

PAPER DETAILS

TITLE: Dünya'da ve Türkiye'de Betonarme Prefabrikasyon

AUTHORS: Melek ÖZDAMAR SEITABLAIEV, Filiz UMAROGULLARI

PAGES: 309-320

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/990732>

Dünya’da ve Türkiye’de Betonarme Prefabrikasyon

Melek ÖZDAMAR SEİTABLAİEV¹, Filiz UMAROĞULLARI^{2*}

^{1, 2} Trakya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 22030, Edirne, Türkiye.

* e-mail: melekozdamar@trakya.edu.tr

Öz

Yaşanan sosyo-ekonomik ve teknolojik gelişmeler paralelinde yapım sistemlerinde rasyonel çözümler aranmış ve endüstrileşmenin bir sonucu olarak prefabrike yapım sistemleri ortaya çıkmıştır. Prefabrike yapım sistemlerindeki gelişmeler, bu konu ile ilgili yönetmelik, standart ve teknik şartnamelere olan gereksinimi artırmış, ayrıca birçok deneysel ve teorik araştırmanın yapılmasını teşvik etmiştir. Betonarme prefabrike sistemler, gelişmiş ülkelerde yüksek seviyelerde kullanılırken ülkemiz bu seviyelerin oldukça altındadır. Prefabrike üretimin kişi sayısına oranı Avrupa ülkelerinde 0,38 m³/kişi iken ülkemizde 0,02 m³/kişidir. Bu çalışmada betonarme prefabrikasyonun dünyadaki ve Türkiye’deki durumu özetlenmiş, prefabrikasyonun Türkiye’de gelişimi bağlamında kullanımına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca ekonomik büyüme ve inşaat hacminin prefabrike yapım sistemlerinin gelişimine olan etkileri sektör raporlarından alınan veriler doğrultusunda analiz edilmiştir. Bu bağlamda Türkiye’de prefabrikasyonun daha çok altyapı ve endüstri yapılarına odaklandığı ancak yapı üretiminde en büyük payı olan konut üretiminde yaygınlaşmasının gerekliliği görülmektedir. Prefabrike yapım sisteminin kullanım oranının artırılmasına yönelik öneriler çalışma kapsamında sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Prefabrikasyon, inşaat, betonarme prefabrike sistemler, standardizasyon, teknoloji.

Reinforced Concrete Prefabricated Systems

Abstract

In parallel with the socio-economic and technological developments, rational solutions were sought in construction systems and prefabricated construction systems emerged finally industrialization. Developments in prefabricated construction systems have increased the need for regulations, standard and technical specifications related to this subject, and encouraged many experimental and theoretical types of research. While reinforced concrete prefabricated systems are at high levels in developed countries, our country is well below these levels. The ratio of prefabricated production to the number of people is 0,38 m³/person in European countries and 0,02 m³/person in our country. This study summarized the situation in Turkey and world reinforced concrete prefabrication; evaluations were made in Turkey for the use of prefabrication. Also, the effects of economic growth and construction volume on prefabricated construction systems were analyzed through sector reports. In the study the prefabrication of the structures produced in Turkey generally focus on building infrastructure and industry, but it is seen that the largest share of the production of housing should be spread.

Keywords: Prefabrication, construction, reinforced concrete prefabricated systems, standardization, technology.

Atıf/Citation: Özdamar Seitablaiev, M. ve Umaroğulları, F. (2020). Dünya’da ve Türkiye’de Betonarme Prefabrikasyon. Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi, 5(2):309-320.

DOI: [10.30785/mbud.697606](https://doi.org/10.30785/mbud.697606)



1. Giriş

II. Dünya Savaşından sonra ortaya çıkan ekonomik kriz, birçok alanda olduğu gibi yapı sektörünü de etkilemiştir. Özellikle yapı maliyetlerindeki artış diğer endüstriyel ürünlere kıyasla daha fazla olmuştur. Bu durum, tasarlanan planlar arasında ölçü birliğinin sağlandığı, standart yapı elemanlarını öngören prefabrikasyon yaklaşımını geliştirmiş, seri üretime geçilerek maliyetten tasarruf yapılabilmesini olanaklı hale gelmiştir. Prefabrik yapılar hızla gelişerek standart kolon, kiriş ve döşeme elemanları, duvar panelleri gibi çok sayıda elemanın seri olarak üretilmesi sağlanmıştır. Bu elemanlar fabrika koşullarında uygun standartlar altında üretilerek büyük ölçekli çalışmalarda kullanılmış ve prefabrike üretimlerin inşaat sahasında veya yakınında yapılmasına olanak sağlamıştır (Amil ve Aydın, 2004). Endüstrileşmiş bu sistemler, malzeme ve yapım sürecinin daha yüksek bir standardizasyon derecesine ulaştırarak, prefabrik üretim teknikleri ile saha dışı üretimi artırmıştır (Barlow, Childerhouse, Gann, Hong-Minh, Naim ve Ozaki, 2003; Pan, Gibb ve Dainty, 2007; Thuesen ve Hvam, 2011).

Prefabrike yapım sistemleri, endüstrileşmiş yapı üretim sistemlerinin bugün ulaştığı en gelişmiş aşama olarak tanımlanmaktadır. Prefabrike yapım sistemleri, hammaddelerden bitmiş ürüne geçiş sürecinde malzeme, zaman, işçilik ve sermayenin rasyonel kullanımı gibi birçok avantajı beraberinde getirmiştir. Toplumun ihtiyaçları ve istekleri arasındaki ilişkiyi kurgulamak için endüstriyel üretim sürecinde daha az işgücü ile daha fazla miktarda, daha kaliteli ve daha ekonomik yapı üretimini gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Prefabrike yapım sistemlerinde, standartlaşmış boyutlarda ve kalitede, düşük hata toleranslı elemanlar kullanıldığından yapı kalitesi yüksektir (Arieff ve Burkhart, 2002). Konvansiyonel yöntemlerin aksine betonarme prefabrikasyonda işlemlerin büyük çoğunluğu fabrika ortamında gerçekleştirilmekte, mevsim şartlarından etkilenmeden imalat ve montaj imkânı sağlanmaktadır. Ayrıca tecrübeli çalışanların işgücüne, teknolojik ekipmanların kullanılmasına ve seri üretim uygulamalarına bağlı olarak üretim süresi azaltılabilmektedir. Ön gerilmeli elemanların kullanımı ile geniş açıklıklar ekonomik, esnek ve verimli bir şekilde geçilebilmektedir.

Endüstriyel bir yapı üretim şekli olan beton prefabrikasyon, dünya çapında en yoğun kullanıma sahip prefabrike üretim tekniğidir. Prefabrike yapı elemanları, büyük ölçekli inşaatlardan küçük ölçekli projelere kadar strüktürel, dekoratif ve altyapı elemanları olarak yoğun olarak uygulanmaktadır (Mtech Consult Limited, 2008). Bu doğrultuda beton endüstrisi hem inşaat süresini azaltarak maliyetten tasarruf etmek hem de sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için modern inşaat yöntemlerini ve yenilikleri benimseyerek somut çözüm önerileri sunmaya çalışmaktadır (Koca, 2010). Dünya genelinde ülke ekonomilerinin büyük bir paydasını oluşturan inşaat sektörü, deprem gibi afetlere dayanıklı yapı üretimlerine yönelmektedir. Deprem riski yüksek olan ülkemizde de konvansiyonel yapım sistemlerine bir alternatif olarak prefabrike yapım sistemleri ele alınmalıdır.

