

BETON SINIFLARINDAKİ DEĞİŞİMİN AYNI AMAÇ İÇİN TASARLANAN FARKLI OKUL PROJELERİNDEKİ KABA İNŞAAT BİRİM MALİYETLERİNE OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Yılmaz Ögünç TETİK *^{ID}

Selim BARADAN **^{ID}

Tunç TUNCA ***^{ID}

Alınma: 18.11.2020; düzeltme: 30.01.2021; kabul: 12.05.2021

Öz: Kaba inşaat malzemeleri maliyetinin yapı toplam maliyetinde önemli yer tuttuğu bilinmektedir. Bu nedenle tasarım aşamasında verilecek beton sınıfı seçimi gibi kararlar yapı maliyetinde büyük tasarruflar sağlayabilir. Bu çalışmada, aynı amaç için inşa edilecek farklı mimari tasarıma sahip tip okul projelerin daha yüksek beton sınıfı kullanılarak daha düşük birim maliyetle inşa edilebilme olasılığı araştırılmıştır. Farklı derslik sayılarına sahip ve bu nedenle tasarım farklılıkları bulunan üç tipteki okul projelerinin beton sınıfı değişken alınarak statik çözümleri yapılmış, ekonomi ve dayanım açısından en uygun beton sınıfları belirlenmiştir. Ayrıca her tip proje için optimum kat adetlerini belirleyici analizler yapılmıştır. Statik hesaplar Sta4CAD programı kullanılarak yapılırken, maliyet hesaplarında güncel birim fiyat listelerinden yararlanılmıştır. Sonuç olarak, beton dayanımı ile yapı birim maliyeti arasında her zaman doğrusal bir ilişki bulunmadığı ve hatta bazı durumlarda yüksek dayanımlı beton kullanmanın birim maliyeti düşürdüğü görülmüştür. Bununla birlikte, inşa edilecek tip okul projelerinde beton sınıfı ve kat adedi arasındaki ilişkinin önemi ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Beton sınıfı, Yapı maliyeti, Kat adedi

Investigating the Effect of Changes in Concrete Strength on the Construction Unit Costs of Different School Building Projects Designed for the Same Purpose

Abstract: It is known that the cost of rough construction materials constitutes a significant role in the total cost of the building. Therefore, decisions during architectural design, particularly selection of concrete grade, could pay dividends in major cost reduction. In this study, the possibility of reducing unit costs of state school buildings, which have the same usage purpose but different plans and layouts, while using a higher-grade concrete was investigated. The static design was performed for three school projects which have different architectural plans due to projects possess a different number of classrooms. The concrete strength is used as a variable, and the most suitable concrete strength for each school project was determined based on economy and strength. Additional analyses were performed to determine the optimum number of stories for each project. Static design computations were performed by using Sta4CAD software, while cost estimations were done based on recent unit price lists. As a result, it was found that the relationship between construction unit cost and concrete strength are not always directly proportional, and even in some cases using higher grade concrete ended up reducing the unit cost of construction. Consequently, the significance of the relationship between concrete grade and the number of storey is presented for state school buildings.

* Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 48000, Menteşe, Muğla, Türkiye

** Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 35040, Bornova, İzmir, Türkiye

*** TNC Yapı İnşaat Mim. Müh. San. Tic. Ltd. Şti., Karşıyaka, İzmir, Türkiye

İletişim Yazarı: Yılmaz Ögünç TETİK (yilmazoguncnetik@mu.edu.tr)

Keywords: Concrete Strength, Construction cost, Number of storey

1. GİRİŞ

Deprem ve sarsıntı sıklığı açısından, Türkiye dikkate alınması gereken ve oldukça riskli bir deprem bölgesi olan Kuzey Anadolu Fay Hattı ile Doğu Anadolu Fay Hattı arasında bulunmaktadır. Sadece deprem bölgesinde bulunan yapılarda değil tüm yapılarda en az C25 beton sınıfı kullanımı 2019 yılı itibari ile zorunlu hale gelse de (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-TBDY, 2018), C30 beton sınıfı kullanımı tavsiye edilmektedir (Uçar, 2018). Fakat Marmara Depremi sonucunda da ortaya çıkmıştır ki 2000 yılından önce inşa edilen yapılarda C25, C20 ve hatta düşük beton sınıfı kullanıldığı görülmektedir (Taşdemir ve Özkul, 1999). Özellikle, kamuya ait yapılarda statik çözümün uygun olması durumunda maliyetin düşürülmesi gözetilerek düşük dayanıma sahip beton sınıflarının tercih edildiği düşünülmektedir. Ancak elde edilen bulgular, daha düşük beton sınıfı kullanımının toplam yapı maliyetini her zaman azaltmadığını ortaya koymaktadır (Özkan, 2004).

Yapı maliyeti analizi genel olarak üç başlık altında yapılır; ilk yatırım aşaması, yapının işletme aşaması ve yıkım veya yok etme aşaması. Toplam yapı maliyetini azaltmak için ise maliyet optimizasyonu yapılarak kaynakların en uygun şekilde kullanılması gereklidir (Akınbingöl ve Gültekin, 2005). Yapı maliyetinde yaklaşık %35- %40 oranıyla kaba inşaat malzemeleri maliyetinin sahip olduğu söylenebilir (Seyfi vd., 2017). Bina sınıfları göz önünde bulundurularak, C25, C30 veya C35 beton sınıfı tercih edilen bir binada hazır betonun yapı maliyetine etkisi sırasıyla %3,7-%8,8, %3,8-%9,2 ve %4,1-%9,8 aralıklarında olmaktadır (THBB, 2020).

İnşaat projelerinin başlangıcında hesaplanan toplam maliyet ile proje bittikten sonra ortaya çıkan maliyetin birbirine yakın olması veya ortaya çıkan farkın göz ardı edilebilir limitlerde kalması yapım işinden önceki hesaplamaların doğru bir şekilde yapıldığını gösterir. Fakat piyasa şartlarının hızlı değişimi, sonradan ortaya çıkan dolaylı maliyetler, yasa veya yönetmeliklerde meydana gelebilen değişimler inşaat işinin sahada uygulanması esnasında maliyeti arttıran etkenlerden bazıları olabilmektedir (Torp vd., 2016).

Yapı maliyetini oluşturan en önemli bileşenlerden biri de malzeme maliyetleridir. Beton, donatı çeliği ve kalıplar bu girdinin temel kısmını yani kaba inşaat malzeme maliyetini oluşturmaktadırlar. Yapı ağırlığının minimize edilmesi, statik tasarım esnasında betonarme elemanların boyutlarının küçülmesi veya donatı miktarının azalması maliyet optimizasyonu açısından önemli bir parametre olmaktadır. Bununla birlikte yapının hafiflemesi, yapının toplam ağırlığı ile orantılı olacağından deprem yüklerinin de azalmasını sağlar (Kurç ve Anıl, 2008).

