Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 28(3), 389-400, 2022

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

# Hızlı değerlendirme yöntemlerinin performanslarının depremde hasar görmüş binalar kullanılarak değerlendirilmesi

## Evaluating the performances of rapid assessment methods by using damaged buildings in earthquake

*Nurbanu DEMİRBAŞ*[1*], *Hümeyra ŞAHİN*[1], *Cengizhan DURUCAN*[2]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye.
n.demirbas@firat.edu.tr, hsahin@firat.edu.tr

[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye.
cdurucan@firat.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 07.10.2020 Düzeltme Tarihi/Revision: 08.06.2021 doi: 10.5505/pajes.2021.84115
Kabul Tarihi/Accepted: 14.06.2021 Araştırma Makalesi/Research Article

**Öz**

*Bu çalışmada, Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası yapılan saha çalışmalarında incelenen 67 adet betonarme bina hızlı değerlendirme yöntemleri (RVS yöntemi, Kanada Sismik Tarama yöntemi, RBTEİE yöntemi, Sucuoğlu yöntemi) kullanılarak incelenmiştir. Binaların performans puanları ve hasar görebilme riski belirlenmiştir. Yöntemlerden elde edilen sonuçlar birbirleri ve deprem sonrası mevcut hasar durumu ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarla mevcut hasar durumunu en iyi yansıtan yöntem ve yöntemlerin birbirleriyle uyumu belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda i) Kanada Sismik Tarama yönteminin mevcut hasar durumunu en iyi yansıtan yöntem olduğu, ii) güvenli tarafta kalma açısından RVS yönteminin, Sucuoğlu yöntemine göre daha uygun bir değerlendirme sunduğu, iii) RBTEİE ile yapılan değerlendirmede Sucuoğlu yöntemine benzer sonuçlarla karşılaşıldığı belirlenmiştir.*

**Anahtar kelimeler:** RVS yöntemi, Kanada sismik tarama yöntemi, Sokak taraması yöntemi, Elazığ-Sivrice depremi (2020).

**Abstract**

*In the study, 67 reinforced concrete buildings examined in field studies after the Elazig-Sivrice Earthquake (2020) were examined using rapid assessment methods (RVS method, Canada Seismic Screening method, RBTEIE method and Sucuoglu method). The performance scores of the buildings and the risk of vulnerability have been determined. The results obtained from the methods were compared with each other and with the existing damage situation after the earthquake. With comparisons made, method that best reflect the current damage situation and the consistency of the methods with each other were tried to be determined. In the results of the study, i) Canada Seismic Screening method is the method that best reflects the current damage situation, ii) in terms of staying on the safe side method RVS more appropriate than method Sucuoglu, iii) it was determined that results similar to the method Sucuoglu were encountered in the assessment made with RBTEIE.*

**Keywords:** RVS method, Canada seismic screening method, Street visual screening method, Elazig-Sivrice eartquake (2020).

## 1 Giriş

Hızlı değerlendirme; deprem tehlikesi yüksek bölgelerde binaların hasar görebilme riskinin belirlenmesinde kullanılan, sokak gezileriyle binanın dışından veya kısmen içinden yapılan oldukça hızlı gözlemlere (10-15 dk.) dayanan bir değerlendirme yöntemidir. Hızlı değerlendirme yöntemlerinde; binanın taşıyıcı sistem tipi ve binanın bulunduğu bölgenin deprem tehlikesine bağlı olarak taban puanı, binanın depreme karşı dayanımını etkileyen yapısal düzensizliklerine bağlı olarak da olumsuzluk parametre puanları belirlenir. Genellikle taban puanından olumsuzluk parametre puanları çıkarılarak performans puanı elde edilir ve binanın hasar görebilme riski değerlendirilir. Hızlı değerlendirme yöntemlerinde, binaların hasar görebilme riskinin değerlendirilmesi genellikle iki farklı şekilde yapılır. Değerlendirmelerden biri, hesaplanan performans puanına bağlı olarak bina stoku içerisinde risk bakımından öncelik sıralamasının yapılmasıdır. Bir diğeri ise belirlenen herhangi bir sınır değer ile hesaplanan performans puanının kıyaslanması yapılarak her bir binaya ait risk durumunun (riskli veya risksiz) belirlenmesidir.

Hızlı değerlendirme yöntemlerinde binaların hasar görebilme riski değerlendirilirken, bölgenin deprem tehlikesi ve yapısal düzensizlik durumlarından kaynaklanan risklere ek olarak depremden etkilenecek nüfus ve ekonomik açıdan oluşabilecek zarar-kayıp tahmin sonuçları da dikkate alınmaktadır [1]. Bu nedenle, olası bir deprem sonrası risk bakımından öncelikli binaların hızlı bir şekilde belirlenmesi [2] ve/veya kentsel dönüşüm amaçlı envanter çalışmalarında kullanılması için hızlı değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Ulusal yönetmelikte/diğer ülkelerin yönetmeliklerinde ve literatürde birçok hızlı değerlendirme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler, değerlendirme parametreleri ve hesap yöntemleri bakımından birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Ulusal hızlı değerlendirme yöntemi, 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RBTEİE) ve RBTEİE EK-A bölümünde açıklanan ‘‘Binaların Bölgesel Deprem Risk Dağılımını Belirlemek için Kullanılabilecek Basitleştirilmiş Yöntemler’’ adı altında sunulmaktadır [3]. Diğer ülke yönetmeliklerinden bazıları ise Federal Emergency Management Agency 154 (FEMA 154) tarafından yayınlanan Hızlı Görsel Tarama (Rapid Visual Screening-RVS) yöntemi [4], Kanada Sismik Tarama yöntemi [5], Japon Sismik İndeks

*Yazışılan yazar/Corresponding author

yöntemi [6], Yeni Zelanda Standardı [7] ve Hindistan Hızlı Görsel Tarama yöntemi [8] olarak sıralanabilir. Literatürde hızlı değerlendirme yöntemleri ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır ve yöntemlerin geliştirilmesi için çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir.

Bu çalışma kapsamında Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası hasar gören binalar hızlı değerlendirme yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve yöntemlerin mevcut hasar durumunu yansıtmadaki etkinliği incelenmiştir. Çalışmada, Fırat Yapısal Hasarları Araştırma Grubu (yazarlarında üyesi olduğu) tarafından, Elazığ ili merkez mahallelerinde ve depremin merkez üssü Sivrice ilçe merkezinde hasar tespiti için yapılan saha çalışmalarından faydalanılmıştır. Saha çalışmalarından elde edilen veriler, hızlı değerlendirme yöntemlerinden Hızlı Görsel Tarama (RVS) yöntemi, Kanada Sismik Tarama yöntemi, Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RBTEİE) dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan RBTEİE, istatistiksel olarak anlamlı sayıda bina bulunan bölgelerde risk öncelik sıralaması yapmak amacıyla kullanılmakta, yöntemde her bir binayı riskli ve risksiz olarak ayıran bir sınır değer bulunmamaktadır [3]. Çalışmada dikkate alınan diğer iki değerlendirme yönteminde ise binaların risk durumunu belirleyen sınır değer bulunmaktadır. Bu nedenle çalışmada dikkate alınan yöntemlerin (RVS ve Kanada Sismik Tarama yöntemi) sonuçlarını karşılaştırabilmek için ülkedeki bina stoku dikkate alınarak belirlenen bir sınır değere ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla Sucuoğlu ve diğ. [2] tarafından geliştirilen ve binaların hasar görebilme riski için bir sınır değer öneren hızlı değerlendirme yöntemi de çalışmada dikkate alınmıştır. Sucuoğlu ve diğ. [2] tarafından önerilen hızlı değerlendirme yönteminin, Düzce Depremi (1999) sonrası hasar gören binalar dikkate alınarak geliştirilmesi ve İstanbul Belediyesi tarafından Zeytinburnu, Fatih ve Küçükçekmece ilçelerinin deprem risklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen projelerde kullanılmış olması [9] yöntemin çalışmada kullanılmasında etkili olmuştur. Bu yöntem, çalışmada Sucuoğlu yöntemi olarak isimlendirilecektir.

Çalışma kapsamında öncelikle dikkate alınan hızlı değerlendirme yöntemleri (RVS yöntemi, Kanada Sismik Tarama yöntemi, RBTEİE ve Sucuoğlu yöntemi) kullanılarak binalara ait performans puanları hesaplanmış ve binaların hasar görebilme riski belirlenmiştir. Sonrasında değerlendirme sonuçları mevcut hasar durumu ile karşılaştırılarak mevcut durumunu en iyi yansıtan hızlı değerlendirme yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında hızlı değerlendirme yöntemleri arasında da karşılaştırılma yapılarak aralarındaki uyum incelenmiştir.

## 2 Hızlı değerlendirme yöntemleri

Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası hasar gören binaların hızlı değerlendirme yöntemleri kullanılarak değerlendirildiği bu çalışmada, öncelikle kullanılan hızlı değerlendirme yöntemlerinin işlem adımları ve değerlendirme parametreleri kısaca açıklanmıştır.

