



An Evaluation of the 2018 Seismic Hazard Map of Turkey on the Basis of Spectrum Intensity

Vesile Hatun Akansel¹, Berat Feyza Soysal², Koray Kadas² and Hakki Polat Gulkan³

¹ Mugla Sitki Kocman University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Mugla, Turkey

² Middle East Technical University, Faculty of Engineering Department of Civil Engineering, Ankara, Turkey

³ Baskent University, Faculty of Engineering Department of Civil Engineering, Ankara, Turkey

ORCID: 0000-0002-5445-2606, 0000-0002-4911-3757, 0000-0003-3379-193X, 0000-0001-7542-7082

Keywords

Seismic hazard map, Acceleration Spectrum Intensity, Turkish earthquake codes, Economic implication of code requirements

Highlights

- * To quantify the economic implications and safety dimension of the 2018 Seismic Hazard Map of Turkey
- * The comparison of spectra calculated according to the 2018 Turkish Building Earthquake Code and the 2007 Specification for Structures to be Built in Disaster Areas
- * Contour maps for Acceleration Spectrum Intensity ratios

Acknowledgements

Third author is financially supported with PhD Scholarship Program by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK). The technical support provided by Mr. Okan Cagri Bozkurt in the mapping part of the study is acknowledged.

Aim

In this study, the new seismic hazard map of Turkey and its predecessor were compared using the Peak Ground Acceleration and Acceleration Spectrum Intensity. Using 475-year earthquake values for grid locations of Turkey, the safety dimension and economic implications of the 2018 Seismic Hazard Map of Turkey were investigated.

Location

Study area is located in Turkey.

Methods

The ASI and PGA were compared for the current and previous hazard maps.

Results

The most prominent changes in the seismicity, according to ASI, were observed near fault regions and low seismic zones in the previous map.

Supporting Institutions

Mugla Sitki Kocman University, Middle East Technical University, Baskent University.

How to cite

Akansel V.H., Soysal B.F., Kadas K., Gulkan H.P., 2020. An Evaluation of the 2018 Seismic Hazard Map of Turkey on the Basis of Spectrum Intensity, *Turk. J. Earthq. Res.* 2 (2), 115-137, <https://doi.org/10.46464/tdad.737433>

Manuscript

Research Article

Received: 14.05.2020

Revised: 26.07.2020

Accepted: 11.08.2020

Printed: 30.12.2020

DOI

10.46464/tdad.737433

Corresponding Author

Vesile Hatun Akansel

Email: vesileakansel@gmail.com

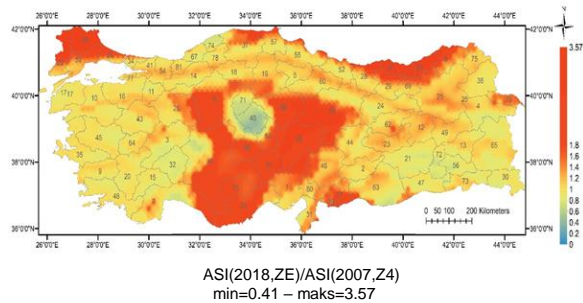


Figure
Acceleration Spectrum Intensity Ratio for Soil Type, ZE



Spektrum Şiddeti Perspektifinden 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası Değerlendirmesi

Vesile Hatun Akansel¹, Berat Feyza Soysal², Koray Kadaş² ve Hakkı Polat Gülkan³

¹ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Muğla, Türkiye

² Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

³ Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye
ORCID: 0000-0002-5445-2606, 0000-0002-4911-3757, 0000-0003-3379-193X, 0000-0001-7542-7082

ÖZET

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği güncellenmiş bir deprem tehlike haritasına dayanmaktadır. Bu çalışma, halen geçerli olan harita ile 1996'da hazırlanmış olan deprem bölgeleri haritası arasındaki farkı spektral ivme şiddeti (ASİ) ölçütü ile incelemektedir. Ölçüt, bina hesabında kullanılan ivme spektrumunun farklı zemin grupları için karakteristik bina periyot sınırları arasında altında kalan alanı mukayesesi üzerine kurgulanmıştır. Bu amaçla, Türkiye'yi kapsayan eş aralıklı konumlandırılmış noktalar için 475 yıllık tekerrür süresine sahip deprem yer hareketi verileri kullanılmıştır. Sürümleri 2007 ve 2018 olan deprem yönetmelikleri dikkate alınarak elastik spektrum eğrileri oluşturulmuş ve ASİ hesaplanmıştır. Mevcut ve önceki ASİ oranını gösteren konturlar, tehlikenin iki harita arasında ülke genelinde nasıl değiştiğini göstermektedir. Bu şekilde, güncellenen haritanın ekonomik etkilerini ve güvenlik boyutunu bilimsel yoldan ölçmek mümkün hale gelmiştir.

Anahtar kelimeler

Deprem tehlike haritası, İvme Spektrum Şiddeti, Türk deprem yönetmelikleri, Yönetmelik gerekliliklerinin ekonomik etkisi

Öne Çıkanlar

- * 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nın ekonomik etkilerinin ve güvenlik boyutunun ölçülmesi
- * 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ile spektrumlarının karşılaştırılması
- * İvme Spektrum Şiddeti oranı ile kontur haritalarının oluşturulması

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 14.05.2020
Düzeltilme: 26.07.2020
Kabul: 11.08.2020
Basım: 30.12.2020

DOI

10.46464/tdad.737433

Sorumlu yazar

Vesile Hatun Akansel
Eposta:
vesileakansel@gmail.com

An Evaluation of the 2018 Seismic Hazard Map of Turkey on the Basis of Spectrum Intensity

Vesile Hatun Akansel¹, Berat Feyza Soysal², Koray Kadas² and Hakkı Polat Gulkan³

¹ Mugla Sıtkı Kocman University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Mugla, Turkey

² Middle East Technical University, Faculty of Engineering Department of Civil Engineering, Ankara, Turkey

³ Baskent University, Faculty of Engineering Department of Civil Engineering, Ankara, Turkey
ORCID: 0000-0002-5445-2606, 0000-0002-4911-3757, 0000-0003-3379-193X, 0000-0001-7542-7082

ABSTRACT

2018 Turkish Building Earthquake Regulation relies on an updated seismic hazard map. This study examines the difference between new seismic hazard map and its predecessor using Acceleration Spectrum Intensity (ASI) as a metric. This metric is based on the comparison of the area under acceleration spectrum calculated for characteristic building period for different soil types. For this purpose, the 475-year earthquake values are used for regularly-spaced grid points covering Turkey. The elastic spectra are formed according to 2007 and 2018 regulations for each point and ASI are calculated. Contours displaying the ratio of current and earlier spectral intensity show how hazard has changed countrywide. It is possible to quantify the economic implications of the updated map and its safety dimension.

Keywords

Seismic hazard map, Acceleration Spectrum Intensity, Turkish earthquake codes, Economic implication of code requirements

Highlights

- * To quantify the economic implications and safety dimension of the 2018 Seismic Hazard Map of Turkey
- * The comparison of spectra calculated according to the 2018 Turkish Building Earthquake Code and the 2007 Specification for Structures to be Built in Disaster Areas
- * Contour maps for Acceleration Spectrum Intensity ratios

Manuscript

Research Article

Received: 14.05.2020
Revised: 26.07.2020
Accepted: 11.08.2020
Printed: 30.12.2020

DOI

10.46464/tdad.737433

Corresponding Author

Vesile Hatun Akansel
Email:
vesileakansel@gmail.com

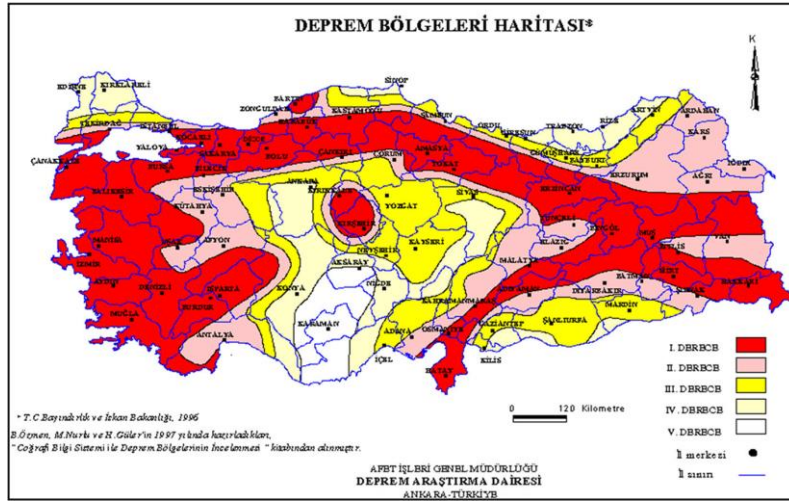
1. GİRİŞ VE MAKALENİN TEMEL DAYANAĞI

Türkiye'deki deprem tehlikesini belirleme çalışmaları 26 Aralık 1939 Erzincan Depremi sonrası 1940'lı yıllara dayanmaktadır (Gülkan ve diğ. 1993, Gulkan 2000). Deprem bölgeleri için ilk haritalar, jeologlar tarafından hazırlanmış olup deprem katalogları ve konumsal dağılımı bilinen fay hatları ile fay hattı olduğu düşünülen jeolojik formasyonların neden olacağı makrosismik büyüklüklerle bağdaşık deprem kaynaklı bina hasarı verilerine dayalı tehlike dağılımını göstermektedir. 1970'lerin ortalarından sonra, tehlike bölgelerinin tanımlanması, gerçekleşme ihtimalinden bağımsız olarak, gözlemlenen maksimum şiddete dayanmaktaydı. Depreme dayanıklı tasarım yönetmeliği de, deprem tehlike bölgeleri kavramı ile birlikte görev yaptı. 1993 yılında Gülkan ve diğ. (1993) tehlike bölgeleri arasında ayırım yapmak için aktif fay tektoniği ve istatistiki esaslara göre hesaplanan ve en büyük yer ivmesi (PGA) değerlerini temel alan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasını deprem tehlike değerlendirmesi bağlamında değiştirmiştir. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü ile ODTÜ Rektörlüğü arasında imzalanan protokol sonucu gerçekleştirilen çalışma ile ortaya çıkan harita, 1996 yılında Bakanlar Kurulu kararıyla yürürlüğe girmiştir. 1996 haritası 1998 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliği (ABYYHY 1998) ile deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007), 1996 deprem bölgeleri haritasını kullanmakta ve deprem yüklerinin hesaplanması bakımından 1998 yönetmeliği (ABYYHY 1998) ile aynı prensipleri taşımaktadır. 2013 yılında, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı-2023 çerçevesinde bir çalışma başlattı. AFAD tarafından Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) kapsamında desteklenen UDAP-Ç-13-06 kod no'lu "Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Güncellenmesi" başlıklı proje sonuçları neticesinde, binalar için depreme dayanıklı tasarım yönetmeliğine temel teşkil edecek yenilenmiş bir ulusal deprem tehlike haritası oluşturulmuştur (Akkar ve diğ. 2014, Akkar ve diğ. 2017, AFAD 2018, Akkar ve diğ. 2018). Deprem tehlike haritaları geniş manada ülkelerin kendilerini deprem riskinden korumak için aldıkları yapısal tedbirlerin ölçüsüdür. Yeni deprem tehlike haritası 2018 yılında Resmi Gazete'de yayınlanmış ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) ile 2019 yılında yürürlüğe girmiş olup yatay ve düşey deprem taleplerinin hesaplanmasında deprem bölgeleri kavramını terk etmiş, bunun yerine kısa ve uzun periyot spektral ivme değerlerini ve çeşitli büyütme katsayılarını kullanmaktadır. Yeni hükümler esas itibarıyla ASCE7-16 (ASCE 2016) maddelerinin tekrarıdır.