Betonarme prefabrikasyonun Dünya'daki gelişimi 1950'lere dayanmaktadır. Bu yıldan sonra birçok ülkede yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Yaygın kullanıma rağmen prefabrik yapı ve üretilen eleman sayısı, prefabrikasyon kullanım oranlarına dair bilgiler düzenli olarak toplanmamıştır. Bu çalışmada, dünya çapında bazı ülkelerde ve ülkemizde inşaat sektörüne dair istatistiki verileri, sektör raporları ve akademik çalışmalar incelenerek, prefabrikasyon kullanımının ve gelişimi dünyada ve ülkemizde durumu hakkında genel bir değerlendirmenin yapılması hedeflenmiştir. Erişim sağlanabilen istatistiki kaynaklar incelenerek karşılaştırılmıştır.

Birçok gelişmiş ülkede prefabrikasyon kullanım oranı yüksek iken ülkemiz, bu seviyelerin altında seyretmektedir. Prefabrikasyon kullanım oranı, prefabrike yapı elemanı üretim miktarı ve kişi başına düşen prefabrike üretim miktarı açısından ülkemiz, dünya ortalamasının altındadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde özellikle yapı üretiminde kaliteyi hedef alan ve standartlaşmaya yönlendiren prefabrike yapım sistemlerinin geliştirilmesi ve yaygın kullanımının sağlanabilmesi için bu konuda yapılan araştırmalar önemlidir.

Çalışma kapsamında da öncelikte bazı ülkelerdeki büyüme oranları, inşaat payları, inşaat sektörünü etkileyen unsurlar, üretilen prefabrik yapı ve eleman miktarı ve betonarme prefabrikasyonun temeli oluşturan hazır beton miktarları incelenmiştir. Bu ilişki aşağıda şematize edilmiştir (Şekil 1). Ekonomik

büyüme, inşaat sektörüne yapılan yatırımları etkileyerek inşaat pazar payının artmasını sağlar. Artan inşaa faaliyetleri doğrultusunda prefabrikasyon yapım sistemleri gibi rasyonel çözümler tercih edilir.



Şekil 1. Prefabrik inşaat sektörünü etkileyen unsurlar

2. Betonarme Prefabrikasyonun Dünyada ve Türkiye’deki Durumu

Dünyadaki prefabrikasyonun temelleri yaklaşık olarak 19. Yüzyılda atılmıştır. 20. Yüzyılın başlarında teknolojik gelişmeler ve artan yapı talebi doğrultusunda beton prefabrikasyon uygulamaları artmıştır (Tülübaş Gökuç ve Koman, 2011, s:11). Türkiye’de prefabrikasyon uygulamaları ilk olarak 1955’te beton direk üretiminde görülmüş olup 1965 yılı itibarıyla ise sanayi yapılarında kullanılmaya başlanmıştır (TPB, 2018).

Prefabrikasyonun gelişimi, ekonomik ve teknolojik değişimlerden etkilenmekle birlikte prefabrikasyon kullanımları ülkelerin büyüme oranları, ekonomik durumları, inşaat sektörünün durumu ve küresel harcamaları gibi bir dizi etkene göre değişkenlik göstermektedir. Özellikle Türkiye’de 2008 ve 2009 yıllarında yaşanan ekonomik krizin küresel ölçekte en çok etkilediği sektörlerin başında inşaat sektörü gelmektedir. Küresel inşaat sektörü 2009 ve 2010 yıllarındaki daralmanın ardından 2011 yılını da durağan geçirmiştir. Ancak kriz sonrası ilk kez 2011 yılında küresel inşaat sektöründe %0,5 büyüme gerçekleşmiştir (Langdon, 2012). Çizelge 1’de 2011 yılı itibarıyla bölgelere göre dünya çapında inşaat sektöründeki genel büyüme oranları ve büyümeyi tetikleyen unsurlar verilmiştir (Türkiye İnşaat Malzemeleri Sektör Görünüm Raporu, 2011).

Çizelge 1. 2011 yılı bölgelere göre dünya çapında inşaat sektörü genel büyüme oranları ve büyümeyi tetikleyen unsurlar (Türkiye İnşaat Malzemeleri Sektör Görünüm Raporu, 2011)

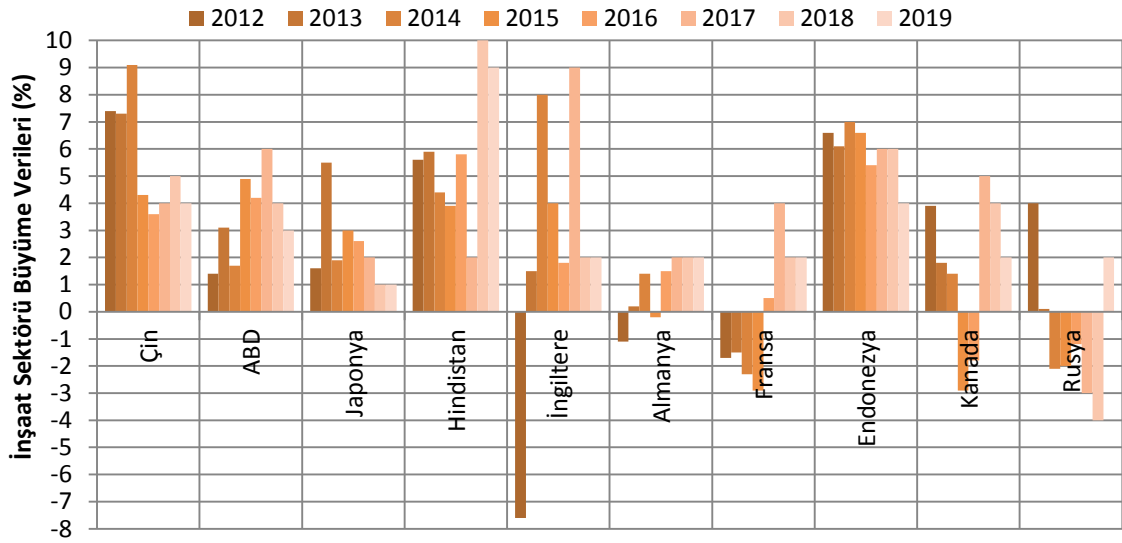
BÖLGELER	BÜYÜME	BÜYÜMEYİ TETİKLEYEN UNSURLAR
Asya – Pasifik	%7,9	Kentleşme, nüfus artışı, hane halkı sayısındaki büyüme doğrultusunda altyapı ve konut inşaatları
Avrupa (Rusya ve Türkiye Dahil)	%7,2	Olimpiyatlar, FIFA Dünya Kupası, vb. organizasyonlar ve enerji nakil projelerine bağlı altyapı yatırımları Doğrudan yabancı yatırımın artmasının da etkisiyle konut dışı yatırımlar
Güney Amerika	%6,1	Nüfus artışı, kentleşme hızı ve hanehalkı sayısındaki büyüme doğrultusunda konut inşaatları altyapısının iyileştirilmesi
Kuzey Amerika	%6	Nüfus artışına bağlı konut inşaatları ve yenileme pazarı
Afrika ve Orta Doğu	%5,2	Nüfus artışı, kentleşme hızı ve hanehalkı sayısındaki büyüme doğrultusunda konut inşaatları Altyapının iyileştirilmesi
Batı Avrupa	%1,4	Enerji verimliliği ve yaşlı konut stokuna bağlı yenileme pazarı

Ekonomik büyüme, inşaat sektöründeki büyümeyi de beraberinde getirmektedir. 2010 yılında ABD en büyük inşaat pazar payına sahip ülkedir. Bunu Çin, Japonya, Almaya, İspanya ve Fransa takip etmiştir (Raymond, 2010). Teşvik harcamalarının artmasıyla Çin’de inşaat pazarı hızla büyüyerek 2011’de ABD’yi geride bırakarak dünyanın en büyüğü olmuştur (Global Construction, 2011).

