Türk Mühendislik Araştırma ve Eğitimi Dergisi
Turkish Journal of Engineering Research and Education

4(1), 60-69, (2025)

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Riskli Yapı Tespitinde AURAP Yöntemi ile P25 Yönteminin Karşılaştırılması: Düzce İli Örneği

Comparison of AURAP Method and P25 Method in Risky Structure Detection: Example of Düzce Province

Serdar Sert[1,*], Hüseyin Bayraktar[2]

[1] Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye.

[2] Düzce Üniversitesi, Kaynaşlı MYO, Yapı Ressamlığı Programı, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Düzce, Türkiye.

Geliş / Received: 02.03.2025
Kabul / Accepted: 08.04.2025
***Sorumlu Yazar:** **Serdar Sert** serdar88sert@gmail.com

ÖZ: Ülkemizin büyük bir bölümünün deprem bölgesinde yer alması nedeniyle, büyük depremler sonucunda ciddi can kayıpları ve maddi zararlar meydana gelmiştir. Olası depremlerde hangi binaların yıkılma riski taşıdığını belirlemek için yapıların zemin özellikleri ile kullanılan malzeme ve elemanlar detaylı bir şekilde incelenmelidir. Bu özelliklere ilişkin veriler kullanılarak bilgisayar programlarıyla modelleme ve analizler yapılabilir ve binaların risk durumu değerlendirilebilir. Ancak, bu tür detaylı yapı analizleri zaman alıcı ve maliyetli olabilmektedir. Hızlı değerlendirme yöntemleri ise hızlı sonuçların alınmasında zaman ve maliyet bakımından avantaj sağlamaktadır. Bu çalışma Türkiye'nin aktif fay hatları üzerinde bulunan ve 12 Kasım 1999 yılında büyük bir deprem yaşamış olan Düzce ilinin merkez ilçesinde yoğunlukla 1999 depremi öncesinde inşa edilmiş binaların bulunduğu mahallede seçilen bina için deprem riskini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Özellikle Düzce Merkez İlçesi'nde, ekonomik ömrünü doldurmuş binaların hem 12 Kasım 1999 Düzce depremi (7.2 Mw) hem 23 Kasım 2022 yılında Düzce depremini (5.9 Mw) yaşadığından dolayı risk faktörü yüksektir. Çalışmada, olası riskleri analiz etmek için hızlı değerlendirme yöntemleri AURAP yöntemi ve P25 yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler zemin özellikleri, yapım yılı, kat adedi, temel tipi, etriye sıklaştırması, donatı detayı, kısa kolon, asma kat gibi etkenleri göz önüne alarak risk seviyelerini hesaplamaya olanak tanımaktadır. Çalışma, incelenen binanın iki yöntem ile karşılaştırılmasını sağlayarak, aralarındaki farkları ortaya koymuş ve 1999 yılı öncesi binanın deprem risk durumunu belirlemiştir.

Anahtar Kelimeler: Düzce; AURAP yöntemi; P25 yöntemi; riskli yapılar; hızlı değerlendirme yöntemleri

ABSTRACT: Due to the fact that a large part of our country is located in the earthquake zone, serious loss of life and material damage have occurred as a result of major earthquakes. In order to determine which buildings are at risk of collapse in possible earthquakes, the soil properties of the structures and the materials and elements used should be examined in detail. Modeling and analysis can be performed with computer programs using data related to these characteristics, and the risk status of buildings can be evaluated. However, such detailed structure analysis can be time consuming and costly. Fast evaluation methods, on the other hand, provide advantages in terms of time and cost in obtaining fast results. This study aims to assess the earthquake risk for a building selected in the neighborhood of buildings built before the 1999 earthquake, mainly in the central district of Düzce province, which is located on active fault lines of Turkey and experienced a major earthquake on November 12, 1999. Especially in the Central District of Duzce, the risk factor is high due to the fact that buildings that have completed their economic life have experienced both the 12 November 1999 Duzce earthquake (7.2 Mw) and the 23 November 2022 Duzce earthquake (5.9 Mw). In the study, rapid assessment methods AURAP method and P25 method were used to analyze the possible risks. These methods allow calculating the risk levels by taking into account factors such as floor characteristics, year of construction, number of floors, foundation type, floor tightening, reinforcement detail, short column, mezzanine floor. The study provided a comparison of the examined building with two methods, Deciphered the differences between them and determined the earthquake risk status of the building before 1999.

Keywords: Düzce; AURAP method; P25 method; risky structures; rapid assessment methods

Serdar Sert, Orcid: 0009-0009-1585-7342 Hüseyin Bayraktar, Orcid: 0000-0001-7277-0838

1. GİRİŞ

Ülkemizin %90'ından fazlası deprem kuşağında yer aldığından, yapıların depreme karşı güvenliği hayati önem taşımaktadır. 17 Ağustos 1999 İzmit-Düzce depremi, büyük can ve mal kayıplarına yol açmış, bu da can kayıplarını en aza indirmek için alınan önlemler ve çalışmaların artmasına neden olmuştur. Bu çalışmalar, deprem yönetmeliklerine de yansımış; 2007 yılında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ve sonra 2018 yılında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği [1] yürürlüğe girmiştir.