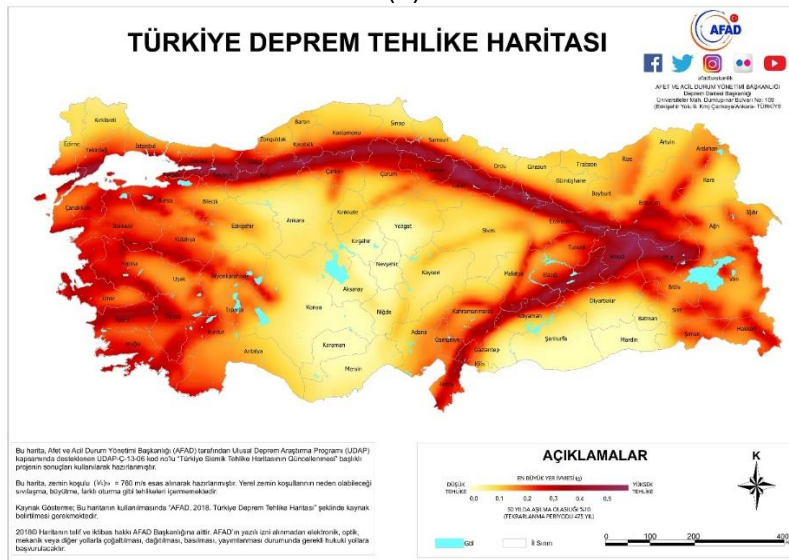
Türkiye'nin deprem tehlike ve deprem bölgeleri haritalarının gelişiminin tarihsel geçmişi Gülkan ve diğ. (1993), Gulkan (2000) ve Pampal ve Özmen (2007) tarafından detaylıca verilmiştir. Bahsi geçen çalışmalar bu haritaların zaman içinde nasıl geliştiğini öğrenmek için yararlı olsa da, bu çalışma 1996 ve 2019'da yürürlüğe giren son iki haritaya odaklanacaktır. Çünkü bu haritaların deprem tehlikesinin doğru birer ölçütü olduğu varsayımıyla, şu anda daha güvenli ya da daha az güvenli bir ulusal coğrafyada mı yaşadığımız sorusunun cevabını aramaktayız.

Jeolojik zaman ölçeğinde, dünyanın herhangi bir yerindeki deprem tehlikesi değişmez, çünkü yer kabuğundaki hapsedilmiş sismik enerjinin salım oranı sabittir. Buna karşılık, depremleri üreten doğal süreçlere dair anlayışımız ile tasarımda kullanılmak üzere depremlerin nicelleştirilmesine dair bilimsel bilgi değişmektedir. İnsan ürünü çevrenin oluşturulmasına yönelik faaliyetlerinde mühendisler, doğal afetlerin insan yapımı sistemler üzerindeki etkilerini tasarım sırasında dikkate almak zorundadırlar. Deprem etkilerinin tasarım açısından dikkate alınma şekli ulusal yönetmelikler, standartlar veya mevzuatta açıklanmaktadır. Tasarım dokümanları mühendislik pratiği, ulusal tercihler ve geleneklere bağlıdır (Housner ve Jennings 1982). Depremlerin nadir ve zayıf şiddette meydana geldiği yerlerde, deprem etkileri bina yapısal güvenliği için tasarımın temelini oluşturmayacaktır. Bunun tersi gerçekse, örneğin Türkiye'de olduğu gibi, kamu güvenliğini sağlamaktan sorumlu olanlar, bina ve yapıların ekonomik sınırlar dâhilinde deprem etkilerine dayanacak şekilde tasarlandığından emin olmalıdırlar. Yönetmeliklerin kalibrasyonu neticede "ben bu toplumu deprem riskinden korumak için ne kadar maliyeti karşılamayı göze alıyorum?" sorusunun cevabıdır.

Bina tasarımında görev alan mühendislere rehberlik eden ve uyulması zorunlu olan 2007 deprem yönetmeliğinin (DBYBHY 2007) atıfta bulunduğu Şekil 1(a)'daki harita, 1'den 5'e kadar numaralandırılmış olan deprem bölgelerini tanımlamıştır. Kırmızı ile gösterilen 1'inci derece deprem bölgesi, 475 yıllık tekrarlanma periyoduna sahip depreme denk gelen etkin yer ivmesi katsayısının 1997 UBC (1997) ile aynı şekilde 0.4 değerine sabitlendiği yüksek tehlike bölgeleridir. 2-4'üncü derece deprem bölgeleri için etkin yer ivmesi katsayıları sırasıyla 0.3, 0.2 ve 0.1'dir. 5'inci derece deprem bölgesi ise, rüzgâr yükü tasarımının deprem tasarımı için de yeterli olacağı umularak resmi olarak "sismik olmayan (deprenselliği bulunmayan) bölge" olarak tanımlanmıştır ve 1998 Deprem Yönetmeliği'nde (ABYYHY 1998) belirtilen tanımlamalar ile birebir aynıdır. Şekil 1(b)'de gösterilen harita ile bu felsefe terk edilmiştir. Renkli konturlar, 475 yıl tekerrür periyodu için en büyük yer ivmesi (PGA) değerlerini göstermektedir. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından (TDTH 2018) elde edilen spektral ivme değerleri kullanılarak, tasarım spektrumu ASCE7-16 (ASCE 2016) belgesindekiyle aynı şekilde tanımlanmaktadır. Şekil 1(a) ve 1(b)'nin doğrudan karşılaştırılması, farklı titreşim periyoduna sahip çeşitli binaların tasarımı üzerindeki etkileri ölçüldüğünde mümkün olacaktır. PGA değerleri bu karşılaştırmanın dayanak noktası olamaz.



(a)



(b)

Şekil 1: Deprem tehlike haritaları; (a) 1996 deprem bölgeleri haritası (Özmen ve diğ. 1997), (b) 2018 deprem tehlike haritası (AFAD 2018)

Bu çalışmada, ülkenin şu anda sismik olarak daha az mı yoksa daha fazla mı tehlikeli olduğu konusuna bir açıklama getirmekteyiz. Bu soru salt retorik bir sorudan fazlasıdır, zira deprem tasarım yönetmelikleri ekonomik ve sosyal değerlendirmeleri örtülü şekilde ihtiva etmektedirler. Ekonomik boyut yönetmeliklerce tariflenmiş etkilere karşı koyacak tasarım ve gerekli detaylandırmalara temel teşkil eden taban kesme kuvveti, izin verilen deformasyon limitleri gibi parametreleri tanımlayan yönetmelik hükümlerinde dâhil edilmiştir. Sosyal boyut ise, yapısal performans ölçütlerine göre kabul edilen risk tanımı ile dâhil edilmektedir. Tehlikenin anlamlı bir şekilde nasıl değiştiğinin karşılaştırılmasına temel olması amacıyla, farklı zemin sınıfları için taban kesme eğrisi altında kalan alanı kullanmakta ve bu alanı “spektral şiddet” olarak tanımlamaktayız. Spektral şiddet değerleri, taban kesme kuvveti için tanımlanmış mevcut ve önceki yönetmelik hükümlerine dayanılarak ve ayrıca mevcut ve eski tehlike haritalarınca sağlanan coğrafi koordinatlar kullanılarak hesaplanmıştır. Mekânsal dağılımı göstermek için, eski ve yeni yönetmeliklerde tariflenen spektral şiddetlerin oranı aşağıda gösterilen kontur haritalarının oluşturulmasında kullanılmıştır. Bu şekilde, güncellenen haritanın bina maliyeti üzerindeki potansiyel etkilerini görsel olarak ölçmek mümkün hale gelmiştir.

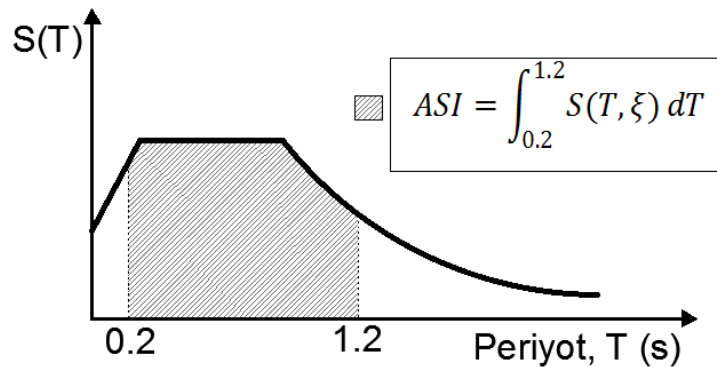
2. SPEKTRUM ŞİDDETİ

Herhangi bir tasarım aracının bina stokunda ürettiği toplam talep, taşıdığı ham, düzeltilmemiş, yanal kuvvet ölçüsü olarak ifade edilebilir. Bu ölçütler daha sonra yerel zemin özellikleri, periyoda (ve yer hareketi düzeyine) bağlı büyütme katsayılarını, elastik olmayan yapısal özellikleri dikkate alan davranış tadil katsayılarını ve söz konusu bina için önem katsayısını yansıtan bir dizi parametre ile ölçeklendirilir. Bu çalışmanın amaçları doğrultusunda diğer parametreler sabit tutularak, farklı zemin sınıfları için tanımlanan elastik spektral ivme eğrilerinin altındaki alana odaklanılacaktır. Böylece tek bir periyot yerine bir dizi farklı periyoda sahip yapılar dikkate alınmaktadır ve yapı stokunun nasıl etkilendiği ortaya çıkarılacaktır.

Özetle, 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre belirlenen deprem bölgeleri için spektral ivmelerin 2007 yönetmeliğinde kabul edilen değerleri ham taban kesme kuvveti katsayısına Denklem 1'deki gibi dönüştürülmektedir (Bkz. Şekil 2):

Ham taban kesme kuvveti;

$$V_{t,ham} / W = A(T) \quad (1)$$



Şekil 2: Spektral katsayı $S(T)$ ve bu çalışmadaki İvme Spektrum Şiddeti (ASI) değerlerinin hesaplaması

Şekil 2’de normalize edilmiş olarak gösterilen spektral katsayı $S(T)$, deprem bölgesine bağlı etkin yer ivmesi A_0 ’ın çarpanıdır. Bu parametrelerin çarpımı, ham taban kesme kuvveti katsayısı $V_{t,ham}$ için bina ağırlığını (W) çarpan spektral ivme $A(T)$ ’yi vermektedir (Denklem 2). Burada, 1998 Yönetmeliğinin tasarım spektrumunun T_B köşe periyodundan sonraki azalan kısmının spektrum tanımına aykırı olduğuna dikkat çekmek isteriz, zira fonksiyondaki kuvvet değeri -0.8 yerine -1 olmalıdır. Bu tercihin 1998–2019 arasında Türkiye’deki deprem güvenliğine ne kazandırdığı veya kaybettiği kimse tarafından hesaplanmış değildir.

$$A(T) = A_0 S(T) \quad (2)$$

Spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B yerel zemin sınıfına bağlı olup DBYBHY (2007)’ye uygun olarak Tablo 1’de verilmiştir. Tablodaki T_A ve T_B değerlerinin 2004 yılı itibariyle ülkemizde kaydedilmiş yer hareketi kayıtlarının ışığında ne olması gerektiği Kalkan ve Gulkan (2004) tarafından hesaplanmıştır. Kalkan ve Gulkan (2004) hem 1998 hem de aynen devam ettirildikleri 2007 Türkiye deprem yönetmeliklerinde yer alan T_A ve T_B değerlerinin Türkiye’de o tarihe kadar alınmış yer hareketi kayıtlarına göre tertiplenmiş hesap spektrumlarının desteklenmediğini göstermektedir.

Tablo 1: Spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (sn)	T_B (sn)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne (TBDY 2018) göre yatay elastik ivme spektrumu 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası’ndan alınan harita spektral ivme katsayıları ve yerel zemin etki katsayılarına göre oluşturulur. Kısa periyot ve 1 saniye periyot için sırasıyla S_S ve S_1 olarak tanımlanan harita spektral ivme katsayıları, tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} ’e yerel zemin etki katsayıları F_S ve F_1 ile dönüştürülür (Denklem 3). Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyotları T_A ve T_B ise 2007 yönetmeliğinden farklı olarak Denklem 4’teki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_S F_S \\ S_{D1} &= S_1 F_1 \end{aligned} \quad (3)$$

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}, \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (4)$$

Bu çalışma kapsamında öncelikli olarak ele alınan deprem şiddetini belirleyen parametre, kavramsal olarak Housner (1959) tarafından önerilen spektrum şiddetine (Housner Intensity, HI) benzeyen “İvme Spektrum Şiddeti”dir (Acceleration Spectrum Intensity, ASI). Housner (1959) tarafından önerilen spektrum şiddeti HI, genellikle 0.5 sn’den daha düşük titreşim periyoduna sahip olan beton barajların analizi için kullanılacak kuvvetli yer hareketlerini karakterize etmek için tanımlanmıştır. Von Thun ve diğ. (1988) tarafından önerilen ASI parametresi ise 0.1-0.5 sn periyotları arasında kalan, ivme tepki spektrumu altındaki alan olarak hesaplanmaktadır. Yakut ve Yılmaz (2008), çalışmalarında ASI’nın sadece kısa periyotlu binalar için etkili olduğunu göstermiş ve bu spektrum şiddetinin kısa ve kısmen yüksek periyot aralığında yer alan bina yapılarının davranışıyla daha iyi ilişkili olduğunu düşündükleri değiştirilmiş bir şeklini (ASI*) önermişlerdir. Bu bağlamda, ASI* hesaplamasında 0.1-2.5 sn periyot aralığının dikkate alınmasını tavsiye etmişlerdir. Yukarıda ifade edilen iki ASI

varyasyonuna ait haritalar Akansel ve diğ. (2019)'da çalışılmıştır. Bu çalışmanın yazarları, Türkiye'de bulunan bina stoğunun yapısal dinamik genel karakteristikleri doğrultusunda, Housner (1959)'in spektrum şiddeti tanımına paralellik gösterecek bir üçüncü ASI varyasyonu tanımlamış ve bu parametrenin hesabında 0.2-1.2 sn periyot aralığını dikkate almışlardır (Denklem 5). Deprem tehlike haritasındaki değişikliklerin etkisini araştırmak için 0.2-1.2 sn periyot aralığını dikkate alan ASI tanımlamasını ve ayrıca PGA değerlerini dikkate almışlardır. Spektrumlar ilgili yönetmelikler dikkate alınarak hesaplanmıştır. ASI, hesaplamaları Denklem 5 ve Şekil 2'de görselleştirilmiş olup hesaplamalarda kullanılan spektrumlar 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası ve 2018 Deprem Tehlike Harita verileri ile halen yürürlükte olan 2018 ile 2007 deprem yönetmeliği dikkate alınarak elde edilmiştir.