Gelişmekte olan ülkelerde inşaat sektörünün büyüklüğü 2012-2016 yılları arasında gelişmiş ülkelerin üzerindedir. Dünya çapında inşaat sektöründeki büyüme 2016’daki %3,4 ve 2017’de de %3,5 seviyelerinde seyretmiştir. Gelişmekte olan pazarlarda son 10 yılda %8,8 seviyesinde gerçekleşen büyüme 2017 yılında yalnızca %4,2 seviyesinde olmuştur. Gelişmekte olan ekonomilerde ise son 10

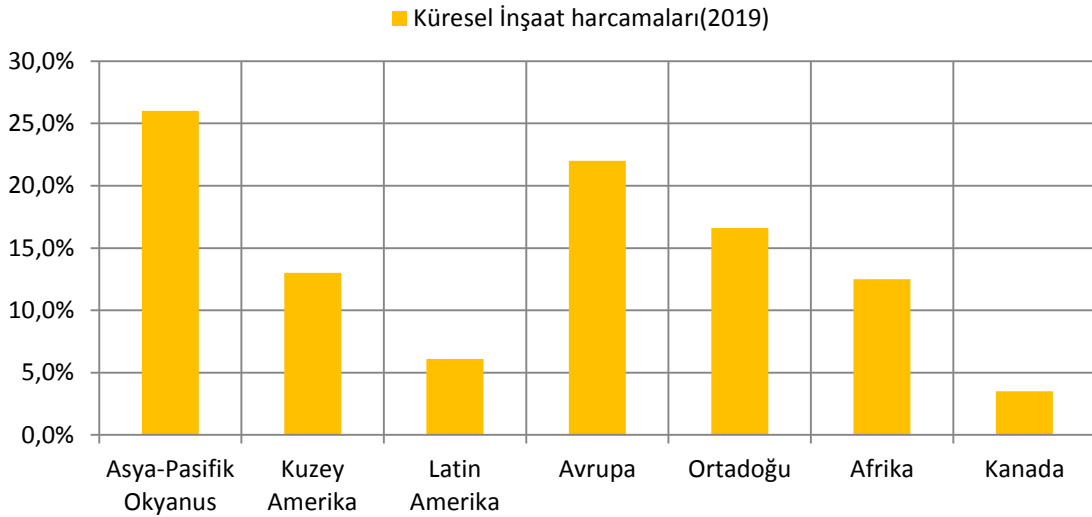
yılda %0,9 iken 2017’de %2,5’tir (Euler Hermes, 2017). Dünya geneline bakıldığında ABD’de inşaat sektörü istikrarlı olarak büyümektedir. Latin Amerika’da, bütçe kesintilerine ve proje iptallerine bağlı olarak durgunluk devam etmektedir. Çin, büyüme oranları ivmesini aynı şekilde devam ettirerek inşaat alanındaki hareketliliği korumaktadır. Avrupa’nın genelinde ise inşaat sektöründe genel bir durgunluk öngörülmektedir. Türkiye’de inşaat sektörü, konut ve altyapı projelerinin yoğunluğu nedeniyle hareketli bir dönem geçirmektedir. Genel olarak dünyada ve Türkiye’de inşaat sektöründeki büyümenin devam etmesi beklenmektedir (KPMG, 2018; TCMB, 2017).

Prefabrikasyondaki ilerlemeler, dünyadaki ekonomik ve teknolojik değişimlerden etkilenecek bir gelişim göstermektedir. Dünyada birçok ülkede yaşanan ekonomik krizler, nüfus artışları ve doğal afetler vb. etkenler konut başta olmak üzere çeşitli fonksiyonda yeni bina inşasını ve dolayısıyla prefabrikasyonu arttırmıştır. Prefabrikasyon kullanımı ülkelerin gelişmişlik düzeylerine, zamanın ihtiyaçlarına ve sosyo-ekonomik durumlarına göre değişmektedir (Memon vd., 2011). Ülkelerin yıllara göre inşaat sektöründeki büyüme yüzdeleri Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Bazı ülkelerin inşaat sektörlerinde büyüme verileri (Özden, Seheri ve Ersan, 2019)

Küresel büyümeye paralel bir gelişim gösteren inşaat sektörü için yapılan harcamalar, ülkelerin inşaat büyüme hızları ile doğru orantılıdır. Küresel inşaat harcamaları vb. ekonomik hareketler ve yatırımlar prefabrike eleman ve yapı üretimini de doğrudan etkilemektedir. 2011 yılında görülen inşaat sektöründeki büyüme ile birlikte 2011 yılında küresel inşaat harcamaları 4,6 trilyon dolara ulaşmıştır. 2012 yılında ise, küresel inşaat harcamalarında %4,0 büyüme yaşanmıştır. 2013 yılında sektördeki küresel büyüme ise %4,5 olarak belirlenmiştir. Bu büyüme ile birlikte 2013 yılında küresel inşaat harcamaları 7,85 trilyon dolara ulaşmıştır. Öte yandan 2014 yılında da küresel büyüme devam etmiştir (Langdon, 2012) (Şekil 3).

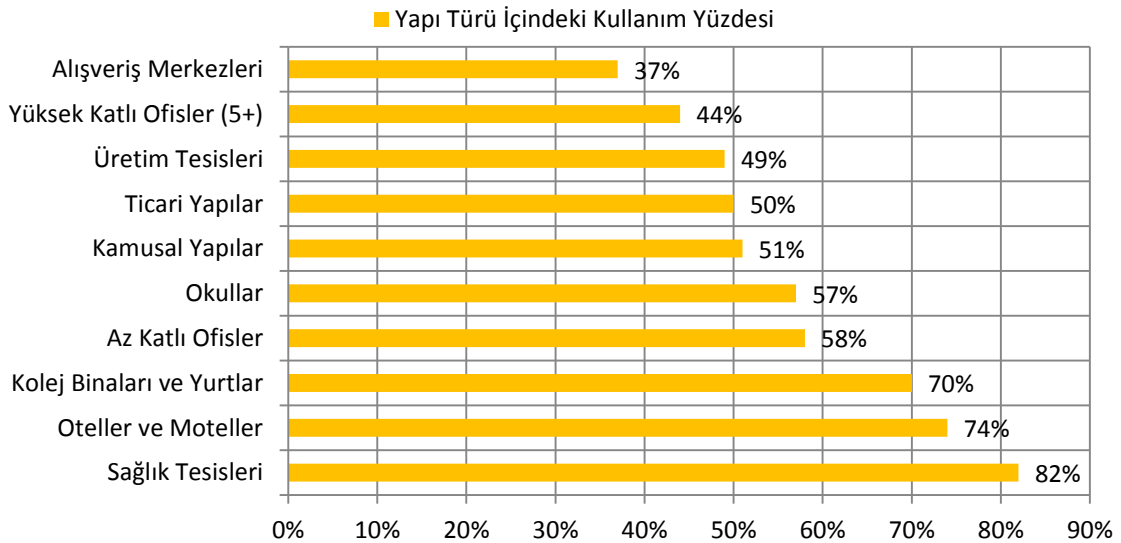


Şekil 3. 2019 yılında dünyadaki inşaat harcamalarının bölgesel dağılımı (Özden vd., 2019)

