

Araştırma Makalesi / Research Article

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Etkilediği İllerdeki Bina Stokunun Özellikleri

Characteristics of Building Stock in Cities Affected by the February 6, 2023 Kahramanmaraş Earthquakes

Tuba EROĞLU AZAK^{*1} , Bekir Özer AY² 

¹ Milli Savunma Üniversitesi, Kara Harp Okulu, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara

² Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara

Geliş (Received): 9 Mayıs (May) 2023 / Düzeltme (Revised): 21 Mayıs (May) 2023 / Kabul (Accepted): 26 Mayıs (May) 2023

ÖZ

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde yaklaşık 9 saat arayla sırasıyla M_w 7.7 ve M_w 7.6 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. Birbirinden bağımsız meydana gelen iki deprem geniş bir alanda hissedilmiş, deprem merkezinde ve çevre illerde büyük hasara sebep olmuştur. Çok sayıda binanın yıkıldığı ve resmi kayıtlara göre 50 binden fazla can kaybının yaşandığı 6 Şubat 2023 depremlerinin en çok etkilediği şehirler Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye ve Şanlıurfa'dır. Bu çalışmada depremde en çok yıkımın ve büyük can kayıplarının olduğu bu illerdeki bina stoku derlenmiştir. İncelenen bina stoku bina taşıyıcı sistemine, kullanım amacına, kat sayısına ve deprem şartnamesi zaman dilimlerine göre ilçe bazında bir araya getirilmiştir. Depremler sırasında yıkılan, ağır hasar alan ve deprem sonrasında yıkımına karar verilen binalar artık derlenen yapı stoku içerisinde yer almamaktadır. Ancak, meydana gelen depremlere ait birçok kuvvetli yer hareketi istasyonunda kaydedilen yer ivmesi kayıtları ve yaşanan depremler nedeniyle hasar gören binaların bilgisi deprem çalışmaları açısından önemli bir veri seti oluşturmaktadır. Bu bağlamda, deprem öncesi yapı stoku için deprem risk çalışmalarının yapılarak yapı stokunda yer alan bina tiplerine uygun kırılma eğrilerinin test edilmesi ve iyileştirilmesi mümkündür. Çalışmada sunulan verilerin deprem risklerinin gerçekçi hesaplanmasında ve bu sayede deprem risklerinin azaltılmasında alınacak önlemler konusunda önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bununla beraber, derlenen yapı stoku kullanılarak farklı bölgelerde deprem tehlikesi altındaki benzer yapı stokları için kayıp hesaplarının yapılması da mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Türk bina stoku, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri, Deprem riski, Türk yapı stokunun özellikleri, İstatistiksel çalışma

ABSTRACT

On February 6, 2023, two distinct earthquakes occurred approximately 9 hours apart in the districts of Pazarcık and Elbistan in Kahramanmaraş. The first earthquake had a magnitude of M_w 7.7; and was followed by a second earthquake with a magnitude of M_w 7.6. These independent seismic events were felt over a wide area and caused significant damage in the epicentral region and surrounding provinces. Numerous buildings collapsed and according to official records, the earthquakes resulted in the loss of more than 50,000 lives. The most affected cities include Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye, and Şanlıurfa; most of

the destruction and significant loss of life occurred here. This study has compiled the building stock in these provinces. The examined building stock has been gathered on a district basis, considering each building's structural system, building use, number of floors, and seismic code time periods. Buildings that collapsed, suffered severe damage, or were condemned (to be demolished) after the earthquakes are no longer included in the compiled building stock. However, the recorded ground motion acceleration data obtained during the earthquakes from various strong-motion stations; and the damage level information regarding the buildings in the stock, constitute an important dataset for earthquake studies. In this context, conducting earthquake risk assessments for the pre-earthquake building stock, testing and calibrating fragility curves appropriate for the building types within the building stock, is possible. It is believed that the information presented in this study will make a significant contribution to the realistic calculation of earthquake vulnerability and thus assist in taking measures to mitigate earthquake risks. Furthermore, utilizing the compiled building stock, it is also possible to perform loss calculations for similar building stocks exposed to seismic hazards in different regions.

Keywords: *Turkish building stock, February 6, 2023, Kahramanmaraş Earthquakes, Earthquake risk, Characteristics of the Turkish building stock, Statistical study*

GİRİŞ

Deprem risklerinin hesabı için gerekli iki önemli bileşen deprem tehlikesi ve yapısal davranıştır. Deprem, ne zaman, nerede ve ne büyüklükte olacağı kesin olarak tahmin edilemeyen bir doğa olayıdır. Ancak, deprem mühendisliğindeki yöntemler ve kabuller çerçevesinde oluşturulan tehlike modelleri sayesinde deprem yer hareketi parametrelerinin ihtimaller dahilinde hesaplanması mümkündür. Deprem risk çalışmalarının bir diğer unsuru olan yapıların deprem davranışı ise yapıya ait taşıyıcı sistem, malzeme kalitesi, yaş, kat sayısı, inşaat kalitesi, zemin tipi gibi parametrelerle ilgili. Yapıların deprem tehlikesi altında hasargörebilirliklerinin hesaplanması sayesinde, deprem riskleri ve kayıplar tahmin edilebilmektedir. Bu bağlamda deprem risklerinin gerçekçi bir şekilde belirlenmesi ve mevcut yapı stoklarının depreme karşı dayanıklılığının artırılması büyük önem arz etmektedir.

Türkiye’de, özellikle yaklaşık son 25 yılda yaşanan depremlerde çok sayıda can kaybı yaşanmış, büyük ekonomik kayıplar verilmiştir. Ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda milat olarak kabul edilen 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi sonrasında ise çok sayıda

büyük deprem yaşanmıştır. Son olarak 6 Şubat 2023 tarihinde aynı gün yaklaşık 9 saat arayla gerçekleşen M_w 7.7 ve M_w 7.6 büyüklüğündeki depremler ise merkez üssü olan Kahramanmaraş ve çevre illerde büyük bir yıkıma ve can kayıplarına neden olmuştur. Ne yazık ki, deprem nedeniyle verilen can ve mal kayıpları deprem risklerinin azaltılması konusunda istenilen seviyeye gelinmediğini bir kez daha göstermiştir. Bu çalışmada 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin en çok yıkıma sebep olduğu Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye ve Şanlıurfa illerindeki yapı stoku derlenmiştir. Derlenen yapı stoku, kullanım amacı, taşıyıcı sistem, kat sayısı ve binanın tabi olduğu deprem yönetmeliği bilgisine göre ilçe bazında incelenmiştir. Yapılan incelemelerde verilen istatistikler bina sayısı olarak sunulmuş bazı incelemelerde ise bağımsız birim sayısı bilgisine de yer verilmiştir. Çalışmada sunulan istatistikler, incelenen bölgedeki bina stoku için temsili modellerin oluşturulmasında rahatlıkla kullanılabilir. Deprem sırasında yıkılmış binaların ve deprem sonrasında yıkımına karar verilen ağır ve orta hasarlı binaların derlenen bu yapı stokunda artık yer almadıkları bir gerçektir.

Ancak bu çalışmanın asıl amacı deprem öncesinde mevcut yapı stokunu ortaya koymaktır. Depremde hasar gören binaların hasar seviyeleri ile ilgili çalışmalar T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından deprem sonrasında tamamlanmıştır. Bununla beraber depremlere ait yer ivmeleri, çalışma sahasında geniş bir ağa sahip olan AFAD'a ait birçok kuvvetli yer hareketi istasyonunda kaydedilmiştir. Bu bağlamda, deprem öncesi mevcut bina stoku, deprem ivme kayıtları ve hasar tespit çalışmaları büyük bir veri setini oluşturmaktadır. Bu veri seti kullanılarak, deprem risk modellerinin oluşturulması, meydana gelen depremlerde hasar görmüş binaların hasar tahminlerinin yapılması aşamasında hesapların doğrulanması ve kayıp hesaplarının yapılması mümkündür.

Bununla beraber, Türk yapı stoku bölgesel olarak bazı farklılıklar içeriyor olsa da genel anlamda taşıyıcı sistem, kat sayısı, malzeme kalitesi gibi ana parametreler açısından zamana bağlı olarak farklı şehirlerde benzer değişimler göstermiştir. Bu anlamda, bu çalışmada sunulan bina stoku verilerinin deprem tehlikesi altındaki diğer şehirlerimizde yapılacak deprem risk çalışmaları için de bir altlık oluşturabileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın ilk kısmında öncelikli olarak daha önce Türk bina stoku hakkında yapılan çalışmalardan kısaca bahsedilecektir. Ardından çalışma sahası tanıtılacak, Doğu Anadolu Fay Zonu'nun özelliklerine değinilecektir. Çalışmanın sonraki kısmında ise bina stoku verisinin derlendiği TÜİK 2000 Bina Sayımı ve 2001-2021 yılları arasında derlenen Yapı İzin İstatistikleri hakkında bilgi verilecektir. Araştırma bulgularının sunulduğu bir sonraki kısımda ise, çalışmada incelenen 10 ile ait bina stokunun özellikleri dikkate alınan her bir parametre için ilçe bazında sunulacaktır.

Çalışmanın son kısmında ise elde edilen bilgiler özetlenecek ve sonuçlara değinilecektir.