### 2.1 Hızlı görsel tarama (RVS) yöntemi

FEMA 154 [4] raporunda sunulan Hızlı Görsel Tarama (RVS) yöntemi, öncelikli olarak eski bina stokunun bulunduğu ve yüksek deprem tehlikesiyle karşı karşıya olan bölgelere uygulanmaktadır. Değerlendirme, gözlemci tarafından binanın dışından ve mümkünse içinden yapılan incelemeler neticesinde elde edilen verilerin forma işlenmesiyle başlamakta ve binaya ait performans puanının hesaplanmasıyla tamamlanmaktadır. Bölgenin deprem tehlikesine bağlı olarak seçilen veri toplama formu üzerinden binaya ait performans puanı, taban puanından olumsuzluk parametre puanı çıkarılarak hesaplanmaktadır. Taban puanı binanın taşıyıcı sistem tipine göre belirlenirken, olumsuzluk parametre puanı ise binanın deprem dayanımını olumsuz olarak etkileyecek yapısal düzensizlikler dikkate alınarak belirlenmektedir. Veri toplama formlarında taban puanı ve olumsuzluk parametre puanlarında farklılık bulunmaktadır. Taban puanları ve olumsuzluk parametre puanları, binaların inşasında zamana bağlı olarak değişen tasarım ve uygulama koşullarına, binaların deprem dayanımları üzerinde etkili olan yapısal özelliklerine, deprem yer hareketlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Bu yöntemde dikkate alınan değerlendirme parametreleri; taşıyıcı sistem tipi, bina inşa yılı, zemin türü, deprem tehlike bölgesi, plan düzensizlikleri (burulma, döşeme süreksizlikleri), düşey düzensizlikler (yumuşak kat/zayıf kat, ağır çıkmalar, kısa kolon, arazi eğimi), bitişik nizam durumu/çarpışma etkisi, jeolojik tehlike durumu, yapısal olmayan elemanların düşme tehlikeleri, zamanla yapıda oluşan hasar veya bozulma durumları olarak sıralanabilir. RVS yönteminde dikkate alınan değerlendirme parametreleri, çalışmada sunulan diğer hızlı değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırıldığında binaların inşa yılının, RVS yöntemi ve Kanada Sismik Tarama yönteminde bir parametre olarak dikkate alındığı, ancak RBTEİE ve Sucuoğlu yöntemlerinde dikkate alınmadığı görülmektedir. RVS yöntemiyle yapılan değerlendirmede, bina inşa yılı parametresi depreme dayanıklı bina tasarımı ile ilgili detaylı tasarım ve uygulama koşullarının belirtildiği deprem yönetmeliklerinin yürürlüğe girme yılı/revize yılı ile kıyaslanarak dikkate alınmaktadır. Bu yöntemde, deprem yönetmeliklerinin yürürlüğe girdiği tarihten/revize tarihinden sonra inşa edilen binaların performans puanlarını olumlu yönde etkileyen kıyaslama yılı sonrası puanı (post-bencmark) taban puana eklenerek değerlendirme yapılmaktadır. Deprem yönetmeliklerinin yürürlüğe girdiği tarihten/revize tarihinden önce inşa edilmiş binalarda ise performans puanlarını olumsuz yönde etkileyen kıyaslama yılı öncesi (pre-code) puanı taban puana eklenerek değerlendirme yapılmaktadır. Bu yöntemle yapılan hasar görebilme riski değerlendirmesinde, bina inşa yılının puanlama sistemi üzerinde en baskın değerlendirme parametresi olduğu söylenebilir. Bu yöntemde değerlendirme üzerinde bir başka önemli parametre ise bitişik nizam durumu/ çarpışma etkisi olup, bitişik nizamlı binalar performans puanına bakılmaksızın doğrudan riskli bina sınıfına alınmaktadır.

Değerlendirme sonucunda performans puanının 2 sınır değerinden (cut-off) küçük olması, bitişik nizamlı binalarda çarpışma etkisi durumu, jeolojik tehlike olarak düşünülen durumların varlığı, yapısal sistemde önemli hasar ve bozulma

durumlarından herhangi birinin varlığı binanın riskli olarak kabul edilmesine ve detaylı olarak incelenmesine neden olmaktadır.

### 2.2 Kanada sismik tarama yöntemi

Bu yöntemde değerlendirmeye alınacak binalara ait gerekli bilgiler gözlemciler tarafından belirlenip veri toplama formuna işlendikten sonra performans puanı hesaplanmaktadır [5]. Değerlendirmede hem yapısal hem de yapısal olmayan bileşenlerin olası hasar durumları dikkate alınmaktadır. Veri toplama formunda sismik öncelik indeksi (Seismic Priority Index -$SPI$) olarak gösterilen performans puanı, Denklem (1) ile hesaplanan yapısal indeks puanı (Structural Index-$SI$) ve Denklem (2) ile hesaplanan yapısal olmayan indeks (Non-Structural Index - $NSI$) puanlarının toplanmasıyla elde edilmektedir. Yapısal indeks ($SI$) deprem tehlike bölgesi, zemin koşulları, taşıyıcı sistem tipi ve düzensizlik durumları, bina kullanım sınıfına uygun bina önemi parametrelerine bağlı olarak değişirken, yapısal olmayan indeks ($NSI$) deprem sonrası can güvenliğinin sağlanması için olası tehlike durumlarına, bina önemi ve zemin koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Bu yöntemle yapılan hasar görebilme riski değerlendirmesinde diğer hızlı değerlendirme yöntemlerinden farklı olarak bina önemi karşımıza çıkmaktadır. Bina önemi parametresi ile depremden etkilenmesi beklenen nüfus değerlendirmede dikkate alınmaktadır.

$$SI = A * B * C * D * E \quad (1)$$

$$NSI = B * E * F \quad (2)$$

Denklem (1), (2)'de; $A$ deprem tehlike bölgesini, $B$ binanın bulunduğu zemin tipini, $C$ binanın taşıyıcı sistem tipini gösterir. $D$ yapısal düzensizlik durumunu (plandaki düzensizlik/burulma, düşey düzensizlikler, kısa kolon, yumuşak kat, bitişik nizam binalarda çarpışma etkisi, binanın görünen kalitesi), $E$ bina kullanım sınıfına bağlı bina önem katsayısını, $F$ deprem sonrası hayati tehlike oluşturacak durumları temsil etmektedir. Bu yöntemde de RVS yöntemine benzer şekilde bina inşa yılı puanlama sistemi üzerinde etkili bir parametredir. Değerlendirme sonunda, elde edilen $SPI$ değeri ile incelenen binalar arasında hangi binaların ayrıntılı incelemeye alınması gerektiğine dair öncelik sıralaması yapılır. Binalar bu yöntemle öncelik sıralamasına göre; düşük öncelikli, orta öncelikli, yüksek öncelikli ve çok tehlikeli binalar şeklinde derecelendirilir (Tablo 1).

Tablo 1. Kanada sismik tarama yöntemine göre öncelik sıralamasında sınır değerler [5].

*Table 1. Limit values in priority order according to Canada Seismic Screening method [5].*

| Puan Türü | Sınır Değerler | Öncelik Sınıfı |
|---|---|---|
| SI veya NSI | 1-2 | Yeterli deprem güvenliğine sahip |
| SPI | <10 | Düşük öncelikli binalar |
| SPI | 10-20 | Orta öncelikli binalar |
| SPI | 20-30 | Yüksek öncelikli binalar |
| SPI | >30 | Çok tehlikeli binalar |

### 2.3 Riskli binaların tespit edilmesine ilişkin esaslar **(RBTEİE)**

Riskli binaların bölgesel dağılımının tespit edilmesi ve risk bakımından öncelikli alanların belirlenmesi amacıyla geliştirilen RBTEİE yöntemi, 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında sunulmuştur [3]. Sadece 1-7 katlı betonarme binaları değerlendiren bu yöntemde, binalar önce sokak gezileriyle bina dışından görsel olarak incelenmektedir. Görsel değerlendirmede, binanın deprem davranışını olumsuz etkileyen birçok yapısal düzensizlik durumu dikkate alınmaktadır. Geçmiş depremlerde hasarlar üzerinde yapısal düzensizliklerin (kısa kolon, ağır çıkma, yumuşak kat, bitişik nizam durumu/çarpışma etkisi gibi) önemli etkilerinin olduğu görülmüştür [10].

Bu nedenle, RBTEİE'de sunulan yöntemde binaların deprem davranışını etkileyen yapısal düzensizliklerine bağlı olarak performans puanları (PP) Denklem (3) ile hesaplanmakta ve risk önceliği olan binaların bölgesel dağılımı belirlenmektedir.

$$PP = TP + YSP + \Sigma(Oi * OPi) \quad (3)$$

Denklem (3)'te, $PP$ performans puanını, $TP$ taban puanını, $YSP$ yapısal sistem puanını, $O_i$ olumsuzluk parametre değerini, $OP_i$ olumsuzluk parametre puanını temsil etmektedir. Performans puanı hesaplanırken, öncelikle bina kat sayısı ve deprem tehlike bölgesi dikkate alınarak binaların taban puanı ($TP$) belirlenir (Tablo 2).

Tablo 2. Taban puanı ve yapısal sistem puan tablosu [3].

*Table 2. Base score and structural system score table [3].*

| Toplam Kat Sayısı | Taban Puanı (TP) | | | | Yapısal Sistem Puanı (YSP) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tehlike Bölgesi | | | | Yapısal Sistem | |
| | I | II | III | IV | BAÇ | BAÇP |
| 1 ve 2 | 90 | 120 | 160 | 195 | 0 | 100 |
| 3 | 80 | 100 | 140 | 170 | 0 | 85 |
| 4 | 70 | 90 | 130 | 160 | 0 | 75 |
| 5 | 60 | 80 | 110 | 135 | 0 | 65 |
| 6 ve 7 | 50 | 65 | 90 | 110 | 0 | 55 |

Taşıyıcı sistemi betonarme çerçeve+perde (BAÇP) olan binalar için yapısal sistem puanı (YSP) taban puanına eklenir (Tablo 2). Daha sonra yapısal düzensizlik durumlarının (yumuşak kat/zayıf kat, düşey düzensizlikler, ağır çıkmalar, plandaki düzensizlik/burulma, kısa kolon etkisi, bina nizamı/bitişik binalarla döşeme seviyeleri, görünen bina kalitesi, tabii zemin eğimi vb.) olup olmadığını gösteren olumsuzluk parametreleri ($O_i$), Tablo 3 ile verilen olumsuzluk parametre puanları ($OP_i$) ile çarpılarak puanlamaya eklenir ve binaya ait performans puanı hesaplanır. Görünen bina kalitesi ve bina nizam durumu dışındaki tüm olumsuzluk parametreleri için var (1) veya yok (0) olma durumuna, görünen bina kalitesi için iyi (0), orta (1), kötü (2), bina nizam durumu için ise ayrık (0) veya bitişik olma (1) durumuna bağlı olarak olumsuzluk parametreleri ($O_i$) belirlenmektedir. Bu yöntem kullanılarak yapılan değerlendirmede, incelenen binaların performans puanları elde edildikten sonra büyükten küçüğe sıralanarak bölgeler arasında risk önceliği belirlenmektedir.