$$ASI = \int_{0.2}^{1.2} S_A(T, \xi) dT \quad (5)$$

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'e (DBYBHY 2007) göre tasarım spektrumlarının oluşturulmasında, yapının konumunun bulunduğu deprem bölgesinin etkin yer ivmesi katsayısı A_0 ve zemin sınıfı bilgisi gereklidir. Yerleşim birimlerinin 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre kaçınıcı derece deprem bölgesinde bulunduğu Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (18.04.1996) İndeks: Yerleşim Birimleri ve Deprem Bölgeleri kitapçığında il bazında verilmektedir (TDBH-İndeks 1996). Bu çalışmada, 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na temel teşkil eden 35° - 42.8° enlemleri ile 25° - 45° boylamları arasında değişen ve yaklaşık 4000 eş aralıklı noktada 475 yıllık tekerrür periyoduna karşılık gelen deprem için verilmiş olan PGA değerleri dikkate alınmıştır (<https://dmc.metu.edu.tr/node/69>). Bu çalışmada 2007 yönetmeliğinin atıfta bulunduğu haritadaki deprem bölgeleri kavramı ile tutarlılık sağlaması açısından 0.1g'den az olan değerler için haritadaki PGA değerleri, 0.1g-0.2g arasındaki değerler 0.1g, 0.2g-0.3g arasındaki değerler 0.2g, 0.3g-0.4g arasındaki değerler 0.3g ve 0.4g ve üstündeki değerlerde ise 0.4g değeri kullanılmıştır. Bu yaklaşım Gülkan ve diğ. (1993) çalışması dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Zemin sınıfları, yönetmelikte de tanımlandığı gibi 4 grup olarak tasnif edilmiştir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne (TBDY 2018) göre tasarım spektrumlarının oluşturulması için ise; 2018 Deprem Tehlike Haritası'ndan (yine aynı tekrarlanma periyoduna karşılık gelen deprem yer hareketi düzeyi için verilmiş) PGA, S_s (kısa periyot (0.2 sn) için spektral ivme) ve S_1 (1.0 sn periyot için spektral ivme) değerleri herhangi bir sınırlama olmaksızın dikkate alınmıştır. 2018 Deprem Tehlike Haritasına göre bir yerin deprem yer hareketi parametre değerlerine koordinat bazında Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması (TDTH 2018) ile ulaşılmaktadır. Bu çalışmada, TBDY 2018'e göre 34.25° - 42.95° enlemleri ile 24.55° - 45.95° boylamları arasında değişen ve yaklaşık 14000 noktada 5 farklı zemin sınıfı için spektrumlar oluşturulmuştur. Her iki yönetmelik için de zemin sınıflandırmalarını tanımlayan ortak özelliklerin incelenmesi ile Tablo 2'de yer alan zemin sınıfı eşleştirmelerine karar verilmiştir.

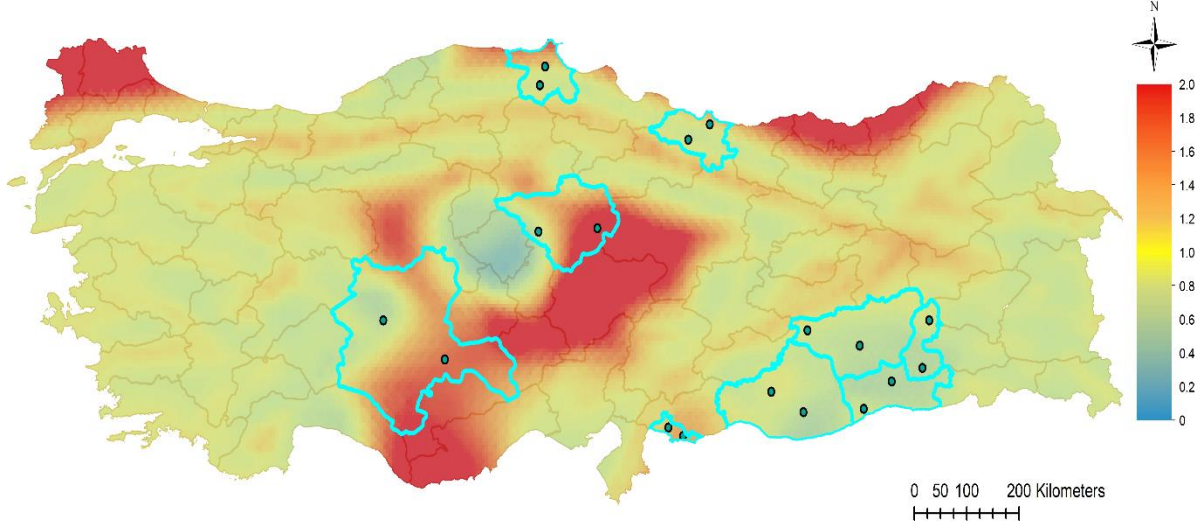
Tablo 2: Zemin sınıflarının eşleştirmesi

DBYBHY 2007	Z1	Z2	Z3	Z4
TBDY 2018	ZA, ZB	ZC	ZD	ZE

3. SPEKTRUM ŞİDDET ORANLARI VE İLGİLİ İRDELEME

1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası ve 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nı karşılaştırmak için, yeni harita tabanlı şiddet ölçüsünün eski harita tabanlı değere oranı, 0.05x0.05 ondalık derecelik bir coğrafi çözünürlükte, Ters Uzaklık Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. PGA ve ASI şiddet parametreleri, 1996 haritasında verilen 4000 data noktası ve 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası için verilen 14000 data

noktası için hesaplanmıştır ve her iki harita içinde Raster harita 0.05x0.05 ondalık derecelik bir coğrafi çözünürlükte oluşturulmuştur ve oranlama bu iki raster harita üzerinden gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bu haritadan seçilen rastgele noktalar için enterpolasyon hesaplamaları ve TDTH (2018) verileri kontrol edilmiştir ve en büyük fark %3.4 mertebesinde (Şekil 3 ve Tablo 3).



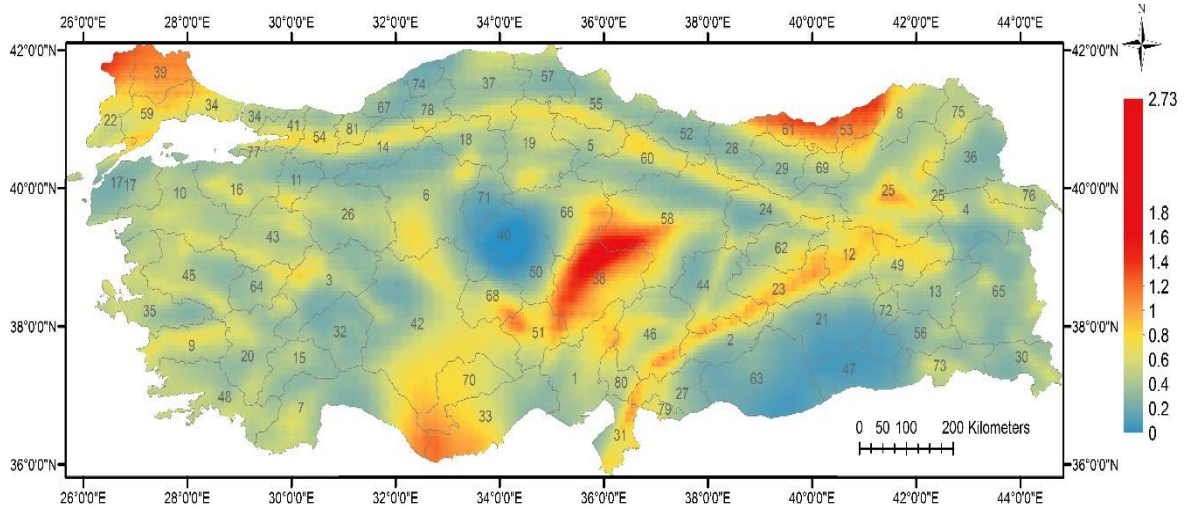
Şekil 3: Hesaplama kontrolleri için seçilen rastgele noktaların konumu

Tablo 3: Rastgele seçilen noktalar ve ZE zemin sınıfı için yapılan hata hesabı

Konum No	Enlem	Boylam	S _s	S ₁	TBDY (2018)	ARCGIS	Hata (%) Cinsinden
					ASI 475 yıl - ZE	Enterpolasyon ASI 475 yıl - ZE	
1	41.713	34.898	0.374	0.152	0.689	0.684	0.70
2	41.461	34.806	0.565	0.206	0.813	0.840	3.42
3	40.932	37.724	0.374	0.156	0.693	0.686	1.03
4	40.725	37.356	0.661	0.232	0.867	0.852	1.73
5	39.485	34.783	0.207	0.098	0.465	0.468	0.63
6	39.531	35.794	0.340	0.126	0.634	0.634	0.07
7	38.291	32.119	0.440	0.100	0.614	0.605	1.47
8	37.762	33.175	0.236	0.057	0.376	0.374	0.58
9	36.843	37.012	0.644	0.182	0.812	0.818	0.76
10	36.729	37.264	0.352	0.129	0.646	0.639	1.12
11	37.326	38.780	0.297	0.110	0.580	0.582	0.28
12	37.050	39.332	0.194	0.084	0.422	0.418	1.00
13	38.153	39.400	0.838	0.229	0.905	0.896	0.94
14	37.946	40.296	0.315	0.131	0.626	0.622	0.64
15	37.647	41.376	0.272	0.108	0.558	0.555	0.59
16	38.291	41.491	0.923	0.224	0.919	0.911	0.91
17	37.464	40.848	0.206	0.093	0.455	0.459	0.99
18	37.096	40.365	0.170	0.075	0.372	0.373	0.27

Enterpolasyon için dikkate alınan noktalar deniz sınırlarını da içine almaktadır ve böylelikle karasal sınırlar içinde hesaplanan değerlerin doğruluğunu arttırmaktadır. Sayısal hesaplamalar, ArcGIS Desktop (ESRI 2011) yazılımında oluşturulan renk haritaları ile görselleştirilmiştir. Akansel ve diğ. (2019)'da haritalarda belirtilen maksimum değerler deniz sınırını da dikkate alır iken bu çalışmada kara sınırları içinde gözlemlenen maksimum ve minimum değerler haritalarda işlenmiştir.

Şekil 4, yukarıda bahsedilen iki haritanın PGA oranlarının dağılımını göstermektedir. Şekil 1 ve Şekil 4 birlikte incelendiğinde, 1'inci derece deprem bölgelerinde ve depremselliğin olmadığı kabulü yapılan 5'inci derece deprem bölgelerinde önemli değişikliklerin meydana geldiği gözlemlenebilir. Şekil 3-8'de belirtilen, PGA(2018)/PGA(2007) ve ASI(2018,ZA)/ASI(2007,Z1) gibi kısaltmalar; TBDY (2018)'e göre hesaplanan PGA ve farklı zemin grupları için hesaplanan ASI oranlarının DBYBHY (2007)'ye göre hesaplanan değerlerine oranını ifade etmektedir. Haritasal olarak sunulan sonuçları ayrıntılı olarak inceleyebilmek için Türkiye'de bulunan her il için PGA ve ASI minimum, maksimum ve ortalama oranları il sınırları dikkate alınarak hesaplanmış ve bu değerlerin bulunduğu tablolar aşağıda verilmiştir. Şekil 4-9'da verilen haritalarda takibin kolaylığı ve verilen sonuçların görünürlüğünü etkilemeyecek şekilde il sınırları il trafik plakaları ile birlikte verilmiştir. İl plakaları Tablo 4'te her il için verilmiştir. Şekil 4'e göre Kuzeydoğu (örneğin Trabzon, Rize), orta güney (örneğin Niğde, Kayseri, Karaman, Konya ve Mersin) ve Türkiye'nin en kuzeybatı kısmı (örneğin Kırklareli, Edirne) PGA değerlerinde artışa en fazla maruz kalan bölgelerdir. Fay hatlarına yakın bölgelerde PGA değerlerinde artış eğilimi gözlemlenirken, diğer bölgelerde PGA değerlerinde düşüş gözlemlenmektedir. Türkiye'nin kara coğrafi sınırları göz önüne alındığında, gözlemlenen minimum ve maksimum PGA oranlarının sırasıyla 0.18 ve 2.73 olduğunu belirtmek gerekir. Akkar ve diğ. (2018)'de de belirtildiği gibi ölçü sadece PGA oranı olduğunda yeni deprem tehlike haritası bir öncekine göre özellikle fay hatlarına yakın bölgelerde daha fazla "tehlke" tahmininde bulunmaktadır.

