



# Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 15.09.2025  
Kabul Tarihi : 19.01.2026

Received Date : 15.09.2025  
Accepted Date : 19.01.2026

## BİNA STOKUNUN ÖN DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİYLE SİSMİK GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİ: ÇINARCİK ÖRNEĞİ

### SEISMIC SAFETY ASSESSMENT OF THE BUILDING STOCK USING PRELIMINARY EVALUATION METHODS: A CASE STUDY OF ÇINARCİK

Sezer AYNUR<sup>1\*</sup> (ORCID: 0000-0002-2238-4637)  
Hilal MEYDANLI ATALAY<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0003-2231-0483)

<sup>1</sup> Çınarcık Belediyesi, Yalova, Türkiye

<sup>2</sup> Kocaeli Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Sezer AYNUR, sezer.aynr@gmail.com

#### ÖZET

1999 Gölçük, 2003 Bingöl, 2011 Van, 2020 Elazığ, 2020 İzmir ve 2023 Kahramanmaraş depremleri, standart altı betonarme binaların yetersizliklerini gözler önüne sermiştir. Bu depremler sonrasında yapılan saha çalışmalarında, düşey elemanların süreksizliği, planda ve çerçevede düzensizlikler, yumuşak kat ve kısa kolon gibi yapısal özelliklerin binanın deprem performansını doğrudan etkilediği belirlenmiştir. Benzer yıkımların önlenmesi için mevcut bina stokunun deprem güvenliğinin belirlenmesi önceliklidir. Literatürde, büyük ölçekli bina stoklarının hızlı ön değerlendirilmesine yönelik çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada, ülkemiz yapı karakteristiğine uygun P25 Puanlama Yöntemi, Kolon-Duvar İndeks Yöntemi, Geliştirilmiş Discriminant Analiz Yöntemi ve riskli yapıların tespiti için yayınlanan yönetmelikte yer verilen EK-A Yöntemi incelenmiştir. Çalışma kapsamında, 1999 Gölçük Depremine maruz kalmış beş-altı katlı ve farklı hasar derecelerine sahip 54 betonarme binanın performans puanları bu yöntemlerle belirlenmiş ve gerçek hasar dereceleriyle karşılaştırılmıştır. Böylece yöntemlerin güvenilirliği ve pratikteki etkinlikleri, performans puanlarının gerçek hasar sınıflarıyla uyumu esas alınarak karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Betonarme bina, hızlı görsel tarama, ön değerlendirme, deprem güvenliği.

#### ABSTRACT

The 1999 Gölçük, 2003 Bingöl, 2011 Van, 2020 Elazığ, 2020 Izmir, and 2023 Kahramanmaraş earthquakes have revealed the deficiencies of substandard reinforced concrete buildings. Field studies conducted after these earthquakes determined that structural characteristics such as discontinuity of vertical members, plan and frame irregularities, soft stories, and short columns directly affect a building's seismic performance. Determining the seismic safety of the existing building stock is a priority to prevent similar destruction. The literature contains numerous methods for the rapid preliminary assessment of large-scale building stocks. In this study, the P25 Scoring Method, the Column–Wall Index Method, the Enhanced Discriminant Analysis Method, and the Annex A Method included in the regulation for the identification of risky structures, which were developed or adapted in accordance with the characteristics of the Turkish building stock, were examined. Within the scope of the study, the performance scores of 54 reinforced concrete buildings with five to six stories and different damage levels that were subjected to the 1999 Gölçük Earthquake were determined using these methods and compared with the actual damage levels. In this way, the reliability and practical effectiveness of the methods were comparatively demonstrated based on the compatibility of the performance scores with the actual damage levels.

**Keywords:** RC building, Rapid visual screening, Preliminary evaluation, Seismic safety

#### GİRİŞ

Ülkemizde yaşanan 1999 Gölçük, 2003 Bingöl, 2011 Van, 2020 Elazığ, 2020 İzmir ve 2023 Kahramanmaraş depremlerinde yerleşim bölgelerinde benzer hasarlar meydana gelmiştir. Bu depremlerden sonra yapılan saha

çalışmalarında, kolon ankraj yetersizliği, bağlantı bölgelerindeki zayıflıklar, düğüm noktalarının göçmesi gibi mekanizmalar sıkça gözlemlenmiş, binaların gevrek göçme davranışı sergilediği belirlenmiştir. Bunun yanında düşey elemanların süreksizliği, planda düzensizlik ve çerçeve süreksizliği, yumuşak kat ve kısa kolon gibi yapısal özelliklerin binaların deprem performansını doğrudan etkilediği görülmüştür (Sezen et al. 2003; Doğangün, 2004; Karaşin & Karaesmen, 2005; Özden vd., 2011; Ergün & Yurtçu, 2016; Demir vd., 2020; Sertçelik vd., 2023). Bu sebeple güncel yönetmeliklere göre tasarlanmamış olan ve yapı stokunun önemli bir kısmını oluşturan betonarme binaların yeni binalara kıyasla olası deprem yüklerine karşı daha savunmasız olduğu değerlendirilmiştir. Eski ve yetersiz mühendislik hizmetiyle inşa edilmiş bu binaların incelenmesi ve deprem güvenliğinin belirlenmesi, şehrin afete dirençli bir şekilde gelişimi açısından hayati bir rol oynamaktadır. Ancak, yapı stokunun büyüklüğü ve yapı karakteristiklerindeki çeşitlilik göz önüne alındığında da, mevcut binaların deprem güvenliğinin değerlendirilmesi nitelikli mühendislik bilgisi ve önemli bir bütçe gerektirmektedir. Ayrıca bu binaların çoğu geometrik ölçüler ve malzeme dayanımları açısından güncel deprem yönetmeliği kriterlerini sağlamadığından, detaylı analizine gerek yoktur. Bu kapsamda binaların deprem güvenliğini temel bina bilgilerine dayalı olarak hızlı bir şekilde belirlemek, ön değerlendirme yapmak ve riskli yapıları önceliklendirmek, diğer binaları detaylı analizlere tabi tutmak amacıyla hızlı değerlendirme yöntemleri önemlidir.

Hızlı değerlendirme yöntemlerinin tarihsel gelişim sürecine bakılacak olursa; yapıların sismik güvenliğinin kısa sürede tespit edilmesi için yapılan ilk çalışmalar, 1968’ de Tokachi-Oki depreminden sonra Shiga vd. (1968) tarafından geliştirilen kolon duvar indeksini esas alan bir yöntemdir. Benzer amaçlarla geliştirilen Japon Sismik İndeks Yöntemi (JBDPA, 1990) ve Kanada Sismik Tarama Yöntemi (Rainer et al. 1993) daha yaygın bir biçimde literatürde yer almıştır. Bunu takiben bölgesel olarak geliştirilen ya da çeşitli yönetmeliklerde yer bulan farklı hızlı değerlendirme yöntemleri de ortaya konmuştur (Sucuoğlu et al., 2003; Yakut, 2004; Temür, 2006; Aung & Aye, 2021).

Literatürde bulunan hızlı değerlendirme yöntemleri genellikle iki grupta özetlenebilir. Birinci grup yöntemler; binanın dış cephe görseli (cadde fotoğrafı ya da street view) ile sahaya ait diğer depremsellik değişkenlerini yararlanılan görsele dayalı hızlı değerlendirme yöntemleridir (FEMA- 154, 2015; JBDDP, 1990; Sucuoğlu et al. 2007; RYTEİE, 2019). İkinci grup yöntemler ise yapının dış cephe görseli yanında kritik katında (daha çok zemin kat olarak kabul edilir) taşıyıcı sistem elemanlarının yerleşimi, eleman boyutları ve türlerine göre belirlenen bina kapasitesinden yola çıkarak değerlendirme yapan kapasiteye dayalı hızlı değerlendirme yöntemleridir. Kolon ve Duvar İndeks Yöntemi (Hassan & Sozen, 1997), Geliştirilmiş Diskriminant Analiz Yöntemi (Yüçemen & Özcebe, 2003), DURTES (Temür, 2003), P25 Yöntemi (Gülay vd. 2008), PERA (Ilki et al. 2014), AURAP (Kaplan et al.2018) kapasiteye dayalı yöntemlerdendir. Bu yöntemler literatürde kabul görmüş, tecrübe edilen depremlerden toplanan verilere göre binaların hasar/yıkılma olasılıklarını tahmin başarısı, kullanılabilirlik, hesap işlemlerinin zorluğu gibi değişkenler bakımından çok sayıda araştırmacı tarafından mukayese edilmiştir (Gülkan & Sözen, 1999; Gülay et al, 2011; Özhendekçi et al. 2012; Işık & Kutanis, 2013; Erşahan vd. 2020; Doğan et al., 2021; Özkul & Gülgeç, 2022).

Hızlı değerlendirme yöntemlerinin iyileştirilmesine yönelik olarak literatürde güncel çalışmalar da bulunmaktadır. Bu kapsamda, hızlı değerlendirme yöntemlerinde dikkate alınan yapısal parametrelerin farklı inşaat dönemlerine göre binaların deprem güvenliğinin belirlenmesindeki etkisini inceleyen çalışmada bina stokunun 2000 öncesi, 2000–2006 arası ve 2007 sonrası olmak üzere üç gruba ayrıldığı görülmektedir. Gerçekleştirilen kapsamlı simülasyon analizleri, hızlı değerlendirme sürecinde hangi yapısal parametrelerin kritik olduğunun belirlenmesi ve optimum bilgi düzeyinin oluşturulması açısından önemli değerlendirmeler sunmaktadır. Çalışma sonuçları toplanan yapısal parametre sayısının artmasının toplam mutlak hatayı azalttığını, özellikle beton dayanımı, kolon donatı oranı, etriye aralığı, kat yüksekliği ve zemin özellikleri gibi parametrelerin performans tahmininde kritik rol oynadığı ortaya koymaktadır. Buna karşılık bazı diğer parametrelerin etkisini ise bina tipolojisine bağlı olarak sınırlı kaldığı gösterilmiştir (Aydoğdu et al., 2025). Benzer şekilde kentsel ölçekte önceliklendirme yapmaya yönelik bir diğer çalışmada 6.5-7.0 moment büyüklüğündeki bir deprem senaryosunda bina stokunun kırılma davranışını belirlemek amacıyla deprem risk skoru tabanlı bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda 1975 öncesi inşa edilen yapıların neredeyse tamamının yüksek riskli olduğu belirlenmiştir. Bina yaşı ve kat adedi bölgeye özgü deprem hasar görülebilirliği açısından en etkili parametreler olarak tanımlandığı, detaylı analiz gerektiren binaların sistematik biçimde önceliklendirilmesinin mümkün olduğu raporlanmıştır (Albayrak et al., 2015).