Tablo 3. Olumsuzluk parametre puanları (OPi) tablosu [3].

*Table 3. Vulnerability scores (OPİ) table [3].*

| Toplam Kat sayısı | Yumuşak Kat | Görünen Kalite | Ağır çıkma | Kat Seviyesi/Bağımsız Bina Durumu | | | | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik/Burulma | Kısa Kolon | Tabi Zemin Etkisi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Aynı | | Farklı | | | | | |
| | | | | Orta | Kenar | Orta | Kenar | | | | |
| 1 ve 2 | -10 | -10 | -10 | 0 | -10 | -5 | -15 | -5 | -5 | -5 | -3 |
| 3 | -20 | -10 | -20 | 0 | -10 | -5 | -15 | -10 | -10 | -5 | -3 |
| 4 | -30 | -15 | -30 | 0 | -10 | -5 | -15 | -15 | -10 | -5 | -3 |
| 5 | -30 | -25 | -30 | 0 | -10 | -5 | -15 | -15 | -10 | -5 | -3 |
| 6 ve 7 | -30 | -30 | -30 | 0 | -10 | -5 | -15 | -15 | -10 | -5 | -3 |

Performans puanının karşılaştırılacağı sınır değer bulunmaması nedeniyle, yöntem sadece istatistiksel olarak anlamlı sayıda bina bulunan bölgelerde risk bakımından öncelik sıralaması yapmak amacıyla kullanılabilirdir. Her bir binanın deprem karşısında risk durumunu belirlemek için bu yöntem kullanılamaz [3].

Değerlendirme parametreleri bakımından bu yöntemle diğer yöntemler kıyaslandığında farklı olarak, RBTEİE yönteminde bina kat sayısı değerlendirmede dikkate alınmakta, bina inşa yılı parametresi ise değerlendirme dışı tutulmaktadır. RBTEİE'de inşa yılının değerlendirmeye alınmaması, ülkemizde özellikle eski bina stokunun tasarım ve inşa aşamasında, deprem yönetmeliklerine uyum hususunun oldukça tartışılır olmasından kaynaklanmaktadır [8].

### 2.4 Sucuoğlu yöntemi

Sucuoğlu ve diğ. [2] tarafından önerilen bu yöntem, Düzce Depremi (1999) sonrası hasar gören binalara ait veri tabanı kullanılarak geliştirilmiştir. RBTEİE'ye benzer şekilde bu yöntemle, sokaktan gözlenebilen parametreler kullanılarak bölgesel olarak riskli binalar arasında öncelik sıralaması yapılabilir ve ayrıca her bir binanın risk durumu belirlenebilir. Sadece 1-6 katlı betonarme binalara uygulanabilen ve puanlama esaslı (Tablo 4) geliştirilen Sucuoğlu yöntemi, İstanbul Belediyesi tarafından Zeytinburnu, Fatih ve Küçükçekmece ilçelerinin deprem risklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen projelerde kullanılmıştır [9]. Bu yöntemde deprem tehlike bölgesi, yumuşak kat, görünen bina kalitesi, ağır çıkma ve bina nizam durumu dikkate alınarak RBTEİE'ye benzer şekilde performans puanı hesaplanmaktadır (Denklem 4). Geçmiş depremlerden yapısal hasar seviyelerinin maksimum yer hızı (PGV-Peak Ground Velocity) ile ilişkili olduğu görülmüş ve bu nedenle Sucuoğlu yönteminde deprem tehlike bölgeleri tanımlamasında diğer yöntemlerden farklı olarak PGV dikkate alınmıştır (Tablo 4), [9].

$$PS = BS + \Sigma((VS) * (VSM)) \quad (4)$$

Denklem (4)'te; $PS$ performans puanını, $BS$ başlangıç performans puanını, $VSM$ olumsuzluk parametre değerini, $VS$ olumsuzluk parametre puanını temsil etmektedir (Tablo 4). Puanlama sisteminde RBTEİE'den farklı olarak görünen kalite değerlendirmesinde, olumsuzluk parametre değerleri (VSM) iyi, orta, kötü dereceleri için sırasıyla (+1, 0, -1) değerlerini almaktadır. Performans puanı hesabında, bina kat sayısı ve deprem tehlike bölgesi dikkate alınarak öncelikle binaların başlangıç performans puanları belirlenmekte, daha sonra olumsuzluk parametre değerleri olumsuzluk parametre puanları ile çarpılarak başlangıç performans puanına eklenmekte ve performans puanı hesaplanmaktadır. Performans puanı sınır değerle (SD=50) kıyaslanarak, performans puanı sınır değerinden küçük olan binalar riskli; büyük olan binalar ise risksiz olarak değerlendirilmektedir. Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası incelenen binaların hızlı değerlendirme yöntemleriyle (RVS yöntemi, Kanada Sismik Tarama yöntemi, RBTEİE ve Sucuoğlu yöntemi) değerlendirildiği bu çalışmada, yöntemlerde kullanılan değerlendirme parametrelerinin kıyaslaması da yapılmış ve yöntemler arasında değerlendirme parametreleri bakımından benzerlikler ve farklılıklar Tablo 5'te gösterilmiştir. Değerlendirme parametreleri içerisinde bulunan birçok parametrenin (yumuşak kat/zayıf kat varlığı, ağır çıkmalar, görünen bina kalitesi/binanın fiziksel durumu, deprem tehlike bölgesi vb.) yöntemlerde ortak olduğu görülmektedir (Tablo 5). Ancak bina kat sayısı ve bina inşa yılı parametreleri, çalışma kapsamında sunulan yöntemleri birbirinden ayırmaktadır. Kat sayısı RBTEİE ve Sucuoğlu yönteminde kullanılırken, bina inşa yılı ise RVS ve Kanada Sismik Tarama yönteminde kullanılmaktadır. Yöntemlerde ortak olan görünen bina kalitesi ve binanın fiziksel durumu parametreleri ile malzeme, işçilik kalitesi ve binanın bakımına verilen önem dikkate alınmaktadır [9]. RVS yönteminde ve Kanada Sismik Tarama yönteminde görünen bina kalitesinin belirlenmesi, zamanla binada oluşan hasar veya bozulma durumlarının var veya yok şeklinde yapılan basit tespitlere dayanır.

RBTEİE veya Sucuoğlu yönteminde ise görünen bina kalitesi iyi, orta, kötü dereceleri ile puanlamaya yansıtılır. Bu derecelendirme (iyi, orta, kötü) gözlemciler tarafından subjektif olarak belirlendiği için gözlemciler arasında fikir ayrılıkları, kararsızlıklar olabilmekte hatta aynı bina için farklı değerlendirmeler yapılabilmektedir.

Tablo 4. Sucuoğlu yönteminde başlangıç performans puanları (BS) ve olumsuzluk parametre puanları (VS) [9].

*Table 4. Initial performance scores and vulnerability scores in the Sucuoglu method [9].*

| Toplam Kat Sayısı | Başlangıç Performans Puanı (BS) | | | Olumsuzluk Parametre Puanları (VS) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Bağımsız Bina Özellikleri | | | Kat seviyesi/Bağımsız Bina Durumu | | | |
| | | | | | | | Aynı | | Farklı | |
| | PGV 60-80 | PGV 40-60 | PGV 20-40 | Yumuşak Kat | Görünen Kalite | Ağır Çıkma | Orta | Kenar | Orta | Kenar |
| 1 - 2 | 90 | 125 | 150 | -20 | 9 | -10 | 0 | -10 | -5 | -15 |
| 3 | 80 | 107 | 138 | -23 | 9 | -23 | 0 | -10 | -5 | -15 |
| 4 | 73 | 91 | 115 | -22 | 15 | -20 | 0 | -10 | -5 | -15 |
| 5 - 6 | 64 | 76 | 92 | -24 | 23 | -33 | 0 | -10 | -5 | -15 |

Tablo 5. Hızlı değerlendirme yöntemlerinde dikkate alınan yapısal parametrelerinin karşılaştırılması.

*Table 5. Comparison of structural parameters considered in rapid assessment methods.*

| Yapısal Değerlendirme Parametreleri/Hızlı Değerlendirme Yöntemi | Kat sayısı | Yapısal Taşıyıcı Sistem türü | Yumuşak Kat /Zayıf Kat | Ağır Çıkma | Görünen Bina Kalitesi /Binanın Fiziksel Durumu | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik/ Burulma Etkisi | Kısa Kolon Etkisi | Bina nizamı/ Bitişik Binalarla Döşeme Seviyeleri | Tabii Zemin Eğimi | Deprem Tehlike Bölgeleri | Bina Önem Katsayısı | İnşa Yılı/Bina Yaşı | Zemin Sınıfı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RVS Yöntemi [4] | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Kanada Sismik Tarama Yöntemi [5] | | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| RBTEİE [3] | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | ✓ |
| Sucuoğlu Yöntemi [2] | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | | | | ✓ | | ✓ | | | ✓ |

## 3 Sayısal çalışma

Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığından alınan sayısal verilerde Elazığ il merkezindeki 51792 adet binanın %72'sinin hasarsız veya az hasarlı, %3'nün orta hasarlı, yaklaşık %13'nün ise ağır hasarlı olduğu belirlenmiştir [11]. Deprem sonrasında yazarların da üyesi olduğu Fırat Yapısal Hasarları Araştırma Grubu tarafından, yapısal hasarları incelemek amacıyla Elazığ il merkezinde ve depremin merkez üssü Sivrice ilçe merkezinde saha çalışmaları yapılmıştır. Saha çalışmalarında betonarme binalarda deprem nedeniyle oluşan hasar durumu değerlendirilirken, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından sunulan hasar tespit sınıflandırılmaları kullanılmıştır (Tablo 6) [12]-[13].