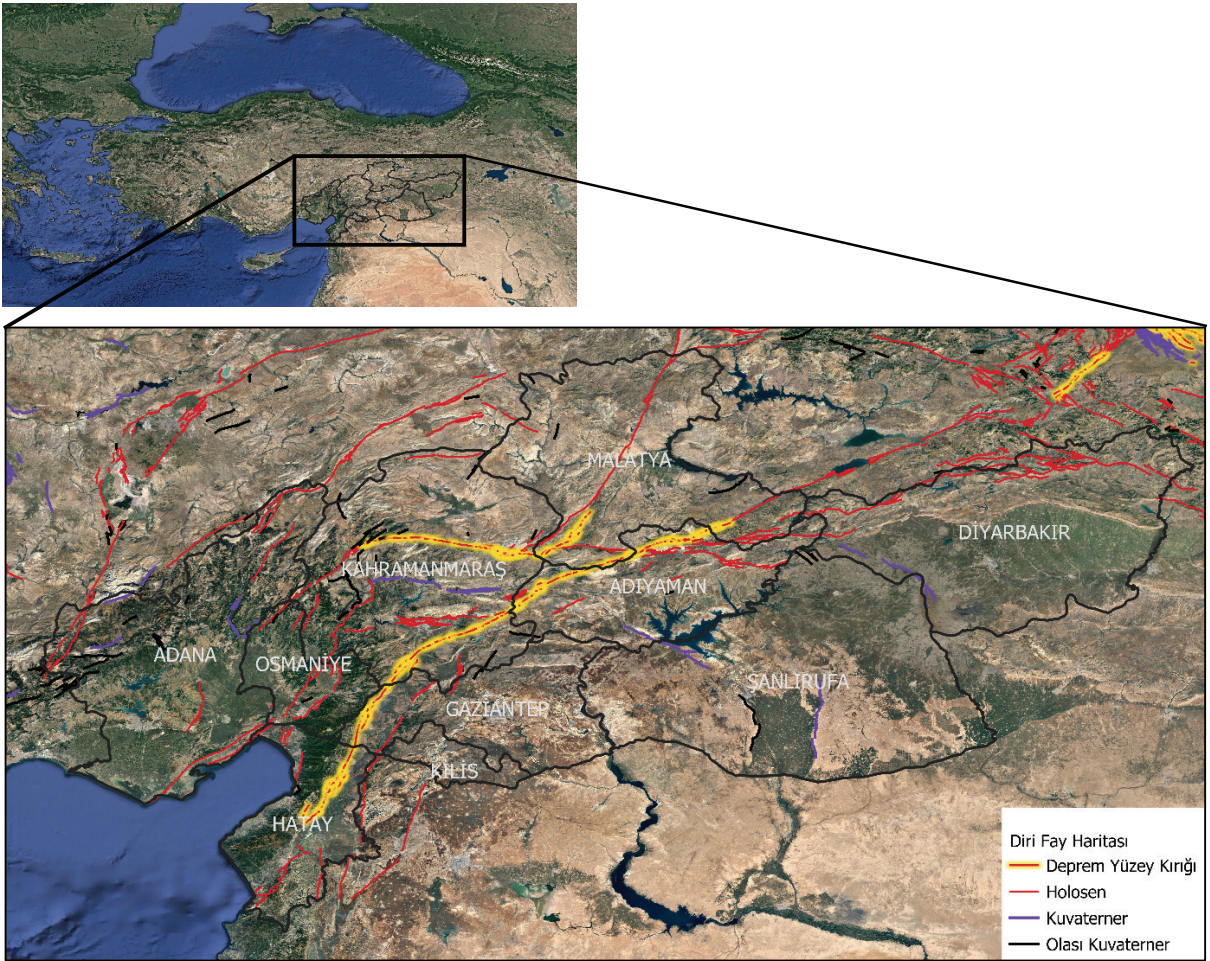
ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı, Türkiye'nin güneyinde ve güney doğusunda bulunan 10 ili kapsamaktadır. Bu iller, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen iki büyük depremin etkili olduğu Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye ve Şanlıurfa olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Şekil 1'de sunulan çalışma sahasına ait harita üzerinde MTA Yenilenmiş Fay Haritası (Emre vd., 2013) çizilmiş, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş depremlerinin yüzey kırığı yazarlar tarafından güncellenerek eklenmiştir. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) yüzey kırığı için yapılan bu güncelleme, Özacar vd. (2023) tarafından hazırlanan rapordaki bilgiler ışığında yapılmıştır. DAFZ, yaklaşık olarak KD-GB doğrultusunda uzanan en önemli kıta içi transform faylardan birisidir. Anadolu Plakası ve Arap Levhasını ayıran yaklaşık 550 km uzunluğunda sol yanal atımlı bir fay zonu olan DAFZ, kuzeydoğuda Karlıova'dan güneybatıda Kahramanmaraş'a kadar uzanırken Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) ile karşılaşır (Bozkurt, 2001). DAFZ, kuzey ve güney kolları olmak üzere iki kola ayrılmaktadır. Yaklaşık 350 km uzunluğundaki DAFZ kuzey kolu (DAFZK) Çelikhane mevkiinde DAFZ'den ayrılarak İskenderun Körfezinde Kyrenia ve Misis Fayları ile birleşmektedir ve Sürgü-Misis Fay segmenti olarak adlandırılmaktadır. Karlıova ve Antakya arasında uzanan yaklaşık olarak 580 km uzunluğundaki güney kol (DAFZG) ise Arabistan, Afrika ve Anadolu levhalarının kesiştiği yer olan Kahramanmaraş yakınlarında ÖDFZ ile karşılaşır (Duman ve Emre, 2013).

Eroğlu Azak, Ay

ÖDFZ'nun yaşı, doğası ve toplam yer değiştirmesi nispeten genç olmasına rağmen kesişme noktasındaki doğası ve geometrisi konusunda tartışmalar devam etmektedir (Bozkurt, 2001). Bu iki fay zonunun bağlantılı olmadığı ve DAFZ'nun Karlıova'dan Osmaniye Yumurtalık, İskenderun Körfezi hattını takip ederek Kıbrıs'a kadar devam ettiği söylenmektedir (Hempton, 1987; Westaway, 1994; Westaway ve Arger, 1996). Bununla

beraber, bir başka görüşe göre de Osmaniye, Yumurtalık, İskenderun Körfezi hattını takip eden fay DAFZ'nun bir parçası olmamakla beraber, Anadolu ve Afrika levhalarının sınır hattını oluşturmaktadır ve doğuda DAFZ ile kesişmektedir. Başka bir çalışmaya göre de DAFZG, Amik birleşiminde Ölü Deniz Fay Zonu ve Kıbrıs Yayı ile birleşmektedir (Duman ve Emre, 2013).

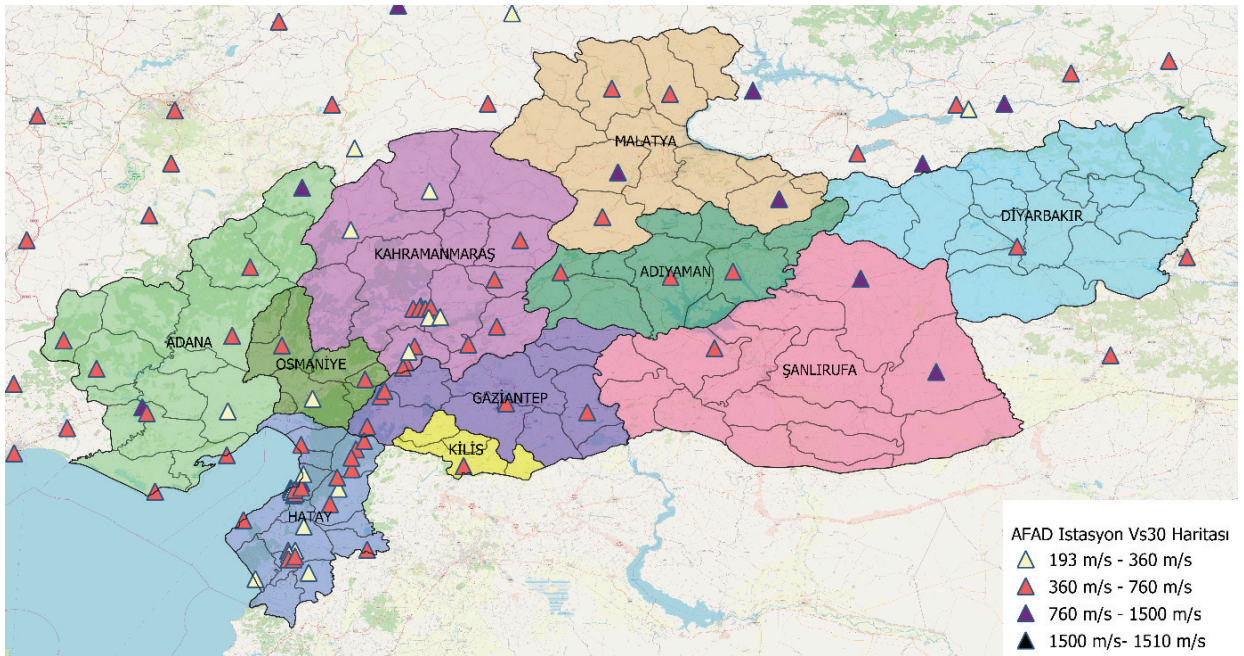


Şekil 1. Çalışma alanı ve etrafındaki diri fayların (Emre vd., 2013), 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri yüzey kırığı (Özacar vd., 2023) güncellemesi ile gösterimi

Figure 1. Presentation of the active faults in the study area and their surroundings (Emre et al., 2013) with the updated information on the surface rupture of the Kahramanmaraş earthquakes on February 6, 2023 (Özacar et al., 2023).

6 Şubat 2023 tarihli ilk deprem saat 04:17'de Kahramanmaraş'ın Pazarcık ilçesinde meydana gelmiştir. M_w 7.7 büyüklüğünde ve 8.6 km derinlikte meydana gelen deprem, DAFZ'nun güneyinde yer alan Narlı fayı üzerinde başlamış ardından KD yönünde Pazarcık-Erkenek Fay segmentlerini, GB yönünde ise DAFZ Amanos segmentini kırmıştır. 6 Şubat 2023 tarihinde saat 13:24'te Kahramanmaraş'ın Elbistan ilçesinde M_w 7.6 büyüklüğünde ve 7 km derinlikte meydana gelen ikinci deprem ise Çardak-Sürgü Fay segmenti boyunca yüzey kırığı oluşturmuştur (Özacar vd, 2023). Depremler sırasında kırılan DAFZ segmentlerinin Kahramanmaraş, Adıyaman, Malatya, Gaziantep ve Hatay şehirlerinden geçtiği görülmektedir. Deprem

sırasında oluşan yüzey kırığının uzunluğu ve etki alanı, depremlerden etkilenen şehirlerinin artmasında büyük bir etkidir. Bununla beraber, yerel zemin koşullarının da deprem etkilerinin büyümesinde etkili olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda, çalışma sahası için yerel zemin koşullarının bilinmesi, depremde zarar gören binaların hasargörebilirliklerinin hesaplanması ve kırılgenlik eğrilerinin test edilmesine yönelik çalışmalarda büyük önem arz etmektedir. Buna yönelik olarak, çalışma sahası ve çevresinde konuşlandırılmış AFAD kuvvetli yer hareketi istasyonlarının zemin koşulları derlenmiştir. Şekil 2'de çalışma sahası ve çevresindeki istasyonlara ait $V_{s,30}$ değerleri sunulmaktadır.