Ayrıca, malzemelerin karakteristik özellikleri açısından beton sınıfı seçiminde durabilite özellikleri dikkate alınarak, betonda zamanla meydana gelebilecek bozulmaları önlemek için C30 veya üstü beton sınıfı önerilmektedir (Baradan ve Yazıcı, 2003). Yapı kullanım ömrü açısından da betonda durabilite sebebiyle uzun dönemde oluşabilecek birçok problemin çözümü için ortaya çıkan maliyetin, C30 sınıfı tercihinin altındaki beton sınıflarından dolayı kazanıldığı düşünülen maliyetten daha yüksek olduğu görülmüştür (Özgen, 2006).

Türkiye'deki ofis binalarının inşaatlarında, maliyetlerin önceden belirlenmesi için yapılan çalışmada, Kanit ve arkadaşları (2007) beton ve çelik sınıfları göz önünde bulundurularak bazı modeller önerilmişlerdir. Üç farklı ofis binasında kullanılan farklı kombinasyonlardaki beton ve donatı sınıflarına göre, yapılar 7 ve 15 kat ile sınırlandırılarak maliyet hesabında malzeme maliyetlerine tasarım aşamasında ışık tutulmaya çalışılmıştır. C35 beton sınıfının üstündeki dayanımda beton kullanımının maliyeti arttırdığı fakat yapının tasarımına göre C20 yerine C25 veya C30 yerine C35 beton sınıfı tercihinin maliyeti azalttığı sonucuna varılmıştır (Kanit vd., 2007).

El Shikh (2008) tarafından yapılan çalışmada, kolon boyutları azaltılmış 35 MPa'dan yüksek sınıf beton seçilmiştir. Standartlara göre kullanılan maksimum miktardaki donatı ile birlikte kolon yapım maliyetlerinde, daha düşük beton sınıfı kullanılmış olan kolonlara göre %34- %52

oranlarında azalma olduğu görülmüştür. Kolonlarda kullanılacak olan donatı oranı tasarıma göre minimum seviyeye çekildiğinde ise maliyette daha büyük bir azalma olacağı belirtilmiştir. (El Shikh, 2008)

Arıöz ve arkadaşları (2001) birkaç tip bina taşıyıcı sistemini üzerinde beton kalitesi değişimini inceleyerek yapı maliyetine etkisini analiz etmiştir. Yapılan çalışmada üç farklı mimari strüktür kullanarak ve 7,11 ve 15 katlı yapılar düşünerek beton sınıfı aralığını da C18 ve C35 arasında değişken olarak değerlendirmişler ve oluşan kombinasyonları incelemişlerdir. Karşılaştırma sonuçlarına göre, yüksek dayanıma sahip beton sınıfı kullanımının yapı maliyetini sürekli olarak arttırmadığı görülmüştür (Ö. Arıöz vd., 2001). Yaygın bilinenin aksine, yüksek dayanımlı beton sınıfı kullanımı maliyetin düşmesine yardımcı olabilmektedir. Özellikle, daha küçük yapı kesitlerinin ortaya çıkması maliyeti azaltmaktadır. Maliyet azalışı fazla dikkate değer olmasa da yine de bir azalma olduğu söylenebilmektedir.

Beton sınıfındaki değişimin karkas yapı maliyetine etkisini incelemek için Özkan (2004) tarafından yürütülen bir çalışmada, 5,7 ve 9 kata sahip üç farklı tipte yapı projesi incelenmiştir. Donatı çeliği S420 seçilerek sabit bir parametre olarak düşünülmüş ve C16, 20, 25,30 ve 35 olmak üzere beş farklı beton sınıfı ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Beton, donatı ve kalıp metrajları yapılan projelerin kaba inşaat maliyetleri bulunmuş, regresyon analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, C30 beton sınıfına kadar kesit boyutlarının küçülmesi nedeniyle maliyet azalmış fakat C35 beton sınıfının kullanımıyla beraber, yönetmelik şartları sebebiyle daha fazla küçültülemeyen kesitler yüzünden maliyetin arttığı görülmüştür. Ayrıca, kullanılan veriler sayesinde bina maliyetinin sadece beton sınıfına bağlı olduğunu gösteren kuadratik bir denklem oluşturulmuştur. (Özkan, 2004)

Öztürk ve arkadaşları (2005) perde- çerçeve taşıyıcı sisteme sahip yapıların beton dayanımının taşıyıcı sistem üzerindeki davranışlarına etkisini araştırmışlardır. Beş ve on katlı olarak boyutlandırılan tek bir yapının incelendiği çalışmada, C20, 25, 30, 40 ve 50 beton sınıfları kullanarak statik, dinamik ve betonarme analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda beton sınıfının artması ile boyutlandırılan elemanların kesitlerinde küçülme sağlanabildiği, böylece azalan yapı ağırlığı, deprem yükü ve taban kesme kuvvetinin de azaldığı tespit edilmiştir. Beton sınıfının artmasıyla birlikte yapı ağırlığında meydana gelen azalma oranları, beton dayanımlarındaki artış oranlarının yanında oldukça düşük değerlerde kaldığı gözlemlenmiştir (Öztürk vd., 2005).

Ergün ve Lüle (2008) tarafından yapılan çalışmada yapılarda beton sınıfı değişiminin etkisi, yapının doğal periyoduna, tasarım deprem yüküne, kullanılacak beton ve donatı miktarı parametreleri göz önünde bulundurularak incelenmiştir. İki farklı kat planına ve ayrıca birinde perdesiz ve çekirdek bölgesinde perde bulunan taşıyıcı sisteme sahip 5, 7 ve 9 katlı binaların projelerinin betonarme hesabında, beton malzeme sınıfı C20, C25, C30 alınması durumuna göre optimum çözümler yapılmıştır. Araştırmacıların vardığı sonuçlar, özellikle 7 ve daha fazla kata sahip binalarda C20 yerine tercih edilecek C30 sınıfı betonun, beton ve donatı miktarındaki azalmaya bağlı olarak beton sınıfındaki artıştan meydana gelecek olan maliyet artışını dengelediğini, hatta düşürebildiğini göstermiştir (Ergün ve Lüle, 2008).

Reşatoğlu ve Atiyah (2016) Kıbrıs adası için Deprem Bölgelerinde Yapılacak Olan Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007 ve Eurocode 8 (EC8) regülasyonlarını kullanarak 3, 4, 5, 6 ve 7 katlı olarak tasarlanan bir binanın deprem analizlerini yapmışlardır. Kat adetleri ile birlikte kolon boyutları çalışmada parametre olarak ele alınmış ve farklı döşeme kalınlıkları belirlenmiştir. Çalışmanın amacı, inşaatın yapılacağı bölgede iki farklı yönetmelik kullanıldığından binanın seçilebilecek kat adetlerine göre statik ve dinamik hesapların arasındaki farkların incelenmesi ve kaba inşaat maliyetlerinin karşılaştırılmasıdır. Ayrıca, DBYBHY 2007 kullanılarak yapılan analizlerde, Kıbrıs'ın güney ve kuzeyinde olmak üzere deprem bölge katsayısı (A_0) ve spektrum karakteristik periyodu (T_a/T_b) farklı olarak ele alınmıştır. Yapılan deprem analizleri sonucunda, bu iki yönetmelik arasında minör farklılıklar gözlenmiş, statik ve dinamik açıdan önemli farkların olmadığı ortaya konmuştur. Kaba inşaat maliyetlerinin

karşılaştırılması açısından ise 7 katlı bir bina inşası ele alınmıştır. Sonuçta, toplam çelik donatı miktarının Kıbrıs'ın kuzeyi için DBYBHY 2007 şartlarına göre yapılan binada, güney bölgesi için DBYBHY 2007'e göre yapılan binadan %4,13 ve EC8'e göre yapılan binadan ise yaklaşık %3,46 fazla olduğu ortaya çıkmıştır (Resatoglu ve Atiyah, 2016).