Ülkemizde hızlı değerlendirme yöntemi olarak kullanımı önerilen RBTEİE hızlı değerlendirme yönteminin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanması, incelenen binaların hasar durumlarının belirlenmesinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından önerilen sınıflandırmaların esas alınmasında etkili olmuştur. Araştırma grubumuz tarafından 67 adet betonarme bina incelenmiş ve değerlendirme neticesinde incelenen binaların %4'nün az/hafif hasarlı, %63'nün orta hasarlı ve %33'nün ağır hasarlı olduğu belirlenmiştir. Bu binalara ait ayrıntılı değerlendirmelere, Fırat Yapısal Hasarları Araştırma Grubu tarafından hazırlanan mühendislik raporundan [11] ulaşılabilir.

Saha çalışmalarında, betonarme binalar hızlı değerlendirme yöntemlerinde sunulan görsel değerlendirme yaklaşımıyla incelenmiş ve binalardan toplanan veriler hazırlanan formlara işlenmiştir.

Tablo 6. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından sunulan hasar tespit sınıflandırması [12]-[13].

*Table 6. Damage assessment classification provided by the Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization [12]-[13].*

| Hasar Derecesi | |
|---|---|
| Hasarsız | Deprem nedeniyle herhangi bir hasar meydana gelmeyen binalar |
| Az Hasarlı | Deprem nedeniyle binanın boyasında, sıvalarında ve duvarlarında 1-4 mm genişlikte ince çatlaklar, dolgu ve kalkan duvarlarda 10 mm'ye kadar çatlaklar ve kısmi dökülmelerin olduğu binalar |
| Orta Hasarlı | Deprem nedeniyle binanın duvarlarında 5-10 mm genişlikte önemli çatlaklar, bölme, dolgu ve kalkan duvarlarda kısmi yıkılma ve ayrılmalar, taşıyıcı elemanlarda ince çatlakların oluğu binalar |
| Ağır Hasarlı | Deprem nedeniyle binanın taşıyıcı elemanlarında 10 mm'den geniş ve yaygın kesme kırılmalarının/ ayrılmaların, bölme, dolgu ve kalkan duvarlarda kısmen veya tamamen yıkılmaların olduğu binalar |
| Yıkık | Deprem nedeniyle bina taşıyıcı sisteminde kısmen veya tamamen yıkılmalar, çatının kısmen veya tamamen göçmesi |

Yapılan değerlendirmeler neticesinde incelenen binaların %63'ünün kat sayısının 5-6 kat arasında değiştiği, %39'unda plan düzensizliği, %48'inde yumuşak/zayıf kat, %76'sında ağır çıkma, %16'sında kısa kolon olduğu gözlenmiştir. Hızlı değerlendirme yöntemlerinde dikkate alınan bina nizam durumu saha çalışmalarında dikkate alınmış ve binaların %48'nin bitişik nizamlı olduğu, bitişik nizamlı binaların ise %40'ında döşeme seviyelerinin farklı kotta olduğu görülmüştür. Ayrıca il ve ilçe merkezinde incelenen bina

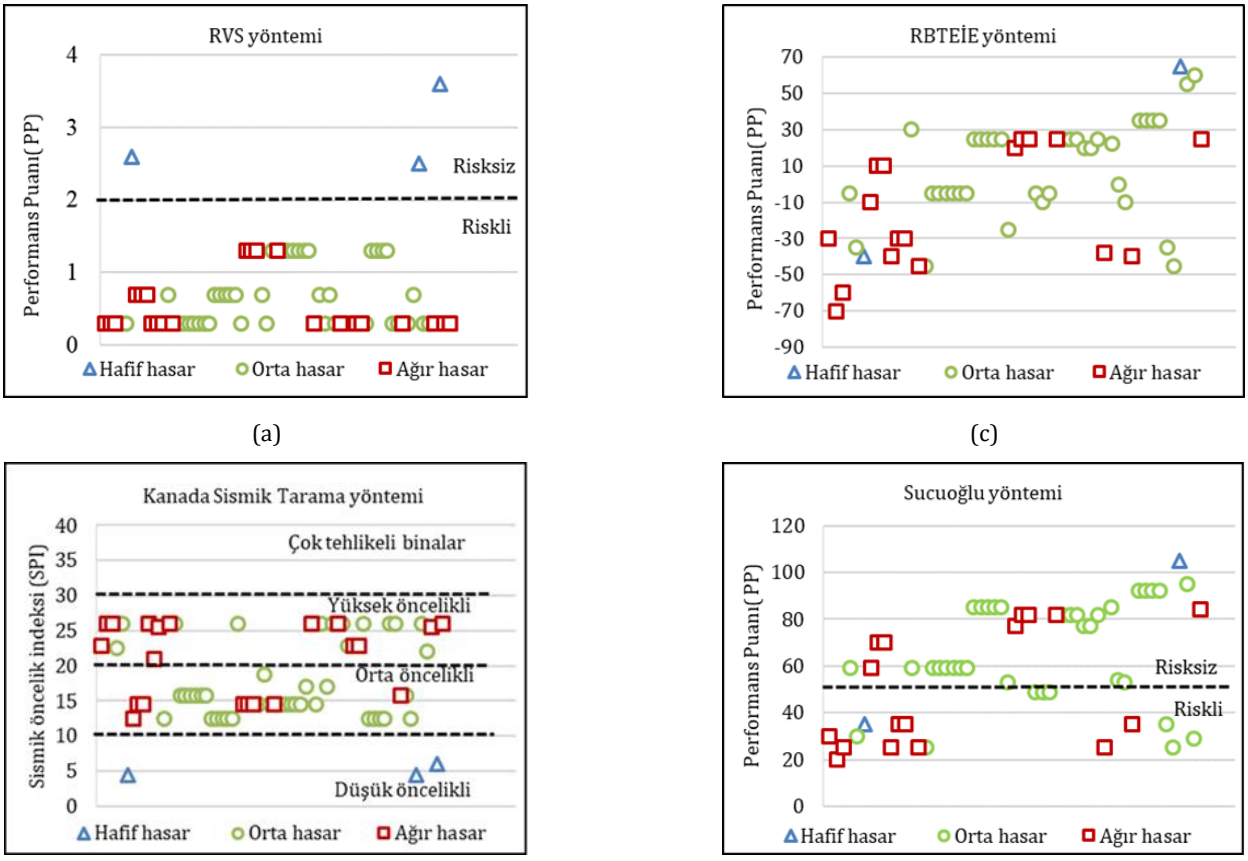
stokunun %90'ının 1975-1998 yılları arasında inşa edildiği belirlenmiştir [11]. Elazığ-Sivrice Depremi (2020) saha çalışmalarından elde edilen veriler RVS yöntemi, Kanada Sismik Tarama yöntemi, RBTEİE ve Sucuoğlu yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Ancak incelenen bu binaların RVS yöntemi ve Kanada Sismik Tarama yöntemi kullanılarak değerlendirilebilmesi için deprem yönetmelikleriyle ilgili kabullere ihtiyaç duyulmuştur. Ülkemizde binaların tasarımı ve inşasında, 1998 Türk Deprem Yönetmeliği sonrasında büyük iyileşmeler meydana geldiğinden [14]-[15] bina inşa yılı ile bağlı olunan yönetmelik yılı arasında kıyaslama yapılabilmesi amacıyla RVS yönteminde 1998 Türk Deprem Yönetmeliği [16] dikkate alınmıştır. Yine benzer şekilde Kanada Sismik Tarama yönteminde dikkate alınan 1965 Kanada Bina Yönetmeliğine [17] 1975 Türk Deprem Yönetmeliği [18]; 1985 Kanada Bina Yönetmeliğine [19] ise 1998 Türk Deprem Yönetmeliği'nin [16] nitelik yönünden eşit olduğu kabul edilerek çalışma kapsamındaki binalar değerlendirilmiştir.

## 4 Bulgular ve değerlendirme

Çalışma kapsamında Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası çeşitli seviyelerde hasar görmüş 67 adet betonarme bina hızlı değerlendirme yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve binaların performans puanları hesaplanmıştır. Performans puanlarına bağlı olarak binaların hasar görebilme risk dağılımları belirlenmiş ve Şekil 1-4'te gösterilmiştir.

Saha çalışmalarıyla hasar seviyesi belirlenen 67 adet betonarme binanın (hafif hasarlı 3 adet, orta hasarlı 42 adet ve ağır hasarlı 22 adet bina) RVS yöntemi kullanılarak hızlı değerlendirmesi yapılmıştır. Binaların değerlendirme neticesinde belirlenen hasar görebilme riski dağılımları Şekil 1(a)'da verilmiştir.