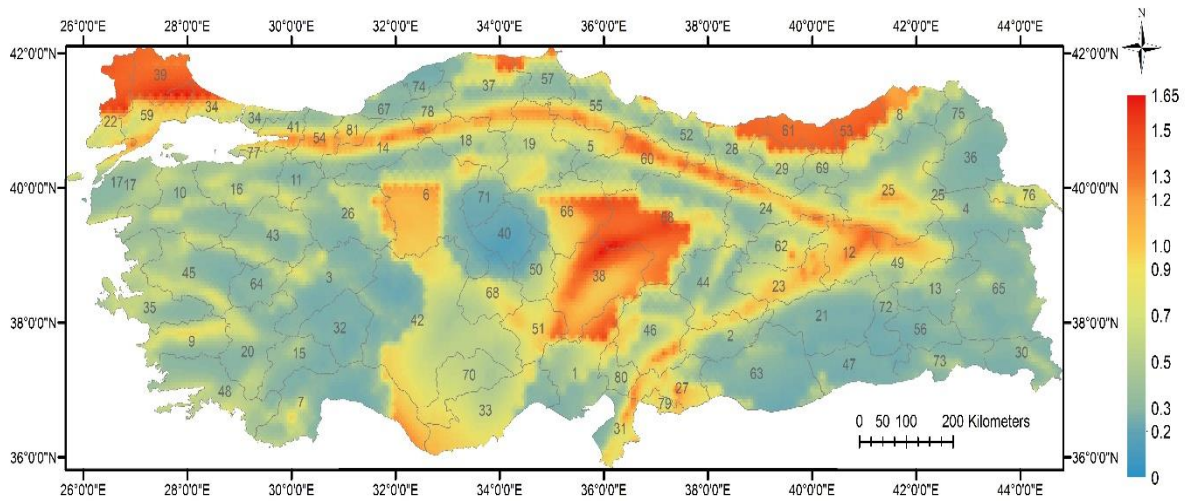


Şekil 4: En büyük yer ivmesi oranı; PGA(2018)/PGA (2007); min=0.18 - maks=2.73

Tablo 4'te 2018'de Resmi Gazete'de ilan edilen ve 2019'da Deprem Yönetmeliği ile yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritası ile 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na temel teşkil eden değerlerin bir önceki bölümde de belirtildiği gibi 2007 Deprem Yönetmeliği'nde dikkate alındığı şekli ile hesaplanan A_0 değerleri dikkate alınarak yapılan oranlamadan elde edilen minimum, maksimum ve ortalama PGA oranları her il için verilmiştir. Tekrar belirtmek

gerekir ki hesaplanan bu istatistiksel değerler her ilin coğrafi sınırları dikkate alınarak elde edilmiştir. En büyük maksimum PGA oranı, 2.7 ile Kayseri, 2.6 ile Sivas'ta ve 2.05 ile Edirne'de görülmektedir. En küçük maksimum PGA oranları ise 0.47, 0.54 ve 0.63 değerleri ile sırasıyla Kırşehir, Mardin ve Bartın'da görülmektedir. Maksimum değerler incelendiğinde birçok ilde PGA oranları 1.0 değerini aşmıştır. Tablo 4'te il sınırları içindeki ortalama PGA oranlarına bakıldığında Bingöl, Edirne, Elazığ, Hatay, Mersin, Karaman, Kayseri, Kırklareli, Muş, Niğde, Rize, Sivas, Tekirdağ ve Trabzon dışında kalan illerde oran 1.0'in altındadır. En büyük ortalama PGA oranları Rize, Kayseri ve Kırklareli ile Trabzon olmak suretiyle sırasıyla 1.68, 1.60 ve 1.55'tir. Ortalama PGA oranlarının en düşük olduğu iller, sırasıyla 0.27, 0.38 ve 0.45 değerleriyle Kırşehir, Mardin ve Şanlıurfa'dır. Minimum PGA oranları için Tablo 4 incelendiğinde, 1.23, 1.21 ve 1.04 değerleri ile 1.0 değerinin üstünde olan en yüksek oranlara sahip olan iller sırasıyla, Kırklareli, Rize ve Trabzon'dur. En düşük minimum PGA oranları ise 0.18, 0.21 ve 0.24 değerleri ile Kırşehir, Aksaray ve Ankara'dadır. En yüksek minimum PGA oranları ise 1.23, 1.21 ve 1.04 değerleri ile sırasıyla Kırklareli, Rize ve Trabzon'dadır. İl sınırları içindeki minimum, maksimum ve ortalama değerler incelendiğinde, minimum ile maksimum PGA oranları arasındaki saçılımın büyük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum özellikle il sınırları içinde birden fazla farklı deprem bölgesi mevcut ise gözlemlenmiştir. İl bazında 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre il sınırlarının içinde bulunan farklı deprem bölgelerine ait alansal yüzdeler Özmen ve diğ. (1997) çalışmasından edinilebilir. Örneğin, Tablo 4'te Aksaray için minimum PGA oranı 0.21 iken maksimum PGA oranı 1.69 ve ortalama değer 0.88'dir. Buna benzer saçılımlar, farklı deprem bölgelerinin aynı il sınırları içinde bulunduğu Diyarbakır, Kayseri, Edirne, Sivas ve Yozgat'ta da görülmektedir. Akkar ve diğ. (2018)'de de belirtildiği gibi PGA oranlarında fay hatlarına yakın bölgelerde yüzde 50'lik bir tehlike tahmini artışı söz konusudur. Özmen (2018) çalışmasında da yer bilimlery açısından yeni deprem tehlike haritasını incelemiştir. Bozer (2020), tasarım spektral ivme katsayılarını DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)'e göre il merkezinde seçilen noktalar için incelemiştir.

Şekil 5'te ZA ile Z1 zemin sınıfları için ASI oranları kontur haritası olarak verilmiştir. ASI'nın 1.0 değerinden küçük olduğu bölgeler göz ardı edilemeyecek kadar geniştir. Azalma minimum değeri yaklaşık olarak 0.16 seviyesinde ve artış oranı maksimum değeri ise 1.65 kat seviyelerindedir. Fay hatlarına yakın olan bölgelerde, Trabzon, Rize, Kırklareli ve Edirne'de yapı maliyetlerinde artış gözlemlenebilir. Kırşehir, Kırıkkale, Mardin, Isparta, Batman ve Bartın ise ortalama ASI değerlerine göre en fazla azalmanın görüldüğü yerlerdir ve yapı maliyetlerinde azalma gözlemlenebilir.



ASI(2018,ZA)/ASI(2007,Z1); min=0.16 – maks=1.65

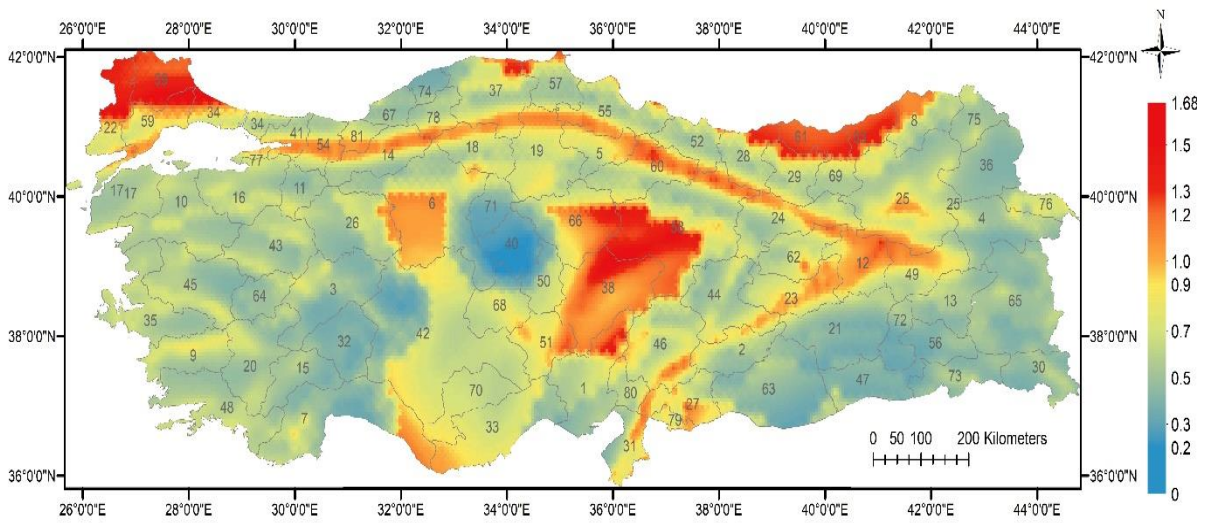
Şekil 5: ZA ile Z1 için İvme Spektrum Şiddeti oranları

Tablo 4: İl bazında PGA oranları için minimum, maksimum, ortalama oranları

Plaka No	İl	PGA Oranı			Plaka No	İl	PGA Oranı		
		Min	Maks	Ort			Min	Maks	Ort
1	Adana	0.61	1.44	0.93	78	Karabük	0.50	1.17	0.71
2	Adıyaman	0.49	1.45	0.87	70	Karaman	0.82	1.62	1.20
3	Afyonkarahisar	0.51	1.30	0.74	36	Kars	0.53	1.26	0.67
4	Ağrı	0.45	1.22	0.75	37	Kastamonu	0.46	1.14	0.77
68	Aksaray	0.21	1.69	0.88	38	Kayseri	0.76	2.73	1.60
5	Amasya	0.60	1.15	0.89	71	Kırıkkale	0.33	0.80	0.50
6	Ankara	0.24	1.22	0.74	39	Kırklareli	1.23	1.81	1.55
7	Antalya	0.53	1.71	0.86	40	Kırşehir	0.18	0.47	0.27
75	Ardahan	0.74	1.19	0.86	79	Kilis	0.69	1.23	0.95
8	Artvin	0.70	1.86	0.95	41	Kocaeli	0.69	1.29	0.94
9	Aydın	0.66	1.25	0.93	42	Konya	0.48	1.46	0.91
10	Balıkesir	0.64	1.10	0.81	43	Kütahya	0.69	1.09	0.87
74	Bartın	0.45	0.63	0.51	44	Malatya	0.49	1.57	0.86
72	Batman	0.35	0.85	0.51	45	Manisa	0.58	1.12	0.82
69	Bayburt	0.60	1.21	0.82	47	Mardin	0.32	0.54	0.38
11	Bilecik	0.53	1.24	0.72	33	Mersin	0.57	1.74	1.08
12	Bingöl	0.75	1.42	1.15	48	Muğla	0.64	1.03	0.81
13	Bitlis	0.52	1.27	0.73	49	Muş	0.61	1.36	1.01
14	Bolu	0.48	1.24	0.81	50	Nevşehir	0.27	1.44	0.61
15	Burdur	0.59	0.86	0.72	51	Niğde	0.77	1.78	1.23
16	Bursa	0.58	1.21	0.80	52	Ordu	0.50	1.10	0.65
17	Çanakkale	0.50	1.41	0.69	80	Osmaniye	0.77	1.37	0.97
18	Çankırı	0.56	1.18	0.82	53	Rize	1.21	2.02	1.68
19	Çorum	0.66	1.21	0.89	54	Sakarya	0.58	1.22	0.89
20	Denizli	0.62	1.05	0.79	55	Samsun	0.52	1.23	0.80
21	Diyarbakır	0.33	1.27	0.55	56	Siirt	0.43	0.83	0.62
81	Düzce	0.61	1.13	0.88	57	Sinop	0.50	1.16	0.69
22	Edirne	0.83	2.05	1.30	58	Sivas	0.52	2.60	1.02
23	Elazığ	0.61	1.60	1.13	63	Şanlıurfa	0.32	0.75	0.45
24	Erzincan	0.49	1.18	0.79	73	Şırnak	0.41	1.02	0.72
25	Erzurum	0.60	1.55	0.97	59	Tekirdağ	0.86	1.53	1.19
26	Eskişehir	0.52	1.22	0.76	60	Tokat	0.56	1.31	0.86
27	Gaziantep	0.50	1.54	0.83	61	Trabzon	1.04	1.99	1.55
28	Giresun	0.50	1.76	0.82	62	Tunceli	0.64	1.34	0.89
29	Gümüşhane	0.58	1.37	0.82	64	Uşak	0.60	1.21	0.80
30	Hakkari	0.52	0.99	0.70	65	Van	0.45	1.01	0.67
31	Hatay	0.60	1.58	1.05	77	Yalova	0.66	1.10	0.91
76	İğdır	0.74	1.15	0.86	66	Yozgat	0.30	1.78	0.88
32	Isparta	0.51	0.78	0.60	67	Zonguldak	0.50	0.81	0.61
34	İstanbul	0.70	1.45	0.99					
35	İzmir	0.55	0.99	0.80					
46	Kahramanmaraş	0.63	1.68	1.00					