Kentlerde eski yapı stoğu azımsanmayacak düzeydedir. Bu durum eski yapıların deprem bakımından incelenmesini beraberinde getirmektedir. Yıkıcı bir deprem öncesinde riskli binaların tespit edilmesi gerekmektedir. Ancak, yönetmelik tabanlı değerlendirme yöntemleri hem maliyetli hem de zaman alıcıdır. Bu nedenle, öncelikle daha hızlı ve pratik olan 'Hızlı Sismik Güvenlik Değerlendirme Yöntemleri' tercih edilebilir.

P5 Yöntemi depremde can kaybının önlenmesi için mevcut binaların hızla taranmasını amaç edinen bir değerlendirme yöntemi, birçok konferansta bildiri olarak sunulmuş ve dergilerde yayımlamıştır. Daha sonra yüksek lisans tezi kapsamı ile İstanbul Teknik Üniversite'nde geliştirilmiş. Deprem sonrasında yıkılmış, orta hasarlı ve hasarsız 23 adet bina taranarak, P24 yöntemi adıyla geliştirmişlerdir. Bu çalışma, başarılı sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamıştır [2]. TÜBİTAK'ın 106M278 No.lu projesi çerçevesinde P24 yöntemi, daha geniş bir yapı grubuna uygulanarak kalibre edilmiş ve yeniden düzenlenerek P25 Yöntemi adını almıştır. Bu metot, yapının mevcut kolon, perde ve dolgu duvar ölçüleri, rijitlikleri, taşıyıcı sistem organizasyonu, bina yüksekliği, yönetmelikte belirtilen yapısal düzensizlikler, malzeme ve zemin nitelikleri gibi değişkenler üzerinden bir hesaplama yapmaktadır [3].

Aurap ve P25 gibi yöntemler, yapıların deprem performansını değerlendirmek için kullanılan modern teknikler arasında yer almaktadır. Bu yöntemler sayesinde, mevcut binaların taşıyıcı sistemlerinin ne kadar güvenli olduğu, olası bir depremde nasıl bir tepki vereceği ve güçlendirme ihtiyacının olup olmadığı belirlenebilmektedir. Düzce'de bu tür bilimsel yöntemlerle yapılacak bir çalışma, yalnızca mevcut yapıların durumunu ortaya koymakla kalmayacak, aynı zamanda ilerleyen süreçlerde benzer risklerin önüne geçilmesi için de bir rehber niteliği taşıyacaktır. Özellikle Düzce merkezinde bugüne kadar bu kapsamda detaylı bir çalışma yapılmamış olması, bu tür projelerin ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Eğer bilimsel ve teknik temellere dayalı bir risk analizi gerçekleştirilirse, hem yerel yönetimler hem de halk, binaların güvenliği hakkında bilinçlenebilir ve gerekli önlemleri alabilir. Bu durum, yalnızca bireysel yapılar için değil, kentsel dönüşüm ve planlama süreçleri için de yol gösterici olacaktır.

Sonuç olarak, Düzce'de eski yapı stokunun fazlalığı, risk değerlendirme yöntemlerinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Aurap ve P25 gibi teknikler kullanılarak yapılacak bilimsel araştırmalar, kentin depreme karşı daha güvenli hale gelmesine katkı sağlayacak ve bu konuda ilerleyen çalışmalara öncülük edecektir.

2. MATERYAL VE METOT / MATERIALS AND METHODS

Değerlendirme yapılırken Düzce İli Burhaniye Mahallesinde bulunan 1999 öncesi bir bina seçilmiştir. Seçilen bina 3 adet deprem (12 Kasım 1999, 17 Ağustos 1999 ve 23 Kasım 2022) gördüğü ve içerisinde ciddi nem bulunduğundan dolayı hasar görmüş kolonlar mevcut olduğu için seçilmiştir. Bina Burhaniye Mahallesinde bulunan B+Z+4 kattan oluşmaktadır. Ayrıca binada 1999 depremi sonrasında güçlendirme yapılmamıştır.

Bu çalışmada 2 farklı hızlı değerlendirme yöntemi; P25 Puanlama Yöntemi ve AURAP yöntemi kullanılmış yöntemlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak tartışılmıştır.

2.1 P25 Puanlama Yöntemi

Önerilen hızlı değerlendirme yöntemi, binaların deprem sırasında göçme riskini analiz etmek için kapsamlı bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yöntemde, ilk olarak yapının temel yapısal özelliklerini ve potansiyel göçme modlarını ifade eden yedi farklı puan (P1, P2, ..., P7) hesaplanır. Bu puanlar; kolon,

perde ve dolgu duvar boyutları, rijitlikler, taşıyıcı sistem düzeni, bina yüksekliği, yapısal düzensizlikler, malzeme ve zemin özellikleri gibi parametrelere dayalı olarak belirlenir [5].

Belirlenen P sonuç puanı, yapının az, orta veya yüksek risk grubunda yer aldığını gösterir. Eğer bina finansal olarak belirlenen bir kararsızlık bandında yer alıyorsa, daha kapsamlı bir inceleme yapılması, binanın yıkılması veya güçlendirilmesi önerilir. Bu yöntem, depreme karşı binaların hızlı ve etkili bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Her bir göçme riski puanı (Pi) için tanımlanan ağırlık çarpanları dikkate alınarak, bu puanların birbiriyle etkileşimini gösteren Pw–ağırlıklı ortalama puan hesaplanır. Daha sonra, Pi puanlarından en düşük olan Pmin değeri ile Pw–ağırlıklı ortalama puanı arasındaki ilişki değerlendirilerek, göçme kriterleri arasındaki etkileşimi temsil eden bir β–çarpanı belirlenir.