Yüksek katlı binalarda, artan beton dayanımının sismik performans ve maliyet üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada Mwafy ve arkadaşları (2015) küp dayanımları 35 MPa ve 110 MPa arasında değişen beton sınıfları kullanılmışlardır. Her biri 60 kata sahip aynı tipteki beş binanın belirlendiği çalışmada, kolon ve perde boyutları küçültülerek beton sınıfları artırılmış ve benzer sismik performans göstermeleri amaçlanmıştır. Kullanılan yönetmelik çerçevesinde taşıyıcı eleman boyutlarının minimize edilerek beton sınıfının maksimize edildiği binanın malzeme miktarlarında, referans binaya göre beton için %12,12, donatı için %37,67, kalıp için %0,89 azalma olduğu görülmüştür. Bu durum toplam maliyetin %19,71 oranında düşmesine sebep olmuştur (Mwafy vd., 2015).

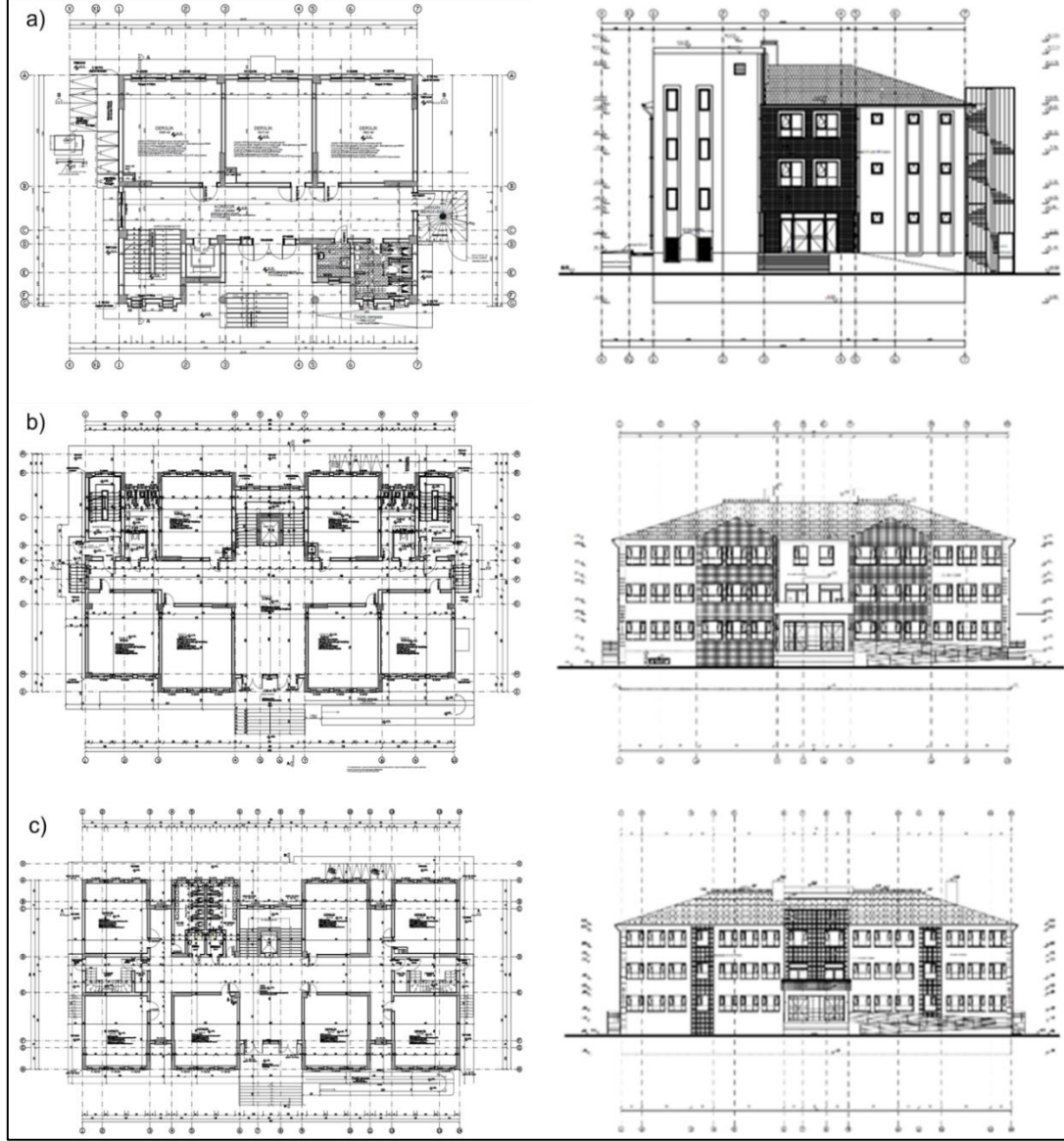
İnşaat maliyetlerinin öngörülmesi için "ortalama birim maliyete dayalı tahmin yöntemi, genetik algoritma destekli yapay sinir ağı ile maliyet tahmin yöntemi gibi benzer projelerin karşılaştırılması ve istatistik-olasılık analizlerine dayalı veya yapay zekâ tekniklerinin kullanıldığı birçok yöntem kullanılmaktadır (Kuruoğlu vd., 2012). İnşaat maliyetlerinin belirlenmesi için kullanılan metraj ve keşiflerde ise, günümüzde halen geleneksel hesap yöntemleri ve bazı yazılımlar sıkça kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda kullanımı artan Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling: BIM) süreçleri ile metraj hatalarının azaldığı, hesaplama süreçlerinin kısaldığı dolayısıyla maliyetlerin düşürülmesine katkı sunduğu bilinmektedir (Karagöz, 2019; Olsen ve Taylor, 2017). Ancak, bu süreçleri kapsayan bilgisayar yazılımlarının ülkemizde henüz yaygın olarak kullanılmamasından dolayı (Bayram, 2020), okul inşaatlarında "Tip Proje" olarak adlandırılan kalıplaşmış birkaç proje çeşidinin bulunduğu prosedürlerin tercih edilmeye devam ettiği ve inşaatın yapılacağı yer, tasarım gereksinimleri gibi detayların fazla incelenmediği görülmektedir. Bu nedenle halen geçerli olan bu prosedürler kapsamında kaba inşaat maliyetlerinin azaltılması önemli bir husus olarak görülmüştür.