Tablo 5-9'da farklı zemin sınıfları için il bazında hesaplanan istatistiksel ASI değerleri verilmiştir. Böylelikle il bazında DBYBHY (2007)'nin atıfta bulunduğu 1996 tarihli harita ile TBDY (2018) yönetmeliğinin atıfta bulunduğu 2018 Deprem Tehlike Haritası arasındaki değişimin spektral şiddet tanımlaması aracılığı ile ekonomiye olan etkisi ilişkilendirilmiş olacaktır. Daha önce de belirtildiği üzere, 2007 deprem yönetmeliği 1998 deprem yönetmeliğinin (ABYYHY 1998) aynısı olmakla birlikte sadece Bölüm 7 eklenmiştir ve geri kalan içerik olarak aynıdır. Tablo 5-9'da kırmızı olarak işaretlenen hücreler 1.0 değerinden büyük ortalama ASI oranlarını göstermektedir. Tablo 5'te ZA(2018)/Z1(2007) zemin sınıfları için ASI oranlarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri verilmiştir. Tablo 5'te maksimum ASI oranlarının en yüksek olduğu iller, 1.65 değeri ile Kayseri, Sivas ve Tekirdağ'dır. En düşük maksimum ASI oranları ise 0.39, 0.54 ve 0.55 değerleri ile sırasıyla Kırşehir, Siirt ve Isparta'da görülmektedir. Ortalama ASI oranlarının en düşük olduğu iller 0.23 değeri ile Kırşehir, 0.40 değeri ile Bartın, Batman, Isparta ve Kırıkkale'dir. En yüksek ortalama ASI oranları ise 1.28, 1.25 ve 1.23 değerleri ile sırasıyla Kırklareli, Rize ve Trabzon'dadır. Ortalama ASI değerinin 1.0'ı geçtiği iller ise Edirne, Kayseri, Kırklareli, Rize ve Trabzon'dur. Ortalama ASI oranları bu iller dışında genel olarak 1.0 değerinin altındadır. En düşük minimum ASI oranları, 0.16 değeri ile Aksaray ve Kırşehir, 0.17 değeri ile Ankara'dadır. En yüksek minimum ASI oranları, 1.03, 0.98 ve 0.85 değerleri ile sırasıyla, Trabzon, Kırklareli ve Rize'dedir.

Şekil 6'da ZB ile Z1 zemin sınıfları için ASI oranları kontur haritası olarak verilmiştir. Spektral şiddet oranları ZA/Z1 ile benzer değişim göstermekle birlikte değerler ZA'ya göre çok az artış göstermektedir. ZA/Z1 ve ZB/Z1 zemin sınıfları dikkate alındığında haritada gözlenen en büyük ASI oran azalmaları, il sınırları içinde bulunan alanlar göz önüne alındığında, Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin gibi eski haritada birden fazla deprem bölgesi sınırları içinde bulunan şehirler ile Kırşehir ve Kırıkkale gibi bir önceki deprem bölgeleri haritasında çoğunlukla 1. derece deprem bölgesi sınırları içinde bulunan illerde gerçekleşmiştir. En büyük artış oranları ise fay hatları civarında ve önceki haritaya göre çoğunlukla III'üncü, IV'üncü ve V'inci derece deprem bölgelerini sınırları içinde bulunduran Kayseri, Yozgat, Sivas ve Niğde civarlarında görülmektedir. Bu illerde yapı maliyetlerinin artacağı şüphesizdir. Maksimum 1.68 oranı ile artış ve minimum 0.16 oranı ile azalma gözlemlenmiştir.



ASI(2018,ZB)/ASI(2007,Z1)
min=0.16 – maks=1.68

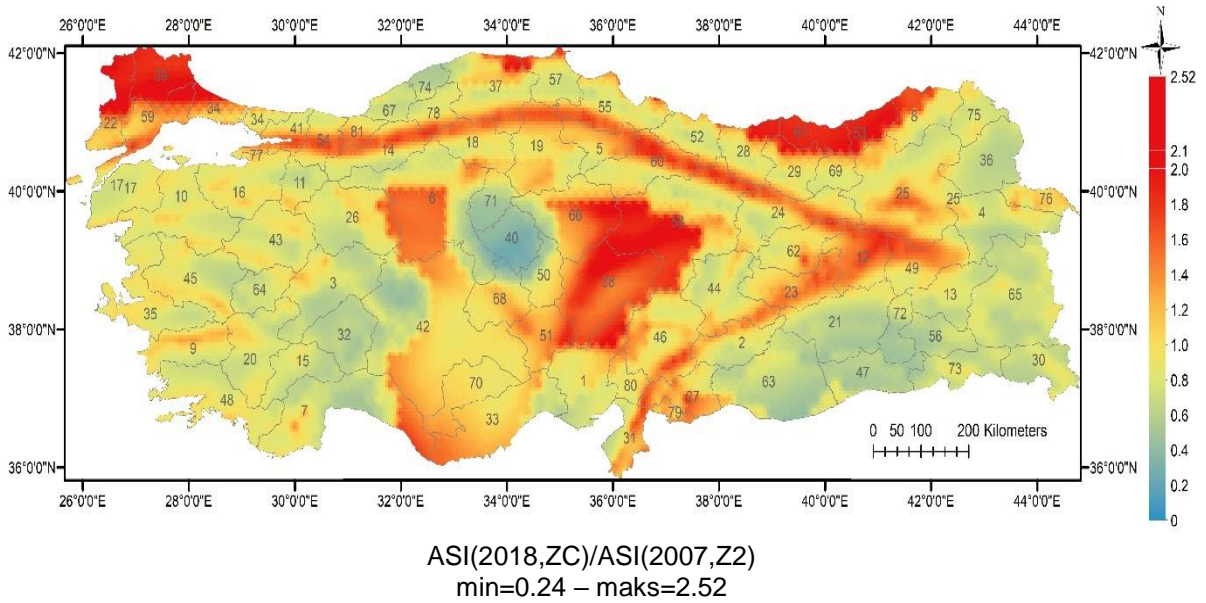
Şekil 6: ZB ile Z1 için İvme Spektrum Şiddeti oranları

Tablo 5: İl bazında ZA(2018)/Z1(2007) için minimum, maksimum, ortalama ASI oranları

Plaka No	İl	(ZA / Z1) Oranı			Plaka No	İl	(ZA / Z1) Oranı		
		Min	Maks	Ort			Min	Maks	Ort
1	Adana	0.38	1.46	0.72	78	Karabük	0.42	1.18	0.67
2	Adıyaman	0.40	0.99	0.63	70	Karaman	0.57	0.93	0.69
3	Afyonkarahisar	0.33	0.81	0.48	36	Kars	0.38	0.79	0.46
4	Ağrı	0.37	0.91	0.52	37	Kastamonu	0.34	1.33	0.73
68	Aksaray	0.16	0.98	0.63	38	Kayseri	0.72	1.65	1.11
5	Amasya	0.50	1.14	0.81	71	Kırıkkale	0.27	0.73	0.40
6	Ankara	0.17	1.12	0.72	39	Kırklareli	0.98	1.64	1.28
7	Antalya	0.32	1.13	0.60	40	Kırşehir	0.16	0.39	0.23
75	Ardahan	0.47	0.70	0.55	79	Kilis	0.66	1.06	0.85
8	Artvin	0.43	1.23	0.76	41	Kocaeli	0.51	1.14	0.79
9	Aydın	0.47	0.90	0.64	42	Konya	0.26	0.96	0.61
10	Balıkesir	0.46	0.75	0.58	43	Kütahya	0.43	0.73	0.57
74	Bartın	0.33	0.57	0.40	44	Malatya	0.42	1.03	0.63
72	Batman	0.30	0.60	0.40	45	Manisa	0.39	0.82	0.57
69	Bayburt	0.50	1.16	0.62	47	Mardin	0.30	0.66	0.40
11	Bilecik	0.41	0.79	0.54	33	Mersin	0.37	1.06	0.72
12	Bingöl	0.61	1.28	0.96	48	Muğla	0.46	0.77	0.57
13	Bitlis	0.40	0.85	0.53	49	Muş	0.48	1.20	0.80
14	Bolu	0.41	1.24	0.77	50	Nevşehir	0.22	0.91	0.55
15	Burdur	0.36	0.61	0.49	51	Niğde	0.59	1.23	0.88
16	Bursa	0.45	0.82	0.61	52	Ordu	0.45	1.12	0.63
17	Çanakkale	0.48	1.20	0.60	80	Osmaniye	0.52	1.00	0.69
18	Çankırı	0.49	1.16	0.76	53	Rize	0.85	1.41	1.25
19	Çorum	0.51	1.12	0.75	54	Sakarya	0.51	1.15	0.80
20	Denizli	0.42	0.78	0.55	55	Samsun	0.44	1.20	0.74
21	Diyarbakır	0.31	0.91	0.45	56	Siirt	0.31	0.54	0.41
81	Düzce	0.56	1.09	0.82	57	Sinop	0.47	1.29	0.67
22	Edirne	0.69	1.57	1.12	58	Sivas	0.44	1.65	0.97
23	Elazığ	0.45	1.13	0.83	63	Şanlıurfa	0.29	0.85	0.45
24	Erzincan	0.45	1.16	0.73	73	Şırnak	0.29	0.62	0.47
25	Erzurum	0.44	1.21	0.70	59	Tekirdağ	0.64	1.65	1.00
26	Eskişehir	0.39	1.13	0.61	60	Tokat	0.49	1.29	0.82
27	Gaziantep	0.44	1.20	0.82	61	Trabzon	1.03	1.35	1.23
28	Giresun	0.46	1.30	0.80	62	Tunceli	0.50	1.21	0.73
29	Gümüşhane	0.50	1.33	0.79	64	Uşak	0.39	0.76	0.51
30	Hakkari	0.36	0.68	0.48	65	Van	0.37	0.67	0.48
31	Hatay	0.39	1.15	0.74	77	Yalova	0.60	0.98	0.81
76	Iğdır	0.46	0.85	0.68	66	Yozgat	0.28	1.43	0.86
32	Isparta	0.32	0.55	0.40	67	Zonguldak	0.39	0.73	0.50
34	İstanbul	0.51	1.58	0.86					
35	İzmir	0.45	0.71	0.59					
46	Kahramanmaraş	0.51	1.31	0.74					

Tablo 6'da ZB(2018)/Z1(2007) zemin sınıfları için ASI oranlarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri verilmiştir. ZB(2018)/Z1(2007) zemin sınıfları için elde edilen ASI oranları haritası ZA(2018)/Z1(2007) zemin sınıfları için elde edilen ASI oranları haritası ile benzer özellikler göstermektedir. Tablo 6'da maksimum ASI oranları için Tekirdağ 1.68 değeri ile; Kayseri, Kırklareli ve Sivas 1.67 değeri ile en yüksek artışın görüldüğü şehirlerdir. En düşük maksimum ASI oranları ise 0.40, 0.54 ve 0.56 değerleri ile sırasıyla Kırşehir, Siirt ve Isparta'da görülmektedir. Ortalama ASI oranlarının en düşükleri 0.24 değeri ile Kırşehir, 0.40 değeri ile Isparta, 0.41 değeri ile Batman, Bartın, Kırıkkale ve Mardin'dedir. En büyük ortalama ASI oranları ise 1.31 değeri ile Kırklareli, 1.25 değeri ile Rize ve Trabzon, 1.14 değeri ile Edirne'dedir. Ortalama ASI oranları Edirne, Kayseri, Kırklareli, Rize, Tekirdağ ve Trabzon illeri dışında genel olarak 1.0'in altındadır. En düşük minimum ASI oranları, 0.16 değeri ile Ağrı ve Kırşehir, 0.17 değeri ile Ankara'dadır. En yüksek minimum ASI oranları, 1.05, 1.00 ve 0.85 değerleri ile sırasıyla Trabzon, Kırklareli ve Rize'dedir.