Şekil 2. Çalışma sahası ve çevresinde bulunan AFAD kuvvetli yer hareketi istasyonlarının üst 30 m'de ortalama kayma dalgası hızı ($V_{s,30}$) değerleri

Figure 2. Average shear wave velocity values in the upper 30m ($V_{s,30}$) for the AFAD strong motion stations within the study area and its surroundings.

Şekil 2’de görüldüğü gibi birçok istasyona ait $V_{s,30}$ değerleri Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne (TBDY, 2018) göre ZC zemin sınıfına işaret etmektedir. Bunların dışında az ayrılmış veya orta sağlam kaya zeminleri temsil eden ZB zemin sınıfı ve orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları temsil eden ZD zemin sınıfı zeminlerde konumlandırılmış istasyonların olduğu da görülmektedir.

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde, Türk bina stoku hakkında yapılmış çok sayıda çalışma bulunmamaktadır. Literatürdeki çalışmaların büyük bir kısmı belli bir bina tipi için ve belirli bölgelerdeki bina stoklarını dikkate almaktadır. Türk yapı stoku hakkında yapılmış çalışmalar, çalışma alanları, incelemeye tabi tutulan bina stoku tipi bilgisi ile beraber Çizelge 1’de sunulmaktadır.

Çizelge 1’de görüldüğü gibi literatürde yer alan çalışmalarda Türk bina stoku çoğunlukla bölgesel bazda incelenmiş (örn. Bal vd., 2007;

Bal vd., 2008, Eroğlu Azak vd., 2014, Albayrak vd., 2015, Kaplan vd., 2015, Konukçu vd., 2017), bütünsel olarak ve tüm bina tiplerini kapsayacak şekilde incelemeye sadece bir çalışmada (Ay ve Eroğlu Azak, 2021) rastlanmıştır. Ancak Ay ve Eroğlu Azak (2021) çalışması tüm Türkiye’yi kapsamı nedeniyle il bazında yapılmış, ilçe bazında sonuçlar verilmemiştir. Tüm bina tiplerinin incelendiği Konukçu vd. (2017) çalışması ise taşıyıcı sistem bilgisi içermemekte ve sadece İstanbul için sonuçlar sunmaktadır. Meral (2019) ise bu çalışmada incelenen 10 ilin bazılarında betonarme binalar için istatistikler sunmuştur. Ancak Meral (2019) tarafından sunulan sonuçlar çalışmanın kapsamındaki illerden seçilen 506 adet betonarme binadan derlenmiştir. Bu bağlamda, literatürde bu çalışmada incelenen 10 ile ait bina stoku hakkında ilçe bazında kapsamlı bir çalışmanın olmadığı görülmüştür. Ayrıca literatürde yer alan çalışmaların büyük bir kısmı yapıldıkları yıl itibariyle güncelliklerini yitirmiş durumdadırlar.

Çizelge 1. Türk bina stoku hakkında yapılmış çalışmalar

Table 1. Previous studies on the Turkish building stock

Çalışmanın Adı	İncelenen Bina Tipleri	Çalışma Alanı
Bal vd. (2007)	Betonarme İskelet	Kuzey Marmara Bölgesi
Bal vd. (2008)	Betonarme İskelet	Marmara Bölgesi
Eroğlu Azak vd. (2014)	Betonarme İskelet	İstanbul’un bazı ilçeleri ve Düzce
Albayrak vd., (2015)	Betonarme İskelet	Eskişehir
Kaplan vd. (2015)	Betonarme İskelet	Eskişehir
Konukçu vd. (2017)	Tüm Bina Tipleri (ayrısız)	İstanbul
Meral (2019)	Betonarme İskelet	Osmaniye, Adana, Kahramanmaraş, Gaziantep ve Hatay
Ay ve Eroğlu Azak (2021)	Tüm Bina Tipleri (ayrımli)	Tüm Türkiye

YÖNTEM

TÜİK Bina Stoku Veri Tabanları

Çalışmada incelenen şehirlere ait bina verisi TÜİK'ten elde edilmiştir. TÜİK, Türk yapı stokunun tamamı hakkında bilgi sunan en önemli veri kaynağıdır. 2000 yılına kadar çeşitli aralıklarla yapılan bina sayımları hem yapısal özellikler hem de binaların kullanımına dair bazı parametreler içermektedir. 1992 yılından itibaren yapı izni almış binaların bilgilerini içeren diğer bir kaynak da Yapı İzin İstatistikleridir. Bu çalışmada Bina Sayımı 2000 (2001) ve Türkiye Yapı İzin İstatistikleri (2022) ortak bir biçim belirlenerek birleştirilmiş ve seçilen bina özellikleri için incelemeye tabi tutulmuştur. 2000 Bina sayımı 2000 yılı dahil bina stokunu içermekte, 2001-2021 Yapı İzin İstatistikleri ise 2001 yılının başından itibaren kullanım izni almış binaların sayısını vermektedir. Birleştirilen iki veri tabanı arasındaki sınır yılı 2001 olduğu için bu çalışmada bina stoku yer yer 2001 öncesi ve 2001 sonrası bina stoku olarak da isimlendirilmiştir.

2000 Bina Sayımı

TÜİK tarafından son olarak 2000 yılında yapılan bina sayımında Türkiye genelinde toplam 7,838,675 bina ve 16,235,830 bağımsız birim sayılmıştır. 2000 Bina Sayımı istatistiklerine göre incelemeye tabi tutulan 10 il incelendiğinde ise, 2001 öncesinde toplam 1,117,273 bina olduğu görülmektedir. Bu sayı, 2001 öncesi Türk yapı stokunun yaklaşık %14'nün 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinden en çok etkilenen 10 ilde olduğunu göstermektedir. Dikkate alınan 10 ilde toplam bağımsız birim sayısı 2000 bina sayımı verisinden 1,884,075 olarak elde edilmiştir.

2001-2021 TÜİK Yapı İzin İstatistikleri

2001 yılı itibarıyla yapı ruhsatı sahipleri tarafından "Yapı Kullanma İzin Belgesi" formunun düzenlenmesi zorunlu hale getirilmiştir. Yapı İzin istatistikleri TÜİK tarafından derlenmekte ve kullanıma sunulmaktadır. 2001-2021 yılları arasında yapı kullanım izni almış bina sayısı incelendiğinde Türkiye genelinde toplam 1,844,871 adet bina için izin alındığı belirlenmiştir. Bu çalışmada incelemeye tabi tutulan 10 ilde 2001-2021 yılları arasında yapı kullanım izni almış binaların toplam sayısının ise 144,269 olduğu görülmüştür. Bu bilgiler ışığında incelenen 10 ildeki 2001 sonrası bina stoku aynı zaman dilimi için Türk bina stokunun yaklaşık %8'ine karşılık gelmektedir. Bağımsız birim sayısı olarak bakıldığında ise 10 ilde 2001-2021 yılları arası yapı kullanım izni almış binalarda toplam 974,184 bağımsız birimin olduğu görülmüştür.

2000 Bina Sayımı ve 2001-2021 Yapı İzin İstatistiklerinin Birleştirilmesi

Bu çalışmanın amaçlarına uygun olarak, incelenen 10 ilde ait bina stoku verisinden kullanım amacı, taşıyıcı sistem tipi, kat sayısı ve binanın yapım yılına bağlı olarak tabii olduğu deprem yönetmeliği bilgisi bina sayısı için ilçe bazında elde edilmiştir. Çalışmada dikkate alınan bu parametreler bina stoklarının deprem davranışının belirlenmesinde temel alınan başlıca parametrelerdir. Bu bağlamda inceleme altındaki 10 ilde ait derlenen parametrelerin ve ikili istatistiklerin bina stokunu temsil edebilecek modellerin oluşturulmasında önem arz ettikleri düşünülmektedir.

2000 Bina Sayımı ve Yapı İzin İstatistikleri biçimsel açıdan ve veri içeriği bakımından farklılıklar göstermektedir. Çalışmada dikkate

alınan kullanım amacı değişkeni için 2000 Bina Sayımı, binaları ikamet amaçlı ve ikamet amaçlı olmayan olarak iki ana grup altında toplamaktadır. Yapı izin istatistikleri ise kullanım amacını daha ayrıntılı olarak işlemekte ve okul, kamu binası, hastane, ibadethane gibi alt başlıklar altında sunmaktadır. Derlenen istatistiklerin ortak bir biçimi olması açısından kullanım amacı, ikamet amaçlı (İA) ve ikamet amaçlı olmayan (İAO) olarak iki grup altında incelenmiştir.

Birleştirilen veri tabanları, yapısal davranışa etki eden başlıca parametrelerden biri olan taşıyıcı sistem tipi için de ortak bir biçime dönüştürülmüştür. 2000 Bina Sayımı, betonarme iskelet taşıyıcı sistemi tek bir başlık altında incelerken Yapı İzin İstatistikleri 2013 sonrasında betonarme iskelet sistemini, çerçevesi betonarme sistem, çerçevesi perdeli betonarme sistem ve betonarme perdeli sistem olarak daha detaylı incelemiştir. 2013 öncesinde tünel kalıp sistemi ayrı bir taşıyıcı sistem olarak ifade edilirken, 2013 sonrasında yapı izin istatistiklerinde betonarme perdeli sistem olarak ele alınmıştır. 2000 Bina Sayımının da tünel kalıp sistemi ayrı bir başlık altında incelediği görülmektedir. Çalışmada, istatistiklerin uyumlulaştırılması açısından betonarme iskelet taşıyıcı sistem için 2000 Bina Sayımı ve 2001-2021 Yapı İzin İstatistikleri verileri alt başlıklar birleştirilerek betonarme iskelet başlığı altında incelenmiştir. Bunların dışında kalan diğer taşıyıcı sistem tipleri çelik iskelet, ahşap iskelet, yığma, prefabrik, kompozit ve bilinmeyen başlıkları altında ele alınmıştır.