Hızlı görsel değerlendirme yöntemleri, saha gözlemleriyle yapıların temel kırılma parametrelerinin belirlenmesini ve bu parametrelerle hasar düzeyleri arasındaki ilişkinin modellenmesini esas almakta olup, son yıllarda bu süreçteki belirsizlikleri yönetebilme kapasiteleri nedeniyle yumuşak hesaplama (Soft Computing) teknikleri, yapay sinir ağları,

makine öğrenmesi, bulanık mantık ve olasılıksal yaklaşımlar, hızlı değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Literatürde sunulan kapsamlı incelemeler, bu tekniklerin güçlü yönlerini, uygulama alanlarını ve hızlı kırılma hızı değerlendirilmesinin iyileştirilmesine sağladıkları katkıları açıkça ortaya koymaktadır (Harirchan et al., 2021). Bu doğrultuda Kaya ve Binici (2025), betonarme binaların temel periyodu ve katlar arası öteleme oranını hızlı şekilde tahmin edebilmek için bir yapay sinir ağı modeli geliştirmiştir. 1960–2020 yıllarına ait geniş bir bina veri setiyle eğitilen model, periyot ve ötelenme oranı tahminlerindeki mutlak hataların sırasıyla %2,96 ve %15,68 seviyesinde olduğu raporlanmıştır. Ayrıca yapay zeka teknikleri kullanılarak girdi parametrelerinin etkileri değerlendirilerek modelin yorumlanabilirliği artırılmıştır. Tahmin edilen ötelenme oranlarına dayalı hesaplanan deprem performans taleplerinin 2023 depremlerindeki gözlenen hasarlarla uyumlu sonuçlar vermesi ile yöntemin geçerliliğinin ve uygulanabilirliğinin doğrulandığı raporlanmıştır.

Bu bağlamda sunulan çalışmada bölgenin yapı karakteristiği ile uyumlu dört farklı hızlı değerlendirme yöntemi incelenmiştir. Bu yöntemlerden ilki 6306 sayılı Kanunun Uygulama Yönetmeliği ekindeki Ek-2: Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE) kapsamında, kullanım ömrünü tamamlamış ve/veya tamamlamak üzere olan, şiddetli bir depremde esnasında can ve mal güvenliğini sağlayamayacak yapıların doğru ve hızlı bir şekilde tespit edilmesi amacıyla geliştirilen Binaların Bölgesel Deprem Risk Dağılımını Belirlemek için Kullanılabilecek Basitleştirilmiş Yöntemdir. EK-A olarak anılacak bu yöntemde sokaktan gözlem yoluyla binalardan elde edilen yapısal özelliklere olumsuzluk puanı tanımlanarak bina için performans puanı belirlenmektedir. Çalışmanın devamında mimari ve/veya statik projelere ihtiyaç duyulan hızlı değerlendirme yöntemlerinden Kolon ve Duvar İndeks Yöntemi, P25 Puanlama Yöntemi, Geliştirilmiş Diskriminant Analiz Yöntemi incelenmiştir. Bu dört farklı yöntem Yalova İli, Çınarcık İlçesi, Taşlıman Mahallesi sınırları içerisinde bulunan ve 1999 Gölcük depremine maruz kalarak farklı seviyelerde hasar almış binalara uygulanmıştır. 1998 yılından önce inşa edilmiş bu binalar saha çalışması, mimari projelerin değerlendirilmesi, dinamik özelliklerin belirlenmesi, dolgu duvarların karakterize edilmesi ve yerel zemin koşullarının belirlenmesi gibi içerikle ayrıntılı olarak incelenmiştir. Binaların hasar seviyeleri AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) tarafından deprem sonrası yapılan hasar tespit raporlarından alınmıştır. Hasarsız, orta hasarlı ve ağır hasarlı olarak sınıflandırılan binalara dört farklı hızlı değerlendirme yöntemi uygulanmış; hesaplanan performans puanları gerçek deprem davranışı ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalı analizler ile yapısal parametrelerin binanın sismik performansı üzerine etkileri incelenmiş; ayrıca veri toplanması ve puan hesaplanması açısından yöntemlerin uygulanabilirliği ile performans puanları ile gerçek hasar seviyeleri arasındaki uyumluluk bakımından yöntemlerin güvenilirliği değerlendirilmiştir.

## HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Mevcut yapı stokunun sismik performansının ön değerlendirmesine yönelik geliştirilmiş birçok hızlı değerlendirme yöntemi bulunmaktadır. Farklı ülkelerde ve araştırma kurumlarında geliştirilen bu yöntemlerde deprem yönetmeliklerindeki düzenlemeler, inşaat uygulamalarındaki farklılıklar, bölgesel malzeme özellikleri, sismik parametrelerinin kullanımı, puanlama sistemleri ve değerlendirme kriterleri farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu çalışma kapsamında ele alınan hızlı değerlendirme yöntemleri gelişimi, metodolojik temelleri ve uygulama esasları çerçevesinde aşağıda özetlenmiştir.

### **Ek-A**

Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE), ilk olarak 2013 yılında, 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'un uygulanmasına yönelik olarak yayımlanmış ve söz konusu Kanunun eki niteliğinde yürürlüğe girmiştir. Ancak 2018 yılında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin güncellenmesiyle birlikte, deprem tehlike tanımlarında ve haritalarında önemli değişiklikler yapılmış; bu doğrultuda RYTEİE de yenilenerek 2019 yılında yeniden yayımlanmıştır.

EK-A yöntemi, bölgenin depremselliği, zemin sınıfı, bina taşıyıcı sistem tipine ve serbest kat sayısına göre temel bir yapısal puan atamaktadır. Yapısal olumsuzluk parametreleri, bina görsel kalitesi, yumuşak kat/zayıf kat, düşeyde düzensizlik, ağır çıkmalar, planda düzensizlik, kısa kolon etkisi, yapı nizamı ve bitişik binalarda döşeme seviyesi, tabii zemin eğimi hesaba katılarak performans puanı hesaplanmaktadır. Ancak performans puanına göre hasar seviyesinin tespitine yönelik puan sınırı tanımlanmamıştır.

### **Kolon ve Duvar İndeks Yöntemi (Öncelik İndeksi)**

Yöntem ilk olarak depremde göçme riski yüksek olan binaları hızlı ve pratik bir şekilde belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Yönteme Öncelik İndeksi de denilmesinin sebebi inceleme bölgesindeki binalar değerlendirilirken,

binaları birbirine göre göreceli bir sıralamaya tabii tutularak sismik performans açısından olumsuzdan, olumluya göre sıralama yapılabilmektedir.

Yöntemde uygulama kolaylığı ön planda tutulmuş ve proje üzerinden veya yerinde yapılan ölçümlerle kolaylıkla elde edilebilecek yapısal parametreler göz önünde bulundurulmuştur. Zemin kat kolon ve perde duvarların toplam kesit alanı ile kat alanı arasındaki orana dayanarak yapının yatay yüklere karşı dayanım kapasitesine ilişkin bir öncelik sıralaması yapılmaktadır. Değerlendirme de iki sınır bölgesi tanımlanmaktadır, kolon ve perde alanlarının kat alanına oranı her biri %0,25'in altında olan binalar yüksek öncelikli binalar olarak, %0,25 ile 0,50 arasında kalan binalar ise detaylı analiz gerektiren binalar olarak sınıflandırılmaktadır (Hassan & Sözen, 1997).

### **P25 Yöntemi**

Yöntem ilk olarak 'P5 Yöntemi' adıyla depremde can kaybının önlenmesi için mevcut binaların hızla taranmasını amaç edinen değerlendirme yöntemi olarak geliştirilmiştir. Daha sonra yöntem geliştirilerek, yaşanan depremlerden etkilenen farklı hasar seviyesi oluşan binalara uygulanmış hali ile P24 Yöntemi adını almıştır. Devamında Tübitak projesi kapsamında çok sayıda binaya uygulanarak yöntem kalibre edilmiş ve yeniden düzenlenerek P25 adını almıştır.

Yöntemde binaların mevcut betonarme perde, kolon ve dolgu duvar boyutları, rijitlikleri, taşıyıcı sistemin şekli, yapının yüksekliği, zemin ve malzeme özellikleri gibi parametreler üzerinden yapısal sistem puanı hesaplanmaktadır. Bununla birlikte kütle düzensizliği, taşıyıcı sistem düşey elemanların süreksizliği, döşeme süreksizliği, burulma düzensizliği, kısa kolon, ağır cephe elemanları, asma kat, çarpışma olasılığı, katlardaki seviye farkı ve kısmi bodrum, yumuşak kat ve zayıf kat, zayıf kolon, beton kalitesi, korozyon, enine donatı sıklığı, bina önem derecesi, deprem bölgesi, zemin tipi, zemin oturması, zemin sıvılaşması, heyelan durumu, zemin büyütmesi, topoğrafik etkiler, temel tipi, temel derinliği, yer altı su seviyesi gibi yapısal özellikler dikkate alınarak risk puanı belirlenmektedir. P25 yönteminde her bir bina için yedi temel risk puanı hesaplanır. Nihai sonuç puanı Denklem(1)'e göre belirlenen risk puanının düzeltme katsayıları ile çarpılması ile elde edilmektedir ve Denklem (2) de gösterilmektedir.  $\alpha$  düzeltme katsayısı, bina özem katsayısı, deprem bölgesine göre etkin yer ivmesi katsayısı, hareketli yük kat sayısı ve topoğrafya katsayısına göre hesaplanmaktadır.  $\beta$  katsayısı ise yedi risk puanının normalize edilmesiyle elde edilmektedir.

$$P_{min} = \min (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7) \quad (1)$$

$$P_{sonuç} = \alpha \cdot \beta \cdot P_{min} \quad (2)$$

P25 yönteminde binaları performans düzeyleri, hesaplanan  $P_{sonuç}$  değerine göre sınıflandırılmaktadır. Buna göre  $P_{sonuç} \leq 25$  olan binalar "yüksek riskli" olarak değerlendirilmekte ve deprem açısından öncelikli müdahale gerektirmektedir.  $25 < P_{sonuç} < 35$  aralığında kalan binalar "detaylı inceleme bölgesinde" yer almakta olup ek analizler yapılması önerilmektedir.  $P_{sonuç} \geq 35$  olan binalar ise "düşük risk bölgesinde" kabul edilmekte ve hızlı değerlendirme bakımından daha güvenli performans düzeyi gösterdiği tanımlanmaktadır (Gülay vd. 2008, Gülay et al. 2008).