Ayrıca, yapının önem derecesi, bölgenin depremsellik düzeyi, hareketli yük katsayısı ve zeminin topoğrafik özellikleri gibi çevresel faktörler göz önünde bulundurularak bir α–çarpanı ile düzeltme yapılır. Tüm bu parametrelerin etkileşimi analiz edilerek bir P–sonuç performans puanı elde edilir [5].

Elde edilen P–sonuç puanı, yapının az, orta veya yüksek risk grubuna dahil olup olmadığını ortaya koyar. Eğer bina, finansal kriterlere bağlı olarak bir kararsızlık bandına düşerse, detaylı bir inceleme yapılması önerilir. Bu incelemenin ardından, yapının yıkılması ya da güçlendirilmesi gibi önlemler alınabilir. Böylece, yapıların göçme riski hızlı ve etkili bir şekilde değerlendirilebilir ve olası can ve mal kayıplarının önlenmesine önemli bir katkı sağlanabilir. *P1 temel yapısal puanı* hesaplanırken, Tablo 1'de belirtilen yapısal düzensizlik katsayıları kullanılmaktadır.

2.1.1 P0-Taşıyıcı Sistem Puanı

Binanın taşıyıcı sistem özelliklerini temsil eden P0–puanı, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır:

$$P_0 = (C_A + C_I)/h_0 \quad (1)$$

$$h_0 = -0{,}6H^2 + 39{,}6H - 13{,}4 \quad (2)$$

Burada, h_0 bina yüksekliğiyle ilgili bir düzeltme çarpanıdır ve bu çarpan, binanın toplam yüksekliği (H) dikkate alınarak aşağıdaki formül ile tanımlanmıştır:

Tablo 1: Yapısal düzensizlik katsayıları (fi).

Katsayı	*Tanım*	*Risk Seviyesi*		
		Yüksek	*Az*	*Yok*
f_1	Burulma Düzensizliği	*0,90*	*0,95*	*1,00*
f_2	Döşeme Süreksizliği	*0,90*	*0,95*	*1,00*
f_3	Düşey Doğrultuda Süreksizlik	*0,65-0,75*	*0,90*	*1,00*
f_4	Kütle Düzensizliği	*0,90*	*0,95*	*1,00*
f_5	Korozyon Mevcudiyeti	*0,90*	*0,95*	*1,00*
f_6	Ağır Cephe Elemanları	*0,90*	*0,95*	*1,00*
f_7	Asma Kat Mevcudiyeti *(γ=Asma kat / Kat alanı)*	*0,90* $\gamma \geq 0{,}25$	*0,95* $0 < \gamma < 0{,}25$	*1,00* $\gamma = 0$
f_8	Katlarda Seviye Farkı veya Kısmi Bodrum	*0,80*	*0,90*	*1,00*
f_9	Beton Kalitesi (1)	$f_9 = (f_c / 20)^{0.5}$		
f_{10}	Zayıf Kolon-Kuvvetli Kiriş (2)	$f_{10} = [\,(I_x + I_y) / 2\, I_b\,]^{0.15} \leq 1{,}0$		
f_{11}	Etriye Sıklığı (3)	$f_{11} = 0{,}60 \leq (10 / s)^{0.25} \leq 1{,}0$		
f_{12}	Zemin Sınıfı	*0,90 (Z4 için)*	*0,95 (Z3 için)*	*1,00 (Z2, Z1 için)*
f_{13}	Temel Tipi	*0,80 – 0,90 Tekil temel*	*0,95 Sürekli temel*	*1,00*
f_{14}	Temel Derinliği	*0,90 1m'den az*	*0,95 1 – 4m arası*	*1,00 4m'den fazla*

(1) fc, binanın MPa cinsinden beton kalitesidir.

(2) Ix, Iy değerleri, kritik kat kolonlarının ortalama boyutlarından elde edilen temsili kolonun atalet momenti, Ib değeri ise, yine kritik katta en çok tekrar eden kirişin atalet momentidir.

(3) s, cm cinsinden sarılma bölgesindeki etriye aralığıdır.

2.1.2 P1-Temel Yapısal Puanı

Taşıyıcı sistem puanı P0, yapısal düzensizlik katsayıları (fi) ile çarpılarak Temel Yapısal Puan (P1) elde edilir. Yapısal düzensizlik katsayıları ve risk seviyeleri Tablo 1'de verilmiş olup, P1 değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır [6].

$$\mathrm{P1} = Po\left(\prod_{i=1}^{14} fi\right) \quad (3)$$

2.1.3 P2-Kısa Kolon Puanı

Kısa kolon, yüksekliği kattaki diğer kolonlara kıyasla daha az olup gevrek kayma kırılması riski taşıyan elemanlardır. Önceki araştırmalarda bina performans puanı hesaplanırken kısa kolon etkisi göz önünde bulundurulmuştur. Ancak, kolonun ne derece kısa olduğu ve katta ne kadar yaygın olduğu da önem arz etmektedir [7].

2.1.4 P3- 'Yumuşak Kat' ve 'Zayıf Kat' Puanı

Giriş kat yüksekliğinin fazla olması veya dolgu duvarların bulunmaması, bu katı zayıf hale getirerek hasar riskini artırır. Bu durumu ifade eden P3 – Yumuşak/Zayıf Kat Puanı, aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$P_3 = 100[r_a r_r \left(\frac{h_{i+1}}{h_i}\right)^3]^{0,6} \quad (4)$$

Burada hi ve hi+1 kritik kat ve üst katın yüksekliklerini gösterir. ra ve rr ise kolon, perde ve dolgu duvarlarının efektif alan ve atalet momenti oranlarını belirtir ve x-y yönlerinde ayrı hesaplanarak ortalaması alınır.