Verilen grafiğe göre, incelenen binalar içerisinden hafif hasarlı binaların tümünün (%100) performans puanının 2 sınır değerinden büyük olduğu ve bu nedenle risksiz bina sınıfında bulunduğu görülmüştür. Orta ve ağır hasarlı binaların ise tümünün (%100) performans puanlarının 2 sınır değerinden küçük olduğu, riskli bina sınıfında bulunduğu görülmüş ve bu binaların detaylı olarak incelenmesinin gerektiği belirlenmiştir Şekil 1(a). Deprem sonrası mevcut hasar durumuyla karşılaştırıldığında, yöntemin risksiz olarak sınıflandırdığı binaların hafif hasarlı binaları temsil ettiği, riskli olarak sınıflandırdığı binaların ise orta ve ağır hasarlı binaları temsil ettiği belirlenmiştir (Tablo 7).




Şekil 1. Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası incelenen hasarlı binaların hasar risk dağılımlarının; (a): RVS yöntemiyle, (b): Kanada Sismik Tarama yöntemiyle, (c): RBTEİE yöntemiyle, (d): Sucuoğlu yöntemiyle değerlendirmesi.

*Figure 1. Evaluation of the damage risk distribution of the damaged buildings examined after the Elazig-Sivrice Earthquake; (a): RVS method, (b): Canada Seismic Screening method, (c): RBTEIE method, (d): Sucuoglu method.*

Tablo 7. İncelenen binaların mevcut hasar durumlarının hızlı değerlendirme yöntem sonuçlarıyla karşılaştırılması.

*Table 7. Comparison of the current damage status of the examined buildings with the rapid assessment method results.*

| | | Hızlı Değerlendirme Yöntemi | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | RVS Yöntemi | | Kanada Sismik Tarama Yöntemi | | | Sucuoğlu Yöntemi | |
| | | Risksiz | Riskli | Düşük öncelikli binalar | Orta öncelikli binalar | Yülsek öncelikli binalar | Risksiz | Riskli |
| Mevcut Hasar Durumu | Hafif hasarlı binalar | %100 | - | %100 | - | - | %50 | %50 |
| | Orta hasarlı binalar | - | %100 | - | %69 | %31 | %78 | %22 |
| | Ağır hasarlı binalar | - | %100 | - | %41 | %59 | %47 | %53 |

Kanada Sismik Tarama yöntemi kullanılarak değerlendirilen binaların hasar görebilme riski dağılımları Şekil 1(b)'de verilmiştir. Verilen grafiğe göre, değerlendirilen binalar içerisinde hafif hasarlı binaların tümünün sismik öncelik indeksinin (SPI) 10 değerinden küçük olduğu ve düşük öncelikli bina sınıfında bulunduğu görülmüştür. Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası incelenen 67 adet bina içerisinden orta hasar sınıfında bulunan 42 adet binanın %69'unun SPI değerinin 10-20 değerleri arasında, %31'inin ise 20-30 değerleri arasında değiştiği görülmüştür Şekil 1(b). İncelenen 22 adet ağır hasarlı binanın, %41'inin SPI değerinin 10-20 değerleri, %59'unun ise 20-30 değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir Şekil 1(b). Mevcut hasar sınıflandırılmasıyla kıyaslandığında; hafif hasarlı binaları düşük öncelikli bina sınıfının, orta hasarlı binaları orta öncelikli bina sınıfının, ağır hasarlı binaları ise yüksek öncelikli bina sınıfının büyük oranda temsil ettiği belirlenmiştir (Tablo 7).

RBTEİE kullanılarak değerlendirilen binaların performans puan dağılımı ise Şekil 1(c)'de verilmiştir. Bu yöntemin sadece 1-7 katlı binalar için uygulanabilir olması nedeniyle, incelenen 67 adet bina arasından kat sayısı 1-7 arasında değişen 55 adet betonarme bina (hafif hasarlı 2 adet, orta hasarlı 36 adet ve ağır hasarlı 17 adet bina) bu yöntemle değerlendirilebilmiştir. İncelenen binaların performans puanlarının (PP) -70 ile +65 arasında değiştiği görülmüştür. Şekil 1(c) ile verilen performans puanlarının dağılımı incelendiğinde, hafif hasarlı iki binanın performans puanlarının birbirinden oldukça farklı olduğu görülmektedir. RBTEİE ile yapılan değerlendirmede, performans puanı yükseldikçe deprem sonrası beklenen hasar derecesinin düşmesi beklenir. Ancak incelenen hafif hasarlı binalardan birinin performans puanının oldukça düşük (PP=-40) olması çelişkili bir durum oluşturmaktadır. Değerlendirmede dikkate alınan bina ile ilgili veriler üzerinde yapılan detaylı incelemede, binanın 2004 yılında inşa edildiği, kat sayısının 7 olduğu, bina nizam durumunun ayrık olduğu, binada yumuşak kat ve ağır çıkma olumsuzluklarının bulunduğu, görünen bina kalitesinin orta derece olarak değerlendirmede dikkate alındığı belirlenmiştir.

Binanın hasar durumu ile ilgili RVS yöntemi ve Kanada Sismik Tarama Yöntemi mevcut hasar durumu ile uyumlu sonuçlar verirken RBTEİE mevcut hasar durumundan oldukça uzak sonuçlar vermiştir. Bu bina için yöntemler arasındaki bu farklılık bina inşa yılı parametresinden kaynaklanmaktadır. Çünkü binadaki düzensizlikler, dikkate alınan hızlı değerlendirme yöntemlerinin tümünde performans düşürücü olarak değerlendirilmekte bu açıdan yöntemler benzer sonuçlar vermektedir. Ancak binanın inşa yılı itibariyle, depreme dayanıklı bina tasarım ve inşasını dikkate alan yönetmeliğe uygun olarak inşa edilmesi nedeniyle performans puanındaki olumlu artış (kıyaslama yılı sonrası puanı) sadece RVS yöntemi ve Kanada Sismik Tarama yönteminde dikkate alınmaktadır. Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası hasarlı binaların büyük çoğunluğunun 1975-1998 yılları arasında inşa edilmiş olması nedeniyle inşa yılının dikkate alınmamasından kaynaklanan uyumsuzluk az sayıda binada gözlenmiştir. RBTEİE'ye göre orta ve ağır hasar sınıfındaki binaların performans puan değişimleri Şekil 1(c) üzerinden incelendiğinde ise performans puanlarının geniş bir puan aralığında dağılım gösterdiği görülmüştür. RBTEİE yöntemiyle yapılan değerlendirmede sınır değer tanımlarının bulunmaması nedeniyle hasar derecelerine (hafif hasar-orta hasar-ağır hasar) karşılık hasar risk sınıfı değerlendirmesi yapılamamıştır.

Sucuoğlu yöntemi [2] kullanılarak değerlendirilen binaların performans puanı değişimleri ile hasar görebilme risk dağılımları Şekil 1(d)'de verilmiştir. 1-6 katlı binalar için geliştirilmiş bu yöntemde de RBTEİE'ye benzer şekilde incelenen 67 adet bina arasından kat sayısı 1-6 arasında değişen 55 adet (hafif hasarlı 2 adet, orta hasarlı 36 adet ve ağır hasarlı 17 adet bina) betonarme bina değerlendirilmiştir. Şekil 1(d) ile verilen grafiğe göre bu yöntemle değerlendirilen binalar içerisinden hafif hasarlı binalardan biri performans puanının 50 sınır değerinden düşük olması nedeniyle riskli bina sınıfında, diğeri ise risksiz bina sınıfında değerlendirilmiştir. Hafif hasarlı binalar için benzer çelişkili sonuçla RBTEİE ile yapılan değerlendirmede de karşılaşılmıştır. Sucuoğlu yöntemine göre riskli bulunan bir binanın Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası hafif hasar derecesine sahip olması yine binanın 2004 yılında inşa edilmiş olması ve değerlendirmede de bina inşa yılının olumlu etkisinin dikkate alınmamasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 1(d)'de orta hasar sınıfındaki binalardan performans puanı 50 sınır değerinden yüksek olan %78'nin risksiz, düşük olan %22'sinin ise riskli bina sınıfında bulunduğu görülmüştür. Ağır hasar derecesine sahip binaların ise %47'si bu yöntemle yapılan değerlendirme sonucunda risksiz bina sınıfında, %53'ünün ise riskli bina sınıfında bulunduğu belirlenmiştir. Mevcut hasar durumuyla kıyaslandığında hafif hasarlı binalar ile orta hasarlı binaları risksiz bina sınıfının; ağır hasarlı binaları riskli bina sınıfının büyük oranda temsil ettiği görülmüştür (Tablo 7).

Tablo 7'ye göre hafif hasarlı bina sınıfının tümü RVS yönteminde risksiz, Kanada Sismik Tarama Yönteminde düşük öncelikli bina sınıfıyla temsil edilmektedir. Sucuoğlu yönteminde ise hafif hasarlı binaların %50'si riskli, %50'si risksiz olarak sınıflandırılmış ve risk ayrımı net bir şekilde yapılamamıştır. Bu durum çalışmada Elazığ-Sivrice (2020) depremi sonrası saha çalışmalarında araştırma grubumuz tarafından incelenen hafif hasarlı bina sayısının sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır. Hafif hasarlı bina sayısı artırılarak çalışmalar yapılmalıdır.

RBTEİE'ye göre yapılan değerlendirmede ise kıyaslanacak herhangi bir sınır değer bulunmaması nedeniyle sadece binaların performans puanı dağılımları değerlendirilebilmiştir. Bu nedenle Tablo 7'de verilememiştir.