### **Geliştirilmiş Diskriminant Analiz Yöntemi (İstatistiksel Yöntem)**

Yöntem 1999 Düzce depremi sonrasında mevcut bina hasar verileri kullanılarak geliştirilen diskriminant fonksiyonuna dayanan istatistiksel bir yöntemdir. Yöntemde bina stoğundaki iki önemli eksikliğe sahip binaları ayıklayabilecek istatistiksel bir yöntem geliştirilmiş olup, yöntemin istatistiksel olarak geliştirilmesinin sebebi ise deprem talebinin ve kapasitenin bazı nedenlerden dolayı tespit edilememesidir. Betonarme binalar için belirlenen hasar indeksine bağlı olarak yıkıcı bir deprem esnasında binada oluşacak hasar oranı, bu fonksiyon kullanılarak tahmin edilmektedir.

Bu yöntemde dikkate alınan yapısal parametreler, serbest kat adedi ( $n$ ), kat yükseklikleri oranına göre belirlenen yumuşak kat indeksi ( $ssi$ ), kat alanları oranına göre belirlenen ağır çıkma oranı ( $or$ ), düşey yapı elemanlarının atalet momentlerinin kat alanına oranı ile belirlenen yatay rijitlik indeksi ( $mnlstfi$ ), kolon, betonarme perde ve dolgu duvarların etkili kesme alanlarının kat alanına oranı ile belirlenen yatay dayanım indeksi ( $mnlisi$ ), sürekli çerçeve sayısı ile kat alanı dikkate alınarak normalize edilmiş çerçeve süreklilik puanı ( $nrs$ ) tanımlanmıştır. Söz konusu puanlar istatistiksel olarak geliştirilen diskriminat denkleminde yerine yazılarak hemen kullanım ve can güvenliği

performans seviyelerine karşılık gelen hasar indeksleri sırasıyla Denklem (3) ve Denklem (4)'e göre belirlenmektedir.

$$HI_{IO} = 0,808n - 0,334mnlstfi - 0,107mnlsi - 0,687nrs + 0,508ssi + 3,884or - 2,868 \quad (3)$$

$$HI_{LS} = 0,620n - 0,246mnlstfi - 0,182mnlsi - 0,699nrs + 3,269ssi + 2,728or - 4,905 \quad (4)$$

Hemen kullanım ve can güvenliği performans seviyelerine karşılık gelen kapasite sınır değerleri sırasıyla Denklem (5) ve Denklem (6)'ya göre belirlenmektedir. *CM* değeri zemin türü ve faya olan mesafeye bağlı olarak belirlenmektedir.

$$CV_{IO} = CM. (-0,085n^3 + 1,416n^2 - 6,951n + 9,979) \quad (5)$$

$$CV_{LS} = CM. (-0,090n^3 + 1,498n^2 - 7,518n + 11,885) \quad (6)$$

Hemen kullanım performans düzeyi için  $HI_{IO} < CV_{IO}$  ve  $HI_{LS} < CV_{LS}$  koşullarının her ikisinin birden sağlanması durumunda, bina yöntem kapsamında güvenli bina olarak sınıflandırılmaktadır. Bu koşullardan her ikisinin aynı sağlanamaması halinde bina "güvensiz bina" olarak değerlendirilir. Eğer bu iki koşuldan yalnızca biri sağlanıyor, diğeri sağlanamıyorsa bina "ara bölge" sınıfında yer almakta olup, bu gruptaki binaların çoğunlukla orta hasarlı yapılardan oluştuğu değerlendirilmektedir. Bununla birlikte ara bölgede farklı hasar seviyelerine sahip yapılarda bulunabilmektedir. Bu nedenle yöntemde ara bölgeye düşen binalar için detaylı yapısal analizlerin yapılması önerilmektedir (Yüçemen & Özcebe, 2003).

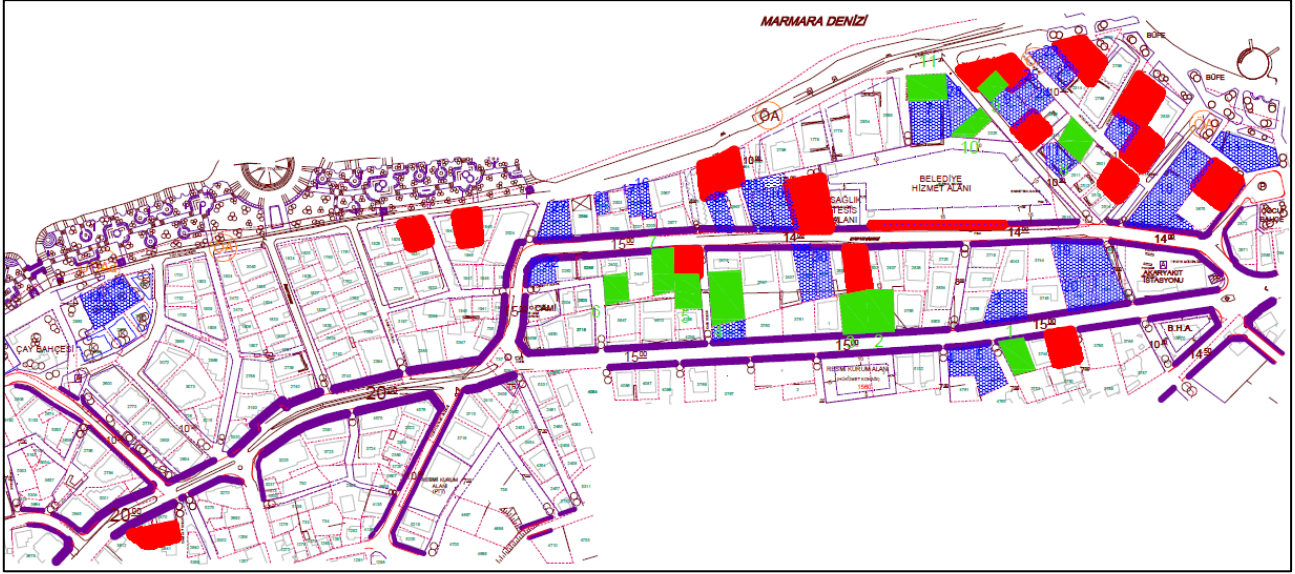
## SAHA ÇALIŞMASI

Yalova'nın Çınarcık ilçesi, Marmara Bölgesi'nin güneyinde, Yalova iline bağlı bir kıyı yerleşimidir. Deniz kenarında yer alan bu ilçe, özellikle yaz aylarında yerli ve yabancı turistlerin ilgisini çeken doğal güzelliklere sahiptir. Ancak ülkenin ana fay hattı olan Kuzey Anadolu Fay hattının etkisi altında olduğundan deprem tehlikesi yüksek bir bölgedir. 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen Gölcük Depremi şehirde ciddi can ve mal kayıplara neden olmuş, mevcut betonarme binalarda farklı seviyelerde yapısal hasar oluşturmuştur. Nüfus bazında Yalova'nın üçüncü büyük ilçesi olan Çınarcık'ta Taşlıman Mahallesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanındaki binalar dönemin Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen hasar tespit çalışmalarında tanımlanan hasar derecelerine göre gruplandırılmıştır. Hasarsız ile orta hasarlı bir bina, küçük yapısal olmayan onarımlarla onarılabilirken, orta hasarlı bir bina yapısal onarım gerektirdiği, ağır hasar ise binada göçme riski taşıyan veya güçlendirmesi mümkün olmayacak düzeyde hasar görmüş binaları ifade etmektedir. İncelenen binaların hasar dağılımı Tablo 1'de sunulmakta, binaların konumları ise Şekil 1'de gösterilmektedir. Şekilde kırmızı renkle gösterilen binalar ağır hasarlı, mavi renkle gösterilen binalar orta hasarlı ve yeşil renkle gösterilen binalar ise hasarsız binaları temsil etmektedir. (Çınarcık Belediyesi, 2009). İncelenen binalardan bazılarının ilişkin görseller Şekil 2'de yer almaktadır. Çalışma alanındaki binaların taşıyıcı sistemi genel olarak betonarme çerçeve veya çerçeve+perde sistem olup, konut amaçlı kullanılmaktadır. Binaların mimari ve statik projeleri arşivde mevcuttur, dolayısıyla binaların 1975 Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanıp inşa edildiği bilinmektedir. Binalardaki ortak özelliklerden döşeme tipi plak döşeme olup her iki yönde 10 cm ve/veya 16 cm kalınlığında olduğu belirlenmiştir. Zemin kat yükseklikleri 2,80 m ile 4,50 m, normal kat yükseklikleri ise 2,80 m ile 3,20 m arasında değişmektedir.

**Tablo 1.** Taşlıman Mahallesinde incelenen binaların hasar dağılımı

İncelenen bina	Hasarsız	Orta Hasar	Ağır Hasar
Sayı	11	28	15

Dört farklı hızlı değerlendirme yöntemi kullanılarak 54 bina üzerinde değerlendirme yapılmıştır. Bu kapsamda Ek-A yöntemi yalnızca saha gözlemlerine dayalı sokaktan tarama yoluyla uygulanmıştır. P25 yönteminde ise saha gözlemlerinin yanı sıra bina projelerinden elde edilen veriler de değerlendirmeye alınmıştır. Kolon ve Duvar İndeks Yöntemi ve Geliştirilmiş Diskriminant Analiz Yönteminde ise bina projelerinden elde edilen veriler esas alınmıştır. Ayrıca, binaların mevcut durumunun proje verileri ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı



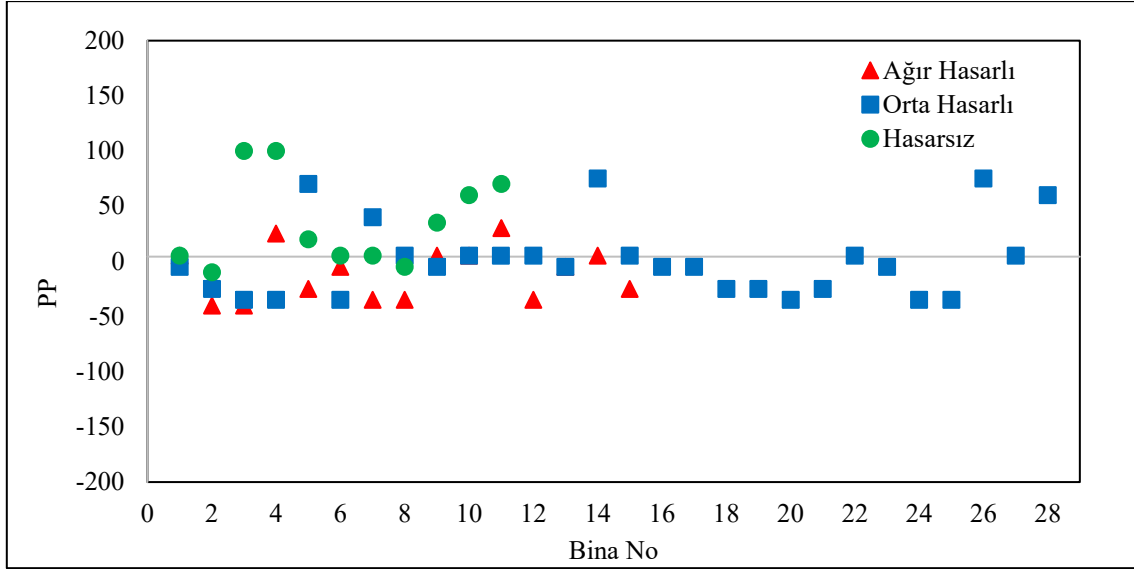
Şekil 2. Çalışma alanı örnek bina envanteri

## SONUÇLARIN TARTIŞILMASI

Çalışma kapsamında hızlı değerlendirme yöntemleriyle her bir bina için hesaplanan performans puanları, binaların deprem sonrası tespit edilen gerçek hasar seviyeleri ile karşılaştırılmıştır. Böylece yöntemlerin öngördüğü performans düzeyleri ile binanın maruz kaldığı gerçek deprem hasar sınıfları arasındaki uyum derecesi irdelenmiştir. Ayrıca her bir yöntemde performans puanını belirleyen taşıyıcı sistem tipolojisi, betonarme perde varlığı, yumuşak/zayıf kat etkisi gibi yapısal parametreler ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu parametrelerin puan üzerindeki etkileri tartışılmıştır.

### Ek-A

Çalışma alanında seçilen binalar beş ve altı katlı olduğundan bu binalar için elde edilebilecek performans puanı (PP), en olumsuz durumda (-118) iken hiçbir düzensizliğin olmadığı bina için (+200) olmaktadır. Bu yöntemle elde edilen performans puanları incelendiğinde (100, -40) arasında değişmektedir (Şekil 3). Analiz sonucu elde edilen bina bilgileri Tablo 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3. EK-A'ya göre bina performans puanları

Ağır hasarlı binaların puanları; (+30, -40), arasında değişmektedir. En düşük performans puanına sahip bina, 6 katlı, taşıyıcı sistemi betonarme çerçeve olan ve ağır çıkma, zayıf/yumuşak kat düzensizliğine sahip binadır. Ancak en yüksek performans puanına sahip binada da planda düzensizlik, zayıf/yumuşak kat ve ağır çıkma düzensizlikleri bulunmaktadır ancak bina 5 katlı ve taşıyıcı sistemi perde+çerçeve sistemdir. Orta hasarlı binaların performans puanları; (+75, -35) arasında değişmektedir. En düşük puana sahip bina 5 katlı ve betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme sahiptir. Binada ağır çıkma, planda düzensizlik ve zayıf/yumuşak kat düzensizlikleri mevcuttur. Puanı en yüksek olan 6 katlı binada benzer düzensizlikler bulunmasına karşın taşıyıcı sistemi perde+çerçeve sistemdir. Hasarsız binaların performans puanları; (+100, -10) arasında değişmektedir. En düşük performans puanına sahip hasarsız bina, 6 katlı, çerçeve sistem, ağır çıkma ve zayıf/yumuşak kat düzensizliği mevcuttur. Buna karşın en yüksek performans puanına sahip hasarsız binada sadece ağır çıkma düzensizliği mevcut olup taşıyıcı sistemi perde+çerçeve sistemdir.

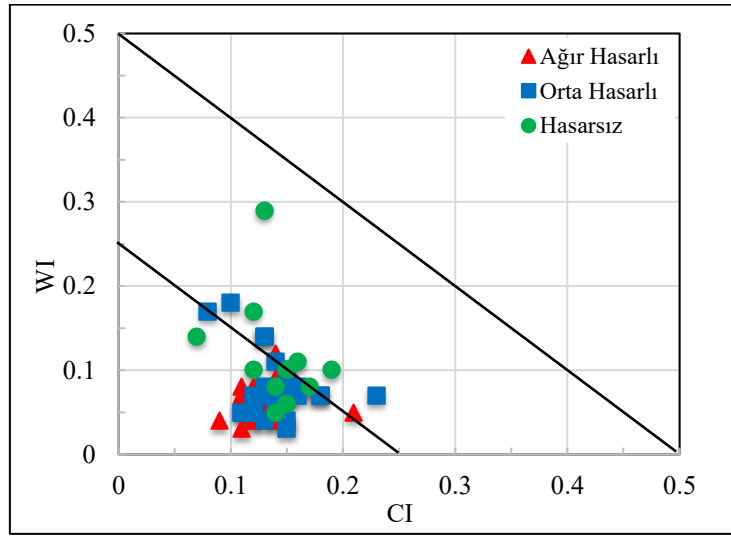
Tablo 2. EK-A'ya göre yapısal özellik karşılaştırma cetveli

Kusurlar/Özellikler	Ağır Hasarlı Binalar		Orta Hasarlı Binalar		Hasarsız Binalar	
	Düşük Puan	Yüksek Puan	Düşük Puan	Yüksek Puan	Düşük Puan	Yüksek Puan
Performans Puanı	-40	+30	-35	+75	-10	+100
Kat Sayısı	6	5	5	6	6	5
Taşıyıcı Sistem Türü	BAC	BACP	BAC	BACP	BAC	BACP
Ağır Çıkma	√	√	√	√	√	√
Zayıf/Yumuşak Kat	√	√	√	x	√	x
Planda Düzensizlik	x	√	√	√	x	x
Düşeyde Düzensizlik	x	x	x	x	x	x

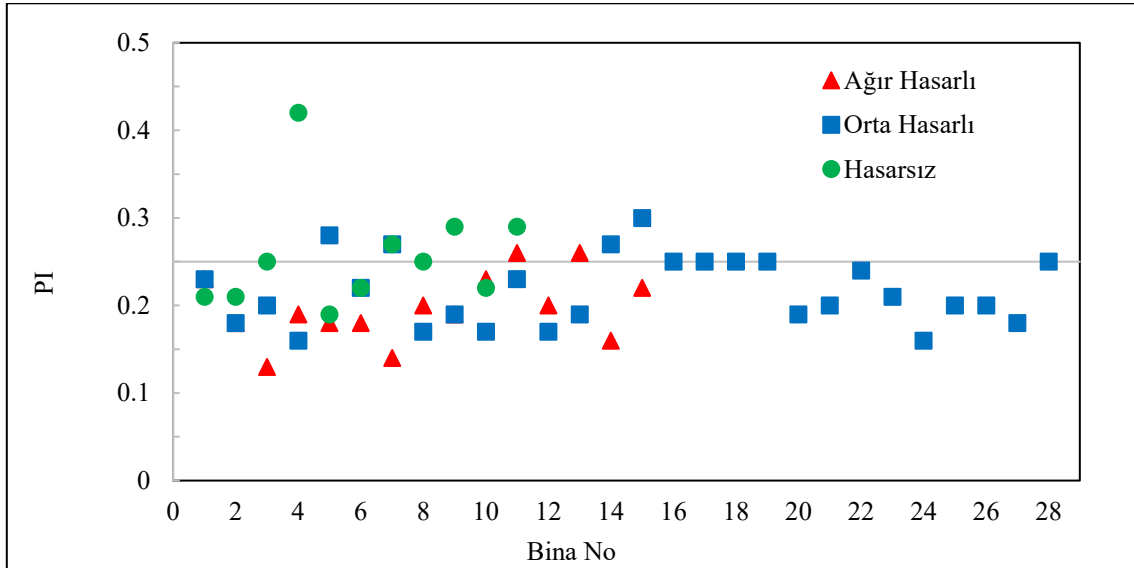
Tüm binalar için ortalama performans puanı 4,26 olarak belirlenmiştir. Bu değer referans alınarak, üzerinde puana sahip binalar güvenli, altında kalanlar ise güvensiz kabul edildiğinde; ağır hasarlı binaların 9'u güvensiz, 6'sı güvenli; orta hasarlı binaların 16'sı güvensiz, 12'si güvenli; hasarsız binaların ise 2'si güvensiz, 9'u güvenli olarak sınıflandırılmıştır. Sonuç olarak söz konusu hızlı değerlendirme yöntemine göre taşıyıcı sistemde betonarme perde duvar bulunması performans puanına oldukça olumlu katkı sağlamaktadır. Ayrıca serbest kat adedinin az olması, planda düzensizlik ve zayıf/yumuşak kat düzensizliklerinin bulunmaması performans puanını artırmaktadır. Yöntem, sokaktan gözlemlenebilen sınırlı yapısal parametreler üzerinden bina performans puanlarını belirlemekte; böylece deprem riski yüksek yapıların bölgesel düzeyde önceliklendirilmesine olanak sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre ağır hasarlı binalar ile hasarsız binalar için, yöntemin uygulanmasından çıkan performans puanlarının fiziki hasar durumları ile uyumlu olduğu görülse de tüm binalar dikkate alındığında yöntemle belirlenen performans puanı ile gerçek hasar sınıfı arasında net bir korelasyon kurulamamıştır.

### Kolon ve Duvar İndeks Yöntemi (Öncelik İndeksi)

Yöntemde kolon indeksi (CI), duvar indeksi (WI) ve bu iki değerin toplamı olan öncelik indeksi (PI) hesaplanarak hasar sınıfı tanımlanmaktadır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4 ve 5'te gösterilmektedir. Çalışma alanında PI değerleri ağır hasarlı binalar için 0,13-0,26, orta hasarlı binalar için 0,16-0,30 ve hasarsız binalar için 0,19-0,42 aralığında bulunmuştur. Ağır hasarlı binaların önemli bir kısmı birinci bölgede toplanmış ve gerçek hasar seviyesi ile yüksek oranda uyumludur. Ancak orta hasarlı ve hasarsız binaların performans puanı birinci ve ikinci bölgeye yayılmış, yüksek riskli ve detaylı analiz bölgesinde kalmıştır. Oran olarak ağır hasarlı 15 binadan 2'si detaylı analiz, 13'ü yüksek riskli bölgede; orta hasarlı 28 binadan 9'u detaylı analiz, 19'u yüksek riskli bölgede, 11 hasarsız binadan 6'sı detaylı analiz, 5'i ise yüksek riskli bölgede yer almıştır. Sonuç olarak ağır ve orta hasarlı binalar kolon ve duvar indeks parametrelerine göre aynı bölgede yığılım göstermiştir.