2.1.5 P4- Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı

Giriş kat üzerindeki ağır çıkmalar, kütle düzensizliği ve deprem moment kolunun yükselmesine yol açarak çerçeve süreksizliği oluşturur [2].

Yapılan çalışmalarda bu düzensizlik binalarda % 4 ila % 54 dayanım kaybına neden olmaktadır.

2.1.6 P5- Çarpışma Puanı

Artan konut ihtiyacı nedeniyle yoğun bölgelerde bitişik ve çok katlı binalar inşa edilmektedir. Ancak, bu yapılar depremde çarpışarak ciddi hasara yol açmaktadır [8].

Yapılan araştırmalar, bitişik düzende yer alan son yapının en riskli olduğunu ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra, farklı periyotlara sahip bitişik yapıların da yüksek risk barındırdığı tespit edilmiştir [9].

Bitişik iki yapının ağırlık merkezlerini birleştiren çizgi, çarpışma hattının tam ortasından geçiyorsa 'merkezi', geçmiyorsa 'dış merkezli' çarpışma meydana gelir.

2.1.7 P-6 Sıvılaşma Potansiyeli Puanı

Yer altı su seviyesine (YASS) göre sıvılaşma potansiyeli tespit edilir. Zemin özellikleri belirlenmeden değerlendirme yapılamaz. Sıvılaşma potansiyeli, zemin parametrelerine göre "az", "orta" ve "yüksek" olarak belirlenmelidir [10]:

- YASS < 2,0 m (az)
- YASS = 2,0 m – 10,0 m (orta)
- YASS > 10,0 m (yüksek)

Sıvılaşma riski olmayan zeminlerde P6 = 100 alınır.

2.1.8 P7-Toprak Hareketleri Puanı

Toprak hareketlerini belirlemek için önce zemin parametreleri tespit edilmelidir. Hareketin olup olmayacağı ve türü belirlenmelidir. Zemin hareketleri; istinat duvarı göçmesi, yanal dağılma, heyelan ve büyük oturma olarak sınıflandırılır. Olası hareket, yer altı su seviyesine göre P7 puanı ile değerlendirilir [6].

2.1.9 Düzeltme Çarpanı

En düşük yapı puanı Pmin, bina ve bölgenin karakteristiklerine bağlı olarak α katsayısı ile revize edilmelidir. α, bina önem faktörü (I), efektif ivme katsayısı (A0), hareketli yük faktörü (n) ve topoğrafik konum katsayısı (t) kullanılarak aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$a = \left(\frac{1}{I}\right)(1,4 - A_0)\left[\frac{1}{0,4n + 0,88}\right]t \quad (5)$$

Topoğrafik katsayı (t), normalde 1,0 olup, bina bir tepe üzerindeyse 0,7, dik yamaçtaysa 0,85 olarak alınır. 1985 Şili depremi sonrası yapılan ölçümler, yüksek bölgelerdeki yapıların daha fazla hasar aldığını göstermiştir [11, 12].

Ancak, topoğrafik etkinin tüm durumlara uygulanamayacağı ve belirsizlikler içerdiği unutulmamalıdır. Yine de bu çalışmalar, P25 yöntemine katkı sağlamıştır.

2.1.10 Sonuç Puanı

Son hesaplamalarla elde edilen P puanı, yapının risk durumunu belirler:

- **P≥35 (Düşük Risk Bölgesi):** Göçme ve can kaybı riski düşüktür, öncelikli ayrıntılı inceleme gerekmez.
- **35>P>25 (Ayrıntılı İnceleme Bölgesi):** Risk durumu belirsizdir, detaylı araştırma önerilir.
- **P≤25 (Yüksek Risk Bölgesi):** Depremde göçme ve can kaybı riski yüksektir, binaların boşaltılması veya güçlendirilmesi gereklidir.

2.2 *AURAP Yöntemi*

AURAP yöntemi, yapısal ve yapısal olmayan risk faktörlerini bir araya getirerek, binaların deprem performansını değerlendirir ve mahallelerin deprem risk profillerini belirler. AURAP Yönteminde kullanılan matematiksel modelleme ve kalibrasyon teknikleri, bu çalışmada da uygulanmıştır. Bu teknikler, 1999 Kocaeli Depremi'nde yıkılan binaların projeleri üzerinde test edilmiş ve mevcut binaların performans değerlendirmesinde doğrulanmıştır [4].

AURAP yönteminde elde edilen sonuç puanı, 150'den büyük ise yapının az, 50 ve 150 arasında ise orta veya 50'nin altında ise yüksek risk grubunda yer aldığını gösterir. Bu yöntem, depreme karşı binaların hızlı ve etkili bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

AURAP yöntemi iki ana bölümden oluşmaktadır: Yapısal Emniyet Faktörünün (YEF) belirlenmesi ve Göreceli Bina Puanının (GBP) hesaplanması. Binanın Nihai Değerlendirme Puanı (NDP), YEF ile GBP'nin çarpılmasıyla elde edilir. Bina Sonuç Puanı (BSP) aşağıdaki formül ile bulunur.

$$BSP_{x,y} = GBP \times YEF_{x,y} \times SÇP_{x,y} \quad (6)$$

$$BSP = \min(BSP_x, BSP_y) \quad (7)$$

Denklem (6)'da yer alan SÇP sürekli çerçeve puanını temsil etmektedir.