Yöntemler arasındaki sonuç farklılıkları göz önüne alındığında yöntemlerin birbirleriyle uyumu sorgulanmaktadır. Bu amaçla yöntemler arasında hasar görebilme risk dağılımının birbirleriyle karşılaştırıldığı kıyaslama grafikleri oluşturulmuştur
(Şekil 2-4). Şekil 2(a) ile verilen grafikte, RVS yöntemine göre sınıflandırılan binaların Kanada Sismik Tarama yöntemi ile hesaplanan performans puanlarının değişimi verilmiştir. Şekil 2(a) ve Tablo 7'ye göre RVS yönteminin risksiz olarak sınıflandırdığı binaları Kanada Sismik Tarama yöntemine göre düşük öncelikli binalar, riskli olarak sınıflandırdığı binaları ise Kanada Sismik Tarama yöntemine göre orta öncelikli binalar ve yüksek öncelikli binalar temsil etmektedir. Ayrıca Kanada Sismik Tarama yöntemine göre düşük öncelikli ve RVS yöntemine göre de risksiz bulunan binaların 1998 yılından sonra inşa edilmiş olması ve yöntemlerde puanlamada özellikle bina inşa yılının olumlu etkisinin dikkate alınması, yöntemler arasındaki uyumlu sonuçlar üzerinde etkili olmuştur.

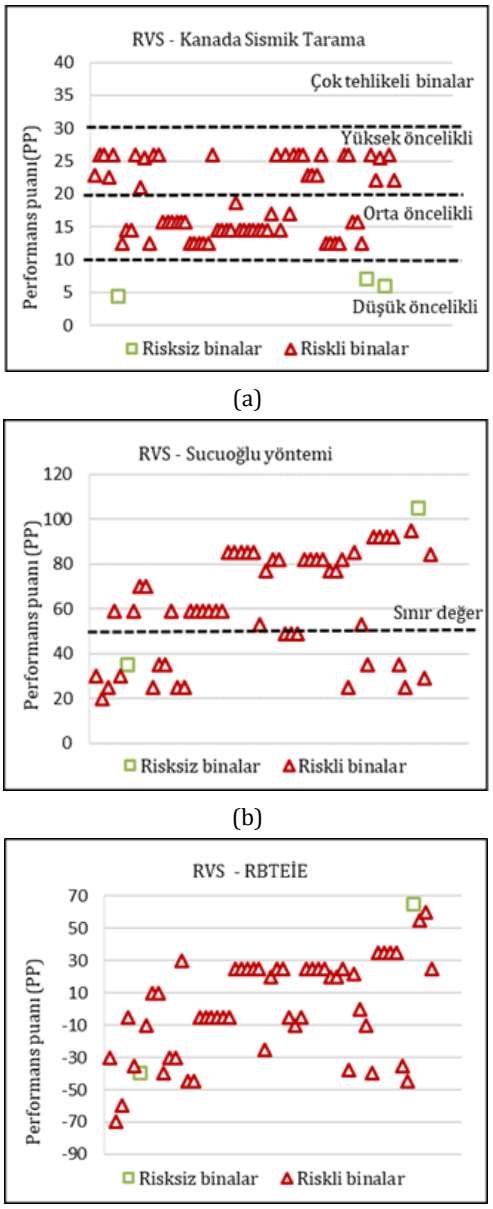
RVS yöntemine [4] göre sınıflandırılan binaların Sucuoğlu yöntemine göre hasar görebilme risk durumlarının değişimi Şekil 2(b)'de gösterilmiştir. RVS yönteminde riskli olarak sınıflandırılan binalar, Sucuoğlu yönteminde riskli ve risksiz olarak değerlendirilmiştir. Ancak RVS yöntemine göre risksiz bina sınıfında bulunan bir bina Sucuoğlu yönteminde riskli bina sınıfında değerlendirilmiştir. Yöntemler arasındaki bu uyumsuzluk binanın 2004 yılında inşa edilmiş olmasından dolayı RVS yönteminde puanlama sisteminde dikkate alınan inşa yılının olumlu etkisinden kaynaklanmaktadır.

RVS yöntemine göre riskli olarak değerlendirilen binaların bir bölümünün, Sucuoğlu yöntemine göre risksiz olarak değerlendirilmesi yöntemler arasındaki bir başka uyumsuzluğu ortaya koymaktadır.

Yöntemlerin sonuçları arasındaki uyumsuzluğun değerlendirmede dikkate alınan değerlendirme parametrelerinden kaynaklandığı söylenebilir. Çünkü yapısal sistemi oldukça düzenli bir bina (yumuşak kat yok, kısa kolon yok, ağır çıkmalar yok, planda düzenli, ayrık nizamlı gibi) RVS yöntemine göre incelendiğinde, bina değerlendirmede dikkate alınan deprem yönetmeliğinin yürürlüğe girme tarihinden önce inşa edilmişse riskli, sonra inşa edilmişse risksiz olarak sınıflandırılmaktadır.

Ayrıca sonuçlar arasındaki uyumsuzluğun bir başka sebebi ise görünen bina kalitesinin değerlendirilmesindeki farklı yaklaşımdan kaynaklanmaktadır. Sucuoğlu yönteminde [2] inşa kalitesi gözlemciler tarafından subjektif olarak belirlenen görünen bina kalitesi (iyi-orta-kötü derece) ile değerlendirilmektedir. Hatta gözlemcilerin kararsız kalma durumlarında çoğunlukla orta dereceyi seçmesi nedeniyle bu parametrenin puanlamaya herhangi bir etkisi olmamakta, yani inşa kalitesi göz ardı edilmekte, olması gerekenden daha düşük risk durumuyla karşılaşılmaktadır. Bu çalışmada da incelenen binaların görünen bina kalitesi, gözlemciler arasında fikir ayrılıklarına sebebiyet vermemek için orta derece olarak seçilmiş ve görünen bina kalitesinin puanlamaya etkisi dikkate alınmamıştır. RVS yöntemi kullanılarak sınıflandırılan binaların RBTEİE ile değerlendirilmesinden elde edilen performans puan dağılımı Şekil 2(c)'de gösterilmiştir.

Yöntemlerin karşılaştırılması neticesinde, RVS yöntemine göre riskli olarak sınıflandırılan binaların RBTEİE'deki performans puanlarının -70 ile +65 arasında geniş bir aralıkta değiştiği gözlenmiştir. Ayrıca RVS yöntemine göre risksiz bulunan iki binanın RBTEİE ile hesaplanan performans puanları arasında büyük fark (105 puan) gözlenmiştir.

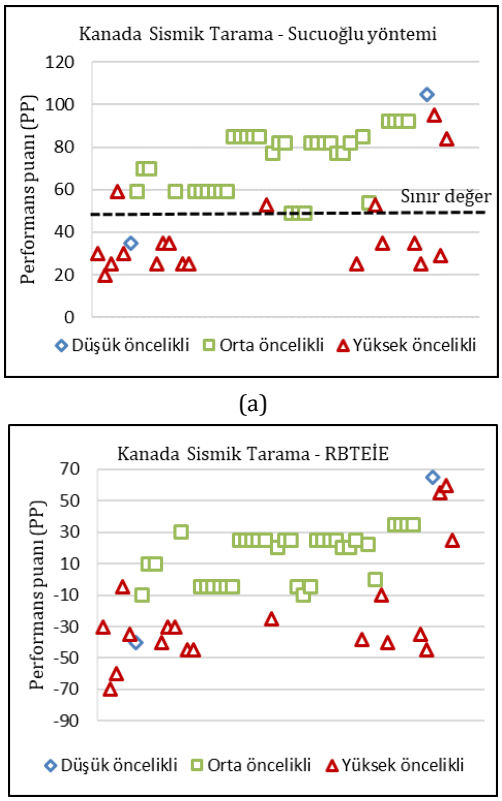



Şekil 2. RVS yöntemine göre hasar risk dağılımının, (a): Kanada Sismik tarama yöntemi, (b): Sucuoğlu yöntemi, (c): RBTEİE'de önerilen yöntemle karşılaştırılması.

*Figure 2. Comparison of the damage risk distribution according to the RVS method with, (a): Canada Seismic Screening methot, (b): Sucuoglu method, (c): The method recommended in RBTEIE.*

RVS'ye göre risksiz bir binanın RBTEİE'ye göre hesaplanan performans puanının yüksek olması beklenen bir durumken, incelenen binalar içerisinden sadece bir bina da RBTEİE'ye göre hesaplanan performans puanının oldukça düşük olduğu görülmüştür. Yöntemler arasındaki bu uyumsuzluğa yine binanın 1998 yılı sonrasında inşa edilmiş ve 1998 Türk Deprem Yönetmeliği'ne uygun olduğu kabulüyle RVS yönteminde değerlendirmeye alınan inşa yılının olumlu etkisinden kaynaklanmaktadır.

Kanada Sismik Tarama yöntemine göre sınıflandırılan binaların Sucuoğlu yöntemi ve RBTEİE'ye göre performans puanlarını değişimi de incelenmiş ve grafikler yardımıyla gösterilmiştir (Şekil 3).




Şekil 3. Kanada Sismik Tarama yöntemine göre hasar riski değişiminin, (a): Sucuoğlu yöntemi, (b): RBTEİE'de önerilen yöntemle karşılaştırılması.

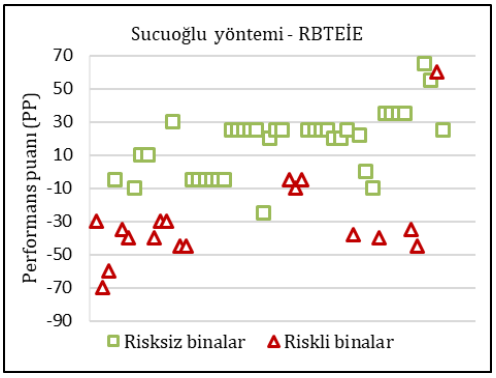
*Figure 3. Comparison of the damage risk distribution according to the Canada Seismic Screening method with, (a): Sucuoglu method, (b): The method recommended RBTEIE.*

Kanada Sismik Tarama yöntemine göre sınıflandırılan binaların Sucuoğlu yöntemine göre hesaplanan performans puan dağılımları Şekil 3(a)'da verilmiştir. Şekil 3(a)'ya göre Kanada Sismik Tarama yöntemine göre yüksek öncelik sınıfında bulunan binaların yaklaşık %74'ü Sucuoğlu yöntemine göre 50 sınır değerinin altında kalmakta ve riskli kabul edilmektedir. Orta öncelik sınıfında bulunan binaların yaklaşık %91'i ise Sucuoğlu yöntemine göre risksiz bina sınıfına girmektedir. Kısaca Kanada Sismik Tarama yöntemine göre yüksek öncelikli olarak sınıflandırılan binalar, Sucuoğlu yöntemine göre riskli binalar, orta öncelikli binalar ise risksiz binalar olarak değerlendirilmektedir (Tablo 7).