Yapılan bu çalışmada, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın "Tip Proje" olarak da kullandığı üç farklı okul projesi incelenmiştir. Okul projeleri içinde bulundurduğu yönetim birimleri (müdür ve öğretmenler odası vb.), eğitim birimleri (derslikler, atölyeler ve teknoloji sınıfları vb.) ve sosyal tesisleri (kantin, kütüphane vb.) ile diğer bina inşaatlarından ayrılmakta ve yapıların mimari tasarımlarına etki etmektedir. Örneğin bina içindeki koridor ve yemek yeme alanları gibi ortak kullanım alanları kişi sayılarına göre tasarlanmakta ve bina içinde geniş alanların bırakılmasını (m²) gerektirmektedir. Ayrıca yine mimari olarak mekânsal organizasyon, aydınlatma gereksinimleri ve havalandırma gibi parametreler tasarım için önem arz etmekte ve farklı tasarımları zorunlu kılmaktadır (Köse, 2010). Millî Eğitim Bakanlığı 2019 yılında inşası bitenlerle birlikte toplam 55 467 okulun hizmet verdiğini belirtmiştir. 2003 yılında 15 253 derslik inşası gerçekleşirken 2019 yılı sonunda aktif olarak kullanılan derslik sayısı 315 884 olarak açıklanmıştır. (MEB, 2020). Bu durum okul inşaatının ülkemizde hızlı bir şekilde ilerlediğini ifade etmektedir. Özellikle devlet eliyle yapılan bu tip projelerde, yapının inşası için ayrılan ödeneğin en karlı şekilde kullanılması amaçlanmaktadır. Beton sınıfının maliyete olan etkisini görmek için farklı tipteki bu yapıların, farklı kat adedine sahip olma durumlarına göre analizleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular karşılaştırılarak optimum beton sınıfı ve buna karşılık gelen uygun kat adedi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. METODOLOJİ

Çalışmada İzmir Bayraklı bölgesinde kullanılmış olan üç farklı tipte okul projesi seçilmiştir. Kat planları Şekil 1'de gösterilen ve Tip I, Tip II ve Tip III olarak adlandırılan projeler için oturma alanları sırasıyla 277, 599 ve 677 m²'dir. Üç tip projenin de 3 katlı olarak ve sırasıyla her katta 3, 6 ve 7 derslik bulunacak şekilde inşa edilmesi planlanmıştır. Derslikler Tip I için ortalama 38 m²,

Tip II ve Tip III için ise yine ortalama 45 m² olarak tasarlanmıştır. Her proje için 2 veya daha üst katlarda en az bir idari oda olacaktır. Ayrıca tüm projelerde engelli kullanımlarına uygun rampalar, asansör ve ıslak mekânlar (WC-banyo) düşünülmüş ve gerekli kullanım alanları sağlanmıştır.



Şekil 1:

Projelerin kat planları

a. Tip I (a) b. Tip II (b) c. Tip III (c)

Kullanılan üç farklı tipteki okul projeleri için C25, C30 ve C35 beton sınıflarına göre statik ve dinamik analizler yapılmıştır. Seçilen tip okul projeleri 3 katlı olarak tasarlanmış olmasına rağmen (standart kat yükseklikleri 3,2 m) farklı kat seçeneklerinin uygunluğunu ve kat adedinin de maliyete etkisini incelemek amacıyla kat adedi parametresi de beton sınıfına ek olarak analize eklenmiştir. Kat adedi ile maliyet arasındaki ilişki için 3 kattan 10 kata kadar olan betonarme konutlarda kat adedi ile inşaat birim maliyetinin ters orantılı olduğu, asansörlü binalarda ise 5 kattan 6 kata geçildiğinde birim maliyetin arttığı, ancak 6.kattan sonra tekrar

azaldığı belirtilmiştir (Bostancıoğlu, 2006). Bu çalışmada ise, iki, üç, dört, beş ve altı olmak üzere 5 farklı kat adedi için ayrı ayrı çözüm yapılmıştır. Böylece farklı kat adetleri için uygun beton sınıfı belirlenmeye çalışılmıştır. Tasarımlarda kat adedinin altından fazla olarak düşünülmemesinin sebebi, okul binalarının fazla kat adedi ile inşasının (yüksek katlı olarak) tercih edilmemesinden dolayıdır. Ortaya çıkan 45 adet kombinasyonun her biri için ayrı analiz yapılmıştır. Projelerin tüm yapı analizleri ve metraj hesaplamalarında STA4CAD- V13 paket programı kullanılmıştır. TS 500 (TS 500, 2000) ve DBYBHY 2007 (DBYBHY 2007, 2007) yönetmelikleri baz alınarak yapısal çözümlenmeleri yapılan projelerde I. Derece deprem bölgesi ve C grubu Z3 zemin sınıfı kullanılarak yapıların zor şartlar altında kalması sağlanmıştır. Programda sadece üst yapı için lineer statik analiz yapılmış ve deprem hesap yöntemi olarak mod süperpozisyon yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, deprem analizi ile ilgili kullanılan değerler Tablo 1’de gösterilmiştir. Bunlara ek olarak, tüm proje tipleri ve tüm kat adetlerine göre yapılan analiz sonucu elde edilen bina ağırlıkları ($\sum W_i$) Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Deprem analiz değerleri

| Deprem Bölge Katsayısı (A_0) | Yapı Tipi Katsayısı | Yapı Önem Katsayısı (I) | Spektrum Karakteristik Periyodu (T_a/T_b) |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------------|---|
| 0,4 | 7,0 | 1,4 | 0,15/ 0,6 |

Tablo 2. Tüm beton sınıflarına göre proje Tip I, Tip II ve Tip III için bina hesap ağırlıkları (kg.1000)

| | Proje Tipi/Kat Adedi (kg.1000) | 2 Kat | 3 Kat | 4 Kat | 5 Kat | 6 Kat |
|-----|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | C25 | Tip I | 715,162 | 991,616 | 1288,305 |
| | Tip II | 1366,967 | 2011,278 | 2690,217 | 3441,090 | 4141,29 |
| | Tip III | 1628,191 | 2309,906 | 3043,025 | 3788,695 | 4532,92 |
| C30 | Proje Tipi/Kat Adedi (kg.1000) | 2 Kat | 3 Kat | 4 Kat | 5 Kat | 6 Kat |
| | Tip I | 706,156 | 1007,860 | 1256,786 | 1547,097 | 1823,164 |
| | Tip II | 1363,370 | 1985,803 | 2613,916 | 3316,612 | 3999,822 |
| | Tip III | 1587,674 | 2300,727 | 3043,025 | 3812,329 | 4479,296 |
| C35 | Proje Tipi/Kat Adedi (kg.1000) | 2 Kat | 3 Kat | 4 Kat | 5 Kat | 6 Kat |
| | Tip I | 708,600 | 981,129 | 1253,659 | 1544,324 | 1824,441 |
| | Tip II | 1367,628 | 1986,705 | 2603,978 | 3305,511 | 3946,809 |
| | Tip III | 1587,674 | 2300,727 | 3043,025 | 3774,017 | 4414,851 |