AURAP yöntemi bina puan sınır düzeyleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: AURAP yöntemi bina puan sınır düzeyleri.

YÜKSEK RİSK	ORTA RİSK	DÜŞÜK RİSK
50	150	

2.2.1 *Göreceli Bina Puanı (GBP) Değerlendirilmesi*

Göreceli bina puanı (GBP), binadaki çeşitli düzensizlikler ve bina kusurları göz önünde bulundurularak aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$GBP = 100\left(\prod_{i=1}^{N} CKi\right) \quad (8)$$

Denklem (8)'de CKi ceza katsayılarını ifade etmektedir.

Göreceli bina puanı (GBP) hesap tablosu örneği Tablo 3'te verilmiştir.

2.2.2 *Yapısal Güvenlik Faktörünün (YGF) Değerlendirilmesi*

Yapısal Emniyet Faktörü (YEF), binanın kritik katındaki kesme kuvveti taşıma kapasitesinin eşdeğer deprem yükü yöntemine [11] göre hesaplanan taban kesme kuvvetine oranını ifade etmektedir.

$$YEF = Vc/Vb \quad (9)$$

2.2.3 *Kesme Kuvveti Taşıma Kapasitesi (Vc)*

X ve Y yönlerinde taşıma kapasitesi ifadeleri:

$$Vcx = 0{,}65 \times fctk \times Acx \quad (10)$$

$$Vcy = 0{,}65 \times fctk \times Acy \quad (11)$$

Denklem (10) ve (11)'deki Acx ve Acy toplam kesit alanlarını ifade etmektedir. En kesit alanlarının toplamı denklem (14) ve (15) ile hesaplanmaktadır.

Denklem (10)'daki $fctk$ beton karakteristik çekme dayanımıdır:

$$fctk = fck/15 \quad (12)$$

Tablo 3: Göreceli bina puanı (GBP) hesap tablosu örneği.

Düzensizlikler ve Yapısal Kusurlar	Düzensizlik veya Yapısal Kusur Durumu	Ceza Katsayıları CK_i	Kümülatif Puan
Başlangıç Puanı:			100,00
A1-Burulma düzensizliği	Yok	0,95	100,00
A2-Kat süreksizlikleri	Var	0,95	95,00
A3-Planda çıkıntılar bulunması	Yok	0,92	95,00
A4-Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması	Yok	0,92	95,00
B1-Zayıf kat yada B2-yumuşak kat	Yok	0,90	95,00
B1 ve/veya B2 düzensizliği durumunda etriye sıklaştırması yapılmamış kolon bölgeleri	Yok	0,60	95,00
B3-Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği	Yok	0,95	95,00
Kısa kolon	Var	0,97	92,15
Güçlü kiriş-zayıf kolon	Yok	0,95	92,15
Köşe kolon	Yok	0,99	92,15
Asma kat varlığı	Yok	0,99	92,15
En büyük açıklığın 6,00m'den büyük olması	Yok	0,99	92,15
En büyük açıklığın 7,50m'den büyük olması	Yok	0,99	92,15
Bina projelerinin bulunmaması	Yok	0,98	92,15
Bina yapım yılı (BYY) ≤ 1975	Var	0,94	86,62
1976 ≤ BYY ≤ 1990	Yok	0,97	86,62
1991 ≤ BYY ≤ 2000	Yok	0,99	86,62
Kirişlerde etriye sıklaştırmasının olmaması	Var	0,99	85,75
Kolonlarda etriye sıklaştırmasının olmaması	Var	0,70	60,03
Zemin seviyesinin altında bodrum kat bulunmaması	Yok	0,95	60,03
Tekil temel	Yok	0,95	60,03
Kademeli temel	Yok	0,95	60,03
Farklı katlarda farklı döşeme tiplerinin bulunması	Yok	0,99	60,03
Nervürlü veya asmolen döşeme	Yok	0,99	60,03
Mantar döşeme	Yok	0,98	60,03
Komşu bina ile kat seviyesi farkı (Deprem derzi yetersiz ise)	Var	1-(KSF^b)/10 1-0,45/10=0,96	GBP=57,33

2.2.4 Taban Kesme Kuvveti (Vb)

Taban kesme kuvveti, deprem yönetmeliğinde de ifade edilmiş olan eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanmaktadır:

$$V_b(WxdA(T1))/R \quad (13)$$

Denklem (13)'te W bina ağırlığını, A(T1) spektral ivme katsayısını ve R taşıyıcı sitem davranış katsayısını temsil etmektedir.

