

”

MİMARLIK ALANINDA
ARAŞTIRMALAR
VE
DEĞERLENDİRMELER

EDİTÖRLER

PROF. DR. ZÜBEYDE ÖZLEM PARLAK BİÇER

PROF. DR. MURAT DAL

İmtiyaz Sahibi • Yaşar Hız
Genel Yayın Yönetmeni • Eda Altunel
Yayına Hazırlayan • Gece Kitaplığı
Editörler • Prof. Dr. Zübeyde Özlem PARLAK BİÇER
Prof. Dr. Murat DAL

Birinci Basım • Ekim 2024 / ANKARA

ISBN • 978-625-388-014-9

© copyright
Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan
hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Gece Kitaplığı
Adres: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak Ümit Apt
No: 22/A Çankaya/ANKARA Tel: 0312 384 80 40

www.gecekitapligi.com
gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt
Bizim Buro
Sertifika No: 42488

Mimarlık Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler

Ekim 2024

Editörler:

Prof. Dr. Zübeyde Özlem PARLAK BİÇER

Prof. Dr. Murat DAL

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

PROJE MALİYET YÖNETİMİ VE DİJİTAL TEKNOLOJİLER

Z. Özlem PARLAK BİÇER, Furkan CANPOLAT1

BÖLÜM 2

YAPIM SEKTÖRÜNDE ZAMAN YÖNETİMİ

Gamze Lütfiye ŞAHİN, Z. Özlem PARLAK BİÇER27

BÖLÜM 3

KONUT PROJELERİNDE GÜRÜLTÜ KONTROLÜ UYGULAMALARIN İNCELENMESİ

Fatma YELKENCİ SERT45

BÖLÜM 4

WOODEN HIGH-RISE BUILDINGS: EVALUATION OF LOAD- BEARING SYSTEM AND MATERIAL USE

Yenal TAKVA, Çağatay TAKVA71

BÖLÜM 1

PROJE MALİYET YÖNETİMİ VE DİJİTAL TEKNOLOJİLER

Prof. Dr. Z. Özlem PARLAK BİÇER¹

Arş. Gör. Furkan CANPOLAT²

¹ Erciyes Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, parlako@erciyes.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-9700-2226

² Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, fcanpolat@ohu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-0510-0062

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü, ülkelerin ekonomik büyümesinde kritik bir rol oynamaktadır. Proje yönetiminde kalite, süre ve maliyet kısıtlamalarının ilişkisi demir üçgen (iron triangle) olarak temsil edilmektedir. Günümüz inşaat sektöründeki gelişmeler neticesinde kalite ve süre kısıtları geri planda kalmıştır. Proje maliyet yönetimine dair çalışmalar kritik önem kazanmıştır. Tüm dünyada inşaat malzeme ve hizmetlerine yıllık yaklaşık 10 trilyon dolar harcama yapılmaktadır (Barbosa vd., 2017). Sektör, Avrupa Birliği'nde 18 milyon kişiyi istihdam etmekte ve Avrupa Birliği'ndeki gayri safi yurt içi hasılanın (GSYİH) yaklaşık %9'unu oluşturmaktadır (ECISO, 2021). Birleşik Krallık ve Kanada'nın Gayri Safi Yurtiçi Hasılanının (GSYİH) sırasıyla %6,7 ve %7'sini inşaat sektörü oluşturmaktadır (DBIS, 2013). Ekonomiye etkisi nedeniyle yapım faaliyetleri için proje maliyet yönetimi önem arz etmektedir. Sektördeki küçük bir iyileşme ulusal ve küresel ekonomiler için faydalı olacaktır. Belirtilen gerekçeler nedeniyle proje maliyet yönetimi; özel sektörde ve akademide çalışmaların yoğunlaştığı güncel bir alandır.

Proje maliyet yönetimi, projenin yaşam döngüsü boyunca en verimli şekilde yapılandırması amacıyla tüm proje aşamalarında kaynak maliyetlerinin yönetilmesidir (Kerzner, 2018). Maliyet yönetiminin faydalarına hesap verebilirlik, verimlilik artışı, tasarruf, proje maliyetlerinde azalma ve satın alma değeri örnek verilebilir (PMBOK, 2013). Ancak verilen öneme ve gerçekleştirilen tüm çalışmalara rağmen inşaat sektörünün geçmişinde maliyet aşımaları yaygın olarak görülmektedir. Maliyet aşımalarının kritik etkiye sebep olması nedeniyle sorunu azaltmaya yönelik çalışmaların devam etmesi gerekmektedir. Günümüzde proje maliyet yönetiminin geliştirilmesi için birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalar alan özelinde olduğu gibi farklı dallarda gelişen teknolojilerin proje yönetimine dahil edilmesini de kapsamaktadır. Çalışmaların amacı inşaat sektörünün kötü sicilinin düzeltilmesidir. Ancak mevcut çalışmalar sektörde yaşanan sorunlara çözüm olamamış ve büyük sorunlara yol açan maliyet aşımalarının önüne geçilememiştir.