Statik ve dinamik analizlerden sonra, okul projelerinin metrajları çıkartılarak yaklaşık maliyetleri hesaplanmış ve m² başına düşen maliyetler incelenen her kombinasyon için bulunmuştur. Ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılarak proje tipine göre en uygun beton sınıfı ve kat adedi bulunmaya çalışılmıştır. Statik açıdan bakıldığında kat adedi konusu ile birlikte düşünülmesi gereken zemin sınıfı, temel tipi gibi parametreler birim maliyetleri değiştireceğinden ve bu durum çalışmanın kapsamını etkileyeceğinden dolayı değişken olarak kabul edilmemiştir. Ayrıca, projelerin fizibilite çalışması aşamasında etkisi olan çevre etki değerlendirmesi ve arsa değeri gibi parametreler bu çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir. Bunun dışında, tüm projelerde beton malzemesi için hazır beton kullanıldığı kabulü yapılmıştır. Böylelikle parametre olarak değerlendirilen donatı ve kalıp malzeme tiplerinin sabit olarak tutulması amaçlanmıştır. Ayrıca maliyet hesaplamalarına donatılar hem 8-12 mm hem de 14-50 mm çap uzunlukları için

ayrı ayrı dahil edilmiştir. Proje metrajları yapılırken sadece kullanılan beton, donatı ve kalıp miktarları hesaplanmıştır. İnce inşaat işi olarak ortaya çıkacak olan maliyetlerde, uygulama esnasında farklılık gösterebileceğinden bu çalışmanın kapsamına dâhil edilmemiştir.

3. ANALİZ SONUÇLARI

Beton miktarı m^3 , kalıp miktarı m^2 ve donatı ağırlığı $kg.10^3$ (ton) olarak verilmiştir. Toplam maliyetlerde TL olarak bulunmuştur. 2020 yılına ait malzeme birim fiyatları Tablo 3'te gösterilmiştir (Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı, 2020).

Tablo 3. Malzeme birim fiyatları

| Malzeme Adı | Beton Sınıfı (m^3) | | | Kalıp (m^2) | Donatı ($kg.10^3$) | |
|------------------|------------------------|--------|--------|-----------------|----------------------|----------|
| | C25 | C30 | C35 | | 8-12 mm | 14-50 mm |
| Birim Fiyat (TL) | 253,63 | 262,38 | 278,63 | 67,20 | 4444,21 | 4362,90 |

C25, C30 ve C35 beton sınıfları kapsamında her kat sayısı için Tip I, II ve III olarak adlandırılan üç farklı projede kullanılan beton, kalıp ve donatı miktarları ve ayrıca ortaya çıkan toplam maliyetler sırasıyla Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Projeler için beton sınıflarına göre metraj hesaplamaları

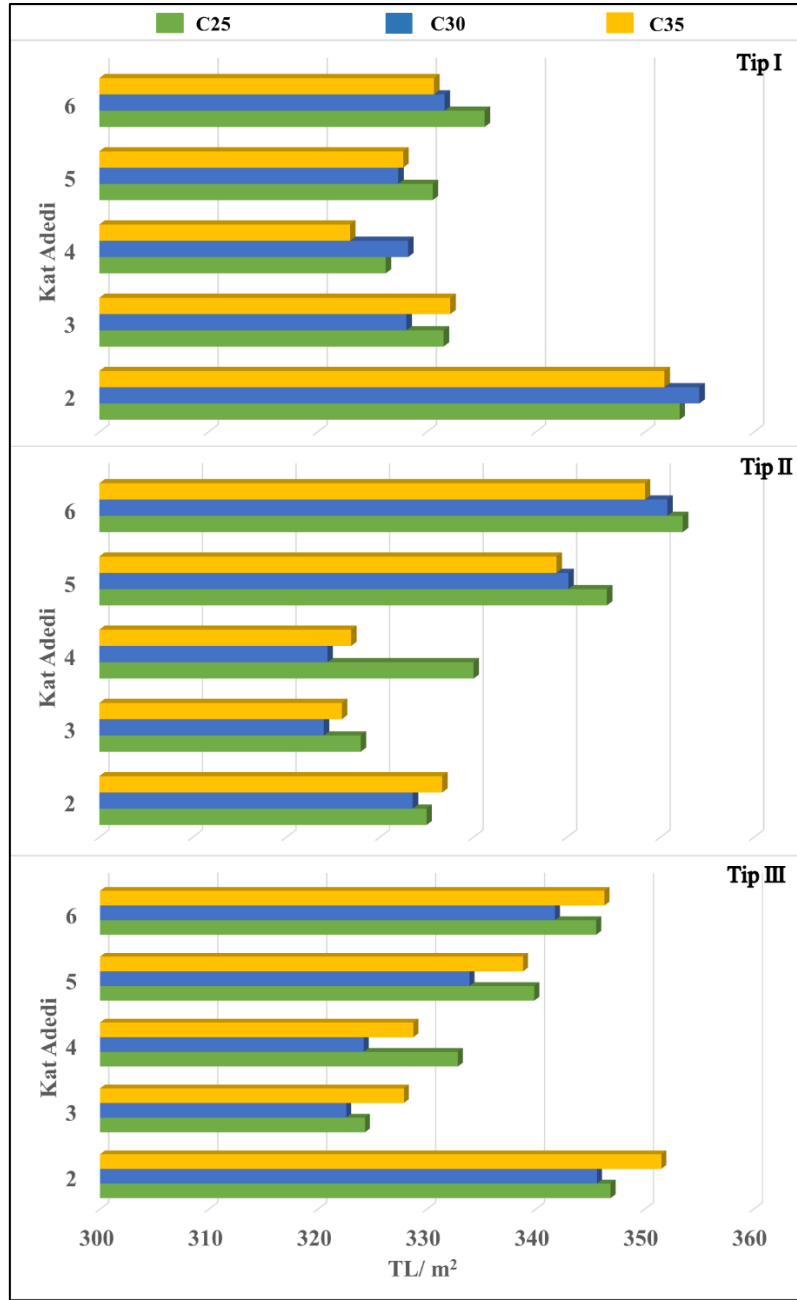
| Beton Sınıfı | Kat Sayısı | Proje Tipi | Beton miktarı (m^3) | Kalıp Miktarı (m^2) | 8-12 mm Donatı Miktarı ($kg.10^3$) | 14-50 mm Donatı Miktarı ($kg.10^3$) | Toplam Maliyet (TL) | Birim Maliyetler (TL/m^2) | |
|--------------|------------|------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------|
| C25 | 2 | I | 170,4 | 1274,2 | 11,5 | 3,6 | 195659,65 | 353,176 | |
| | | II | 330,2 | 2456,1 | 19,7 | 9,4 | 377360,74 | 314,992 | |
| | | III | 442,3 | 3106,6 | 29,4 | 5,3 | 469654,61 | 346,864 | |
| | 3 | I | 235,9 | 1768,2 | 16,2 | 5,7 | 275519,09 | 331,551 | |
| | | II | 470,4 | 3494,4 | 30,6 | 14,5 | 553386,11 | 307,949 | |
| | | III | 594,5 | 4375,4 | 38,7 | 9,6 | 658684,68 | 324,315 | |
| | 4 | I | 305,2 | 2286,2 | 21,3 | 8,2 | 361477,97 | 326,243 | |
| | | II | 628,7 | 4649,1 | 42,2 | 24,6 | 766749,70 | 320,012 | |
| | | III | 788,1 | 5741,6 | 56 | 15,3 | 901349,45 | 332,846 | |
| | 5 | I | 379,1 | 2818,1 | 26,3 | 12,7 | 457819,01 | 330,555 | |
| | | II | 817,8 | 5762,5 | 57,6 | 34,5 | 1001165,16 | 334,278 | |
| | | III | 976,2 | 7072,4 | 69,8 | 26,9 | 1150426,75 | 339,860 | |
| | 6 | I | 449 | 3325,9 | 32,4 | 17,4 | 557287,21 | 335,311 | |
| | | II | 976,1 | 6880,2 | 71,4 | 46,6 | 1230545,42 | 342,388 | |
| | | III | 1170,2 | 8430,2 | 85 | 37,25 | 1403583,14 | 345,539 | |
| | C30 | 2 | I | 167,9 | 1257 | 11,7 | 3,7 | 196663,99 | 354,989 |
| | | | II | 323,4 | 2425,8 | 20,1 | 8,8 | 375589,59 | 313,513 |
| | | | III | 417,7 | 3071 | 28,8 | 5,5 | 476956,52 | 345,610 |
| 3 | | I | 231,5 | 1738,7 | 16 | 5,5 | 272684,92 | 328,140 | |
| | | II | 462,8 | 3462,8 | 29,1 | 14,4 | 546281,90 | 303,996 | |
| | | III | 589,7 | 4337,3 | 37,8 | 9,4 | 655194,44 | 322,596 | |