2.2.5 X ve Y yönlerinde çalışan düşey taşıyıcı elemanların toplam kesit alanlarının hesabı

X ve Y yönlerinde çalışan düşey taşıyıcı elemanların toplam kesit alan hesap ifadeleri:

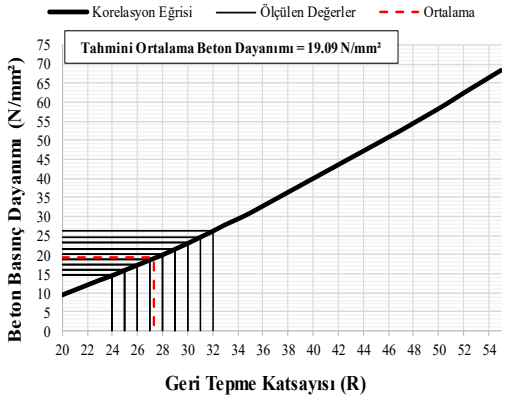
$$A_{cx} = \sum A_c + \sum As_{wx} \quad (14)$$

$$A_{cy} = \sum A_c + \sum As_{wy} \quad (15)$$

Bu denklemlerde, Acx X yönünde çalışan düşey taşıyıcı elemanların toplam kesit alanını, Acy Y yönünde çalışan düşey taşıyıcı elemanların toplam kesit alanını, ∑Ac toplam kolon enkesit alanını, ∑Aswx X yönünde çalışan perde elemanların toplam kesit alanını ve ∑Aswy Y yönünde çalışan perde elemanların toplam kesit alanını ifade etmektedir. Tablo 4'te toplam kolon enkesit alanları verilmiştir. Kritik kat olarak ifade edilen zemin kat ya da varsa bodrum kattır. Kritik katta düşey taşıyıcı elemanlar kolonlar ve perdelerdir.

Tablo 4: Kritik kat düşey taşıyıcı eleman boyutları

Sıra No	Kolon / Perde Adı	Eleman Boyutları (cm) X	Y	Sıra No	Kolon / Perde Adı	Eleman Boyutları (cm) X	Y
1	SZ1	25	50	6	SZ6	25	50
2	SZ2	25	50	7	SZ7	50	25
3	SZ3	25	50	8	SZ8	25	50
4	SZ4	50	25	9	SZ9	50	25
5	SZ5	50	25	10	SZ10	50	25
X yönünde çalışan perdelerin toplam kesit alanı							:1,25 m²
Y yönünde çalışan perdelerin toplam kesit alanı							:1,25 m²
Toplam kolon eşit alan							:1,25 m²



Şekil 1: Schmidt çekici ile ortalama beton basınç dayanım grafiği.

2.2.6 Beton karakteristik basınç dayanımı hesabı

Kolonlarda beton basınç dayanımını bulmak için N tipi schmidt çekici kullanılmıştır. Kolonun sıvasız yerinden 10x10 cm birim alandan 10 vuruş

yapılarak ortalama beton dayanımı belirlenir ve ardından schmidt çekici kalibrasyon grafiği ile gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra ortalama beton basınç dayanımı bulunmaktadır (Şekil 1).

2.2.7 Yapı ağırlığının hesaplanması

Yapının ağırlıklarının hesaplanmasında Tablo 5'de yer alan döşeme özelliğine göre birim metrekare başına düşen ağırlıklar bulunmaktadır. İncelenen bina kirişli döşeme tipindedir.

Tablo 5: Döşeme tipine göre birim alandaki kat ağırlıkları.

Döşeme Tipi	Gi (kN/m²)
Kirişli döşeme	12
Nervürlü döşeme	13
Asmolen döşeme	14
Kaset döşeme	15
Mantar döşeme	17

Yapı ağırlığının hesaplanması (16) nolu denklemde verilmiştir.

$$W = \sum (G_i + nxqi) * A_i \qquad (16)$$

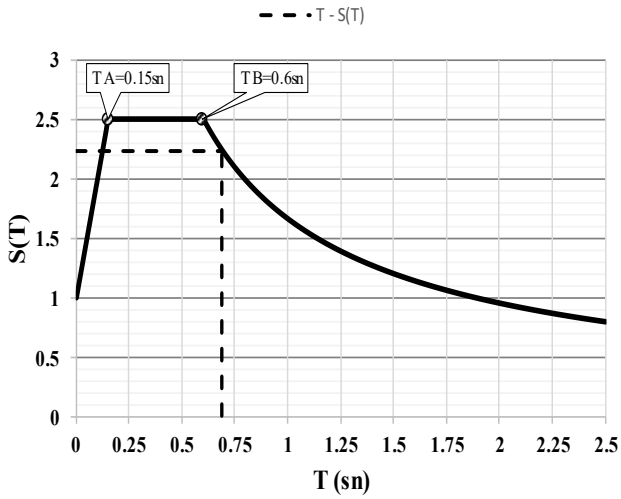
"W" toplam bina ağırlığı, "Gi" i. katta birim alana etkiyen sabit yük, "qi" i. katta birim alana etkiyen hareketli yük, "n" hareketli yük katılım katsayısı, "Ai" i. katın alanıdır. Toplam bina ağırlığı aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır. Tablo 6'da kat ağırlıkları ve toplam bina ağırlıkları verilen formül ve katsayılara göre bulunmaktadır.

Tablo 6: Kat ağırlıkları ve toplam bina ağırlığı.

Kat	Döşeme Tipi	Gi (kN/m²)	n	Qi (kN/m²)	Kat Alanı (m²)	Kat Ağırlığı (kN/m²)
1. Bodrum	Kirişli döşeme	12	0,3	2	670,00	8442,00
Zemin Kat	Kirişli döşeme	12	0,3	2	426,00	5367,60
1. Kat	Kirişli döşeme	12	0,3	2	400,00	5367,60
2. Kat	Kirişli döşeme	12	0,3	2	400,00	5040,00
3. Kat	Kirişli döşeme	12	0,3	2	400,00	5040,00
4. Kat	Kirişli döşeme	12	0,3	2	400,00	5040,00
W (Toplam Bina Ağırlığı (kN)) :						34297,20

2.2.8 Spektral ivme katsayısının hesaplanması:

2007 Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfları, bina doğal periyodu, bina önem katsayısı, etkin yer ivmesi katsayısına göre spektrum katsayısı bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2: Spektrum katsayısı (ST).