Yeni deprem yönetmeliğindeki zemin sınıfı ZC, eski yönetmelikteki Z2 zemin sınıfı ile ASI oranı için Şekil 7'de karşılaştırılmıştır. Bu harita incelendiğinde güncellenmiş deprem tehlike haritasında Türkiye'nin dikkat çekici ölçüde geniş bir alanı için deprem tehlikesinin arttığı görülmektedir. En büyük artışlar fay hatlarına yakın olan iller ile Nevşehir, Niğde, Sivas, Yozgat, Kayseri, Edirne, Kırklareli, Sinop, Rize, Trabzon, Giresun ve Artvin illerindedir. Şekil 7, ASI oranları kontur haritası incelendiğinde genel eğilim ZA ve ZB'ye göre artış yönündedir. ASI değerlerinin azaldığı bölgeler, alansal olarak ZA ve ZB zemin sınıflarında gözlemlenenlere göre daha az olmakla beraber yine de mevcuttur. Maksimum 2.52 oranı ile artış ve minimum 0.24 oranı ile azalma gözlemlenmiştir. Kırşehir ve Kırıkkale ile Şanlıurfa, Mardin, Diyarbakır ve Kütahya il sınırları içinde ASI oranlarındaki azalmaların yoğun olarak görüldüğü illerdir.



Şekil 7: ZC ile Z2 için İvme Spektrum Şiddeti oranları

Tablo 7'de ZC(2018)/Z2(2007) zemin sınıfları için il bazında hesaplanan ASI oranlarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri verilmiştir. ZA ve ZB zemin sınıfı ASI oranlarına göre ZC zemin sınıfındaki ortalama ASI oran değerlerinde yaklaşık yüzde 50'lik bir artış gözlemlenmiştir.

Tablo 6: İl bazında ZB(2018)/Z1(2007) için minimum, maksimum, ortalama ASI oranları

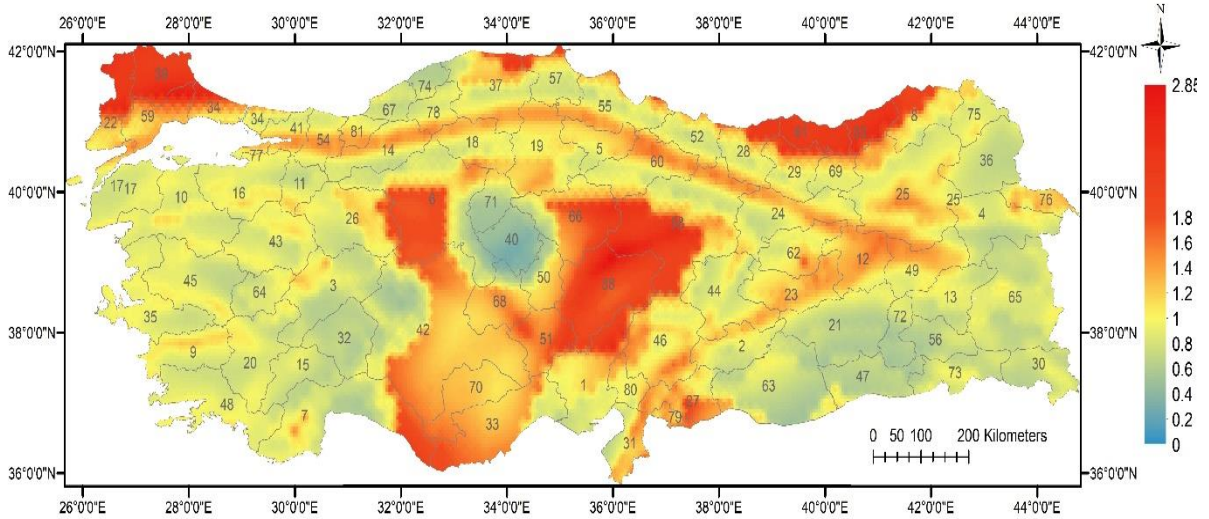
Plaka No	İl	(ZB / Z1) Oranı ASI			Plaka No	İl	(ZB / Z1) Oranı ASI		
		Min	Maks	Ort			Min	Maks	Ort
1	Adana	0.39	1.48	0.73	78	Karabük	0.43	1.20	0.68
2	Adıyaman	0.41	1.00	0.64	70	Karaman	0.58	0.94	0.70
3	Afyonkarahisar	0.34	0.81	0.49	36	Kars	0.39	0.79	0.46
4	Ağrı	0.37	0.91	0.52	37	Kastamonu	0.34	1.36	0.74
68	Aksaray	0.16	0.99	0.64	38	Kayseri	0.73	1.67	1.13
5	Amasya	0.51	1.16	0.83	71	Kırıkkale	0.28	0.75	0.41
6	Ankara	0.17	1.15	0.73	39	Kırklareli	1.00	1.67	1.31
7	Antalya	0.32	1.14	0.61	40	Kırşehir	0.16	0.40	0.24
75	Ardahan	0.48	0.71	0.56	79	Kilis	0.68	1.10	0.87
8	Artvin	0.43	1.24	0.77	41	Kocaeli	0.52	1.16	0.80
9	Aydın	0.48	0.90	0.65	42	Konya	0.26	0.97	0.62
10	Balıkesir	0.46	0.77	0.58	43	Kütahya	0.43	0.74	0.57
74	Bartın	0.34	0.59	0.41	44	Malatya	0.44	1.04	0.64
72	Batman	0.31	0.60	0.41	45	Manisa	0.39	0.83	0.57
69	Bayburt	0.51	1.19	0.63	47	Mardin	0.31	0.69	0.41
11	Bilecik	0.42	0.80	0.56	33	Mersin	0.37	1.08	0.73
12	Bingöl	0.62	1.29	0.98	48	Muğla	0.47	0.78	0.58
13	Bitlis	0.41	0.85	0.53	49	Muş	0.49	1.21	0.81
14	Bolu	0.43	1.26	0.79	50	Nevşehir	0.23	0.93	0.56
15	Burdur	0.36	0.62	0.49	51	Niğde	0.60	1.24	0.89
16	Bursa	0.46	0.83	0.62	52	Ordu	0.47	1.14	0.65
17	Çanakkale	0.49	1.21	0.61	80	Osmaniye	0.53	1.01	0.70
18	Çankırı	0.50	1.18	0.77	53	Rize	0.85	1.42	1.25
19	Çorum	0.52	1.14	0.77	54	Sakarya	0.52	1.17	0.81
20	Denizli	0.42	0.78	0.56	55	Samsun	0.46	1.23	0.75
21	Diyarbakır	0.32	0.93	0.46	56	Siirt	0.32	0.54	0.42
81	Düzce	0.57	1.11	0.83	57	Sinop	0.48	1.33	0.69
22	Edirne	0.70	1.61	1.14	58	Sivas	0.45	1.67	0.99
23	Elazığ	0.46	1.15	0.84	63	Şanlıurfa	0.30	0.89	0.46
24	Erzincan	0.46	1.18	0.74	73	Şırnak	0.30	0.62	0.47
25	Erzurum	0.44	1.21	0.71	59	Tekirdağ	0.66	1.68	1.01
26	Eskişehir	0.40	1.16	0.62	60	Tokat	0.50	1.31	0.84
27	Gaziantep	0.45	1.23	0.84	61	Trabzon	1.05	1.36	1.25
28	Giresun	0.47	1.34	0.82	62	Tunceli	0.51	1.23	0.75
29	Gümüşhane	0.51	1.37	0.81	64	Uşak	0.40	0.77	0.52
30	Hakkari	0.36	0.69	0.48	65	Van	0.38	0.67	0.48
31	Hatay	0.39	1.16	0.75	77	Yalova	0.61	0.99	0.82
76	Iğdır	0.47	0.85	0.68	66	Yozgat	0.30	1.47	0.88
32	Isparta	0.33	0.56	0.40	67	Zonguldak	0.39	0.74	0.51
34	İstanbul	0.52	1.61	0.87					
35	İzmir	0.46	0.72	0.59					
46	Kahramanmaraş	0.52	1.33	0.76					

Tablo 7: İl bazında ZC(2018)/Z2(2007) için minimum, maksimum, ortalama ASI oranları

Plaka No	İl	(ZC / Z2) Oranı ASI			Plaka No	İl	(ZC / Z2) Oranı ASI		
		Min	Maks	Ort			Min	Maks	Ort
1	Adana	0.59	2.23	1.11	78	Karabük	0.64	1.75	1.00
2	Adıyaman	0.60	1.50	0.95	70	Karaman	0.88	1.42	1.06
3	Afyonkarahisar	0.51	1.24	0.74	36	Kars	0.58	1.20	0.69
4	Ağrı	0.56	1.38	0.79	37	Kastamonu	0.51	2.00	1.09
68	Aksaray	0.24	1.51	0.97	38	Kayseri	1.09	2.52	1.69
5	Amasya	0.74	1.71	1.21	71	Kırıkkale	0.42	1.11	0.61
6	Ankara	0.26	1.69	1.08	39	Kırklareli	1.47	2.48	1.94
7	Antalya	0.49	1.73	0.91	40	Kırşehir	0.24	0.59	0.35
75	Ardahan	0.72	1.07	0.84	79	Kilis	0.99	1.59	1.27
8	Artvin	0.65	1.91	1.17	41	Kocaeli	0.76	1.72	1.18
9	Aydın	0.71	1.36	0.97	42	Konya	0.40	1.48	0.95
10	Balıkesir	0.69	1.13	0.88	43	Kütahya	0.65	1.11	0.86
74	Bartın	0.51	0.86	0.61	44	Malatya	0.63	1.55	0.95
72	Batman	0.44	0.90	0.60	45	Manisa	0.59	1.24	0.86
69	Bayburt	0.74	1.78	0.94	47	Mardin	0.46	0.98	0.59
11	Bilecik	0.62	1.19	0.82	33	Mersin	0.57	1.62	1.10
12	Bingöl	0.91	1.90	1.45	48	Muğla	0.70	1.17	0.86
13	Bitlis	0.61	1.28	0.80	49	Muş	0.73	1.81	1.20
14	Bolu	0.62	1.83	1.15	50	Nevşehir	0.34	1.40	0.83
15	Burdur	0.55	0.93	0.74	51	Niğde	0.91	1.89	1.35
16	Bursa	0.68	1.22	0.92	52	Ordu	0.68	1.66	0.95
17	Çanakkale	0.72	1.80	0.90	80	Osmaniye	0.78	1.52	1.04
18	Çankırı	0.73	1.73	1.13	53	Rize	1.31	2.18	1.93
19	Çorum	0.76	1.67	1.12	54	Sakarya	0.76	1.73	1.19
20	Denizli	0.64	1.18	0.84	55	Samsun	0.66	1.81	1.10
21	Diyarbakır	0.46	1.38	0.68	56	Siirt	0.47	0.82	0.63
81	Düzce	0.83	1.64	1.23	57	Sinop	0.70	1.94	1.00
22	Edirne	1.02	2.37	1.68	58	Sivas	0.66	2.51	1.45
23	Elazığ	0.67	1.70	1.25	63	Şanlıurfa	0.43	1.26	0.67
24	Erzincan	0.67	1.73	1.08	73	Şırnak	0.44	0.94	0.71
25	Erzurum	0.67	1.86	1.06	59	Tekirdağ	0.96	2.50	1.50
26	Eskişehir	0.60	1.69	0.92	60	Tokat	0.73	1.90	1.23
27	Gaziantep	0.66	1.80	1.23	61	Trabzon	1.57	2.06	1.88
28	Giresun	0.68	1.97	1.21	62	Tunceli	0.75	1.81	1.10
29	Gümüşhane	0.74	2.02	1.20	64	Uşak	0.60	1.16	0.78
30	Hakkari	0.55	1.03	0.72	65	Van	0.56	1.02	0.73
31	Hatay	0.59	1.73	1.11	77	Yalova	0.89	1.47	1.22
76	İğdir	0.70	1.29	1.03	66	Yozgat	0.42	2.16	1.28
32	Isparta	0.50	0.85	0.61	67	Zonguldak	0.59	1.11	0.75
34	İstanbul	0.77	2.39	1.29					
35	İzmir	0.68	1.08	0.89					
46	Kahramanmaraş	0.78	2.00	1.12					

Tablo 7'ye göre maksimum ASI oranları 2.52, 2.51 ve 2.50 değerleri ile sırasıyla Kayseri, Sivas ve Tekirdağ en yüksek artışın görüldüğü şehirlerdir. En düşük maksimum ASI oranlarındaki artış ise 0.59, 0.82 ve 0.85 değerleri ile sırasıyla Kırşehir, Siirt ve Isparta'da görülmektedir. Ortalama ASI oranlarının en düşükleri 0.35, 0.59 ve 0.60 değerleri ile sırasıyla Kırşehir, Mardin ve Batman illerindedir. Ortalama ASI oranlarının en yüksekleri ise 1.94, 1.93 ve 1.88 değerleri ile sırasıyla Kırklareli, Rize ve Trabzon'dadır. Ortalama ASI oranları birçok ilde genel bir artış ile 1.0 değerinin üstüne çıkmıştır. En yüksek minimum ASI oranları 1.57, 1.47 ve 1.31 değerleri ile sırasıyla Trabzon, Rize ve Kırklareli'dedir. En düşük minimum ASI oranları 0.24 değeri ile Aksaray ve Kırşehir ile 0.26 değeri ile Ankara'dadır.