Çalışmada kat sayısı, az katlı, orta katlı ve çok katlı olarak 3 gruba ayrılmış, kat sayısı bilinmeyen binalar için bilinmeyen başlığı eklenmiştir. Az katlı binalar 1-3 kat sayısına sahip binalar olarak, orta katlı binalar ise 4-7 kat arası binalar olarak, çok katlı binalar için ise 8 kat ve üzeri kat sayısına sahip binalar olarak dikkate alınmıştır.

2000 Bina Sayımı ve 2001-2021 Yapı İzin İstatistikleri ile oluşturulan birleştirilmiş veri tabanı binaların tabii oldukları deprem şartnamesine göre de incelenmiştir. Türkiye’de kullanılan ilk deprem şartnamesi 1940 yılında yürürlüğe giren *Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi*’dir. Bu şartnameden sonra sırasıyla 1944, 1949, 1953, 1962, 1968, 1975, 1998, 2007 ve 2019 yıllarında deprem şartnameleri yürürlüğe girmiştir (Cansız, 2022). Binaların geçmişte tabii oldukları deprem yönetmelikleri, deprem tehlikesi, hesap yöntemleri ve kullanılan malzemelerle ilgili kurallar çerçevesinde incelendiğinde deprem şartnameleri için 4 sınıf belirlenmiştir. Geçmişte yürürlükte olan deprem şartnamelerinden 1975 şartnamesinde öncekilerden farklı olarak ülkenin 4 deprem bölgesine ayrıldığı, deprem kuvvetlerinin hesabı açısından birçok parametrenin dikkate alınarak hesapların detaylı yapıldığı ve önceki yönetmeliklerde görülen eksikliklerin giderilmeye çalışıldığı görülmüştür (Güner, 2020). Bu bağlamda 1975 deprem şartnamesi bu çalışmada şartname sınıfları belirlenirken milat olarak kabul edilmiştir. Buna dayanarak deprem şartname sınıfları için, depreme dayanıklı yapı tasarımına yönelik uygun kuralların olmadığı kabul edildiği “şartname yok” (NC) sınıfı 1975 yılı öncesi binalar için uygulanmıştır. Ancak 2000 Bina Sayımı’nda bina yapım yıllarının 10’ar yıllık zaman dilimlerinde sunulmasından dolayı bu tarih 1979’a çekilerek 1980 öncesi yapılmış binalar NC şartname sınıfına dahil edilmiştir. Bir sonraki şartname sınıfı, yetersiz şartname sınıfı (LC) olarak belirlenmiş, 1980-2000 arasında üretilen binaların bu sınıfa girdiği kabul edilmiştir. Üçüncü şartname sınıfı olarak belirlenen yüksek şartname sınıfı (HC) 2001-2018 yılları arasında inşa edilen binalar için kullanılmış, 2019 ve sonrası binalar ise üstün şartname sınıfı (EC) içerisinde dikkate alınmıştır.

Bu çalışmada sunulan bina stoku verileri, deprem şartname sınıfı ile ilgili verilen istatistiklerden ayrı olarak da her bir incelenen parametre için 2000 Bina Sayımı verisi ve 2001-2021 Yapı İzin İstatistikleri olarak ayrı ayrı sunulacaktır. Burada temel amaç, zaman dilimleri itibariyle gerek mimari gerekse yapısal açıdan büyük farklılıklar gösteren, alınan mühendislik hizmetleri, tabi olunan deprem şartnamelerinin yeterlilikleri, mühendislik tasarım süreci ve yapı denetimi konusunda ayrıştıkları düşünülen binaların ayrımının yapılmasıdır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bina Kullanım Amacına Göre Bina Sayısı

2000 Bina Sayımı ve Yapı İzin İstatistikleri, binaları kullanım amacına göre iki ana başlık altında incelenmiştir. Çalışmada öncelikli olarak

incelemeye tabi tutulan her bir ildeki toplam bina ve daire sayısı hakkında bilgi toplanmıştır. Bu bilgiler daha ayrıntılı olarak kullanım amacına göre ilçe bazında incelenmiştir. Çizelge 2, il bazında toplam bina, toplam bağımsız birim sayısı ve bunların oranlarını sunmaktadır.

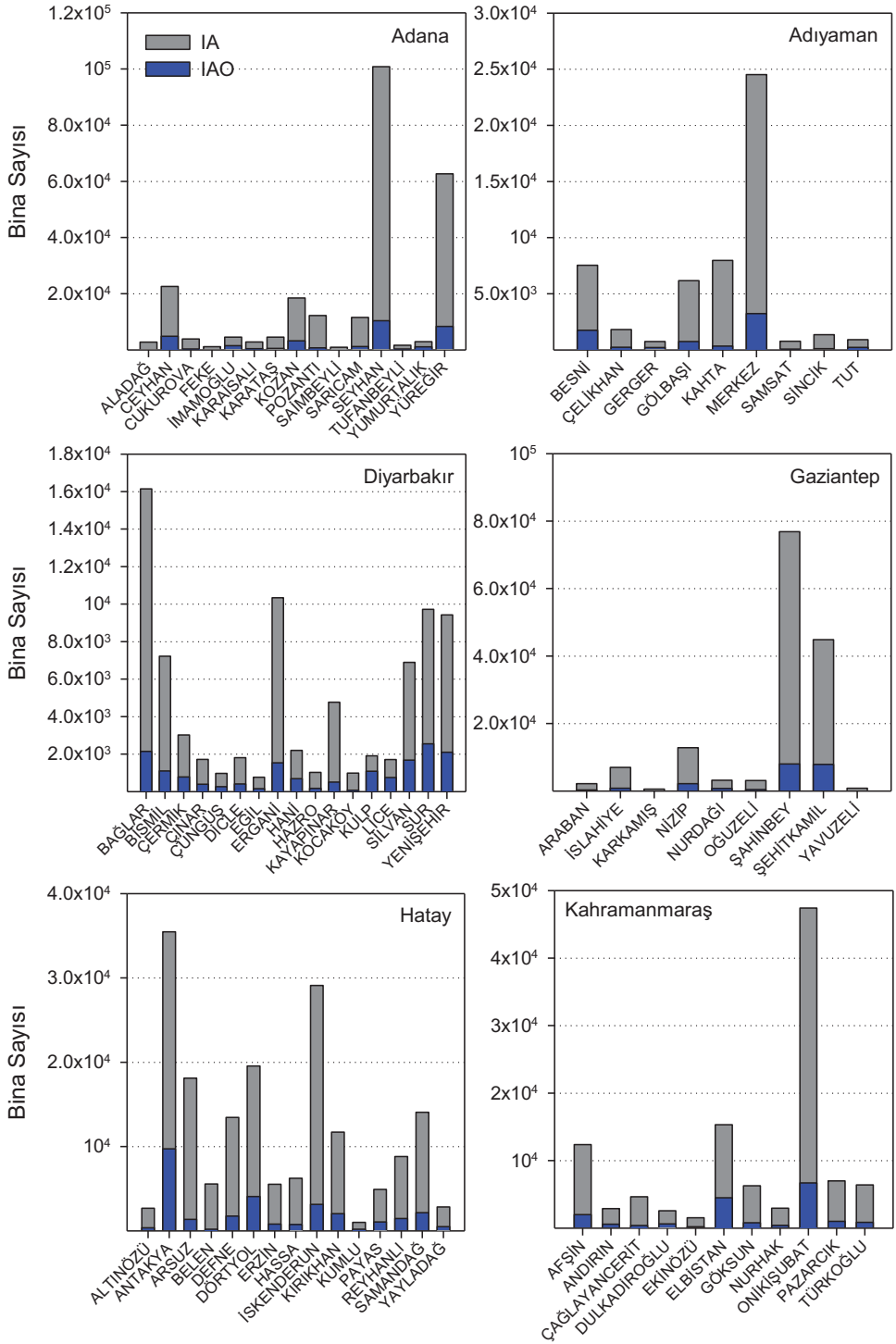
Çizelge 2’de görüldüğü gibi 10 ilde toplam 1,261,542 adet bina bulunmaktadır. İncelenen iller arasında en çok binanın olduğu il Adana’dır. İkinci sırada yer alan Hatay’ı sırasıyla Gaziantep ve Kahramanmaraş takip etmektedir. İncelmeye tabi tutulan iller arasında en az bina sayısına sahip il 15,124 bina ile Kilis’tir. 10 ildeki bina stoku içerisinde bağımsız birim/bina oranları incelendiğinde ise bu oranının ilden ilde farklılıklar gösterdiği ve 1.78 ile 2.79 arasında değiştiği görülmektedir. Her bir ilde ilçe bazında bina sayısı bilgileri ise Şekil 3’te sunulmaktadır.