Spektral ivme katsayısının hesaplanması (17) nolu denklemde verilmiştir.

$$A(T) = A_0 * I * S(T) \qquad (17)$$

Denklem (17)'de A_0 etkin yer ivmesi katsayısını (DBYBHY, 2007 Tablo 2.2), I bina önem katsayısını (DBYBHY, 2007 Tablo 2.3) ve S(T) spektrum katsayısını temsil etmektedir.

2.2.9 Sürekli Çerçeve Puanı (SÇP) Değerlendirilmesi

Sürekli çerçeve puanı (SÇP), sürekli çerçeve oranı (SÇO)'ya göre hesaplanmaktadır. SÇO, mevcut sürekli çerçeve sayısının, kat planına göre oluşturulabilecek optimum sürekli çerçeve sayısına oranını ifade etmektedir.

- SÇP = 0,25 (SÇO ≤ 0,25)
- SÇP = SÇO (0,25 < SÇO < 0,50)
- SÇP = 1 (SÇO ≥ 0,50)

3. BULGULAR

Bu bina hızlı tarama yöntemlerinden AURAP ve P25 yöntemleri ile tahribatsız yöntemler ile risk analizleri yapılmıştır.

Tablo 7: P25 hızlı tarama yöntemi sonuç tablosu.

P SONUÇ (α x β x Pmin)					
19,97370518				GÖÇER!	
0	<	P	≤	24	GÖÇER
25	<	P	≤	34	ANALİZ
35	<	P	≤	100	GÖÇMEZ

Tablo 8: AURAP hızlı tarama yöntemi sonuç tablosu.

Düzensizlikler ve Yapısal Kusurlar	**Durum**	
A1-Burulma düzensizliği	Var	Düzensizlik ve yapısal kusurlara bağlı olarak hesaplanan Göreceli Bina Puanı; GBP = 56,36
A2-Kat süreksizlikleri	Yok	
A3-Planda çıkıntılar bulunması	Yok	
A4-Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması	Var	Yapısal çerçevelerin sürekliliğine bağlı olarak hesaplanan sürekli çerçeve puanları; X Yönü SÇP=1 Y Yönü SÇP=1
B1-Zayıf kat ya da B2-yumuşak kat	Yok	
B1 ve/veya B2 düzensizliğinin varlığı durumunda etriye sıklaştırması yapılmamış kolon bölgeleri	Yok	
B3-Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği	Yok	Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre binaya etkiyecek taban kesme kuvveti ile binanın kritik katının kesme kuvveti taşıma kapasitesine bağlı olarak hesaplanan yapısal emniyet faktörleri; X Yönü YEF=1,62 Y Yönü YEF=1,62
Kısa kolon	Yok	
Güçlü kiriş-zayıf kolon	Yok	
Köşe kolon	Var	
Asma kat varlığı	Yok	
En büyük açıklığın 6,00m'den büyük olması	Yok	
En büyük açıklığın 7,50m'den büyük olması	Yok	
Bina projelerinin bulunmaması	Yok	GBP, SÇP ve YEF değerlerinin çarpımı ile elde edilen bina sonuç puanları; X Yönü BSP=91 Y Yönü BSP=91
Bina yapım yılı (BYY) ≤ 1975	Var	
1976 ≤ BYY ≤ 1990	Yok	
1991 ≤ BYY ≤ 2000	Yok	
Kirişlerde etriye sıklaştırmasının olmaması	Var	
Kolonlarda etriye sıklaştırmasının olmaması[a]	Var	X ve Y yönleri için hesaplanan BSP puanlarından en küçük olanı, nihai bina sonuç puanını ifade etmektedir. **BSP = 91**
Zemin seviyesinin altında bodrum kat bulunmaması	Yok	
Tekil temel	Yok	
Kademeli temel	Yok	
Farklı katlarda farklı döşeme tiplerinin bulunması	Yok	
Nervürlü veya asmolen döşeme	Yok	
Mantar döşeme	Yok	
Komşu bina ile kat seviyesi farkı	Var	

Analiz işlem aşamalarına geçilmeden önce incelenecek yapıların mühendislik hizmeti alıp almadıkları denetlenmiş, almışlarsa yapılarla ilgili mühendislik projeleri temin edilmiş, yapıların projelere uygun inşa edilip edilmedikleri, yapı içinde gerçekleştirilen birebir ölçümlerle doğrulanmıştır. Projelerin incelenmesi ve yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler göz önünde bulundurularak yapılar için değerlendirmeye temel teşkil eden nihai puanlar belirlenmiştir. P25 hızlı değerlendirme yöntemi ve AURAP yöntemi esas olan binanın sonuç puanları Tablo 7'de ve Tablo 8'de verilmiştir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Düzce'de konut ve işyeri olarak projelendirilen B+Z+4 katlı bir bina üzerinde AURAP Yöntemi ve P25 Puanlama Yöntemi uygulanarak bina durumu karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda, P25 Puanlama Yöntemi ile hesaplanan P sonucu 19.97 olarak bulunmuş ve bina "göçer bina" sınıfına girmiştir. Bu yöntemin, diğer hızlı değerlendirme yöntemlerine kıyasla daha fazla yapısal faktörü dikkate alması nedeniyle uygulama süresi görece daha uzun olmaktadır.