| | | | | | | | | |
|--|---|-----|--------|--------|------|------|------------|---------|
| | 4 | I | 303,3 | 2280,8 | 21,7 | 7,9 | 363755,88 | 328,299 |
| | | II | 599 | 4480,9 | 38,8 | 22,6 | 729318,31 | 304,390 |
| | | III | 775,8 | 5700,7 | 51,9 | 13,9 | 877940,25 | 324,202 |
| | 5 | I | 371,2 | 2786,8 | 25,9 | 12,3 | 453437,13 | 327,391 |
| | | II | 778,7 | 5748,4 | 52 | 38,3 | 989905,78 | 330,152 |
| | | III | 957,5 | 7025,4 | 68,4 | 23,6 | 1130284,13 | 333,909 |
| | 6 | I | 437,6 | 3287,3 | 31,5 | 17,3 | 551194,83 | 331,645 |
| | | II | 939,2 | 6920,4 | 64,9 | 51,5 | 1224596,76 | 340,733 |
| | | III | 1145,5 | 8360,4 | 81,9 | 37,1 | 1388219,56 | 341,757 |

Tablo 4. (devamı) Projeler için beton sınıflarına göre metraj hesaplamaları

| Beton Sınıfı | Kat Sayısı | Proje Tipi | Beton miktarı (m^3) | Kalıp Miktarı (m^2) | 8-12 mm Donatı Miktarı ($kg.10^3$) | 14-50 mm Donatı Miktarı ($kg.10^3$) | Toplam Maliyet (TL) | Birim Maliyetler (TL/m^2) |
|--------------|------------|------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| C35 | 2 | I | 165,6 | 1238,8 | 11,5 | 3,3 | 194894,47 | 351,795 |
| | | II | 326,1 | 2446,4 | 18,5 | 9,6 | 379361,05 | 316,661 |
| | | III | 417,7 | 3071 | 27,5 | 27,5 | 475957,32 | 351,519 |
| | 3 | I | 231,5 | 1738,7 | 16,3 | 5,1 | 276034,90 | 332,171 |
| | | II | 459,5 | 3457 | 27,8 | 15,1 | 549769,71 | 305,9937 |
| | | III | 589,7 | 4337,3 | 36 | 11,5 | 665939,58 | 327,887 |
| | 4 | I | 295 | 2219,9 | 21 | 7,6 | 357859,58 | 322,977 |
| | | II | 596,8 | 4483 | 37 | 23,7 | 735380,48 | 306,920 |
| | | III | 775,8 | 5700,7 | 48,6 | 17,2 | 890278,68 | 328,758 |
| | 5 | I | 371,5 | 2788,6 | 26,8 | 10,1 | 454075,08 | 327,391 |
| | | II | 773,1 | 5698,2 | 55 | 32,6 | 984989,98 | 328,878 |
| | | III | 958,6 | 7034,4 | 64,9 | 27,2 | 1146906,51 | 338,820 |
| | 6 | I | 437,5 | 3286,8 | 32,4 | 14,4 | 549591,75 | 330,680 |
| | | II | 912,6 | 6782,8 | 67 | 47,7 | 1215954,30 | 338,328 |
| | | III | 1144,8 | 8358,3 | 78,6 | 40,5 | 1406665,74 | 346,298 |

Tip I, II ve III olarak adlandırılan projelerin 2, 3, 4, 5 ve 6 katlı olma durumları, C25, C30 ve C35 beton sınıfları için değerlendirilerek 1 m^2 için ortaya çıkan maliyetleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Kaba inşaat maliyeti olarak ele alınan toplam maliyetler, üç farklı beton sınıfı ve her bir kat adedine göre hesaplanmıştır.



Şekil 2:
Tip projeleri için kat adedine göre birim maliyetler

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

277 m² oturma alanına sahip Tip I projesi için en ucuz çözümün, 322,97 TL/m² birim maliyet ile C35 beton sınıfı kullanılarak yapının 4 katlı olarak inşa edilmesi olduğu görülmüştür. Projenin 2 katlı olarak inşası durumunda C30 beton sınıfı tercihinin birim maliyeti yüksek olan seçim olduğu, 6 katlı inşa edilmesi durumunda ise C25 beton sınıfının diğer sınıflara göre yine birim maliyeti fazla olan seçenek olduğu belirlenmiştir.

Oturma alanı 599 m² olan Tip II projesinin kat sayısı dördün üzerine çıktığı takdirde maliyetin de hızlı bir şekilde arttığı görülmüştür. 303,99 TL/m² birim maliyete sahip olan 3 katlı

proje çözümünde C30 beton sınıfı tercih edilirse bunun maliyet açısından en uygun tercih olacağı anlaşılmıştır.

Tip III projesinde ise projenin iki katlı inşa edilmesi durumu hariç, kat sayısı ile maliyet arasında doğru orantı olduğu her beton sınıfı için gözlemlenmiştir. 322,59 TL/m² ile en uygun maliyetin 3 katlı proje için C30 beton sınıfı kullanılarak elde edilebileceği görülmüştür.