Kanada Sismik Tarama yöntemi ile RBTEİE arasında yapılan değerlendirme neticesinde elde edilen dağılım Şekil 3(b)'de gösterilmiştir. Ancak RBTEİE'de önerilen hızlı değerlendirme yönteminde sınır değer bulunmamaktadır [3].

Bu nedenle bu makale kapsamında incelenen binalar için yapılan Kanada Sismik Tarama yöntemi ve RBTEİE karşılaştırmasıyla, sadece Kanada Sismik Tarama yöntemiyle bulunan dört risk seviyesi (düşük öncelik, orta öncelik, yüksek öncelik ve çok tehlikeli bina sınıfı) için RBTEİE'de karşılık gelen puan aralıkları belirlenmiştir. Düşük tehlikeli binaların %50'si RBTEİE'ye göre (+70) ile (+30) puan aralığında, orta öncelikli binaların yaklaşık %88'i (+30) ile (-10) puan aralığında, yüksek öncelikli binaların ise yaklaşık %68'i (-10) ile (-50) puan aralığında dağılım göstermiştir. Kanada Sismik Tarama yöntemi ve RBTEİE arasında yapılan değerlendirmede, Kanada Sismik Tarama yöntemine göre risk öncelik seviyesinin yükselmesiyle RBTEİE'deki performans puanının düştüğü görülmüştür. Ancak Şekil 3(b)'ye göre Kanada Sismik Tarama yöntemine göre düşük öncelikli bir binanın RBTEİE'deki performans puanının oldukça düşük bir değer alması, yöntemler arasındaki uyumsuzluğu göstermektedir. Bu uyumsuzluğa binanın 1998 yılı sonrasında inşa edilmiş olmasından kaynaklı Kanada Sismik Tarama yönteminde dikkate alınan bina inşa yılının olumlu etkisinden kaynaklanmaktadır.

Kıyaslama grafiğinde Sucuoğlu yöntemine göre riskli bulunan bir binanın RBTEİE'deki performans puanının diğer riskli binalara göre oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Detaylı incelemeler neticesinde yöntemler arasındaki bu uyumsuzluğun, RBTEİE'de sunulan puanlama sisteminde taşıyıcı sistem tipi parametresiyle dikkate alınan yapısal sistem puanından (YSP) kaynaklandığı görülmüştür. Sucuoğlu yöntemine göre riskli ve risksiz bulunan bina sınıflarına RBTEİE'de karşılık gelen performans puanı değişimleri Şekil 4'te verilmiştir.




Şekil 4. Sucuoğlu yöntemine göre riskli ve risksiz bina sınıflarının RBTEİE'deki performans puanı değişimleri.

*Figure 4. Risky and riskless building class according to the method Sucuoglu change of performance score in RBTEIE.*

Ayrıca Sucuoğlu yöntemine göre riskli bulunan binaların %83'ünün performans puanın -10'dan küçük, risksiz bulunan binaların ise %97'sinin performans puanın -10'dan büyük olduğu Şekil 4'te görülmektedir. Yapılan değerlendirme sonucunda, Sucuoğlu yöntemine göre riskli ve risksiz bulunan binaların, RBTEİE'ye göre performans puanları dikkate alınarak bir sınır değerle ayrılması durumunda incelenen binalar için -10 sınır değerinin uygun olduğu görülmüştür. Ancak bu makale kapsamında incelenen binaların %98'nin taşıyıcı sistemi betonarme çerçeve sistemden oluşmaktadır. Bu nedenle 5-6 katlı bina stokunun bulunduğu bu bölgedeki betonarme perde + çerçeve sistemler için YSP puanının ortalama 60 olacağı düşünülürse daha önce belirlenen -10 sınır performans puanı 50 olarak alınabilir.

## 5 Sonuç ve öneriler

Bu çalışma kapsamında, Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası Fırat Yapısal Hasarları Araştırma Grubu tarafından Elazığ il merkezinde ve Sivrice ilçe merkezinde yapılan saha

çalışmalarında incelenen betonarme binalar hızlı değerlendirme yöntemleri (RVS yöntemi, Kanada Sismik Tarama yöntemi, RBTEİE ve Sucuoğlu yöntemi) kullanılarak değerlendirilmiş ve hasar görebilme riski dağılımları belirlenmiştir. Yöntemlerden elde edilen değerlendirme sonuçları Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası mevcut hasar durumuyla karşılaştırılmıştır.

Yapılan değerlendirme neticesinde;

- ✓ Kanada Sismik Tarama yönteminde hasar görebilme riski değerlendirmesinde, risk derecelerinin (düşük-orta-yüksek öncelikli ve çok tehlikeli binalar) kullanılması diğer yöntemlere göre değerlendirmede avantaj sağlamıştır. Bu nedenle Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası incelenen binaların mevcut hasar durumunu, en iyi yansıtan yöntemin Kanada Sismik Tarama yöntemi olduğu görülmüştür,
- ✓ RVS yöntemiyle hasar görebilme riski tespitinde, puanlamada inşa yılı parametresi ile dikkate alınan kıyaslama yılı puanının ve bitişik nizamlı binalarda ise çarpışma etkisinin değerlendirmede büyük öneme sahip olduğu görülmüştür. Saha çalışmalarında incelenen hasarlı binaların büyük bir bölümünün 1998 yılından önce inşa edilmesi ve incelenen bina stokunun büyük bir kısmının bitişik nizamlı olması nedeniyle RVS yöntemine göre riskli bina sınıfının oldukça büyük bir kümeyi (incelenen binaların %96'sı) temsil ettiği görülmüştür,
- ✓ RVS ve Sucuoğlu yöntemleri ağır hasarlı binaların riskli, hafif hasarlı binaların ise risksiz olarak sınıflandırıldığı uygun bir değerlendirme sunmaktadır. Ancak, orta hasarlı binaların risk değerlendirmesinde iki yöntem arasında çelişki bulunmaktadır. RVS yöntemi orta hasarlı binaları riskli olarak değerlendirirken, Sucuoğlu yöntemi risksiz olarak değerlendirmektedir. Yöntemler arasında yapılan karşılaştırmada RVS yönteminin, Sucuoğlu yöntemine göre daha güvenli tarafta kaldığı görülmüştür,
- ✓ RBTEİE'ye göre yapılan değerlendirmede kıyaslanacak herhangi bir sınır değer bulunmaması nedeniyle sadece incelenen binaların performans puanı dağılımları değerlendirilebilmiş ve sınır değer tahmini yapılmıştır. İncelenen binalar için RBTEİE ile Sucuoğlu yöntemleri birbirleriyle kıyaslanmış ve RBTEİE'de riskli ve risksiz bina sınıflarını ayıran sınır değer -10 olarak belirlenmiştir. Yine benzer şekilde Kanada Sismik Tarama yöntemi ile RBTEİE arasında yapılan karşılaştırmada ise çoğunlukla düşük öncelikli binaların (+70) ile (+30) puan aralığında; orta öncelikli binaların (+30) ile (-10) puan aralığında; yüksek öncelikli binaların ise (-10) ile (-50) puan aralığında dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Hafif ve ağır hasarlı binalar için genellikle değerlendirmede dikkate alınan yöntemler birbirleriyle uyumlu sonuçlar vermektedir. Ancak orta hasarlı binaların değerlendirilmesinde RVS yöntemi ile Sucuoğlu yöntemi arasında çelişkili sonuçlarla karşılaşılmıştır. RVS yöntemi, Sucuoğlu yöntemine göre daha güvenli tarafta kalsa bile her iki yöntemde binaları riskli veya risksiz olarak birbirinden ayıran sınır değerlerin tekrar sorgulanması gerekmektedir.

RBTEİE ile yapılan değerlendirmede binalar sadece performans puanlarına göre sıralanmakta ancak risk öncelik seviyeleri ile ilgili bir değerlendirme yapılmamaktadır. Bu çalışmada, RBTEİE'ye karşılık gelecek sınır değer tahminleri yapılmış olsa da bu tahminler sadece makale kapsamında incelenen binalar için geçerlidir. Bu nedenle RBTEİE'de uygun sınır değerin belirlenmesi için çalışmalar genişletilmelidir.

RVS yöntemi ve Kanada Sismik Tarama yönteminde bina inşa yılı ile yönetmelik yılı kıyaslamasının değerlendirmede büyük öneme sahip olduğu, RBTEİE ve Sucuoğlu yöntemleri ile aralarındaki sonuç farklılıklarının da bu parametreden kaynaklandığı görülmüştür. Bu nedenle RBTEİE ve Sucuoğlu yöntemlerinde bina inşa yılını niteliksel olarak tamamlayabilecek bir değerlendirme parametresi önerilerek yöntemler arasındaki uyumsuzluklar giderilebilir.