Çizelge 2. İl bazında bina ve bağımsız birim sayıları

Table 2. Number of buildings and number of dwellings at the city level

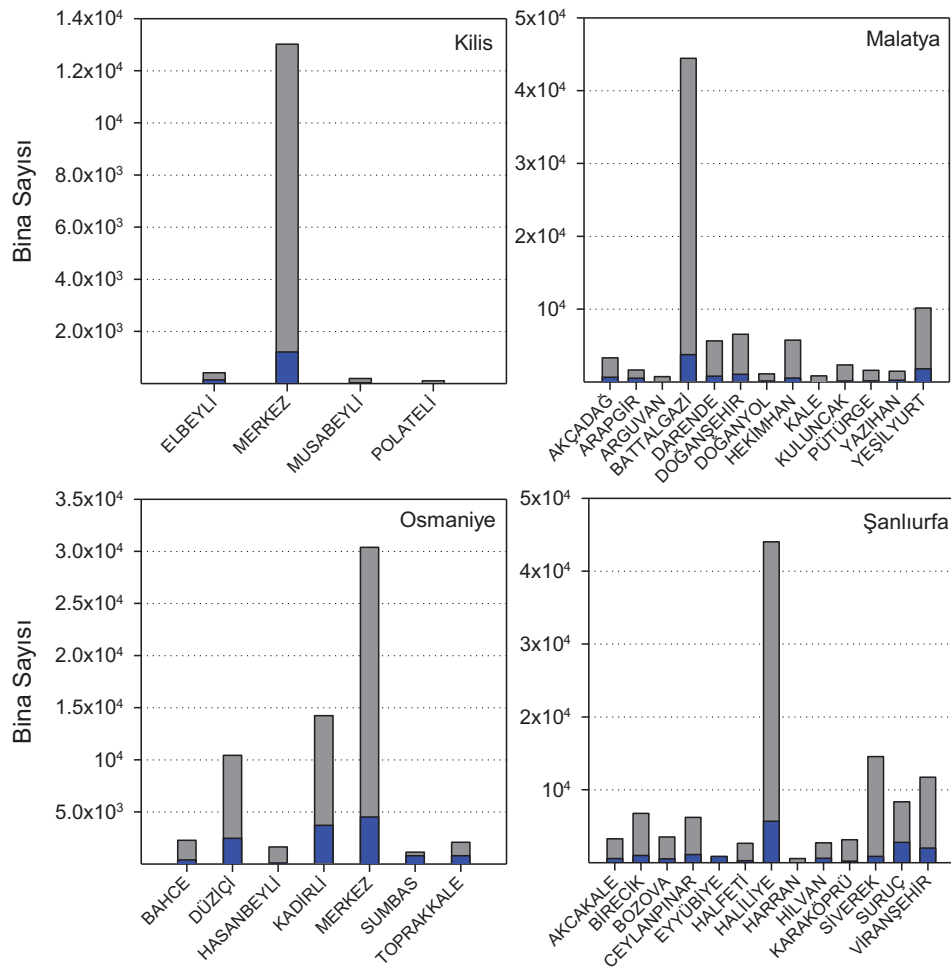
İl Adı	Toplam Bina	Toplam Bağımsız Birim	Bağımsız Birim/Bina
Adana	287,094	649,631	2.26
Adıyaman	58702	119,819	2.04
Diyarbakır	97,052	270,303	2.79
Gaziantep	172,148	452,981	2.63
Hatay	208,676	441,659	2.12
Kahramanmaraş	127,446	267,609	2.10
Kilis	15,124	32,868	2.17
Malatya	95,557	240,997	2.52
Osmaniye	74,950	133,776	1.78
Şanlıurfa	124,793	248,616	1.99
Toplam	1,261,542	2,858,259	2.27

Eroğlu Azak, Ay



Şekil 3. İlçe bazında kullanım amacına göre bina sayıları

Figure 3. Number of buildings in terms of usage purpose at the district level

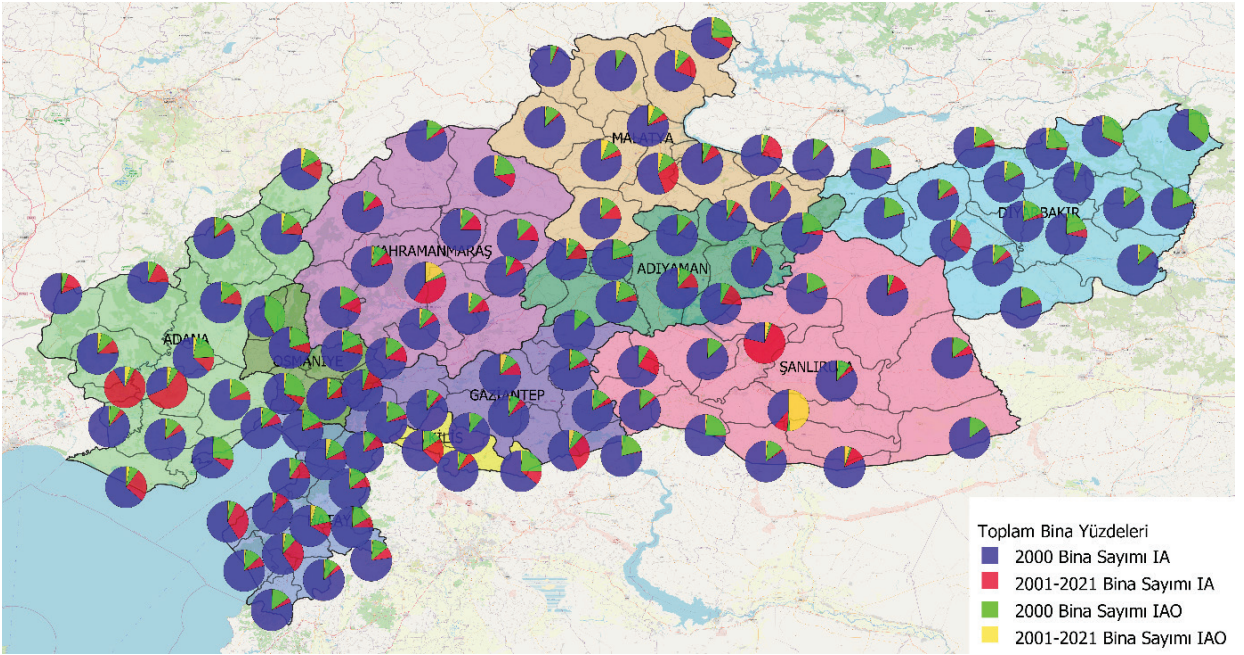


Şekil 3. İlçe bazında kullanım amacına göre bina sayıları (devam)

Figure 3. Number of buildings in terms of usage purpose at the district level (continued)

10 ildeki bina stoku, 2000 Bina Sayımı ve 2001-2021 Yapı İzin İstatistikleri için kullanım amacına göre ayrı ayrı olarak da incelenmiştir. Şekil 4, bu incelemeyi ilçe bazında sunmaktadır. Şekil 4'te görüldüğü gibi 10 ildeki bina stokunun büyük bir kısmını 2001 öncesi yapılan binalar oluşturmaktadır. Ancak Şanlıurfa'nın Karaköprü

ilçesinde, Kahramanmaraş'ın Dulkadiroğlu ilçesinde ve Adana'nın Sarıçam ve Çukurova ilçelerinde yeni yapı stokunun daha fazla sayıda bina içerdiği dolayısıyla bu ilçelerdeki bina stokunun diğer ilçelere göre daha genç olduğu söylenebilir.



Şekil 4. Kullanım amacına göre 2001 öncesi ve sonrası bina stokunun ilçe bazında oranları

Figure 4. Ratios of pre-2001 and post-2001 building stocks by usage purpose at the district level

Bağımsız Birim Sayısı

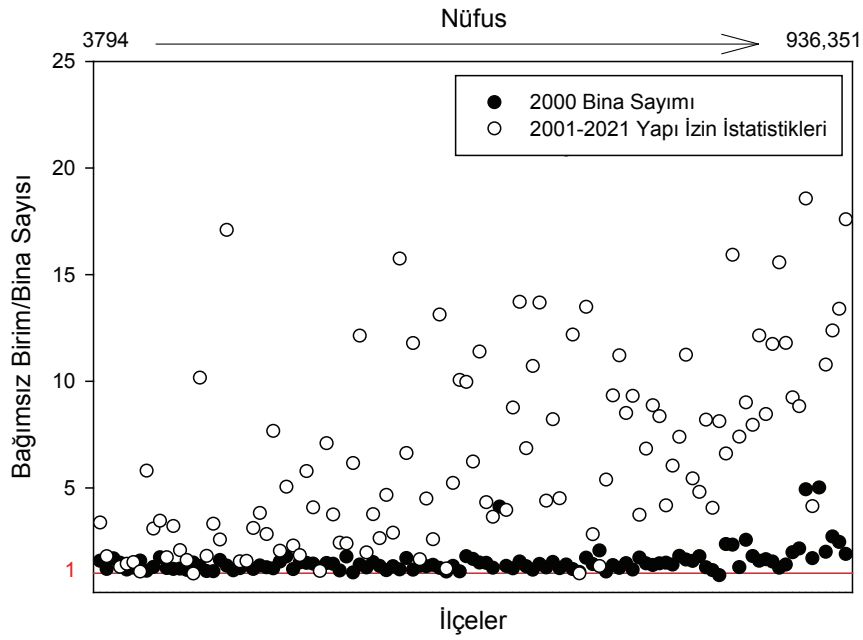
2000 Bina Sayımına göre incelenen 10 ilde ikamet amaçlı kullanılan binalardaki bağımsız birim sayısının bina sayısına oranı 1.9 olarak elde edilmiştir. İkamet amaçlı olmayan binalardaki bağımsız birim sayısının bina sayısına oranı ise 0.21 olarak hesaplanmıştır. Bağımsız birim sayısının bina sayısına oranları ayrıca ilçe bazında da incelenmiştir. Şekil 5, ikamet amaçlı binalar için bağımsız birim sayısı/bina sayısını ilçe bazında 22001 öncesi ve sonrası için ayrı ayrı olarak iki zaman diliminde sunmaktadır. Şekil 5'te ilçe bazında gösterilen bağımsız birim sayısı/bina sayısı oranı ilçelerin nüfuslarına göre soldan sağa doğru artan şekilde sıralanmıştır.

Şekil 5'te görüldüğü üzere bağımsız birim/bina sayısı 2001 öncesi ve 2001-2021 arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Elde edilen

sonuçlar 2001 sonrası nispeten yeni bina stokunun çok katlı ve daha fazla sayıda bağımsız birim içerdiğini ortaya koymaktadır.