Prefabrike yapı üretimi işlevsel olarak farklı yapı gruplarında tercih edilmekte ve bu tercih ülkelere göre farklılık göstermektedir. İlk olarak 2011 yılında yayınlanan bir çalışmanın (Mc Graw-Hill Construction, 2011) devamı niteliğindeki özellikle son üç yılı kapsayan raporda, prefabrikasyonun bina fonksiyonlarına göre kullanım oranları; (Dodge Data & Analytics, 2020)

- Sağlık Hizmeti (%82)
- Oteller ve Moteller (%74)
- Kolej Binaları ve Yurtlar (%70)
- Az Katlı Ofis (%58)
- Okullar (%57) olarak ortaya konulmuştur.

Özellikle sağlık sektörü, prefabrike yapı teknikleri için en uygun sektör olarak görülmektedir. Hastane odalarının iç düzeni, modülerliğin etkin bir şekilde kullanılmasına izin vermekte ve prefabrikasyon ile projelerde yapım süresinin kısaltılmasına yardımcı olmaktadır. Yurtlar ve sınıflar için de modüler tasarımların kullanımına olanak sağlayarak inşaat programını hızlandırır. Yapı fonksiyonlarına bağlı olarak inşa edilen tüm yapılardaki prefabrikasyon kullanım oranları en yüksek sağlık tesisleri olup bunu üretim ve kamu yapıları takip etmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Yapı fonksiyonlarına göre prefabrikasyon kullanım oranları (Dodge Data & Analytics, 2020)

Çalışma kapsamında bazı ülkelerdeki özellikle konut sektöründeki prefabrikasyon kullanım alanları ve oranları incelenmiştir. Avusturalya için prefabrike konut, konut inşaatı endüstrisinin küçük bir parçasını oluştururken, özel konutlar ve hastane, ofis gibi konut dışı yapılar büyük bir paya sahiptir (Steinhardt ve Manley, 2016). 2016 yılı itibarıyla Avustralya’da çok katlı konutlar için betonarme prefabrikasyon daha yaygın kullanılırken, müstakil konut piyasasında prefabrikasyon fazla tercih edilmemektedir (Blismas ve Wakefield, 2009; Boyd vd., 2012). Prefabrike konut endüstrisindeki girişimlerde, prefabrike panel sistemlerinin aksine genellikle modüler veya tamamlanmamış taşınabilir konutlar tercih edilmektedir ve bu konutları üreten firmaların sayısı kısıtlıdır (Steinhardt, vd., 2013; Kelly, 2014).

Japonya’da, 2005-2016 yılları arası yeni üretilmiş prefabrike konutların oranı %12-16 arasında sabit bir şekilde seyretmiştir. Bunların %40’ı apartman, %38’i müstakil konut ve %22’si sıra evdir. Prefabrikasyonun kullanımı, müstakil ve çok katlı konut olarak sektörde yaklaşık eşit paylara sahiptir (Steinhardt ve Manley, 2016).

Almanya’da yeni konut inşaat izinlerinin %9’u prefabrike binalar içindir. Bunlarında %17’si tek yaşam alanlı, %12’si 2 yaşam alanlı ve %2’si 3 ve üzeri yaşam alanına sahiptir.

İsveç’te yapılmış çalışmalara göre prefabrike konut yapım oranı uzun yıllardır sabit bir şekilde devam etmektedir (Knaack, Chung-Klatte ve Hasselbach, 2012). Tekil konutlar 1976’da %40, 1983 de %90 oranında prefabrike sistemlerle inşa edilmiştir. İsveç’te her 5 yapıdan 4’ünde prefabrike yapım sistemi kullanılmaktadır (PrefabNZ, 2013). Müstakil konutlar, yeni inşa edilen tüm konutların sadece %30’unu oluşturmaktadır. Müstakil prefabrike konutlar için genellikle ahşap prefabrikasyon kullanılırken, 4 kat ve üzeri yapıların %90’ında betonarme prefabrikasyon kullanılmaktadır (Jonsson, 2009). 1970’den günümüze kadar geçen süreçte, devlet destekli çok katlı konut projelerinin %20’sinde betonarme prefabrike yapım sistemi kullanılmıştır. %20’lik bu oran uluslararası bağlamda betonarme prefabrikasyon açısından yüksek bir oran olarak görülmektedir.

Hollanda’da, %20 oranındaki prefabrikasyon kullanımı ahşap ve betonarme sistemlerle yapılmaktadır. Tüm konutların %50’si dolgu amaçlı ahşap çerçeveleme paneller ile tamamlanan yük taşıyıcı duvarlar kullanılarak inşa edilmiştir (Eriksson, 2003; Steinhardt ve Manley, 2016). Hollanda’da çok katlı yapıların inşasında ahşap prefabrikasyonun kullanıldığı ve pazar payının da küçük olduğu öne sürülmüştür (Farnsworth, Warr, Weidman ve Mark Hutchings, 2015).