Çalışmada üzerinde durulan dört yöntemde de dikkate alınan görünen bina kalitesi/binanın fiziksel durumu parametresi ile inşa kalitesi ve zamanla binada oluşan hasar, bozulma durumları dikkate alınmaktadır. RVS yöntemi ve Kanada Sismik Tarama yönteminde zamanla binada oluşan hasar ve bozulma durumları için var veya yok şeklinde yapılan tespitler oldukça basitken, RBTEİE ve Sucuoğlu yöntemlerinde görünen bina kalitesi için iyi, orta, kötü sınıflandırması gözlemciler arasında fikir ayrılıklarına sebep olmaktadır. Bu nedenle Sucuoğlu ve RBTEİE yöntemlerinde dikkate alınan görünen bina kalitesi için derece sınıfları kaldırılarak bu parametre için objektif değerlendirmeye olanak sağlayan tespit yönteminin geliştirilmesi uygun olacaktır.

Bu çalışma neticesinde, hızlı değerlendirme yöntemlerinden elde edilen hasar görebilme risk sonuçları ile Elazığ-Sivrice Depremi (2020) sonrası meydana gelen hasar seviyeleri arasında büyük oranda uyum olduğu görülmüştür. Ancak bu uyum, çalışmada değerlendirmeye alınan çoğunluğu orta ve ağır hasarlı binalar için geçerli olmaktadır. Hızlı değerlendirme yöntemlerinin etkinliğinin tam olarak ortaya koyulabilmesi için deprem sonrası hafif hasarlı ve hasarsız olarak nitelendirilen binaların da hızlı değerlendirme yöntemleriyle incelenmesi gerekmektedir.

## 6 Conclusions

In the scope of this study, the reinforced concrete buildings examined in the field studies conducted in Elazig city center and Sivrice district center by the Firat Structural Damages Research Group after the Elazig-Sivrice Earthquake (2020) were evaluated using rapid assessment methods (RVS method, Canada Seismic Screening method, RBTEIE, and Sucuoglu method), and vulnerability risk distributions have been determined. The assessment results obtained from the methods were compared with the current damage situation after the Elazig-Sivrice Earthquake (2020).

As a result of the assessment;

- ✓ The use of risk levels (low-medium-high priority and very hazardous buildings) in the assessment of the risk of damage in the Canada Seismic Screening method has provided an advantage in the assessment compared to other methods. For this reason, it was seen that the method that best reflects the current damage status of the buildings examined after the Elazig-Sivrice Earthquake (2020) is the Canada Seismic Screening method,

- ✓ In determining vulnerability risk with the RVS method, it has been observed that the benchmark year score considered with the construction year parameter in the scoring and the impact pounding in adjacent buildings are of enormous significance in the assessment. It was observed that the risky building class represented a very large group (96% of the buildings examined) according to the RVS method since a large part of the damaged buildings examined in the field studies were built before the 1998 year and adjacent,
- ✓ RVS and Sucuoglu methods provide an appropriate assessment in which severely damaged buildings as risky and lightly damaged buildings as riskless are classified. However, there is a conflict between the two methods in the risk assessment of buildings with moderate damage. While the RVS method evaluates buildings with moderate damage as risky, the Sucuoglu method considers them riskless. In the comparison between the methods, it was observed that the RVS method was on the safer side compared to the Sucuoglu method,
- ✓ Since there was no limit value to be compared in the assessment made according to RBTEIE, only the performance score distributions of the examined buildings could be evaluated and the limit value estimation was made. For the buildings examined, RBTEIE and Sucuoglu methods were compared with each other and the limit value separating risky and riskless building classes in RBTEIE was determined as -10. Similarly, in the comparison between the Canada Seismic Screening method and RBTEIE, most of the low priority buildings were found to be in the range of (-70) to (+30) points; medium priority buildings were found to be in the range of (+30) to (-10) points; high priority buildings were found to be in the range of (-10) to (-50) points.

For light and severely damaged buildings, the methods generally taken into consideration in the assessment give compatible results with each other. However, conflicting results have been encountered between the RVS method and the Sucuoglu method in the assessment of moderately damaged buildings. Even if the RVS method is on the safer side compared to the Sucuoglu method, the limit values that separating the buildings from each other as risky or riskless should be questioned again in both methods.

In the assessment made with RBTEIE, buildings are ranked only according to their performance scores, but an assessment is not made about risk priority levels. In this study, even if the limit value estimates corresponding to RBTEIE have been made, these estimates are valid only for the buildings examined within the scope of the article. For this reason, studies should be expanded to determine the appropriate limit value in RBTEIE.

In the RVS method and the Canada Seismic Screening method, It was observed that the comparison of the building construction year with the earthquake code year is of enormous significance in the assessment, the difference in results between RBTEIE and Sucuoglu methods was also due to this parameter. For this reason, the discrepancy between methods can be eliminated by proposing an assessment parameter that can qualitatively complete the building construction year in RBTEIE and Sucuoglu methods.

In all four methods emphasized in the study, the building quality / physical condition of the building parameter is taken into consideration and the building quality and the damage and deterioration of the building over time are taken into account. In the RVS method and the Canada Seismic Screening method, the determinations made in the form of presence or absence for damage and deterioration in the building over time are quite simple. The classification of the good, medium, bad for the building quality seen in RBTEIE and Sucuoglu methods causes differences of opinion among the observers. For this reason, it would be appropriate to remove the grade classes for the apparent building quality considered in Sucuoglu and RBTEIE methods and to develop a detection method that allows objective evaluation for this parameter.

As a result of this study, it has been observed that there is a large consistency between the damage risk results obtained from rapid assessment methods and the damage levels that occurred after the Elazig-Sivrice Earthquake (2020). However, this consistency is valid for the buildings, most of which are evaluated in the study, with medium and heavy damage. In order to fully demonstrate the effectiveness of rapid assessment methods, buildings that are characterized as slightly damaged and undamaged after the earthquake should also be examined with rapid assessment methods.

## 7 Teşekkür

Makale kapsamında, Elazığ-Sivrice (2020) Depremi sonrası yapılan saha çalışmalarından faydalanılmıştır. Deprem sonrası il ve ilçe merkezinde saha çalışmalarını gerçekleştiren, verilerin toplanmasına katkı sağlayan Fırat Yapısal Hasarları Araştırma Grubu üyelerine teşekkürlerimizi sunarız.

## 8 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Nurbanu DEMİRBAŞ konu ile ilgili literatür taraması, verilerin elde edilmesinde, sayısal çalışma başlıklarında, sonuçların değerlendirilmesinde; Hümeyra ŞAHİN fikrin oluşması, verilerin elde edilmesi, bulgu ve sonuçların incelenmesi, yazım denetimi ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi başlıklarında; Cengizhan DURUCAN verilerin elde edilmesi, bulgu ve sonuçların incelenmesi, yazım denetimi ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi başlıklarında katkı sunmuşlardır.

## 9 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## 10 Kaynaklar

[1] T.C. İçişleri Bakanlığı. "Türkiye Deprem Tehlike Haritası Hakkında Açıklamalar". https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi, (02.10.2020).

[2] Sucuoğlu H, Yazgan U, Yakut A. "A screening procedure for seismic risk assessment in urban building stocks". *Earthquake Spectra,* 23(2), 441-458, 2007.

[3] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. "Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 6306 Sayılı Kanunun Uygulama Yönetmeliği". Ankara, Türkiye, 28695, 2013.

[4] Federal Emergency Management Agency. *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook (FEMA P-154)*. 3rd ed. Washington D.C, USA, Nehrp, 2015.

[5] Institute for Research in Construction National Research Council Canada. "Manual for Screening of Buildings for Seismic Investigation". Ottawa, Canada, 36943, 1992.

[6] Japan Building Disaster Prevention Association. "Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings-2001, Guidelines for Seismic Retrofit of Existing Reinforced Concrete Buildings". Tokyo, Japan, 1st ed. 2001.

[7] New Zealand Society for Earthquake Engineering. "Assessment and Improvement of the Structural Performance of Buildings in Earthquakes". New Zealand Society for Earthquake Engineering Study Group on Earthquake Risk Buildings, New Zealand, 30074-6, 2006.

[8] Mishra S. *Integrated Rapid Visual Screening of Buildings for Seismic Hazard*. 1nd ed. Gurgaon, India, Taru, 2014.

[9] Sucuoğlu H. "Kentsel yapi stoklarinda deprem risklerinin sokaktan tarama yöntemi ile belirlenmesi". *6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Türkiye, 16-20 Ekim 2007.

[10] İnel M, Özmen HB, Çaycı BT. "Simav ve Van depremleri (2011) yapi hasar nedenlerinin değerlendirilmesi". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(6), 256-265, 2013.

[11] Şahin H, Alyamaç KE, Durucan AR, Demirel B, Ulaş Açıkgenç M, Bildik AT, Durucan C, Demir T, Ulucan M, Demirbaş N. "24 Ocak 2020 Mw 6.8 Sivrice/Elazığ Depremi Elazığ Bölgesi Yapisal Hasarlar Inceleme ve Analiz Raporu". Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, D001, 2020.

[12] Sönmez A, Kuran F, Demirok E, Yılmaz H, Ülker D. Afet Sonrası Hasar Tespit Çalışmaları. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Ankara, Türkiye, AFAD-01, 2011.

[13] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. "Hasar Tespit Tanımları". https://hasartespit.csb.gov.tr/brosur/hasar_tespit-sunum.pdf , (02.10.2020).

[14] Ilki A, Celep Z. "Earthquakes, existing buildings and seismic design codes in Turkey". *Arabian Journal for Science and Engineering*. 37(2), 365-380, 2012.

[15] Meral E, İnel M. "Düşük ve orta yükseklikteki betonarme binaların yapısal parametre özelliklerinin değerlendirilmesi". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(6), 468-477, 2016.

[16] T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. "Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik". Ankara, Türkiye, 23390, 1998.

[17] National Research Council Canada. "National Building Code of Canada". Ottawa, Canada, NRCC 8305, 1965.

[18] T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. "Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik". Ankara, Türkiye, 15260, 1975.

[19] National Research Council Canada. "National Building Code of Canada''. Canada, Ottawa, NRCC 23174, 1985.