Her bir proje için tercih edilecek kat sayısına göre önerilen beton sınıfları ve proje tipi-kat sayısına göre minimum maliyeti getiren beton sınıfları Tablo 5'te gösterilmiştir. Bunların yanı sıra Tip III projesi hariç 5 ve 6 katlı proje inşasında beton sınıfının C30 yerine C35 olarak tercih edilmesinin birim maliyeti azalttığı gözlemlenmiştir.

Tablo 5. Projeler için istenilen kat adedine göre önerilen beton sınıfları

| Proje Tipi | 2 kat | 3 kat | 4 kat | 5 kat | 6 kat |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tip I | C35 | C30 | C35 | C30 | C35 |
| Tip II | C30 | C30 | C30 | C35 | C35 |
| Tip III | C30 | C30 | C30 | C30 | C30 |

Ayrıca, beton sınıflarına göre 3 farklı proje için maliyet açısından kullanılması önerilen kat adetleri Tablo 6'de gösterilmiştir.

Tablo 6. Seçilen beton sınıflarına göre en ekonomik kat adedi

| Beton Sınıfı/Proje Tipi | C25 | C30 | C35 |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| Tip I | 4 Kat | 5 Kat | 4 Kat |
| Tip II | 3 Kat | 3 Kat | 3 Kat |
| Tip III | 3 Kat | 3 Kat | 3 Kat |

Tip I projesi için C25 ve C35 beton sınıfında yapıların 4 katlı olarak inşa edilmesi birim maliyetin (TL/m²) minimum olduğu çözüm olarak sunulmaktadır. C30 beton sınıfı tercih edildiğinde ise en ucuz maliyetli çözümün projenin 5 katlı olarak inşa edilmesi olarak görülmüştür. Ancak, birim maliyet olarak 3,4 ve 5 katlı çözümlerdeki farklar ihmal edilebilir düzeydedir. Bu nedenle Tip I proje için C30 beton sınıfı kullanıldığında yapının 3,4 veya 5 katlı olmasının birim maliyet açısından göz ardı edilebileceği söylenebilir. Fakat bunların dışında kalan tüm kombinasyonlarda hangi projenin seçildiğine bakılmaksızın yapıların 3 katlı olarak tasarlanmasının maliyet açısından uygun olduğu görülmektedir.

Hesaplamalardan elde edilen diğer çözümler ise aşağıda listelenmiştir.

- Tüm projeler için kat adedi ne olursa olsun C25 beton sınıfı kullanılması dayanım ve durabilite gibi malzeme kaynaklı yeterli görülmeyen özelliklerine ek olarak maliyet açısından da uygun olmayan ve önerilmeyen bir çözümdür.
- C25, C30 ve C35 beton sınıflarından hangisi kullanılacak olursa olsun 5 ve 6 katlı çözümler hariç Tip II projesinin maliyet olarak daha uygun bir çözüm olduğu ortaya çıkmıştır.
- Tip II projesinin 3 katlı olarak tasarlanması olası tüm çözümler içinde en az maliyetli olan sonucu ortaya çıkarmıştır.
- Okul projelerindeki derslik sayıları göz önünde bulundurularak belirli bir kapasite üzerinde derslik sayısını sağlamak amacıyla yapının Tip I projesi için C30/ C35 beton sınıfı kullanılarak 6 kat veya Tip II projesi için C35 beton sınıfı kullanılarak 3 kat olarak inşası öngörülebilir. Toplam maliyetler göz önünde bulundurulduğunda Tip II projesi seçiminin Tip I projesine göre yaklaşık %0,3 daha az maliyetli olduğu sonucuna varılabilir.
- 6 katlı Tip I projesi (C30/C35) ile 3 katlı Tip II projesi(C35) arasındaki bina ağırlıkları karşılaştırıldığında ise farkın yaklaşık ~160 kg olduğu görülmüştür. Proje seçimindeki karar aşamasında ise deprem kuşağında olan İzmir ilinde, zemin koşulları ve yatay yönde yapılaşma

gibi faktörler düşünülerek yapının 3 katlı olarak inşa edilmesi ve dolayısı ile Tip II projesinin tercih edilmesi daha uygun bulunmaktadır.

5. SONUÇLAR

Projelerin inşa edilmesinde tek kriterin maliyet olmadığı, projenin kullanım amacının ve alanının öneminin de göz önünde bulundurulması gerekliliği bilinmektedir. Ancak, yapılan çalışmada “Tip Proje” adı altında tasarlanan okul yapılarının en uygun maliyet ile en iyi beton dayanımına sahip olma durumları ve kaç katlı yapılabileceği incelenmiş ve optimum değerlere ulaşmak amacıyla elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir. Halen kamu okul binalarının projelendirilmesinde kullanılan tip projeler ile çalışan tasarımcı mimar ve mühendisler arsa alanına uygun tip projeyi seçtikten sonra optimum beton sınıfına karar verme aşamasına geldiklerinde bu çalışmada önerilen metodolojiyi dayanak noktası olarak alabilirler. Ayrıca, projelerin tasarım aşamalarında mimarisindeki çeşitli değişiklikler ile kat adetlerinin artırılıp azaltılarak daha uygun maliyetler ile inşa edilebileceği anlaşılmıştır. Ancak, bu çalışmanın özellikle olarak tip okul projeleri kapsamında yapıldığı göz ardı edilmemelidir. Bilindiği üzere, okul binaları yüksek katlı inşa edilmemektedir. Bu nedenle yapılan çalışmada en fazla 6 kat adedi parametre olarak kabul edilmiş ve analiz ile metrajlar buna göre hesaplanmıştır. Benzer şekilde, devlet eliyle veya özel olarak hazırlanan mesken, alışveriş merkezi vb. projelerde özellikle “tip projeler” gibi coğrafi şartlar ve mimari gereksinimler gözölmeksizin yapılan inşaatlarda bu çalışmanın sonuçları bir dikkat unsuru olarak düşünölmeli fakat yapılacak projelerin kendi analizleri ve metraj hesaplamaları gerçekleştirilmelidir. Ayrıca farklı bir çalışma kapsamında, tip okul projelerinin daha düşük riskli deprem bölgelerine göre analizleri de yapılarak sonuçları, zor şartlar altındaki durumda ortaya çıkan metraj maliyetleri ile de karşılaştırılabilir.

Beton dayanımının artmasının her zaman yapı maliyetini arttırmadığı bu çalışmada da görölmüştür. Beton sınıfı olarak yüksek dayanımlı beton tercih edildiğinde yapı elemanlarının boyutları küçölmekte ve bu nedenle maliyet düşmektedir. Fakat beton sınıfı C35 seçildiğinde maliyetin tekrar arttığı görölmüştür. Bunun sebebi ise beton sınıfı değerlerinin artarken kesitlerin yönetmeliklerde belirtilen minimum kesit boyutları sebebiyle daha fazla küçöltölememesidir.