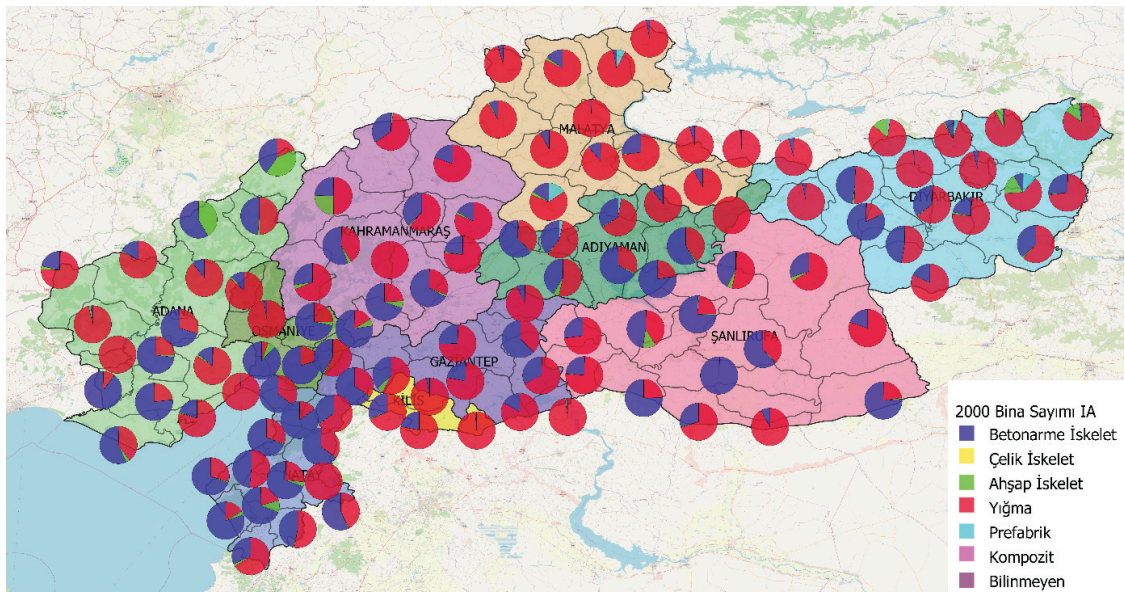
Taşıyıcı Sistem Tipi

Binaların taşıyıcı sistem tipine göre dağılımları kullanım amacına göre ve 2001 öncesi ve sonrası ayrımı gözetilerek ikili sorgulama ile incelenmiştir. Şekil 6, 2000 Bina sayımına göre ikamet amaçlı binaların taşıyıcı sistem tipini ilçe bazında ele almaktadır. 2001-2021 ikamet amaçlı bina stokunun ilçe bazında taşıyıcı sistem tipine göre dağılımları ise Şekil 7'de gösterilmektedir. Aynı istatistiklerin ikamet amaçlı olmayan binalar için dağılımları ise 2001 öncesi ve sonrası için sırasıyla Şekil 8 ve Şekil 9'da sunulmaktadır.



Şekil 5. İlçe bazında ikamet amaçlı binalar için bağımsız birim sayısı/bina sayısı

Figure 5. The ratio of number of independent units to number of buildings for residential buildings at the district level



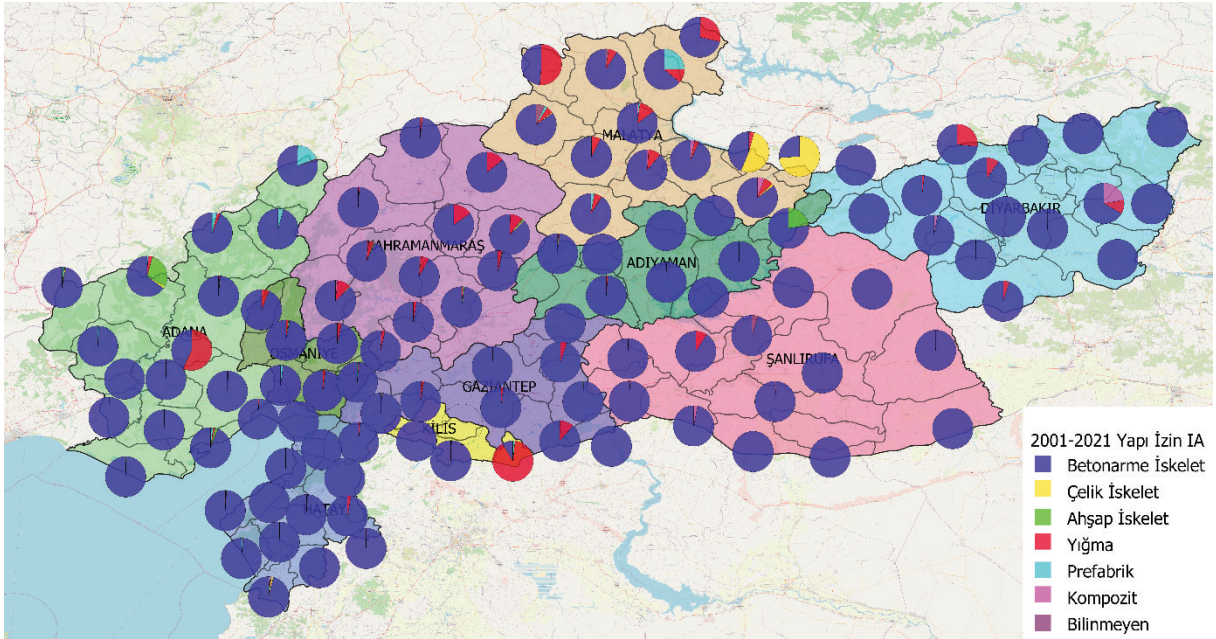
Şekil 6. İlçe bazında 2001 öncesi bina stokunda ikamet amaçlı binaların taşıyıcı sistem tipine göre yüzdeleri

Figure 6. Percentages of residential buildings by structural system type in pre-2001 building stock at the district level

Şekil 6’da sunulan sonuçlar 2001 öncesi bina stokunda yer alan binaların taşıyıcı sistem tipinin ağırlıklı olarak yığma taşıyıcı sistem olduğunu göstermektedir. Bununla beraber, özellikle Hatay’ın birçok ilçesinde ve Adana, Osmaniye, Adıyaman, Şanlıurfa, Diyarbakır ve Kahramanmaraş’ın bazı ilçelerinde betonarme iskelet taşıyıcı sistem tipinin daha ağırlıklı olduğu görülmektedir. Bu durum, bu ilçelerde yer alan binaların nispeten 2001 yılına daha yakın zaman dilimlerinde inşa edildikleri ve bu nedenle iskelet taşıyıcı sisteme sahip oldukları şeklinde açıklanabilir. Ayrıca Şekil 6, 2001 öncesi bina stoku için Adana’nın Feke ve Tufanbeyli ilçelerinde ve Kahramanmaraş’ın Göksun ilçesinde ahşap iskelet taşıma sisteminin büyük oranda tercih edildiğini de göstermektedir. Malatya Doğanşehir’de ise 2001 öncesi yapı

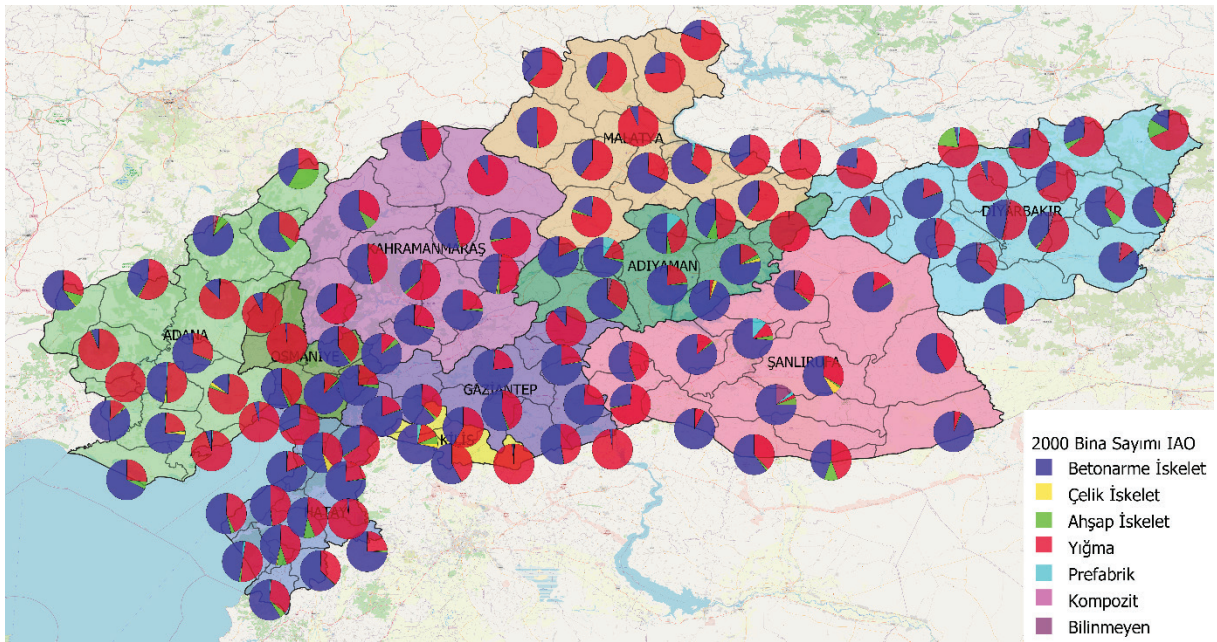
stokunda belirgin sayıda prefabrik binanın bulunduğu görülmektedir.

Şekil 7, genel olarak betonarme iskelet taşıyıcı sistemin 2001 sonrası bina stokunda büyük oranda tercih edildiğini göstermektedir. Bununla beraber, Kilis’in Elbeyli ilçesinde, Adana’nın İmamoğlu ilçesinde, Malatya’nın Kuluncak ilçesinde ve Diyarbakır’ın Lice ilçesinde yığma taşıyıcı sistem tercihinin iskelet taşıyıcı sisteme kıyasla halen daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlar, çelik iskelet taşıyıcı sistemin Malatya’nın Kale ve Doğanyol ilçelerinde oldukça ağırlıklı olduğuna da işaret etmektedir. Ayrıca bazı ilçelerde ahşap iskelet sistemin (Adana-Aladağ) ve kompozit taşıyıcı sistem tipinin (Diyarbakır-Hazro) belirgin şekilde tercih edildiği görülmüştür.



Şekil 7. İlçe bazında 2001 sonrası bina stokunda ikamet amaçlı binaların taşıyıcı sistem tipine göre yüzdeleri

Figure 7. Percentages of residential buildings by structural system type in post-2001 building stock at the district level



Şekil 8. İlçe bazında 2001 öncesi bina stokunda ikamet amaçlı olmayan binaların taşıyıcı sistem tipine göre yüzdeleri
 Figure 8. Percentages of nonresidential buildings by structural system type in pre-2001 building stock at the district level

Şekil 8, 2001 öncesi bina stokunda ikamet amaçlı olmayan binaların taşıyıcı sisteminin çoğunlukla yığma taşıyıcı sistem tipinde olduğunu göstermektedir. Ancak birçok ilçede yığma ve betonarme iskelet taşıyıcı sistem oranlarının birbirlerine yakın oldukları da görülmektedir. Bu tercih, çoğunlukla taşıyıcı sistem tercihlerinin kullanım amacından etkilendiğine de işaret etmektedir.