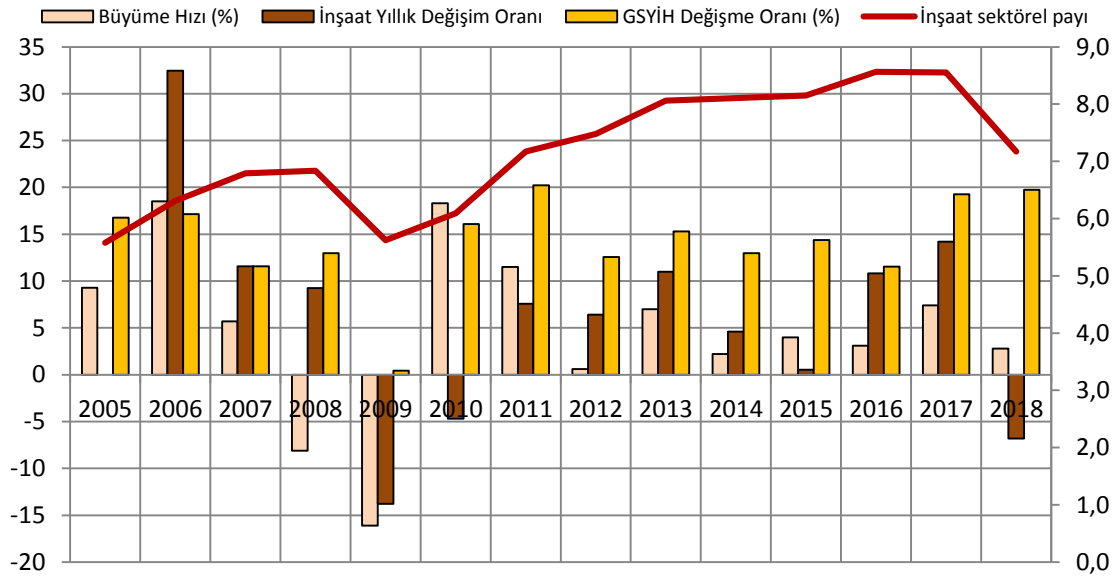
ABD’deki verilere göre tek aileli konutların yapımında modüler ve panel sistem (üst yapı inşaatı hariç ya da dâhil) kullanılmıştır (U.S. Census Bureau, 2015). Bu iki kategori ile yapılan konut miktarında 1994 (% 5,1) ve 2014 (% 2,9) arasında genel düşüş eğilimi görülmüştür (Steinhardt ve Manley, 2016). Bu kategorideki yapı istatistiklere hazır ev-mobil konutlar dâhil edilmemiştir. Mobil konutlar, genellikle geçici ve düşük maliyetli çözümler olarak tercih edilmekte ve ABD genelinde tüm konutların %7’sini mobil konutlar oluşturmaktadır (Gold, 2012).

Birleşik Krallık (United Kingdom-UK) İngiliz Konut ve Konut Kooperatiflerinin istatistiklerine göre 1990 yılından beri tüm konutların en az %95’i konvansiyonel konstrüksiyonla yapılmaktadır (Department for Communities and Local Government, 2013). Geri kalan %5’lik dilimi ise sadece prefabrikasyon değil betonarme ve metal çerçevenin yerinde imalatı ile de oluşturulmaktadır. Birleşik Krallık’ ta prefabrike yapı, genellikle saha dışı yapım yöntemlerinden oluşan daha büyük bir “Modern İnşaat Metodu” (MMC) başlığı altında ele alınmaktadır. Tüm inşaat sektörü (konut, konut dışı ve sivil) içinde genel kullanımı ise 2007’de %2’den (Goodier ve Gibb, 2007), 2010’da %7’ye yükselmiştir (Taylor, 2010). Ayrıca tüm prefabrike yapıların yaklaşık %40’ı, izleme ve Değerlendirme sistem modüllerine ya da ısıtma ve soğutma için kontrol edilebilir tesislere sahiptir (Laing, 2015). Ele alınan bu ülkeler arasında Japonya konut endüstrisi verileri dikkat çekmektedir. 2014 yılında Japonya nüfusunun % 40’ı kadar, ABD ise sanayisine eşdeğer sayıda konut üretmiştir.

Prefabrikasyonun ülkemizdeki tarihi gelişimi ise Endüstri Devrimi’nin Osmanlı İmparatorluğuna olan yansımalarının etkisi ile uluslararası uygulamalara göre oldukça geç ortaya çıkmıştır. Anadolu’daki ilk betonarme uygulamalar 1915-1920 yılları arasında inşa edilmiştir. Türkiye’deki ilk beton prefabrikasyon uygulamaları konusunda elimizde fazla bir belge bulunmamakla birlikte, 1937 yılında

Sedat Süverir'in 'Küçük Yozgat Nitro Gliserinli Barut Fabrikası'nın çatısında kullandığı elemanlar ve 1940'lı yıllarda çeşitli direk ve boru uygulamaları, ülkemizdeki ilk beton prefabrikasyon örnekleri olarak kabul edilmektedir. Son yıllardaki sanayileşme hızına paralel olarak Türkiye prefabrikasyon teknolojisini 1960'larda genellikle tek katlı endüstri binalarında kullanmıştır. Bu durum Türkiye'de prefabrikasyonun benimsenmesi, yayılması ve önyargıların kırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye'de resmi olarak kayıtlı ilk prefabrike beton inşaat uygulamaları ise; 1961 yılında, 10 farklı il sınırları içerisinde inşa edilen toplam 225 adet ilkokul binası ile 1962 yılında üretilen ve halen kullanılmakta olan Ereğli Demir ve Çelik Fabrikası lojmanlarıdır (Tokman ve Eryılmaz, 2004; Bekiroğlu, 2006).

Dünyadaki ekonomik büyüme ve inşaat arasındaki ilişkinin benzeri Türkiye'de de geçerlidir. İnşaat sektöründeki büyüme beklentileri; yeni inşaat, yenileme çalışmaları ve kullanılan inşaat malzemelerini ile hizmetleri kapsamaktadır. Bu doğrultuda, 2009 yılında yaşanan küresel kriz nedeniyle prefabrike sektörü ciddi bir üretim kaybı yaşadıktan sonra sektör giderek üretimini arttırmıştır (Türkiye İnşaat Malzemeleri Sektör Görünüm Raporu, 2011). Konut talebi, artan kentsel dönüşüm projeleri, doğrudan yabancı yatırımlardaki artış beklentisi, yenilenebilir enerji alanında yapılması planlanan altyapı yatırımları ve büyük enerji nakil projelerinin Türkiye'den geçmesi, Türkiye'de başta konut inşaatları olmak üzere, konut dışı ve altyapı inşaatlarındaki büyümeyi de desteklemiştir (Şekil 5) (TÜİK, 2020).



Şekil 5. Türkiye'de büyüme ve inşaat sektörünün değişim paylarının yıllara göre dağılımı (TÜİK, 2020)