Bu çalışmada izlenen yöntem standart veya tip özelliklere sahip başka yapı projelerinin en uygun maliyet hesaplarında kullanılabilir. Temel maliyetleri de hesaplamalara dahil edilirse yine kat adedi ve beton sınıfına göre tüm kombinasyonlar değerlendirilmeli, yapının talebi karşılayacak şekilde farklı varyasyonlarında en uygun seçim yapılmalıdır. Bu sayede hem ekonomik hem de dayanım açısından en uygun çözümler elde edilebilir. Ayrıca, TBDY 2018, Eurocode 8 veya International Building Code (IBC) 2018 gibi farklı kılavuzlar baz alınarak yapılan analizler sonucunda (örneğin TBDY 2018’de zemin sınıfı skalası daha geniştir) ortaya çıkacak metraj hesaplamaları ve maliyetleri farklı olacaktır. Ancak, proje tiplerine göre hesaplanan optimum beton sınıfı ve en ekonomik kat adedi parametreleri birbirleri arasındaki birim maliyet farklarına göre belirlendiği için maliyetler değışse de sonuçta çalışma bulgularını değıştirmeyecektir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Bu çalışmanın yazarları olarak, herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylarız.

YAZAR KATKISI

Yılmaz Ögünç TETİK, çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin yönetimi ve veri toplanması ile verilerin yorumlanması, makale taslağının oluşturulması ile son onay ve tam sorumluluk, Selim BARADAN çalışma konusunun belirlenmesi ve içeriğın eleştirisel

incelenmesi ile son onay ve tam sorumluluk, Tunç TUNCA, tasarım süreçleri, veri toplama ve veri analizleri ile son onay ve tam sorumluluk kısımlarına katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

1. Akınbingöl, M. ve Gültekin, T. A. (2005). Bina üretimi yapım evresinde maliyet planlama ve denetimine yönelik bir maliyet yönetim modeli önerisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(4), 499-505.
2. Arıöz, Ö., Yıldız, D., Nalçacı, M., Karaesmen, E., ve Erkay, C. (2001). Betonarme-Öngermeli beton taşıyıcı sistemlerde beton kalitesi yükseltilmesi olayının ekonomik boyutu. Erişim Adresi: <https://www.besoglu.com/ongermeli-beton/> (Erişim Tarihi 11.04.2020)
3. Baradan, B., ve Yazıcı, H. (2003). Betonarme yapılarda durabilite ve TS- EN 206-1 standartının getirdiği yenilikler, *Türkiye Mühendislik Haberleri* (426), 62-69.
4. Bayram, S. (2020). Yapı bilgi modellemesi (YBM) kapsamında geleneksel metraj ile yazılımın karşılaştırılması, *Yapı Bilgi Modelleme*, 2 (2),58-65.
5. Bostancıoğlu, E. (2006). Konut binalarının ön tasarımında bir maliyet tahmin modeli, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(3), 27-49.
6. DBYBHY 2007, (2007). Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, Resmi Gazete, Ankara.
7. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance (2004).Comete European de Normalisation (CEN), Part 1-general rules, seismic actions and rules for buildings,
8. El Shikh, M. Y. (2008). Economy of using high performance concrete in columns. *Our World in Concrete & Structures*. Singapore.
9. Ergün, A. ve Lüle, A. (2008). Betonarme yapıların projelendirilmesinde beton sınıfı değişiminin incelenmesi, *Teknik Dergi*, 19(91), 4357-4362.
10. International Building Code (2018). International Code Council 2000.
11. Kani, R., Ozkan, O., ve Gunduz, M. (2007). Cost assessment of concrete and steel types for office buildings: An exploratory study, *Building and Environment*, 42, 3404-3409. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.08.013>.
12. Karagöz, M. E. (2019). BIM ile yapı yaklaşık maliyeti hesaplama önerisi. *Yapı Bilgi Modelleme*, 1(1), 39-45.
13. Köse Ç. (2010). İlköğretim yapılarında tip proje uygulama sorunları, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
14. Kurç, Ö., ve Anıl, E. (2008). Gazbeton, Tuğla ve Bims Blok Kullanımının Bina Statik Tasarımına ve Maliyetine olan Etkilerinin İncelenmesi. Erişim adresi: <http://www.akg-gazbeton.com/Pdf/2016-odtu-raporu.pdf>. (Erişim Tarihi: 07.06.2020)
15. Kuruoğlu, M., Yönez, E., Topkaya, E., ve Çelik, L. Y. (2012). İnşaat sektöründe kullanılan ön maliyet tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması, *Engineering Sciences*, 7(1), 263-272.
16. MEB Strateji Geliştirme Başkanlığı (2020), 2020 Yılı Bütçe Sunuşu. Erişim adresi: https://sgb.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2019_12/18094404_2020_BUTCE_SUNU_YU_17.12.2019.pdf
17. Mwafy, A., Hussain, N., and El-Sawy, K. (2015). Seismic performance and cost-effectiveness of high-rise buildings with increasing concrete strength. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 24, 257-279. <https://doi.org/10.1002/tal.1165>.

18. Olsen, D., and Taylor, M. (2017). Quantity take-off using building information modeling (BIM), and its limiting factors. *Creative Construction Conference 2017*. Primošten, Croatia.
19. Özgen, M. M. (2006). Betonarme yapılarda bozulma süreçleri ve beton sınıfının yapının durabilitesine etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
20. Özkan, Ö. (2004). Beton sınıflarının karkas yapı maliyetlerine etkisi. *Teknoloji*, 1, 171-179.
21. Öztürk, D., Bozdoğan, K. B., ve Nuhoğlu, A. (2005). Betonarme yapılarda beton sınıfının taşıyıcı sistem davranışına etkisi, *Deprem Sempozyumu*. Kocaeli.
22. Resatoglu, R., ve Atiyah, R. S. (2016). Evaluation of reinforced concrete buildings in Northern Cyprus using TEC2007 and EC8 in respect of cost estimation. *Scientific Research and Essays*, 11(19), 194-201. <https://doi.org/10.5897/SRE2016.6452>.
23. Seyfi, S., Haznedaroğlu, M., Kuruoğlu, M., Kollak, S., Bozdemir, M., Sönmez, M., ve Şahin, E. S. (2017). Konut fonksiyonlu dört kattan dokuz kata kadar apartman tipi yapılarda yapım maliyetinin analizi. *7. İnşaat Yönetimi Kongresi*. Samsun.
24. Taşdemir, M. A., ve Özkul, H. (1999). Marmara depremi beton araştırması. *Hazır Beton*, 6(35).
25. Torp, O., Belay, A., Thodsen, C., ve Klakegg, O. (2016). Cost development over-time at construction planning phase: Empirical evidence from Norwegian construction projects. *Procedia Engineering*, 145, 1177-1184. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.152>.
26. Türk Standardı 500, (2000). Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
27. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar. (2018). Resmî Gazete, Ankara: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2.htm> adresinden alındı.
28. Türkiye Hazır Beton Birliği (2020), Hazır betonun bina yapım maliyetine etkisi raporu. https://www.thbb.org/media/474736/hazir_betonun_bina_yapim_maliyetine-etkisi_raporu.pdf
29. Uçar, S. (2018). Yeni deprem yönetmeliğinin beton ile ilgili getirdiği düzenlemeler. *Hazır Beton*(146), 73-74.
30. Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı, (2020). 2020 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