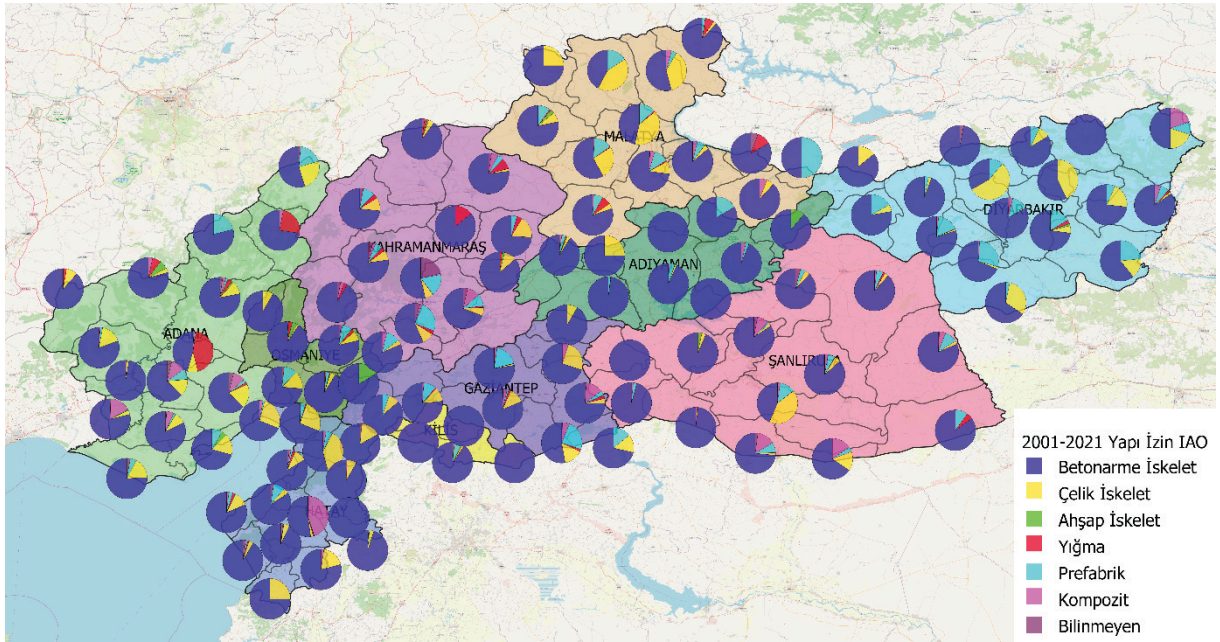
Şekil 9’da sunulan sonuçlar ışığında 2001 sonrası ikamet amaçlı olmayan bina stokunda yığma taşıyıcı sistemin neredeyse tamamen terk edildiği sadece birkaç ilçede belirgin oranlarda yığma taşıyıcı sisteme sahip bina olduğu görülmektedir. Ayrıca, çelik iskelet sisteminin 2001 sonrası ikamet amaçlı olmayan binalarda fazlaca tercih edildiği görülmüştür. Bu durum, ikamet amaçlı olmayan binaların büyük bir kısmının ticari amaçlı oldukları ve dolayısıyla fabrika türü yapıya sahip olmalarından dolayı

çelik taşıyıcı sisteminin tercih edilmesiyle açıklanabilir. Şekil 9 ayrıca, prefabrik taşıyıcı sistemin 2001 sonrasında daha da yaygınlaştığına işaret etmektedir.

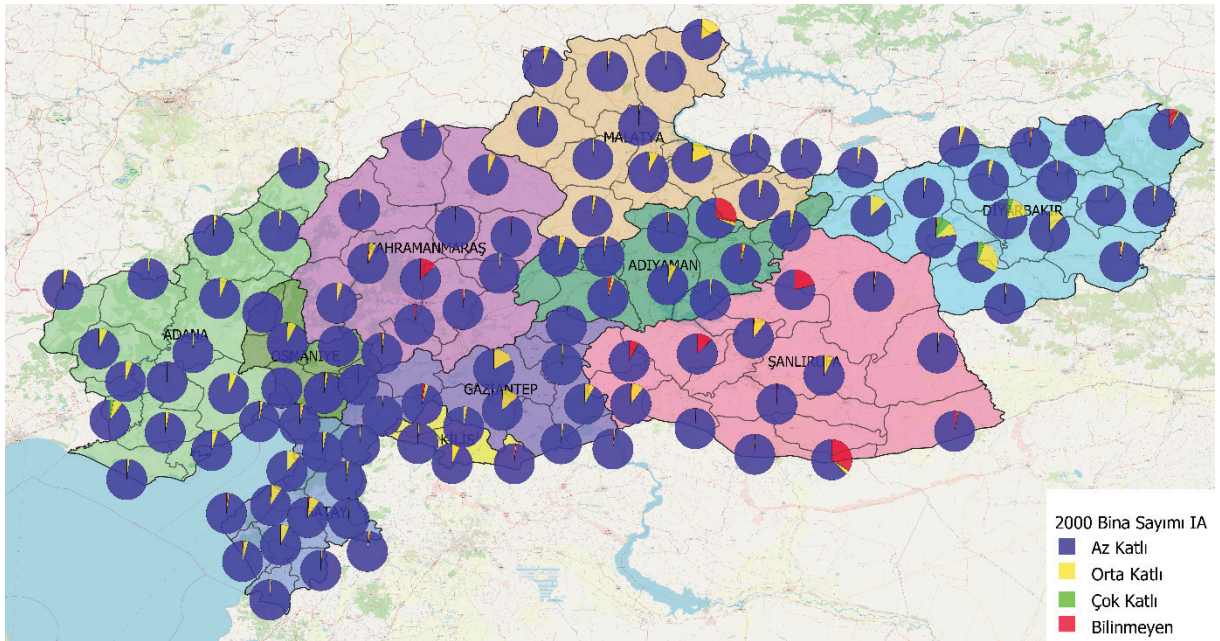
Kat Sayısı

Çalışmada incelenen bina stoku kat sayısı bazında da incelemeye tabi tutulmuştur. Bu amaca yönelik olarak, bina stoku, az katlı, orta katlı ve çok katlı bina sınıflandırılmasına göre ilçe bazında 2001 öncesi ve sonrası için sırasıyla Şekil 10 ve Şekil 11’de sunulmaktadır. Şekil 10 ve 11’de gösterilen sonuçlar sadece ikamet amaçlı kullanılan binalardan derlenmiştir. Çalışmanın yapıldığı 10 ilde ikamet amaçlı olmayan binaların yaklaşık %95’i az katlı binalardan oluşmaktadır. Bu nedenle, ikamet amaçlı olmayan binaların kat sayısı istatistiklerinin çizilmesine gerek duyulmamıştır.

Eroğlu Azak, Ay



Şekil 9. İlçe bazında 2001 sonrası bina stokunda ikamet amaçlı olmayan binaların taşıyıcı sistem tipine göre yüzdeleri
 Figure 9. Percentages of nonresidential buildings by structural system type in post-2001 building stock at the district level



Şekil 10. İlçe bazında 2001 öncesi bina stokunda ikamet amaçlı binaların kat sayısına göre yüzdeleri
 Figure 10. Percentages of residential buildings by number of floors in pre-2001 building stock

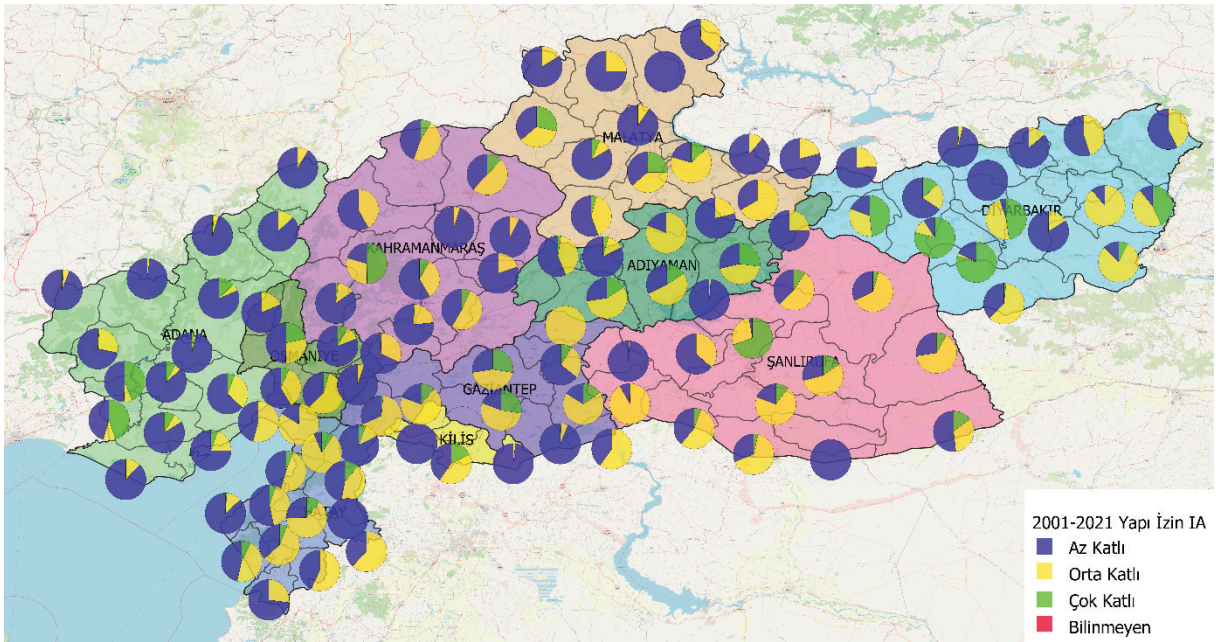
Şekil 10, 2001 öncesi bina stokunun büyük oranda az katlı binalardan oluştuğuna işaret etmektedir. Bazı ilçelerdeki bilinmeyen kat sayısına sahip binaların ise çok eski bina stokuna dahil oldukları ve bu nedenle az katlı olma ihtimallerinin yüksek olduğu düşünülebilir. Şekil 10 ayrıca, 2001 öncesi yapı stokunda çok katlı binaların neredeyse hiç olmadığına işaret etmektedir.