AURAP Yöntemi ile yapılan değerlendirmede ise Bina Sonuç Puanı (BSP) 91 olarak belirlenmiş ve bina "orta düzey riskli" olarak sınıflandırılmıştır. Bu yöntem, binanın daha detaylı incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Ancak bu çalışma ön inceleme niteliğinde olup, nihai kararın 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamında performans analizi ile kesinleştirilmesi gerekmektedir. Yöntemin güvenilir sonuçlar verebilmesi için, kullanılan verilerin doğruluğu büyük önem taşımakta olup, kesinliği şüpheli verilerle uygulanmaması önerilmektedir.

İki yöntem arasındaki farklılığın temel nedeni, P1-P7 parametrelerinin P puanı üzerindeki doğrudan etkisidir. Özellikle P7 puanı, bina konumunun Düzce ili Merkez ilçesi Burhaniye Mahallesi'nde olması, zemin sınıfının Z4 olarak belirlenmesi ve yer altı su seviyesinin 5 metreden derinde

bulunması sebebiyle P puanını önemli ölçüde düşürmüştür.

P25 yönteminin, diğer değerlendirme yöntemlerinden ayrılan temel özelliklerinden biri dolgu duvarlarının hesaplamalara dahil edilmesidir. Bazı yöntemler dolgu duvarlarını tamamen göz ardı ederken, bazıları yalnızca kayma rijitliğini dikkate almakta ve eğilme rijitliğini ihmal etmektedir. P25 yöntemi ise her iki rijitliği de değerlendirme sürecine dahil etmektedir.

Buna ek olarak, bina yüksekliği de P25 yönteminin kritik bir değişkenidir. Hassan ve Sözen (1997) tarafından önerilen metot, belirli yükseklikteki yapılarla sınırlıyken, P25 yöntemi farklı sismik bölgeler ve zemin türlerinde parametrik analizler yapılarak geliştirilmiştir [13].

Ayrıca, birçok mevcut metot yalnızca tek bir göçme mekanizmasına dayanarak risk sınıfı belirlerken, P25 yöntemi hem zemin hem de üst yapı koşullarını, öne çıkan zayıflıkları ve bu zayıflıkların birbiriyle etkileşimlerini göz önünde bulunduran istatistiksel bir yaklaşım sunmaktadır. Bu sayede, yapıda en belirgin yapısal zafiyetin tespit edilmesi ve giderilmesi mümkün hale gelmektedir.

Yazar Katkısı: Her iki yazar, kaynak araştırması, risklerin hesaplanması ve analizi yapılması, makale yazımı süreçlerine katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından herhangi bir kurum ya da kişi ile çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

5. KAYNAKLAR

[1] TBDY 2019, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 2019.

[2] İ. E. Bal and Z. Özdemir, "The adverse effects of perimeter frame discontinuity on earthquake response of RC buildings," in *Proc. 7th Int. Congr. Advances in Civil Engineering*, Yıldız Technical Univ., İstanbul, Turkey, Oct. 11–13, 2006.

[3] İ. E. Bal, S. S. Tezcan, and F. G. Gülay, "Betonarme binaların göçme riskinin belirlenmesi için P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi," in *6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Turkey, 2007.

[4] M. Kaplan *et al.*, "A rapid seismic safety assessment method for mid-rise reinforced concrete buildings," *Bull. Earthq. Eng.*, 2017, doi: 10.1007/s10518-017-0229-0.

[5] İ. E. Bal, "Deprem etkisindeki betonarme binaların göçme riskinin hızlı değerlendirme yöntemleri ile belirlenmesi," M.S. thesis, İstanbul Teknik Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Turkey, 2005.

[6] G. Ezgi, "Betonarme yapıların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılan hızlı değerlendirme metotlarının karşılaştırılması," M.S. thesis, Balıkesir Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Balıkesir, Turkey, 2019.

[7] P. Gülkan and A. Yakut, "An expert system for reinforced concrete structural damage quantification," in *ACI SP-162, Mete A. Sozen Symposium*, pp. 53–71, 1994.

[8] M. Pala and Z. Şaşmaz, "Kat seviyeleri farklı bitişik nizam yapılarda kat kütlesinin çarpışma kuvvetine etkisi," *Adıyaman Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 6, no. 10, pp. 47–63, 2019.

[9] C. J. Athanassiadou, G. G. Penelis, and A. J. Kappos, "Seismic response of adjacent buildings with similar or different dynamic characteristics," *Earthquake Spectra*, vol. 10, no. 2, pp. 293–317, 1994.

[10] T. L. Youd *et al.*, "Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils," *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, vol. 127, no. 10, pp. 817–833, 2001.

[11] S. E. Sholtis and J. P. Stewart, *Topographic effects on seismic ground motions above and below a cut slope in sand*, Univ. of California, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Research Report, 1999.

[12] M. Çelebi, "Topographical and geological amplifications determined from strong-motion and aftershock records of the 3 March 1985 Chile earthquake," *Bull. Seismol. Soc. Am.*, vol. 77, no. 4, pp. 1147–1167, 1987.

[13] A. F. Hassan and M. A. Sözen, "Seismic vulnerability assessment of low-rise buildings in

regions with infrequent earthquake," *ACI Struct. J.*, vol. 94, no. 1, pp. 31–39, 1997.