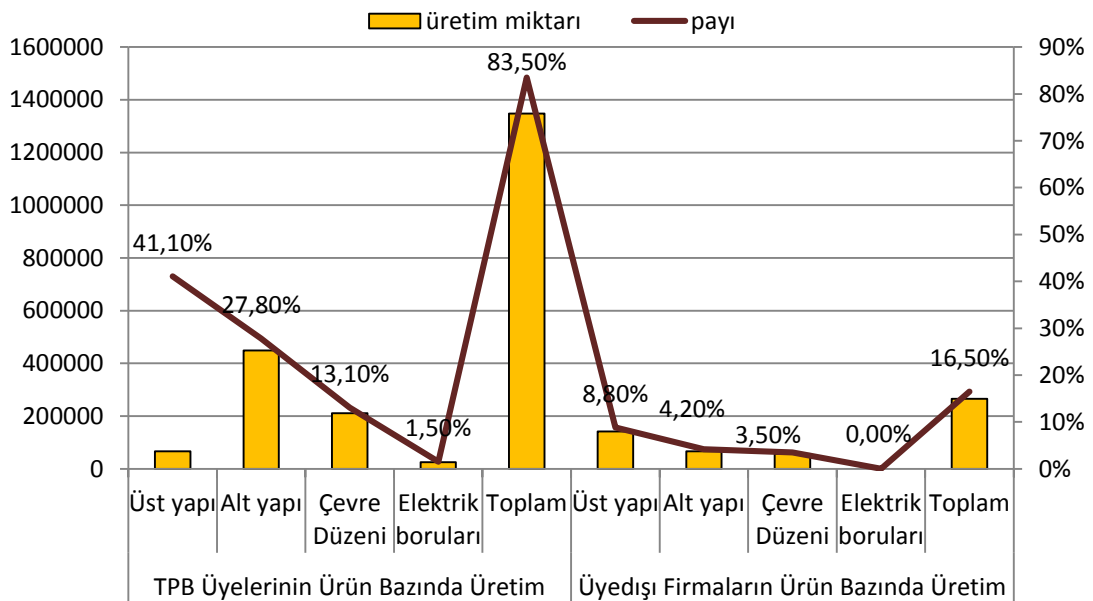
Türkiye'de inşaat sektörü 2010 yılında %18,5 ve 2011 yılında %11,5 gibi yüksek hızlarda büyüdükten sonra, 2012 yılının ilk dokuz ayında sadece %0,6 büyüme göstermiştir. 2013 yılı genelinde inşaat sektöründe %7,1 büyüme gerçekleşmiştir. Ekonomik yavaşlamaya bağlı olarak, inşaat sektörünün büyüme performansında da önemli bir yavaşlama görülmektedir. Ancak bu yavaşlama sadece ülkemize has olmayıp küresel anlamda bir küçülmedir (Langdon, 2012). İnşaat sektöründe 2013 yılında yaşanan %7,1 büyümenin tamamı kamu inşaat harcamalarındaki büyümeden kaynaklanmaktadır. Özel sektör inşaat harcamaları ise 2012 yılındaki %0,1 gerileme ardından 2013 yılında da %0,7 oranında daralmıştır. 2013 yılı, sektörün beklentilerin üzerinde bir artış kaydedilmiştir. 2014, artan jeopolitik riskler ve dövizin buna bağlı olarak yukarı yönlü hareketi ile hem ekonomik anlamda hem de sektörel anlamda bir daralma yılı oldu. Ekonomik büyümeyle birlikte inşaat sektörünün büyüme performansı %4,9 olarak gerçekleşmiştir (KPMG, 2018). 2016'da inşaat sektörü ekonomik büyümenin üzerinde bir büyüme kaydetmiştir. Türkiye ekonomisinde 2016 yılının %4,5 büyüme sağlanmıştır. Büyümenin önemli bir kaynağını inşaat sektörü oluşturmaktadır. İnşaat harcamaları ise 2016 yılında gerçekleşen olumsuz koşullarına rağmen genişlemesini sürdürmüştür (Türk Yapı Sektörü Raporu, 2016). 2017'nin ilk iki çeyreğinde sektörün büyümesi ise yine %5,6, 3. çeyrekte %18,7 ile son 3 yılın en yüksek büyüme oranını yakalamıştır. Bu rakamla sanayi büyümesinin

de önüne geçen inşaat sektörü, aynı dönemde yatırımlarını da %12 düzeyinde artırmıştır (KPMG, 2018). Buna göre geçtiğimiz yıllara nazaran performansında kayıplar olmasına rağmen inşaat sektörü tek başına ülke ekonomisinin %6'sını ayakta tutmaktadır. Aynı zamanda yatırımların ülke toplam inşaat üretimindeki payı %14-15 civarında iken beton prefabrikasyonun geçtiğimizde dönemlerde toplam inşaat üretimindeki payı %5-6'yı geçememiştir (Acar, 2006).

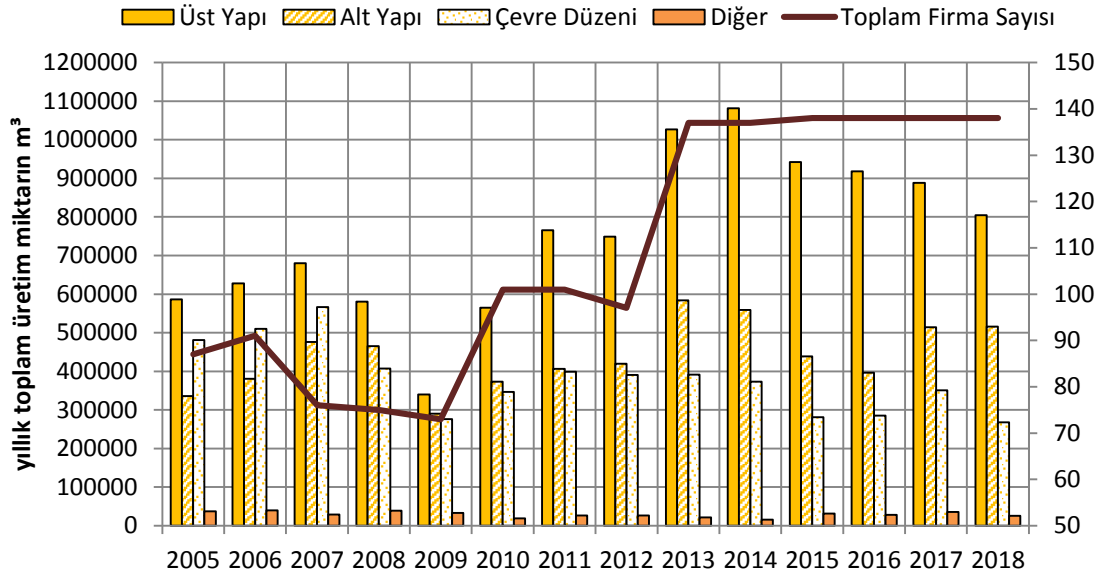
Ülkemizde konut alanındaki prefabrikasyona yönelik gelişmeler, endüstri yapılarındaki gibi hızlı olmamıştır. Sanayileşme ile birlikte büyük kentlerdeki konut açığı zamanla artmış, fakat bu ihtiyacın yasal olmayan konut yapım biçimleriyle giderilmesi konut alanındaki prefabrikasyon uygulamalarını azaltmıştır (Bekiroğlu, 2006). 1998 Ceyhan ve 1999 Marmara depremlerinde prefabrik sanayi yapılarının kötü bir performans göstermesi bu sektörü yavaşlatmıştır (Çetinkaya, 2007). Daha sonra Toplu Konut Yasası'nın yürürlüğe girmesi ile tek katlı yapı sistemleriyle sınırlanmaktan kurtulup, çok katlı prefabrike uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bu koşullar altında hızlı bir gelişme alanı bulan prefabrike endüstrisine, deprem kuşağında bulunan ülkemiz için bazı çevrelerce kuşkuyla yaklaşılsa da son yıllarda yapılan çalışmalar birleşim bölgeleri bilinçli tasarlanmış sistemlerin monolitik yapılar kadar dayanıklı olabileceğini ortaya koymuştur (Amil ve Aydın, 2004). Beton prefabrikasyon sanayinin bugün ulaştığı düzeyde ise her türlü az ya da çok katlı yapılar, ulaşım yapı elemanları ve çevre düzeni elemanları yapılabilen ve üretilebilmektedir. Ülkemizde prefabrikasyon üretiminde ileri teknolojiler kullanılmakla birlikte tüketim tarafında henüz prefabrikasyon teknolojileri yeterince tanınmamaktadır. Bugün Türkiye'de 130'dan fazla firma prefabrikasyon sektöründe faaliyet göstermektedir (Acar, 2006).