ZD ile Z3 zemin sınıfları bazlı karşılaştırmayı görselleştiren Şekil 8'den görülebileceği üzere; ASI oranlarındaki artış eğilimi yayıldığı alan bakımından daha da fazladır. İl sınırları içinde ASI oranlarında düşüşün gözlemlendiği yerler; Kırşehir, Kırıkkale ve çevresi, Şanlıurfa, Mardin, Batman ve Diyarbakır'ın büyük bir kısmı olup ZC zemin sınıfında gözlemlenene göre daha küçük bir alan kaplamaktadır. Kırklareli, Edirne, Sinop, Rize ve Trabzon ve çevrelerinde ASI oranlarında ki artış eğilimi devam etmektedir. ASI oranları için minimum oran 0.28 iken, maksimum oran 2.85'tir. ZD zemin sınıfında gözlemlenen ve beklenen maliyet artışının yayılı alan da dikkate alındığında ZC zemin sınıfından daha çok olacağı kesindir.



ASI(2018,ZD)/ASI(2007,Z3)
min=0.28 – maks=2.85

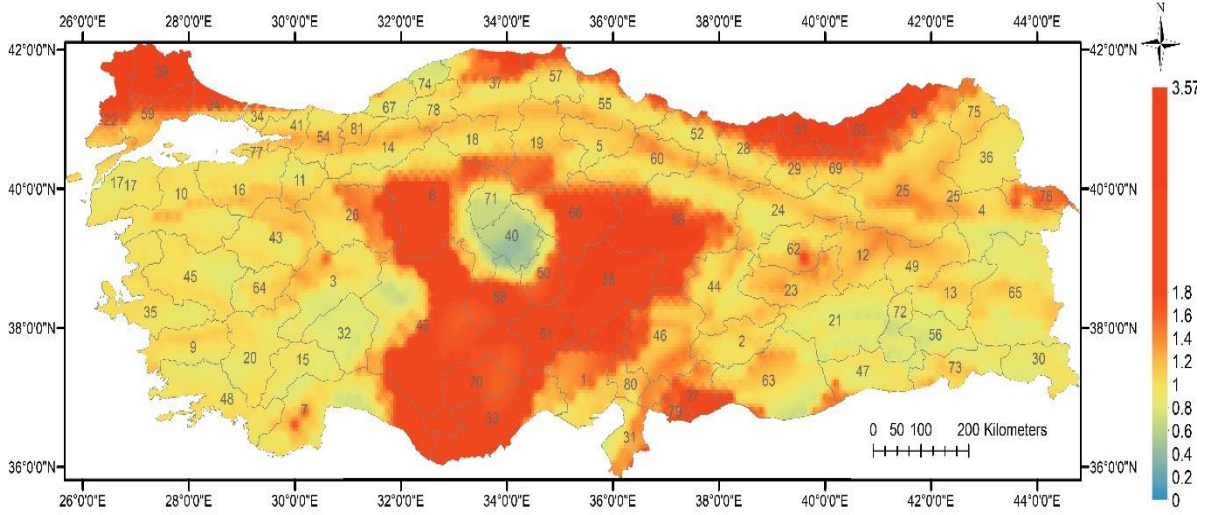
Şekil 8: ZD ile Z3 için İvme Spektrum Şiddeti oranları

Tablo 8'de ZD(2018)/Z3(2007) zemin sınıfları için ASI oranlarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri verilmiştir. ZC zemin sınıfı ASI oranlarına göre ZD zemin sınıfındaki ortalama oran değerlerinde yaklaşık yüzde 13'lük bir artış gözlemlenmiştir ve 1.0 değerini geçen il sayısı yaklaşık yüzde 30 artmıştır. Tablo 8'de maksimum ASI oranları içinde en yüksek artışın görüldüğü iller 2.85, 2.82 ve 2.72 değerleri ile sırasıyla Kayseri, Sivas ve Tekirdağ'dır. En düşük maksimum ASI oranlarının görüldüğü iller 0.68, 0.89 ve 0.92 değerleriyle sırasıyla Kırşehir, Siirt ve Batman'dır. Ortalama ASI oranlarının en düşükleri 0.42, 0.66 değerleri ile Kırşehir ve Batman ile 0.68 değeri ile Bartın ve Mardin'dedir. En yüksek ortalama ASI oranlarının görüldüğü iller ise 2.24, 2.20 ve 2.14 değerleri ile Rize, Kırklareli ve Trabzon'dur. En yüksek minimum ASI oranları, 1.78, 1.57 ve 1.51 değerleri ile sırasıyla Trabzon, Rize ve Kırklareli'dedir. En düşük minimum ASI oranları 0.28 değeri ile Aksaray ve Kırşehir ile 0.31 değeri ile Ankara'dadır.

Tablo 8: İl bazında ZD(2018)/Z3(2007) için minimum, maksimum, ortalama ASI oranları

Plaka No	İl	(ZD / Z3) Oranı			Plaka No	İl	(ZD / Z3) Oranı		
		ASI					ASI		
		Min	Maks	Ort			Min	Maks	Ort
1	Adana	0.69	2.52	1.27	78	Karabük	0.70	1.53	0.98
2	Adıyaman	0.68	1.36	0.96	70	Karaman	1.08	1.71	1.30
3	Afyonkarahisar	0.59	1.35	0.82	36	Kars	0.68	1.22	0.78
4	Ağrı	0.63	1.50	0.86	37	Kastamonu	0.58	2.23	1.12
68	Aksaray	0.28	1.83	1.18	38	Kayseri	1.31	2.85	1.98
5	Amasya	0.77	1.50	1.11	71	Kırıkkale	0.49	1.22	0.69
6	Ankara	0.31	1.93	1.24	39	Kırklareli	1.56	2.70	2.20
7	Antalya	0.56	2.03	1.04	40	Kırşehir	0.28	0.68	0.42
75	Ardahan	0.82	1.21	0.94	79	Kilis	1.12	1.82	1.40
8	Artvin	0.75	2.25	1.36	41	Kocaeli	0.80	1.51	1.11
9	Aydın	0.76	1.26	0.97	42	Konya	0.49	1.78	1.15
10	Balıkesir	0.75	1.15	0.90	43	Kütahya	0.72	1.15	0.91
74	Bartın	0.58	0.93	0.68	44	Malatya	0.71	1.40	0.97
72	Batman	0.52	0.92	0.66	45	Manisa	0.66	1.15	0.88
69	Bayburt	0.78	2.01	1.04	47	Mardin	0.54	1.12	0.68
11	Bilecik	0.67	1.21	0.87	33	Mersin	0.67	1.90	1.33
12	Bingöl	0.91	1.67	1.31	48	Muğla	0.75	1.10	0.89
13	Bitlis	0.68	1.20	0.85	49	Muş	0.77	1.59	1.14
14	Bolu	0.66	1.60	1.08	50	Nevşehir	0.40	1.68	0.98
15	Burdur	0.62	0.94	0.79	51	Niğde	1.08	2.19	1.62
16	Bursa	0.73	1.22	0.94	52	Ordu	0.72	1.73	0.97
17	Çanakkale	0.76	1.57	0.90	80	Osmaniye	0.83	1.64	1.11
18	Çankırı	0.76	1.52	1.10	53	Rize	1.51	2.51	2.24
19	Çorum	0.79	1.46	1.13	54	Sakarya	0.80	1.52	1.12
20	Denizli	0.71	1.12	0.88	55	Samsun	0.70	1.99	1.08
21	Diyarbakır	0.53	1.26	0.73	56	Siirt	0.54	0.89	0.70
81	Düzce	0.85	1.45	1.14	57	Sinop	0.73	2.16	1.08
22	Edirne	0.99	2.58	1.84	58	Sivas	0.70	2.82	1.57
23	Elazığ	0.72	1.56	1.19	63	Şanlıurfa	0.49	1.44	0.76
24	Erzincan	0.71	1.52	1.04	73	Şırnak	0.52	1.02	0.80
25	Erzurum	0.76	2.13	1.10	59	Tekirdağ	0.95	2.72	1.54
26	Eskişehir	0.69	1.93	1.05	60	Tokat	0.75	1.66	1.16
27	Gaziantep	0.74	2.04	1.33	61	Trabzon	1.78	2.36	2.17
28	Giresun	0.73	2.22	1.29	62	Tunceli	0.78	1.72	1.08
29	Gümüşhane	0.78	2.26	1.29	64	Uşak	0.67	1.20	0.85
30	Hakkari	0.62	1.09	0.78	65	Van	0.63	1.08	0.80
31	Hatay	0.65	1.62	1.11	77	Yalova	0.90	1.33	1.13
76	İğdır	0.80	1.41	1.16	66	Yozgat	0.48	2.39	1.46
32	Isparta	0.58	0.98	0.69	67	Zonguldak	0.65	1.22	0.80
34	İstanbul	0.81	2.62	1.36					
35	İzmir	0.73	1.03	0.90					
46	Kahramanmaraş	0.87	2.26	1.19					

Şekil 9 üzerinden zemin sınıfı ZE ve Z4 için değerlendirme yapılacak olunursa, Türkiye'nin neredeyse tümünde ASI oranı 1.0'den büyük iken, Kırşehir, Kırıkkale, Mardin ve civarında il sınırları içinde ASI oranlarında 1.0 değerinin altında yerler mevcuttur. Zemin sınıfı ZE için minimum ASI oranı 0.41 ve maksimum ASI oranı ise 3.57'dir. Bütün zemin sınıfları için verilen haritalar incelendiğinde, Kırıkkale ve Kırşehir 1.0'den küçük spektral şiddet oranlarına sahiptir. ZE zemin sınıfında, DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) yönetmeliklerine göre hesaplanan ASI değerleri dikkate alındığında, Türkiye genelinde en fazla maliyet artışının olması muhtemeldir.



ASI(2018,ZE)/ASI(2007,Z4)
min=0.41 – maks=3.57

Şekil 9: ZE ile Z4 için İvme Spektrum Şiddeti oranları

Tablo 9'da ZE(2018)/Z4(2007) zemin sınıfları için ASI oranlarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri verilmiştir. ZD zemin sınıfı ASI oranlarına göre ZE zemin sınıfındaki ortalama oran değerlerinde yaklaşık yüzde 30'luk bir artış gözlemlenmiştir. Ortalama ASI oranları hemen hemen bütün illerde genel bir artış ile 1.0 değerinin üstündedir. Tablo 9'da en yüksek maksimum ASI oranları Kayseri, Sivas ve Tekirdağ'da, sırasıyla 3.57, 3.52 ve 3.25 değerleri ile görülmüştür. En düşük maksimum ASI oranları, 0.89, 0.99 ve 1.00 değerleri ile sırasıyla Kırşehir, Batman ve Burdur illerindedir. Ortalama ASI oranlarının en düşükleri 0.58, 0.83, 0.83 ve 0.84 değerleri ile Kırşehir, Batman, Bartın ve Siirt'tedir. En yüksek ortalama ASI oranları ise 2.87, 2.85 ve 2.82 değerleri ile Rize, Kırklareli ve Trabzon'dadır. En yüksek minimum ASI oranları, 2.25, 1.89 ve 1.78 değerleri ile sırasıyla Trabzon, Rize ve Kırklareli'dedir. En düşük minimum ASI oranları 0.41 değeri ile Aksaray ve Kırşehir ile 0.45 değeri ile Ankara'dadır.