Şekil 4. Binalara İlişkin CI ve WI Değerleri



Şekil 5. Binaların kolon ve duvar indeksi yöntemi PI sonuç cetveli

Şekil 5'de bakıldığında, tüm hasar gruplarına ait binaların öncelik indeksi puanlarının 0,13-0,42 aralığında değiştiği görülmektedir. Tablo 3'de özetlenen bina özelliklerine göre en düşük PI puanına sahip ağır hasarlı bina 6 katlı, çerçeve sistemli, en yüksek PI değerine sahip bina ise 5 katlı perde+çerçeve sistemlidir. Orta hasarlı binalarda en düşük ve en yüksek PI değerlerine sahip binaların her ikisi de 5 katlı çerçeve sistem olup farkın temel nedeni toplam kat alanıdır. Hasarsız binalarda en düşük PI puanı 6 katlı çerçeve sistemde, en yüksek PI değeri ise 5 katlı perde+çerçeve sistemde gözlenmiştir. Yöntem sonuçları betonarme perde duvarların varlığının PI puanını belirgin ölçüde artırdığını göstermektedir. Bununla birlikte yöntem yatay/düsey düzensizlik, malzeme kalitesi, detaylandırma, bina yüksekliği ve yerel zemin koşullarını dikkate almamakta, bu nedenle PI sonuçları mevcut hasar durumuyla tam bir uyum göstermemiş, göreceli sınıflandırma sınırlı kalmıştır.

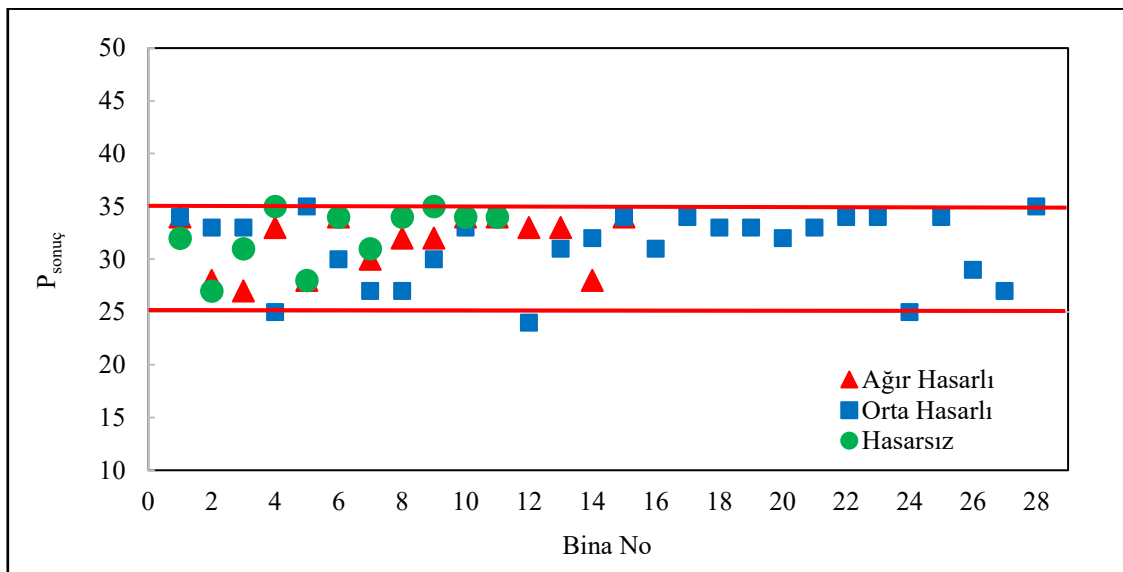
**Tablo 3.** Öncelik indeks yöntemi yapısal özellik karşılaştırma cetveli

Kusurlar/Özellikler	Ağır Hasarlı Binalar		Orta Hasarlı Binalar		Hasarsız Binalar	
	Düşük Puan	Yüksek Puan	Düşük Puan	Yüksek Puan	Düşük Puan	Yüksek Puan
Öncelik İndeksi (PI)	0,13	0,26	0,16	0,30	0,19	0,42
Kat Sayısı	6	5	5	5	6	5
Taşıyıcı Sistem Türü	BAÇ	BAÇP	BAÇ	BAÇ	BAÇ	BAÇP
Ağır Çıkma	-	-	-	-	-	-
Zayıf/Yumuşak Kat	-	-	-	-	-	-
Planda Düzensizlik	-	-	-	-	-	-
Düşeyde Düzensizlik	-	-	-	-	-	-
Tşyc. Sis. Elmn. Etkin Kesit Alanı/ Toplam Kat Alanı	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek

### P25 Yöntemi

Tüm binalar için yapısal risk durumunu temsil eden temel yapısal puan, kısa kolon puanı, zayıf/yumuşak kat puanı, çerçeve süreksizliği/çıkma puanı, çarpışma puanı, sıvılaşma puanı, zemin hareketi puanı olmak üzere yedi farklı risk puanı hesaplanmıştır. Bu puanlar arasından en küçük değer olan  $P_{min}$ , düzeltme katsayıları  $\alpha$  ve  $\beta$  ile çarpılarak her bir bina için  $P_{sonuç}$  puanı elde edilmiştir.  $\alpha$  düzeltme katsayısı, deprem yönetmeliğinde verilen bina önem katsayısı, hareketli yük çarpanı, deprem bölgesine göre belirlenen efektif ivme katsayısı ve topografik konum katsayısı göz önüne alınarak belirlenmekte,  $\beta$  düzeltme katsayısı ise her bir risk puanının ilgili ağırlık çarpanları ile normalize edilerek hesaplanmaktadır. P25 yönteminin geliştirildiği dönemde, inceleme alanı için geçerli 1. derece deprem tehlike bölgesi için etkin yer ivmesi 0,40g olarak kabul edilmiş ve performans sınıfı sınır puanları bu kabule göre tanımlanmıştır. Bu nedenle,  $\alpha$  düzeltme katsayısının belirlenmesinde de aynı değer esas alınmış ve elde edilen sonuçlar bu doğrultuda değerlendirilmiştir. Binalar için hesaplanan  $P_{sonuç}$  değerleri ile yöntemde tanımlanan performans düzeyleri Şekil 6'da sunulmaktadır.

P25 yöntemi ile elde edilen sonuçlar, ağır hasarlı, orta hasarlı ve hasarsız tüm binaların  $P_{sonuç}$  değerlerinin 25–35 aralığında toplandığını göstermektedir. Bu durumun temel nedeni, yöntemde yer alan  $P_7$  risk puanının zemin sınıfı, yeraltı su seviyesi ve bölgesel deprem tehlikesi gibi çevresel parametrelere dayanmasıdır. İncelenen 54 bina aynı mahalle içinde ve benzer zemin koşullarında yer aldığı için,  $P_7$  tüm binalarda benzer değerler almakta ve yöntemin bina bazındaki yapısal farklılıklarını ayırt etme yeteneğini azaltmaktadır. Ayrıca yöntemin hesaplama yapısı gereği, zemin kaynaklı bu parametrelerin nihai puan üzerinde baskın hale gelmesi, binalar arasındaki yapısal farkların sonuç puanına sınırlı ölçüde yansımaya neden olmaktadır.

**Şekil 6.** Binaların P25 yöntemi  $P_{sonuç}$  puanları

Bu nedenle P25 yönteminin bölgesel risk dağılımını çıkarmak veya ada, mahalle veya ilçe ölçeğinde önceliklendirme yapmak amacıyla geliştirilmiş bir yöntem olmadığı, her bir binayı bina ölçeğinde değerlendiren bir hızlı

değerlendirme yöntemi olduğu anlaşılmıştır. Dolayısıyla yöntemin benzer zemin koşullarına sahip dar alanlarda bina risk seviyelerini karşılaştırmalı biçimde sıralamak için tek başına yeterli olmadığı ancak tekil binaların yapısal zayıflıklarını tanımlamak ve detaylı analize yönlendirmek için etkin bir yöntemdir. Yöntemin özellikle yumuşak/zayıf kat, kısa kolon ve ağır çıkma gibi kritik yapısal parametreleri dikkate alması nedeniyle mühendislik uygulamalarında bina bazlı hızlı tarama aracı olarak kullanılabilir olduğu değerlendirilmiştir.

Tablo 4’de yer alan bina verileri incelendiğinde, ağır hasarlı binalardan performans puanı en düşük olan bina 6 katlı ve çerçeve sistemden oluştuğu, ağır çıkma, zayıf/yumuşak kat ile planda düzensizlik gibi yapısal kusurlar içerdiği görülmektedir. Buna karşılık performans puanı en düşük olan ağır hasarlı bina 5 katlı çerçeve sistem olup zayıf/yumuşak kat ile planda düzensizlik gibi yapısal kusurlar içermektedir. Orta hasarlı binalarda en düşük ve en yüksek performans puanına sahip binaların her ikisi de 5 katlıdır. İki bina arasındaki yapısal fark yüksek puanlı binada perde+çerçeve sistem olmasıdır. Hasarsız binalarda en düşük puanlı bina 6 katlı çerçeve sistem iken yüksek puanlı bina 5 katlı ve perde+çerçeve sistemdir.

Performans puanını etkileyen temel yapısal parametrelerin; taşıyıcı sistem elemanlarının toplam etkin kesit alanının kritik kat planı alanına oranı ve taşıyıcı sistem elemanlarının atalet momentlerinin kritik kat planı atalet momentine oranı olduğu belirlenmiştir. Bir başka deyişle taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit alanının ve atalet momentlerinin daha büyük ve kritik kat alanı daha küçük olan binaların performans puanları daha büyük olmakta, dolayısıyla bu binalar düşük risk bölgesinde kalmaktadır. Ayrıca üç veya dört cephede ağır çıkmanın bulunması, binanın yüksekliği yani kat sayısının fazla olması, çerçeve süresizliği ve planda düzensizlik bulunması gibi yapısal parametrelerin performans puanını belirleyici bir rol oynadığı anlaşılmaktadır.