İnşaat sektörü tek başına ülke ekonomisinin %6'sını ayakta tutmaktadır. Aynı zamanda toplam inşaat yatırımları %14-15 civarında iken beton prefabrikasyonun toplam inşaat üretimindeki payı %5-6'yı geçmemiştir (Acar, 2006). AB'de prefabrike sistemlerin inşaat sektörü içindeki payı %25 oranında iken Türkiye'de %8 seviyelerindedir (Türk Yapı Sektörü Raporu, 2018).

Türkiye'de prefabrike yapım sistemleri, daha çok endüstri yapılarında tercih edilmesi nedeniyle beton prefabrikasyonunun sanayi yapılarındaki payı %85'lere çıkmaktadır (TPB, Sektör Raporları (1998-2016), 2018). Konutlarda henüz sınırlı tercih edilmektedir ancak Türkiye'de yapılan inşaat yatırımlarının yarısından fazlasının konut üzerine olduğu bilinmektedir. Bunu alt yapı projeleri takip etmekte olup geri kalan dilimi ise konut dışı yapılarıdır. Üst yapı yani bina inşaatı için kullanılan ürün tipi, en yüksek oranlara sahiptir (Türk Yapı Sektörü Raporu, 2016). 2018 yılında toplam üretimin yaklaşık %75'ini Türk Prefabrik Birliği (TPB) üye firmaların oluşturduğu görülmektedir (Şekil 6). Sektör raporuna göre üretilen ürün tiplerinin miktarının arasında firma sayısındaki artış ve azalmaya bağlı olarak bir doğrusal ilişki olduğu görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 6. TPB üyeleri ve üye olmayan firmaların 2018 yılı ürün bazında üretim miktarları ve dağılımları (TPB, 2018)



Şekil 7. Yıllara göre ürün tipleri ve prefabrike firma sayısı ilişkisi (TPB, 2018)

3. Değerlendirme ve Sonuç

Prefabrikasyon, ön üretimli eleman ya da bileşimlerle yapılan inşa faaliyetlerini kapsamaktadır. Yapı sektöründe endüstrileşme ile ortaya çıkan prefabrike yapım sistemi, yapı yaşam döngüsü içinde birçok avantaj sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında, yaygın olarak kullanılan betonarme prefabrike yapım sistemlerinin Dünya’da ve Türkiye’deki durumu incelenmiştir. Ülkelerin büyüme oranları ve inşaat sektöründeki gelişmelere paralel olarak prefabrikasyon üretim miktarı ve uygulamaları gelişim göstermiştir. İtalya, Belçika, Hollanda gibi gelişmiş ülkelerde prefabrikasyon kullanım oranı en yüksek seviyelere sahiptir.

Prefabrikasyon sektörünün en gelişmiş olduğu ülkeler ise Danimarka (%45) ve Hollanda (%40)’tır. Prefabrike sistem ise dünyada daha çok sağlık, yurt, ofis ve endüstri yapılarında tercih edilmektedir. Japonya konut piyasasında, prefabrikasyon iyi bir performans göstermektedir. Almanya’da, konut piyasasındaki prefabrikasyon oranı dalgalanmalar yaşamış ve %8-9 arasında sabit kalmıştır. Almanya’da yeni konut inşaat izinlerinin %9’unu prefabrike yapılar oluşturmaktadır. Hollanda’da, %20 oranındaki prefabrikasyon kullanımı ahşap ve betonarme sistemlerle yapılmaktadır. ABD’de, genellikle modül ya da panel sistemler tercih edilmektedir. Avustralya’da ise kayıtlı verilere göre prefabrikasyon kullanımı %3 seviyesindedir. Japonya’da konutların %12-16’sı prefabrike sistemle yapılmıştır.

Türkiye’de ise yapılan inşaat yatırımların büyük çoğunluğunu konut yapıları oluşturmaktadır. Ancak Türkiye’de genellikle endüstri yapılarında %85 oranında prefabrike yapım sistemi tercih edilirken konut yapılarında konvansiyonel sistemler kullanılmaktadır. Türkiye’de özellikle iskelet-çubuk sistemler daha yaygın olarak kullanılırken panel ve hücre sistemlerinin kullanım oranı gelişmiş ülkelerde daha fazladır.

Prefabrike uygulamalarda, kullanılan teknoloji açısından dünyadaki uygulamalar ile ülkemizdeki çalışmalar arasında çok büyük fark bulunmamaktadır. Gelişmiş ülkelerdeki prefabrike uygulamalarda üretimdeki en büyük fark CAD, CAM gibi otomasyon uygulamalarının daha yaygın kullanışıdır. Ayrıca yurt dışında tüm yapı yerine genellikle eleman bazında üretim daha yaygın olup Türkiye’de daha sınırlı bir kullanım söz konusudur.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde ihtiyaç duyulan yapı ihtiyacında betonarme prefabrike sistem gibi rasyonel sistemlerin teşvik edilmesi hem ülkelerin ekonomisine hem de kaliteli yapı üretimine birçok katkı sağlayacaktır. Prefabrikasyon ile yapı üretimi ve inşa faaliyetleri aynı anda yürütülebilmesi projelerin hızlı bir şekilde tamamlanmasına ve dolayısıyla yatırımların hızla kazanca dönüşmesine olanak sağlayacaktır.

Prefabrikasyon sektörünün kullanım oranını artırmak için;

- Yeterli bir denetim sağlanmalı ve ekipler oluşturulmalı,
- Talep eksikliği nedeniyle ortaya çıkan haksız rekabet engellenmeli,
- Kalifiye işgücü eksikliği giderilmeli,
- Özellikle kısa yapım süresinin talep edildiği kamu yatırımları gibi projelerde prefabrike yapım sistemlerinin tercih edilmesi konusunda teşvik edilmeli,
- Firmalar bu konu ile ilgili Ar-Ge faaliyetlerini arttırmalı,
- Tanıtım ve pazarlamanın artırılması konusunda önemler alınmalıdır.

Prefabrike sistemler hafiflik, geri dönüştürülebilirlik, toplam düşük maliyet, kalite ve performans gibi inşaat endüstrisinde beklenen temel gereksinimlerin karşılanmasında önemli bir yer oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak prefabrike elemanların kullanılmasının son yıllarda artış göstermesi betonarme prefabrikasyon sektörünü geleceğe dönük umutlandırmaktadır. Ayrıca sürdürülebilir kalkınma ve enerji verimliliğinin önemi her geçen gün artmaktadır. Bu doğrultuda prefabrike sistemler, konvansiyonel yöntemlere göre akıllı bina çözümlerine çok daha rahat olanak tanıyan bir teknoloji olduğu için sürdürülebilir projelerde sıklıkla ele alınmaktadır.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Makalede, ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada Etik Kurul izni gerekmemiştir.