4. SONUÇLAR

Yeni bina deprem yönetmeliği, binanın önemine bağlı olarak farklı tekrarlanma periyotları ile kontrol edilen güncellenmiş deprem tehlike haritalarının kullanımını zorunlu kılmaktadır. Genellikle standart tasarım deprem yer hareketi düzeyi olarak kabul gören 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen deprem yer hareketi düzeyi için incelemeler yapılmış ve PGA ve ASI parametrelerinin değişimi 1996 Deprem Bölgeleri Haritası ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılırken 1996 Deprem Bölgeleri Haritasının yaklaşık 4000 nokta için belirlenmiş olan A_0 değerleri DBYBHY (2007)'de belirtilen sınırlandırmalar dikkate alınarak kullanılmıştır. Böylelikle koordinat temelinde bir karşılaştırma mümkün olmuştur.

Tablo 9: İl bazında ZE(2018)/Z4(2007) için minimum, maksimum, ortalama ASI oranları

Plaka No	İl	(ZE / Z4) Oranı ASI			Plaka No	İl	(ZE / Z4) Oranı ASI		
		Min	Maks	Ort			Min	Maks	Ort
1	Adana	0.86	3.11	1.62	78	Karabük	0.83	1.31	1.02
2	Adıyaman	0.87	1.39	1.05	70	Karaman	1.56	2.40	1.88
3	Afyonkarahisar	0.76	1.62	0.99	36	Kars	0.90	1.31	0.99
4	Ağrı	0.77	1.72	1.01	37	Kastamonu	0.74	2.86	1.29
68	Aksaray	0.41	2.57	1.70	38	Kayseri	1.76	3.57	2.69
5	Amasya	0.87	1.29	1.07	71	Kırıkkale	0.66	1.52	0.90
6	Ankara	0.45	2.60	1.65	39	Kırklareli	1.78	3.23	2.85
7	Antalya	0.72	2.71	1.32	40	Kırşehir	0.41	0.89	0.58
75	Ardahan	1.03	1.54	1.16	79	Kilis	1.27	2.49	1.75
8	Artvin	0.96	2.92	1.79	41	Kocaeli	0.90	1.31	1.09
9	Aydın	0.87	1.18	1.01	42	Konya	0.67	2.47	1.63
10	Balıkesir	0.86	1.26	0.99	43	Kütahya	0.85	1.26	1.03
74	Bartın	0.73	1.09	0.83	44	Malatya	0.84	1.57	1.07
72	Batman	0.69	0.99	0.83	45	Manisa	0.81	1.09	0.95
69	Bayburt	0.89	2.55	1.26	47	Mardin	0.76	1.56	0.96
11	Bilecik	0.80	1.31	1.01	33	Mersin	0.89	2.60	1.90
12	Bingöl	0.98	1.46	1.18	48	Muğla	0.86	1.18	0.96
13	Bitlis	0.82	1.20	0.97	49	Muş	0.87	1.39	1.10
14	Bolu	0.79	1.37	1.06	50	Nevşehir	0.57	2.37	1.41
15	Burdur	0.78	1.00	0.91	51	Niğde	1.50	2.84	2.26
16	Bursa	0.84	1.29	1.02	52	Ordu	0.84	2.26	1.11
17	Çanakkale	0.87	1.37	0.96	80	Osmaniye	0.93	1.88	1.26
18	Çankırı	0.88	1.73	1.15	53	Rize	1.89	3.12	2.87
19	Çorum	0.89	1.67	1.24	54	Sakarya	0.90	1.32	1.08
20	Denizli	0.85	1.19	0.96	55	Samsun	0.83	2.47	1.16
21	Diyarbakır	0.71	1.15	0.88	56	Siirt	0.71	1.07	0.84
81	Düzce	0.93	1.25	1.09	57	Sinop	0.84	2.82	1.35
22	Edirne	1.03	3.16	2.28	58	Sivas	0.82	3.52	1.93
23	Elazığ	0.85	1.43	1.17	63	Şanlıurfa	0.69	2.01	1.05
24	Erzincan	0.82	1.32	1.05	73	Şırnak	0.74	1.30	0.97
25	Erzurum	0.90	2.63	1.21	59	Tekirdağ	1.01	3.25	1.70
26	Eskişehir	0.92	2.61	1.34	60	Tokat	0.86	1.81	1.15
27	Gaziantep	0.97	2.70	1.65	61	Trabzon	2.25	2.99	2.82
28	Giresun	0.87	2.87	1.54	62	Tunceli	0.88	1.87	1.14
29	Gümüşhane	0.89	2.89	1.56	64	Uşak	0.82	1.30	1.00
30	Hakkari	0.78	1.21	0.89	65	Van	0.78	1.20	0.95
31	Hatay	0.80	1.78	1.17	77	Yalova	0.97	1.17	1.08
76	İğdır	1.01	1.65	1.42	66	Yozgat	0.68	3.00	1.95
32	Isparta	0.74	1.30	0.84	67	Zonguldak	0.81	1.48	0.94
34	İstanbul	0.91	3.16	1.57					
35	İzmir	0.85	1.04	0.97					
46	Kahramanmaraş	1.01	2.81	1.36					

Spektrum şiddet oranları gerek il bazında gerekse haritalar üzerinden incelendiğinde 1996 Deprem Bölgeleri Haritası'nda deprem tehlikesi düşük olan bölgeler ile faylara çok yakın bölgelerde büyük değişimler gözlemlenmiştir. PGA oranlarındaki değişim incelendiğinde, Türkiye genelinde yaklaşık olarak yüzde 50'lik bir artış gerçekleşmiştir. ZA ve ZB yerel zemin sınıfları ile DBYBHY (2007) yönetmeliğinde bunlara karşılık gelen Z1 yerel zemin sınıfı için ASI oranları incelendiğinde en çok değişimin görüldüğü illerin önceki haritada birinci derece deprem bölgesinde bulunan Kırşehir ve Kırıkkale ile önceki haritada birden fazla deprem bölgesini il sınırları içinde bulunduran Kayseri ve Sivas illerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Edirne, Rize ve Trabzon illerinde de spektrum şiddet oranlarının arttığı gözlemlenmiştir. Aksaray, Kırşehir ve Kırıkkale azalmanın en çok görüldüğü şehirlerdir. Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin'de de ASI oranlarında azalma gözlemlenmiştir.

2018 Deprem Tehlike Haritası'nda, ZE-Z4 zemin sınıfı için hemen hemen tüm koordinatlarda ASI değerleri diğer zemin sınıflarına göre artış göstermiştir. ASI değerlerindeki artış hem deprem tehlike haritalarının değişiminden hem de spektrum tanımının değişmesinden kaynaklanmaktadır. ZA, ZB ve ZC zemin sınıflarında en büyük ortalama ASI oranı artışı Kırklareli'de iken ZD ve ZE zemin sınıflarında Rize ilindedir.

Türkiye'deki bina stokunun periyot aralığını yansıttığını düşündüğümüz ASI oranlarına göre, il bazında zemin sınıfına bağlı olarak maksimum 1.65 ile 3.57 değerleri ile artış gösteren bölgeler mevcuttur. Azalmanın görüldüğü illerde ise minimum ASI oranları farklı zemin sınıfları için 0.16 ile 0.41 değerleri arasında değişmektedir. Haritalardan elde edilen sonuçların, kullanılan veri koordinatlarında yüzde yüze yakın doğru sonuç vermesi beklenirken, verilen koordinat noktalarının dışında kalan noktalarda ise olası muhtemel hatanın yaklaşık olarak en fazla % 3-4 arasında olması beklenmektedir. Karşılaştırma en fazla artış oranının gözlemlendiği ZE zemin sınıfı için hazırlanan ASI oranları haritasından seçilen rastgele noktalar için yapılmıştır. ASI oranlarındaki değişimlerin yapısal sistemlerin malzeme ve inşaat maliyetlerindeki değişime emsal teşkil edeceği düşüncesiyle şunu belirtmek gerekir ki, yapının oturduğu ZA ve ZB gibi nispeten iyi zemin sınıflarında yapı maliyetlerinin eskisine nazaran genellikle daha düşük olabileceği, fakat zemin profilinin daha zayıf ya da kötü olduğu durumlarda Türkiye genelinde yapı maliyetlerinin eskisine nazaran artacağı öngörülmektedir. Ancak, bu potansiyel maliyet değişimlerinin doğrudan belirlenmesi başka bir çalışmanın konusudur.

TEŞEKKÜR

Üçüncü yazar, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından Yurtiçi Doktora Burs Programı ile finansal olarak desteklenmiştir. Çalışmanın ArcGIS haritalama bölümünde Sayın Okan Çağrı Bozkurt tarafından verilen teknik destek için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

ABYYHY, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.

AFAD, 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritası, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

Erişim adresi: <http://tdth.afad.gov.tr/TDTH>

Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Yuvarlak Masa Toplantıları ve DMC Arşivi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Erişim adresi: <https://dmc.metu.edu.tr/node/69>

Akansel V.H., Soysal B.F., Kadaş K., Gülkan P.H., 2019. An Evaluation of the 2019 Seismic Hazard Map of Turkey on the Basis of Spectrum Intensity, 5th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology, 5ICEES, Ankara, Türkiye.

Akkar S., Erođlu Azak T., an T., eken U., Demirciođlu M.B., Duman T., Ergintav S., Kadiriođlu F.T., Kalafat D., Kale ., Kartal R.F., Kılı T., zalp S., ŐeŐetyan K., Tekin S., Yakut A., Yılmaz M.T., Zlfikar ., 2014. Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Gncellenmesi, (UDAP--13-06), Ulusal Deprem Araştırma Programı, Aralık 2014, Ankara.

Akkar S., Kale O., Yakut A., Ceken U., 2017. Ground-motion characterization for the probabilistic seismic hazard assessment in Turkey, *Bull. Earthq. Eng.* (16), 3439-3463, <https://doi.org/10.1007/s10518-017-0101-2>

Akkar S., Azak T., an T. et al., 2018. Evolution of seismic hazard maps in Turkey, *Bull. Earthq. Eng.* (16), 3197–3228, <https://doi.org/10.1007/s10518-018-0349-1>

ASCE, 2016. Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures (ASCE/SEI 7-16), ASCE, Reston, VA.

Bozer A., 2020. Tasarım Spektral İvme Katsayılarının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre KarŐılaŐtırması, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(1) , 393-404, DOI: 10.24012/dumf.559965

DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, 2007. Erişim adresi: <http://www.deprem.afad.gov.tr>

ESRI, 2011. ArcGIS Desktop: Release 10, Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

Gulkan P., 2000. Building code enforcement prospects: The failure of public policy, *Earthquake Spectra* 16(1_suppl), 351-374.

Gülkan P., Koçyiđit A., Ycemen M.S., Doyuran V., BaŐöz N., 1993. En son verilere göre hazırlanan Türkiye deprem bölgeleri haritası, ODT, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Rapor No: 93-01, Ocak, Ankara, Türkiye.

Housner G.W., 1959. Behavior of structures during earthquakes, *Journal of Applied Mechanics Division ASCE*, Proceedings Paper 2220, 85, EM4, p:109-129.

Housner G.W., Jennings P.C., 1982. Earthquake design criteria. Earthquake Engineering Research Institute Monograph, Oakland, CA.

Kalkan E., Gulkan P., 2004. Site-Dependent Spectra Derived from Ground Motion Records in Turkey, *Earthquake Spectra* 20(4), 1111-1138.

Özmen B., Nurlu M., Güler H., 1997. Cođrafî Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Özmen B., 2018. Yeni Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve Deprem Tehlike Haritasının Yerbilimleri Açısından Deđerlendirilmesi, Aktif Tektonik Araştırma Grubu 22. alıŐtay, ATAG 22, 1-3 Kasım 2018, Çanakkale, Türkiye.

Pampal S., Özmen B., 2007. Türkiye deprem bölgeleri haritalarının geliŐimi, Proceedings of the 6th National Conference on Earthquake Engineering, 16-20 October, İstanbul, Turkey.

TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

TDBH-İndeks, 1996. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (18.04.1996) İndeks Yerleşim Birimleri ve Deprem Bölgeleri, T. C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, Temmuz 1996.

Erişim adresi: https://deprem.afad.gov.tr/images/depbolge/deprem_indeks.pdf

TDTH 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Erişim adresi: tdth.afad.gov.tr

UBC, 1997. Uniform Building Code, California, U.S.A.

Von Thun J.L., Roehm L.H., Scott G.A., Wilson J.A., 1988. Earthquake ground motions for design and analysis of dams. *Proc., Earthquake Engineering and Soil Dynamics II—Recent Advances in Ground Motion Evaluation*, Geotechnical Special Publication, 20, ASCE, New York, 463-481.

Yakut A., Yılmaz H., 2008. Correlation of deformation demands with ground motion intensity, *Journal of Structural Engineering* 134 (12), 1818-1828.