**Tablo 4.** P25 yöntemi yapısal özellik karşılaştırma cetveli

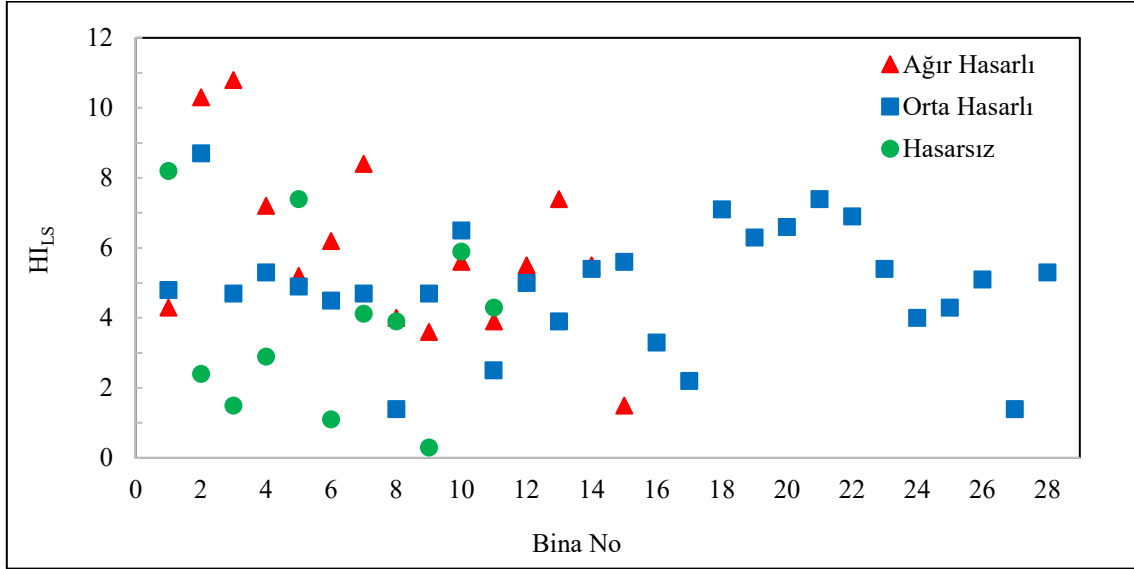
Kusurlar/Özellikler	Ağır Hasarlı Binalar		Orta Hasarlı Binalar		Hasarsız Binalar	
	Düşük Puan	Yüksek Puan	Düşük Puan	Yüksek Puan	Düşük Puan	Yüksek Puan
<b>Performans Puanı</b>	<b>27</b>	<b>34</b>	<b>24</b>	<b>35</b>	<b>27</b>	<b>35</b>
Kat Sayısı	6	5	5	5	6	5
Taşıyıcı Sistem Türü	BAÇ	BAÇ	BAÇ	BAÇP	BAÇ	BAÇP
Ağır Çıkma	√	x	√	x	√	x
Zayıf/Yumuşak Kat	√	√	√	x	√	x
Planda Düzensizlik	√	√	x	x	x	x
Düşeyde Düzensizlik	x	x	x	x	x	x
Tşyc. Sis. Elmn. Etkin Kesit Alanı/ Toplam Kat Alanı	-	-	-	-	-	-
Tşyc. Sis. Elmn. Atalet Momenti/ Toplam Kat Alanı	-	-	-	-	-	-
Tşyc. Sis. Elmn. Etkin Kesit Alanı/ Kritik Katın Etkin Kesit Alanı	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
Tşyc. Sis. Elmn. Atalet Momenti/ Kritik Katın Atalet Momenti	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
Bina Yüksekliği	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük
Tşyc. Sis. Sürekli Çerçevesi	Orta	Orta	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek

### **Geliştirilmiş Diskriminant Analiz Yöntemi (İstatistiksel Yöntem)**

Resmi kurumlarca farklı derecelerde hasar aldığı tespit edilen binaların hem hemen kullanım hem de can güvenliği performans düzeylerine karşılık gelen hasar indeksleri hesaplanmıştır. Ayrıca, her bir bina için bu performans düzeylerine ilişkin kapasite sınır değerleri belirlenmiş ve binaların performansı sınıflandırılmıştır. Tüm binalara ait can güvenliği hasar indeksleri Şekil 7’de gösterilmektedir. Bu yöntemde hasar indeksi ile deprem güvenliği ters orantılıdır; hasar indeksi azaldıkça, binanın deprem güvenliği artmaktadır.

Çalışma alanındaki binalar için can güvenliği performans seviyesine karşılık gelen kapasite sınır değeri, 5 katlı binalar için 0,58, 6 katlı binalar için ise 1,49 olarak belirlenmiştir. Çalışma alanındaki ağır hasarlı binalara yöntem uygulandığında hasar indekslerinin 1,5-10,8 aralığında değiştiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre binaların tümünde hasar indeksi kapasite sınır değerinin üzerinde çıkmış ve bu nedenle binalar güvensiz bölge içerisinde yer almıştır. Orta hasarlı binalarda elde edilen hasar indekslerinin 1,4-8,7 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla orta hasarlı binalar için hasar indeksi kapasite sınır değerinin üzerinde olduğundan bütün binalar güvensiz

bölge içerisinde yer almıştır. Hasarsız binalarda ise 0,3 ile 8,2 arasında değişmektedir. 2 bina ara bölgede, diğer binalar güvensiz bölge içerisinde yer almıştır. Şekil 6'da görüldüğü gibi bu yöntem çalışma alanındaki binaları mevcut hasar seviyelerine tam olarak uygun biçimde sınıflandıramamış olsa bile üç farklı hasar sınıfındaki binalar kendi içerisinde lokal bir yığılma göstermektedir. Can güvenliği hasar indeksi sonuç puanlarına göre ağır hasarlı binalar 6,0-11,0 aralığında, orta hasarlı binalar 4,0-6,5 aralığında, hasarsız binalar ise 0-4,0 aralığında yer almıştır.



Şekil 7. Binaların istatistiksel yöntem HI<sub>LS</sub> indeks puanları

Tablo 5. İstatistiksel yöntem yapısal özellik karşılaştırma cetveli

Kusurlar/Özellikler	Ağır Hasarlı Binalar		Orta Hasarlı Binalar		Hasarsız Binalar	
	Düşük Puan	Yüksek Puan	Düşük Puan	Yüksek Puan	Düşük Puan	Yüksek Puan
Hemen kullanım performans puanı (HI <sub>10</sub> )	13,6	1,9	11,5	2,1	10,2	0,7
Can Güvenliği performans puanı (HI <sub>LS</sub> )	10,8	1,5	8,7	1,4	8,2	0,3
Can güvenliği kullanım performans seviyesi (CV <sub>LS</sub> )	1,49	0,58	0,58	0,58	1,49	0,58
Kat Sayısı	6	5	5	5	6	5
Taşıyıcı Sistem Türü	BAÇ	BAÇ	BAÇ	BAÇ	BAÇP	BAÇ
Ağır Çıkma	√	x	√	x	√	x
Zayıf/Yumuşak Kat	√	x	√	x	√	x
Planda Düzensizlik	-	-	-	-	-	-
Düşeyde Düzensizlik	-	-	-	-	-	-
Tşyc. Sis. Elmn. Etkin Kesit Alanı/ Toplam Kat Alanı	Düşük	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Yüksek
Tşyc. Sis. Elmn. Atalet Momenti/ Toplam Kat Alanı	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük
Tşyc. Sis. Elmn. Etkin Kesit Alanı/ Kritik Katın Etkin Kesit Alanı	-	-	-	-	-	-
Tşyc. Sis. Elmn. Atalet Momenti/ Kritik Katın Atalet Momenti	-	-	-	-	-	-
Bina Yüksekliği	-	-	-	-	-	-
Tşyc. Sis. Sürekli Çerçevesi	Yüksek	Orta	Düşük	Orta	Düşük	Orta

Bu dağılım yöntemin sınırlı da olsa hasar seviyeleri arasında ayırt edici bir eğilim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Binalar arasında hasar indeks puanı en yüksek ve en düşük olan yapılar arasındaki puan farkına yol açan yapısal parametreler Tablo 5'de özetlenmiştir. Ağır hasarlı binalarda performans puanı düşük olan bina 6 katlı çerçeve sistem olup zayıf/yumuşak kat ve ağır çıkma düzensizlikleri bulunmaktadır. Performans puanı yüksek olan bina ise 5 katlı çerçeve sistem olup yapısal düzensizlikler mevcut değildir. Bununla birlikte puan farkına sebep olan yapısal

parametre ise binadaki taşıyıcı sistem elemanlarının toplam etkin kesit alanının toplam kat alanına oranının fazla olmasıdır. Orta hasarlı binalarda en düşük ve en yüksek performans puanına sahip binaların her ikisi de 5 katlı çerçeve sistemdir. Hasarsız binalarda en düşük performans puanına sahip bina, 6 katlı çerçeve+perde sistemden oluşmaktadır. En yüksek performans puanına sahip bina ise 5 katlı betonarme çerçeve sistemdir. Her iki hasar grubundaki en düşük puanlı binalarda zayıf/yumuşak kat ve ağır çıkma düzensizlikleri bulunurken, puanı yüksek olan binalarda bu düzensizlikler mevcut değildir. Ayrıca performans puanı düşük olan binaların taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit alanlarının toplam kat alanına oranı performans puanı yüksek olan binaya göre fazla olmasına rağmen, ağır çıkma ve zayıf/yumuşak kat düzensizliklerinin bulunması puan farkının açılmasına sebep olmuştur.

### ***Performans Puanlarının Gerçek Hasar Seviyeleri ile Karşılaştırılması***

Çalışma alanındaki binalar için elde edilen performans puanlarının binalarda tespit edilmiş gerçek hasar seviyeleri ile tutarlılığı karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 8'de gösterilmektedir. Ek-A yönteminde (Şekil 7.a); ağır hasarlı binaların %40'nın güvenli, %60'ının ise güvensiz sınıfta kaldığı, orta hasarlı binalarda ise bu oranların %43 güvenli ve %57 güvensiz şeklinde olduğu görülmüştür. Hasarsız binaların ise %82'si güvenli ve %18'i güvensiz olarak sınıflandırılmıştır. Bu sonuçlara göre yöntemin özellikle ağır hasarlı ve hasarsız binalarda ayırt edici bir sınıflandırma yapabildiği görülmüş ancak orta hasarlı binalarda performans puanı ile gerçek hasar seviyesi arasında belirli bir uyumluluk sağlanamadığı anlaşılmıştır.