Kaynaklar

- Acar, M.Ş. (2006). *Türkiye’de beton prefabrikasyonun tarihçesi*. Türkiye Prefabrik Birliği. İstanbul. ISBN:9944-5957-0-5.
- Amil, A.P., Aydın, A.C. (2004). Prefabrike Yapıların Başlıca Tasarım İlkeleri. *Atatürk Üni. Ziraat Fak. Dergisi*, 35 (3-4), 235-240.
- Arieff, A. ve Burkhart, B. (2002). *Prefab*. ISBN 10: 1586851322 / ISBN 13: 9781586851323, Published by Gibbs Smith.
- Barlow, J., Childerhouse, P., Gann, D., Hong-Minh, S., Naim, M. ve Ozaki, R. (2003). Choice and delivery in housebuilding: lessons from Japan for UK housebuilders. *Building Research&Information*, v.31, n. 2, 134-145.
- Bekiroğlu, D. (2006). *Prefabrike Yapıların Depreme Dayanıklı Tasarımı, Onarım ve Güçlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İTÜ FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Blismas, N. ve Wakefield, R. (2009). Drivers, Constraints and The Future of Off-site manufacture in Australia. *Construction Innovation: Information Process Management*, 9(1). 72–83.
- Boyd, N., Khalfan, M. M. A. ve Maqsood, T. (2012). Off-site Construction of Apartment Buildings. *Journal of Architectural Engineering*, 19, 51–57.
- Çetinkaya, N. (2007). *Prefabrik Betonarme Sanayi Yapılarının Deprem Davranışının DeneySEL Olarak İncelenmesi* (Doktora Tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Department for Communities and Local Government. (2013). *English Housing Survey Homes*. London.
- Dodge Data&Analytics. (2020). *Prefabrication and Modular Construction 2020*, Smart Market Report, Assess Address (6.11.2020): www.construction.com
- Eriksson, P. (2003). *Wood Components in Steel and Concrete Buildings In-Fill Exterior wall Panels* (Project No. 02077).
- Euler Hermes. (2017). *Ekonomik Araştırmalar- Global Sektör Raporu - İnşaat*. <http://www.eulerhermes.com>

- Farnsworth, C., Warr, R., Weidman, J. ve Mark Hutchings, D. (2015). Effects of CM/GC Project Delivery on Managing Process Risk in Transportation Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142 (3), 04015091.
- Global Construction. (2011). *A global forecast for the construction industry over the next decade to 2020*. Published by: Global Construction Perspectives and Oxford Economics. United Kingdom. ISBN: 978-0-9564207-9-4
- Gold, R. (2012). *Oil and Gas Boom Lifts U.S. Economy*. (6.11.2020): <http://www.wsj.com/articles/SB10001424052970204652904577195303471199234>
- Goodier, C.I. ve Gibb, A.G.F. (2007). Future Opportunities for Offsite in the UK. *Construction Management and Economics*, 25 (6), 585-595.
- Jonsson, R. (2009). *Prospects for timber frame in multi-storey house building in England, France, Germany, Ireland, the Netherlands and Sweden*, Retrieved from Växjö, Sweden.
- Kelly, A. (2014). *Prefabricated Metal Building Manufacturing in Australia* (Industry Report C2222), Retrieved from Melbourne.
- Knaack, U., Chung-Klatte, S. ve Hasselbach, R. (2012). *Prefabricated systems-principles of construction*. Birkhäuser: Basel. Editor: Ria Stein, Berlin, ISBN 978-3-7643-7962-9.
- KPMG. (2018). *İnşaat-Sektörel Bakış*. www.kpmg.com.tr
- Koca, S. (2010). *Prefabrike beton endüstrisinde atık yönetimi ve geri dönüşüm olanakları* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Laing, O.R. (2015). *Modular Plant Room*. (6.11.2020): <https://www.lain gorourke-.com/engineering-the-future/digital-engineering-2/eej/influence-on-the-supply-chain.aspx>
- Langdon, D. (2012). *AECOM Company*. Word Construction.
- McGraw-Hill Construction. (2011). *Prefabrication and modularization: increasing productivity in the construction industry* (Editor:Fitch, E.). Smart Market Report.
- Memon, A. H., Rahman, I. A., Abdullah, M. R., Asmi, A., Azis, A. (2011). *Assessing the Effects of Construction Delays on MARA Large Projects*. International Conference on Advanced Science. Engineering and Information Technology. Pp: 624-629.
- Mtech Consult Limited. (2008). *Waste reduction potential of precast concrete manufactured offsite (was 003-003: offsite construction case study)*. Waste & Resources Action Programme. Banbury: Oxon.
- Özden, A., Seheri, Ö., Ersan, Ö. (2019). *İnşaat Sektörü*. A&T Bank, Ekonomik Araştırmalar Departmanı, https://atbank.com.tr/documents/INSAAT%20SEKTORU_ARALIK%202019.PDF
- Pan, W., Gibb, A.G.F. ve Dainty, A. (2007). Perspective of UK housebuilders on the use of offsite modern methods of construction. *Construction Management and Economics*, 25(2):183-194.
- PrefabNZ. (2013). *Prefab Roadmap: A Way Forward for Prefabrication in New Zealand* (2013–2018).
- Raymond, B. (2010). *Global Construction 2020 and Global Opportunities*. Partner. London. Pinsent Masons.
- Steinhardt, D. A., Manley, K. ve Miller, W. (2013). Profiling The Nature and Context of The Australian Prefabricated Housing Industry. Project: 27/11/13.
- Steinhardt, D.D. ve Manley, K. (2016). Adoption of Prefabricated Housing– The Role of Country Context. *Sustainable Cities and Society*, 22, 126-135.
- Taylor, M. D. (2010). A Definition and Valuation of the UK Offsite Construction Sector. *Construction Management and Economics*, 28(8), 885–896.
- TCMB, (2017). *Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Enflasyon Raporu* (2017-I). s.14.

- Thuesen, C. ve Hvam, L. (2011). Efficient on-site construction: Learning points from a German platform for housing. *Construction Innovation*, 11(3), 338-355
- Tokman, B. ve Eryılmaz, M.G. (2004). Prefabrike Beton Endüstrisinin Dünü, Bugünü, Yarını. *Yapı*, 271, 94-100.
- TPB. (2018). *Türk Prefabrik Birliği. Sektör Raporları (1998-2018)*. <http://www.prefab.org.tr/tr/>
- TÜİK. (2020). Türkiye İstatistik Kurumu. *Türkiye’de ekonomik büyüme ve inşaat sektörü verileri*. Erişim Adresi (6.11.2020): <http://www.tuik.gov.tr/>
- Tülübaş Gökuç, Y. ve Koman, İ. (2011). Beton Prefabrikasyon Sektöründe Teknolojik Yenilik Yeteneklerinin Kurumsal Performansa Etkisinin Araştırılması. *Beton Prefabrikasyon*, 100, 9-17.
- Türkiye İnşaat Malzemeleri Sektör Görünüm Raporu. (2011). *Sektör Raporu*. TOBB-Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği. Deloitte: Türkiye. (6.11.2020): <https://www2.deloitte.com/tr/tr.html>
- Türk Yapı Sektörü Raporu. (2018). Sektör Raporu. İstanbul. www.yapi.com.tr.
- Türk Yapı Sektörü Raporu (2016). Sektör Raporu. İstanbul. www.yapi.com.tr.
- U.S. Census Bureau. (2015). Characteristics of New Housing Completed. Assess Address (6.11.2020): <https://www.census.gov/construction/chars/>