Şekil 11, 2001 sonrası bina stokunun birçok ilçede orta katlı binalardan oluştuğunu göstermektedir. Bununla beraber halen bazı ilçelerde az katlı binaların da bina stoku içerisinde büyük oranlara sahip oldukları görülmektedir. Şekil 11 ayrıca, Adana'nın Seyhan ve Çukurova ilçelerinde Kahramanmaraş'ın Onikişubat ilçesinde, Gaziantep'in Şhitkamil ve Şahinbey

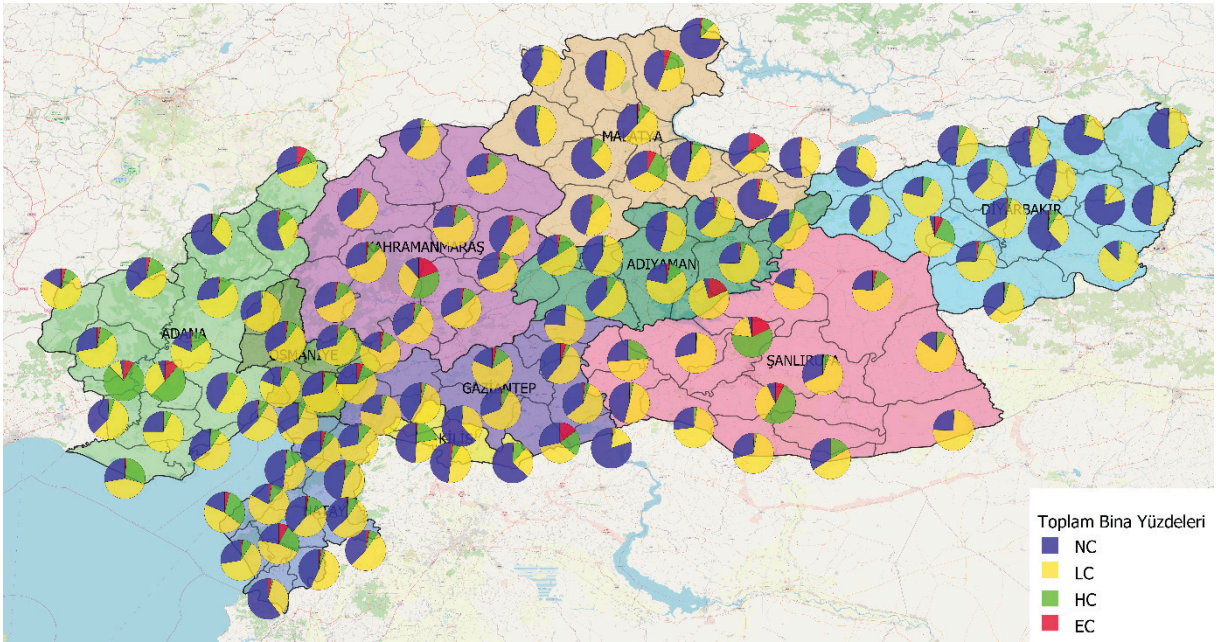
ilçelerinde, Malatya'nın Darende ve Yeşilyurt ilçelerinde, Şanlıurfa'nın Karaköprü ilçesinde, Adıyaman merkezde ve Kahta ilçesinde, Diyarbakır'ın Kayapınar, Bağlar ve Yenişehir ilçelerinde büyük oranda çok katlı bina bulunduğu da işaret etmektedir.

Binaların Tabi Oldukları Deprem Yönetmelikleri

Çalışmada derlenen bina stoku ayrıca inşaat yılına göre tabi olunan deprem yönetmelikleri açısından da incelenmiştir. Bu amaca yönelik oluşturulan 4 yönetmelik sınıfı için tüm binaların dağılımları ilçe bazında Şekil 12'de sunulmaktadır.



Şekil 11. İlçe bazında 2001 sonrası bina stokunda ikamet amaçlı binaların kat sayısına göre yüzdeleri
Figure 11. Percentages of residential buildings by number of floors in post-2001 building stock



Şekil 12. İlçe bazında 10 ildeki bina stokunun için deprem yönetmeliği sınıfı dağılımları

Figure 12. Distribution of building stock in terms of seismic code classes in 10 provinces at the district level

Şekil 12, derlenen 10 ilin bina stokunda yer alan binaların önemli bir kısmının depreme dayanıklı yapı tasarımına yönelik uygun kuralların olmadığı kabul edildiği “şartname yok” (NC) sınıfında yer aldığını göstermektedir. Bu durum depremlerde yaşanan can ve mal kayıplarının büyüklüğünü bir anlamda açıklamaktadır. Günümüz deprem şartnamesine göre farklılıklarından ve eksikliklerinden dolayı yetersiz şartname sınıfına (LC) dahil edilen binaların ise genel olarak çoğunlukta olduğu görülmektedir. 2000 sonrası bina yönetmeliklerine tabi binaların ise yerleşimin daha genç olduğu bazı ilçelerde ağırlıklı olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, bu ilçelerde deprem sonrası bina hasar durumlarının incelenmesi de önemli bir araştırma konusudur.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan depremlerinin büyük yıkıma sebep olduğu 10 ildeki bina stokunun genel özellikleri derlenmiştir. Bu hedefe yönelik olarak da 2000 Bina Sayımı ve 2001-2021 yılları arasında yapı kullanım izni almış binaların verileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veri tabanları, bina kullanım amacı, taşıyıcı sistem tipi, kat sayısı ve tabi olunan deprem yönetmeliği sınıfı ana başlıkları altında incelenmiştir. İncelenen parametreler, yapıların deprem riski ve kayıp hesaplarında oluşturulacak modellerde başlıca öneme sahip parametreler olarak değerlendirilmektedir. Çalışmada derlenen veri tabanları 2001 öncesi ve 2001 sonrası bina stoku ayrımı yapılarak ilçe bazında incelemeye tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar 10 ilde 2001 öncesi ve sonrası bina stokunun büyük değişimler gösterdiğini ortaya

koymaktadır. Çalışmada incelen parametrelere göre elde edilen toplam bina sayısının, bunların ilçe bazında dağılımlarının ve bağımsız birim sayısı bilgisinin, çalışma alanı için gerçekçi bina stoku verisinin oluşturulmasında ve deprem kayıp hesaplarının güncellenmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ay, B. Ö., ve Eroğlu Azak, T. (2021). Türkiye’de Değişen Yapı Özelliklerinin Karşılaştırmalı İncelemesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 36(4), 1111–1126.
- 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.
- Bal, I.E., Crowley, H., Pinho, R., Gülay, F.G. (2007). Structural Characteristics of Turkish RC Building Stock in Northern Marmara Region for Loss Assessment Applications. IUSS Press, Pavia.
- Bal, I.E., Crowley, H., Pinho, R., Gülay, F.G. (2008). Detailed Assessment of Structural Characteristics of Turkish RC Building Stock for Loss Assessment Models. *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, 28(10-11), 914–932.
- Bina Sayımı 2000 (2001). Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey-a synthesis. *Geodynamica Acta* 14, 3-30.
- Cansız, S. (2022). Türkiye’de Kullanılan Deprem Yönetmeliklerinin Özellikleri ve Deprem Hesabının Değişimi. 14(1), 58-71. doi: 10.29137/umagd.948025
- Duman, T.Y., Emre, O. (2013). The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics. *Geol Soc London, Spec Publ* 372:495–529. doi: 10.1144/SP372.14
- Emre, Ö., Duman T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun Ş., ve Şaroğlu, F., (2013). Türkiye Diri Fay Haritası, MTA.
- Eroğlu Azak T., Ay, B.Ö., Akkar, S. (2014). A Statistical Study on Geometrical Properties of Turkish Reinforced Concrete Building Stock. 2nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, August 24-29, İstanbul, Türkiye.
- Güner, B. (2020). Türkiye’deki deprem hasarlarına dönemsel bir yaklaşım; 3 dönem 3 deprem. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 25(43), 139–152.
- Hempton, M. R. (1987). Constraints on Arabian Plate motion and extensional history of the Red Sea, *Tectonics*,6(6),687–705, doi:10.1029/TC006i006p00687.
- Kaplan, O., Güney, Y., Cengiz, A.E., Özçelikörs, Y., ve Topçu, A. (2015). Eskişehir İli Bina Envanterinin Yapısal Kusurları ve Düzensizlikler Bakımından İrdelenmesi, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim 2015, İzmir, Türkiye.
- Konukcu, B.E., Karaman, H., & Şahin, M. (2017). Determination of Building Age for Istanbul Buildings to be Used for the Earthquake Damage Analysis According to Structural Codes by Using Aerial and Satellite Images in GIS, *Nat. Hazards*, 85(3), 1811-1834.
- Meral, E. (2019). Evaluation of Structural Properties of Existing Turkish RC Building Stock. *Iran J Sci Technol Trans Civ Eng* 43, 445–462 (2019). <https://doi.org/10.1007/s40996-018-0207-z>
- Özacar, A., Uzel, B., Bozkurt, E., Sançar, T., Sopacı, E., Kaymakçı, N., Rojay, B., Gülerce, Z., Kıncal, C., ve Gregory, L. (2023). Bölgesel Tektonizma ve Sismik Kaynak, 6 Şubat 2023, Kahramanmaraş-Pazarcık (Mw=7.7) ve Elbistan (Mw=7.6) Depremleri, Ön değerlendirme Raporu: Bölüm 2, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi.
- Türkiye Yapı İzin İstatistikleri (2022). Türkiye İstatistik Kurumu.
- Westaway, R., (1994). Present-day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean, *Journal of Geophysical Research*, 99:12071-12090.

Eroğlu Azak, Ay

Westaway R., Arger, J. (1996). The Gölbaşı basin, southeastern Turkey: a complex discontinuity in a major strike-slip fault zone. *Journal of the Geological Society*; 153 (5): 729–744. doi: <https://doi.org/10.1144/gsjgs.153.5.0729>