Kolon ve Duvar İndeks Yöntemi (Şekil 7.b) sonuçlarına göre; ağır hasarlı binaların %13'ü detaylı analiz, %87'si yüksek riskli bölgede kalmıştır. Orta hasarlı binalarda bu oran %32 detaylı analiz ve %68 yüksek riskli bölgede kaldığı, hasarsız binaların ise %55'inin detaylı analiz bölgesinde ve %45'nin yüksek riskli bölgede kalmaktadır. Bu sonuçlara göre yöntemin özellikle ağır hasarlı binaları doğru şekilde "yüksek riskli" olarak tanımlayabildiği ancak orta hasarlı ve hasarsız binalarda öngörülen tutarlılığın sağlanamadığı görülmektedir.

P25 yöntemi (Şekil 7.c) sonuçlarına göre; ağır hasarlı, orta hasarlı ve hasarsız tüm binaların performans puanına göre %100'ünün "detaylı analiz" bölgesinde kaldığı belirlenmiştir. Buna karşın hiçbir bina düşük risk veya yüksek risk kategorisinde ayrılmamıştır. Dolayısıyla yöntemin aynı bölgede bulunan binalar arasında gerçek hasar seviyeleri ile uyumlu sınıflandırma yapmakta yetersiz kaldığı görülmüştür.

Geliştirilmiş Diskriminant Analiz Yöntemi (Şekil 7.d) sonuçlarına göre; ağır hasarlı ve orta hasarlı binaların tamamının güvensiz sınıfta kaldığı değerlendirilmiştir. Hasarsız binaların %82'si güvenli, %18'i ara bölge sınıfta kalmaktadır. Bu sonuçlar yöntemin ağır hasarlı binaları doğru şekilde güvensiz olarak ayırabildiği ve hasarsız binaların büyük çoğunluğunun "güvenli grup" içerisinde sınıflandırarak gerçek hasar seviyeleri ile yüksek düzeyde uyum sağladığını göstermektedir.

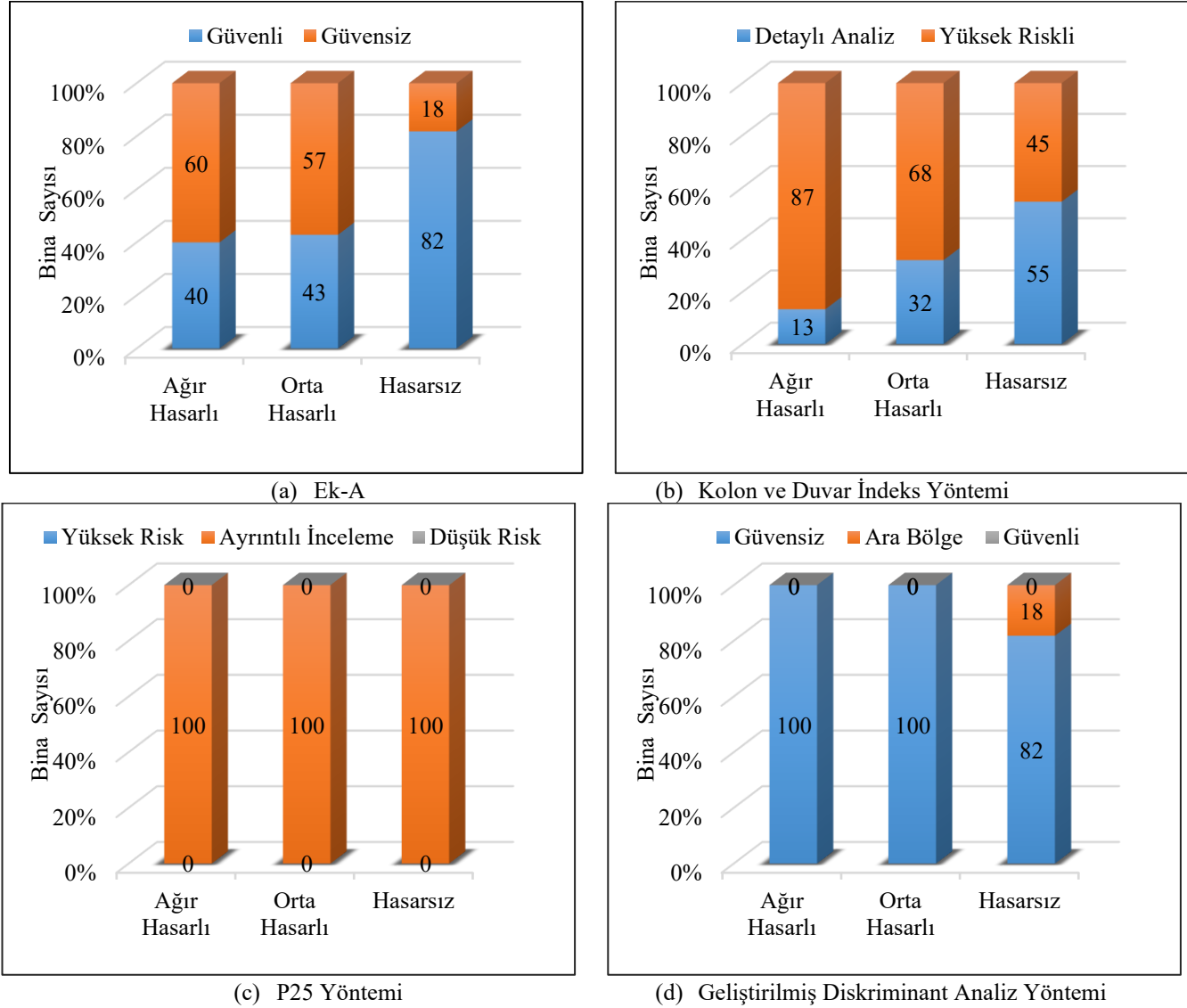
### ***Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi***

Bu çalışma kapsamında incelenen dört hızlı değerlendirme yöntemi farklı veri ihtiyacı, parametre seti, değerlendirme yaklaşımı ve kullanım amaçlarına sahiptir. EK-A yöntemi, yalnızca sokak gözlemlerine dayalı minimal veri ile uygulanabilmesi sayesinde proje ve zemin bilgisi sınırlı olan yapılarda pratik bir ilk tarama aracı işlevi görmektedir. Ancak taşıyıcı sistem kapasitesini doğrudan modellemediğinden yöntemin ayrıştırıcılığı düşüktür. Kolon ve Duvar İndeks Yöntemi, kritik kattaki taşıyıcı eleman alanlarına dayalı basit bir kapasite göstergesi sunduğundan proje verisi mevcut olan ancak ayrıntılı analiz yapılamayan durumlarda kullanılabilir, buna karşın yapısal düzensizlikleri, malzeme özelliklerini ve zemin etkilerini dikkate almadığı için sınırlıdır. P25 Yöntemi, taşıyıcı sistem geometrisi, düzensizlikler, malzeme özellikleri ve zemin etkilerini birlikte değerlendiren daha kapsamlı bir yaklaşım olup proje bilgisi mevcut olan yapılarda ön değerlendirme için uygun yöntemdir. Ancak homojen zemin koşullarına sahip sınırlı alanlarda risk seviyelerini ayırt etme kapasitesi azalmaktadır. Geliştirilmiş Diskriminant Analiz Yöntemi deprem sonrası hasar verilerine dayalı istatistiksel bir sınıflandırma sunmakta olup veri kalitesi ve parametre duyarlılığı yüksek olan yapılarda daha güvenilir sonuçlar verebilmektedir. Ancak bu yöntemde sınır değerlerin zemin ve bina özelliklerine bağlı olması nedeniyle her bölgeye doğrudan uygulanması zorlaşmaktadır.

## **SONUÇLAR**

Hızlı değerlendirme yöntemleri, gözlemsel ve analitik olarak belirlenen yapısal parametrelere göre binaların deprem güvenliğini daha kısa zamanda ve daha düşük maliyetle belirleyerek risk sınıflandırması yapabilmektedir. Bu amaçla geliştirilen pek çok yöntem literatürde ve çeşitli yönetmeliklerde yer almaktadır. Söz konusu yöntemlerden Ek-A, Kolon Duvar İndeks Yöntemi, P25 Yöntemi ve Geliştirilmiş Diskriminant Analiz Yönteminin pratikteki etkinlik ve

güvenilirliklerini değerlendirmek amacıyla planlanan bu çalışmada söz konusu yöntemler Yalova İli, Çınarcık İlçesi, Taşlıman Mahallesi'nde bulunan binalara uygulanmıştır. Çalışma alanındaki toplam 54 bina 1999 Gölcük Depremine maruz kalmış olup farklı hasar seviyeleri göstermiştir. Hasar seviyelerine ilişkin veriler deprem sonrası düzenlenen resmi hasar tespit raporlarından alınmış olup, 15 bina ağır hasarlı, 28 bina orta hasarlı ve 11 bina hasarsız olarak tanımlanmıştır.



Şekil 8. Binaların performans puanına göre sınıflandırılması

EK-A yönteminden elde edilen performans puanları ile binaların gerçek hasar sınıfları karşılaştırıldığında Ağır hasarlı ve hasarsız binalar için sonuçların genel olarak uyumlu görünse de tüm binalar dikkate alındığında yöntemle belirlenen performans puanı ile gerçek hasar sınıfı arasında net bir korelasyon kurulamamıştır. Ayrıca bu yöntem taşıyıcı sistemde perde duvar bulunması ve/veya serbest kat sayısının az olması durumunda performans puanını artırırken, planda ve düşeyde düzensizlikler ile yumuşak/zayıf kat olması durumunda performans puanını azaltmaktadır.

Öncelik indeks (PI) yöntemine göre hesaplanan puanlar ve bu puanların grafikte yer aldığı bölgelere incelendiğinde “ağır hasarlı” binaların önemli bir kısmı olması gerektiği yüksek Riskli bölgede kalmaktadır. Buna karşın “orta hasarlı” ve “hasarsız” binalar için elde edilen indeks puanları ile mevcut hasar sınıfları arasında tam bir korelasyon sağlanamamış ve göreceli bir sınıflandırma yapılamamıştır. Yöntemde çerçeve+perde sistemli binalarda etkili kesme alanının büyük olması ve toplam kat alanı küçük olması durumunda yüksek puanlar elde edilmektedir.

