties and property damage caused by earthquakes. In fact, risk analysis is a crucial component of comprehending the impacts generated by the earthquake. Highly hazardous events and processes can be observed, mapped and future conditions can be predicted based on the previous events, their types and earthquake precursors. In terms of earthquake risk, what needs to be done is to strictly follow the steps that are suggested in the event of an earthquake.

Research on earthquake improves in quality and scope day by day. Geographic Information Systems (GIS) supported methods have been used effectively in research on this subject in recent years. This study aimed at making the earthquake damage risk assessment of Tekirdağ province through the GIS supported Analytic Hierarchy Process (AHP). A significant aspect of the study was that it covered an administrative unit where 852.321 people lived and there were 136 people per square kilometer as per the 2012 data of the Address Based Population Registration System of the Turkish Statistical Institute. The factors influential on the earthquake damage risk were determined through a systematic classification of the data obtained from the related literature. Different types of data obtained from various sources were used for creating the maps pertaining to these factors. The ArcGIS/ArcMap 10 package – GIS software – was used for producing factor maps and making image analyses.

Many factors are responsible for earthquake damage risk. These factors can be correctly identified and evaluated if adequate field data are available. The present study used terrestrial data archived in the landslide inventory and collected from field surveys. The identified risk factors were lithology, distance to fault lines, landforms, etc. These factors were mapped using relevant data types obtained from different sources. AHP is popularly adopted in multi-criteria decision-making methods because it is simple, practical and readily understood. Thus, AHP was employed as the research method in the present study. Having predetermined the purpose of the research, the AHS was applied via the AHP Template (Microsoft Excel 2013 version) developed by SCB Associates Ltd. Next, the selection-influencing criteria were identified, and used to decide between alternatives. In this way, a hierarchical structure was formed. At the stages of comparative decision-making and generating the preference matrix, the parameters determined during the first stage were compared according to the fundamental scale, which grades the parameters between 1 and 9. Next, alternatives to the scaled criteria were identified, such that their importance weights (expressed as a percentage) were retained consistent and valid in the AHP Template software. Finally, the obtained weight values were entered into the relevant maps in vector data format. These individual maps were analysed through GIS to compile the earthquake damage risk map. All of the maps obtained in the above analyses were produced as raster-based grid maps resolved to 10×10 m. In addition, the analysis results were graded on five risk levels.

It was found that 73.8 % of Tekirdağ province was under a strong earthquake damage risk. Thus, the urban area was determined to be partially suitable for settlement. In this sense, it is necessary to prevent the areas to be opened to settlement and new constructions from increasing the current earthquake risk in order to decrease the earthquake damages likely to occur in Tekirdağ province. It is also necessary to conduct more planned and systematic application studies. The present study demonstrated that similar studies based on the GIS supported AHP method might be used in earthquake damage risk analyses.