İncelenen 54 binaya P25 yöntemi uygulandığında “ağır hasarlı”, “orta hasarlı” ve “hasarsız” binalar için hesaplanan  $P_{sonuç}$  puanları 25-35 puan aralığında yığılmıştır. P25 yöntemi, aynı bölgede ve benzer zemin koşullarına

sahip binaların risk sınıflarını ayırt etmede yetersiz kalmakta ve mevcut hasar sınıflarıyla uyumlu bir sınıflandırma sağlayamamaktadır. Performans puanını etkileyen temel yapısal parametrelerin; binadaki taşıyıcı sistem elemanlarının toplam etkin kesit alanının kritik kat planı alanına oranı ve taşıyıcı sistem elemanlarının atalet momenti kapasitelerinin kritik kat planı atalet momenti kapasitesi oranı olduğu belirlenmiştir.

Geliştirilmiş diskriminant analiz yöntemi ile çalışma alanındaki betonarme binalar için hasar indeks puanları hesaplanmış ve buna paralel olarak binaların düştüğü risk bölgesi karşılaştırıldığında “ağır hasarlı” binaların tamamı beklendiği gibi güvensiz bölgeye düşmektedir. Ancak “orta hasarlı” binaların tamamı ve “hasarsız” binaların %2’si beklenenin aksine güvensiz bölgede kalmıştır. İncelenen binaların en yüksek ve en düşük hasar indeks puanı arasındaki farka neden olan temel yapısal parametreler; taşıyıcı sistem elemanlarının toplam etkin kesit alanı ve atalet momenti kapasitelerinin toplam kat alanına oranı ile ağır çıkma düzensizliğidir. Bu yöntem çalışma alanındaki binaları mevcut hasar seviyelerine tam olarak uygun biçimde sınıflandıramamış olsa bile üç farklı hasar sınıfındaki binalar kendi içerisinde lokal bir yığılma göstermektedir.

Bu karşılaştırma, dört hızlı değerlendirme yönteminin veri gereksinimi, parametre seti, değerlendirme yaklaşımı, ayrıştırmacılık düzeyi ve kullanım amaçları bakımından önemli farklılıklar içerdiğini göstermiştir. Yöntemlerin tekil binalar ile bölgesel ölçekli uygulamalarda birbirini tamamlayıcı nitelikte değerlendirilmesi gerektiği gösterilmiştir.

### **Yapay Zeka Katkı Beyanı**

Bu makale, herhangi bir yapay zeka aracının yardımı olmaksızın yazılmış, analiz edilmiş ve hazırlanmıştır. Metin, veri analizi ve şekiller de dâhil olmak üzere tüm içerik yalnızca yazarlar tarafından oluşturulmuştur. Yalnızca kaynakların yazım formatı, yapay zekâ yardımıyla düzenlenmiştir.

### **KAYNAKLAR**

- Albayrak, U., Canbaz, M., & Albayrak, G. (2015). A rapid seismic risk assessment method for existing building stock in urban areas. *Procedia Engineering*, 118, 1242–1249. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.476>
- Aung, M. M. M., & Aye, M. N. (2021). Seismic safety assessment of existing low-rise RC buildings with rapid visual screenings and preliminary evaluation methods. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, 38(1), Article 6. <https://doi.org/10.29037/ajstd.649>
- Aydoğdu, H. H., Maeda, M., & İlki, A. (2025). Importance and effectiveness of structural parameters in rapid seismic safety assessment of existing buildings. *Structures*, 82, 110428. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.110428>
- Çınarcık Municipality. (2009). *1/1000 scaled implementation zoning plan (March-2009)*. Yalova.
- Demir, A., Özyüksel Çiftçioğlu, A., Sınır, B. G., Başarı, E., Doğan, E., Nohutcu, H., Bozkurt, M. B., Erdem, R. T., & Altıok, T. Y. (2020). *İzmir (Seferihisar-Sisam) depreminin sismik karakteristiği ve meydana gelen yapısal hasarların incelenmesi* (Teknik Rapor, MCBU Civil Engineering Reports, MCBUCIVILENG.R-2020.2). Manisa Celal Bayar Üniversitesi.
- Doğan, T. P., Kızılkula, T., Mohammadi, M., Erkan, İ. H., Tekeli Kabaş, H., & Arslan, M. H. (2021). A comparative study on the rapid seismic evaluation methods of reinforced concrete buildings. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 56, 102143. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102143>
- Doğangün, A. (2004). Performance of reinforced concrete buildings during the May 1, 2003 Bingöl earthquake in Turkey. *Engineering Structures*, 26(6), 841–856. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2004.01.003>
- Ergün, A., & Yurtcu, Ş. (2016). Yığma ve betonarme yapılarda deprem sonrası oluşan hasarların teknik analizi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(1), 65–76.
- Erşahan, Ö. A., Köse, M. M., & Avgın, S. (2020). P25 metodu ile Kahramanmaraş yapı stoğunun incelenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(1), 9–21. <https://doi.org/10.17780/ksujes.621333>
- Federal Emergency Management Agency. (2015). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A handbook* (3rd ed.; FEMA P-154). Washington, D.C., USA.
- Gülkan, P., & Sözen, M. A. (1999). Procedure for determining seismic vulnerability of building structures. *ACI Structural Journal*, 96(3), 336–342.

- Gülay, F. G., Kaptan, K., Bal, İ. E., & Tezcan, S. S. (2011). P25 scoring method for the collapse vulnerability assessment of R/C buildings. *Procedia Engineering*, 14, 1219–1228. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.153>
- Gülay, F. G., Tezcan, S. S., Bal, İ. E., & Sevinç, S. (2008). Binaların deprem güvenliği konusunda geliştirilen P25 puanlama yönteminin kalibrasyonu ve pilot bölge uygulaması (Proje Raporu, TÜBİTAK, UCID-106M278).
- Harirchian, E., Aghakouchaki Hosseini, S. E., Jadhav, K., Kumari, V., Rasulzade, S., Işık, E., Wasif, M., & Lahmer, T. (2021). A review on application of soft computing techniques for the rapid visual safety evaluation and damage classification of existing buildings. *Journal of Building Engineering*, 43, 102536. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102536>
- Hassan, A. F., & Sozen, M. A. (1997). Seismic vulnerability assessment of low-rise buildings in regions with infrequent earthquakes. *ACI Structural Journal*, 94(1), 31–39. <https://doi.org/10.14359/458>
- Ilki, A., Comert, M., Demir, C., Orakcal, K., Ulugtekin, D., Tapan, M., & Kumbasar, N. (2014). Performance based rapid seismic assessment method for reinforced concrete frame buildings (PERA). *Advances in Structural Engineering*, 17(3), 439–459. <https://doi.org/10.1260/1369-4332.17.3.439>
- Japan Building Disaster Prevention Association. (1990). *Standard for seismic evaluation of existing reinforced concrete buildings (JBDPA-1990)*. Tokyo, Japan.
- Kaplan, O., Güney, Y., Topçu, A., & Özçelikoş, Y. (2018). A rapid seismic safety assessment method for mid-rise reinforced concrete buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(2), 889–915. <https://doi.org/10.1007/s10518-017-0229-0>
- Karaşin, A. H., & Karaesmen, E. (2005, March). Bingöl depreminde meydana gelen yapısal hasarların irdelenmesi. *Kocaeli Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, Türkiye.
- Kaya, Y. E., & Binici, B. (2025). Data-driven estimation of maximum interstory drift ratio of reinforced concrete frame buildings with deep learning models. *Journal of Building Engineering*, 112, 113670. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.113670>
- Ozhendekci, N., & Ozhendekci, D. (2012). Rapid seismic vulnerability assessment of low- to mid-rise reinforced concrete buildings using Bingöl's regional data. *Earthquake Spectra*, 28(3), 1165–1187. <https://doi.org/10.1193/1.4000065>
- Oyguç, R. A. (2022). 24 Ocak 2020 Elazığ depreminde hasar gören yapıların sismik davranışlarının incelenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 140–155. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.1000615>
- Özden, Ş., Akpınar, E., & Atalay, H. M. (2011, December). “23 Ekim 2011 Tarihli Van Depremi”nde gözlenen yapı hasarları / Reconnaissance Report – Van Earthquake of October 2011. Kocaeli Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.
- Rainer, J. H., Allen, D. E., & Jablonski, A. M. (1993). *Manual for screening of buildings for seismic investigation (UCID-NRCC 36943)*. Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada.
- Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE-2019), 6306 Sayılı Kanunun Uygulama Yönetmeliği. (2019, 16 Şubat). *Resmi Gazete* (Sayı: 30688).
- Sezen, H., Whittaker, A., Elwood, K. J., & Mosalam, K. M. (2003). Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practice in Turkey. *Engineering Structures*, 25(1), 103–114. [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(02\)00121-9](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(02)00121-9)
- Shiga, T., Shibata, A., & Takahashi, T. (1968). Earthquake damage and wall index of reinforced concrete buildings. *Proceedings of the Tohoku District Symposium, Architectural Institute of Japan*, 6(3), 2467–2472.
- Sertçelik, F., Opan, M., Ulutaş, E., Irmak, T. S., Tunç, B., Akpınar, E., Meydanlı Atalay, H., Engin, S., Temiz, T., Öztürk, O., Sinir, H., Behçet, Ö. F., Çalışkur, A. B., & Özberk, Ö. F. (2023). *Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık Mw 7.7 ve Elbistan Mw 7.6) depremleri saha inceleme raporu*. Kocaeli Üniversitesi Vakfı Yayınları. ISBN: 978-605-71873-3-8
- Sucuoğlu, H., & Yazgan, U. (2003). Simple survey procedures for seismic risk assessment in urban building stocks. In S. T. Wasti & G. Özcebe (Eds.), *Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings* (pp. 97–118). Springer.

Sucuoğlu, H., Yazgan, U., & Yakut, A. (2007). A screening procedure for seismic risk assessment in urban building stocks. *Earthquake Spectra*, 23(2), 441–458. <https://doi.org/10.1193/1.2720931>

Temür, R. (2006). Hızlı durum tespit (DURTES) yöntemi ve bilgisayar programının geliştirilmesi (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yakut, A. (2004, August 1–6). Preliminary seismic assessment procedure for reinforced concrete buildings in Turkey. *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering (13WCEE)*, Vancouver, BC, Canada.

Yüccemen, M. S., & Özcebe, G. (2003, Ekim 21–23). Estimation of potential earthquake damage to reinforced concrete buildings by the discriminant analysis method. *Structural Mechanics Seminar*, Eskişehir, Türkiye.