Dünyanın çapındaki büyük projelerde milyarlarca dolara ulaşan çok sayıda maliyet aşımaları tüm toplumsal düzeylerde dikkat çekmektedir. İnşaat ve altyapının geliştirilmesi; ekonomik büyüme ve toplumsal ilerleme için önemlidir. Altyapı ve inşaat projelerinde maliyet aşımı yaygındır. Belirtilen durum hem gelişmiş ülkeler hem de gelişmekte olan ülkelerde görülebilmektedir. Maliyet aşımı sorununun kritik oluşu ve sorunu hafifletmek için daha fazla çalışılması gerektiği yaygın olarak kabul edilmektedir (Smith, 2014).

Proje maliyet tahmininin tutarlılığı, herhangi bir projenin başarısı için kritik öneme sahiptir. Mevcut maliyet tahmin çalışmaları büyük bir oranla uzmanların deneyimlerine dayanmaktadır. Yapım faaliyetlerine dair geçmiş verilere ulaşıldığı takdirde vaka bazlı muhakeme gibi çok çeşitli istatistiksel yöntemler veya makine öğrenimi yöntemlerinin kullanılmasıyla bilgisayar destekli çalışmalar mümkündür (Liao vd., 2011). Etkili yazılım maliyet tahminine duyulan ihtiyaç nedeniyle maliyet tahminine yönelik çok sayıda çalışma mevcuttur. Maliyet tahminlerinde geçmişten günümüze temel amaç; proje yöneticilerinin ve diğer profesyonellerin genellikle uzman yargısı olarak adlandırılan özneliğini daha nesnel ve resmi yaklaşımlarla değiştirmek olmuştur (Shepperd, 2014). Dünyanın dört bir yanındaki endüstriler ve kuruluşlar, organizasyonel operasyonların ekonomik üretkenliğini artırmak için tahmine dayalı karar verme yöntemlerini birleştirmektedir (Doloi, 2013).

Fagbenle vd.'ne (2018) göre; zayıf liderlik, uygunsuz yönetim, kaynakların verimsiz kullanımı, şantiyelerde aşırı malzeme israfı, karmaşık ödeme mekanizmaları ve malzeme hırsızlıkları proje maliyet yönetimi uygulamalarını olumsuz yönde etkileyen hâkim faktörlerdir (Fagbenle vd. 2018). Albtoush vd.'ne (2020) göre proje maliyet yönetimini etkileyen en önemli faktörler ise; zayıf kapsam tanımı, yanlış faaliyet maliyeti tahmini, zayıf iş kırılım yapısı tanımı, revizyonlar, gerçekçi olmayan süre tahminleri, proje yöneticisinin eğitim ve deneyim eksikliği ve proje yönetimi için önerilen dijital teknolojilerin uygulanmamasıdır (Albtoush vd., 2020).

Maliyet aşımalarının önüne geçmek için proje maliyet tahminleri daha tutarlı hâle getirilmelidir. Mevcut proje maliyet tahmin çalışmaları çoğunlukla profesyonellerin tecrübelerine dayanmaktadır. Ancak geçmiş verilerin elde edilmesi, günümüz dijital teknolojilerinin yapım yönetimine adaptasyonunun sağlanması ve eksikler için yeni teknolojilerin geliştirilmesiyle inşaat sektöründe proje tahmincilerinin deneyimine dayalı çalışmaların önüne geçilebilmektedir. Diğer sektörlerde de benzer bir biçimde tahmin çalışmalarının otomatikleştirilmesiyle insan kaynaklı hataların önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Proje maliyet yönetimindeki tahminci rolünün haricinde projeleri karmaşık bir durum haline getiren birçok faktör bulunmaktadır. Bu bölümde güncel dijital teknolojiler derlenerek proje maliyet yönetiminde kullanımı değerlendirilmiştir.

Literatürde maliyet problemlerine çözüm olarak sıklıkla dijital teknolojilerden söz edilmektedir. Bölümün amacı, inşaat sektöründe kronikleşmiş maliyet sorunlarına çözüm olabilecek dijital teknolojilerin derlenmesi ve incelenmesidir. Gerçekleştirilen tarama neticesinde Yapı Bilgi Modelleme (BIM/YBM), Yapay Zekâ (AI/YZ), Arttırılmış/Sanal Gerçeklik (AR/AG-VR/SG), Mobil Teknolojiler, Nesnelerin İnterneti (IoT), Lazer Tarama ve Blok Zinciri (BZ) dijital teknolojilerinin proje maliyeti yönetiminde

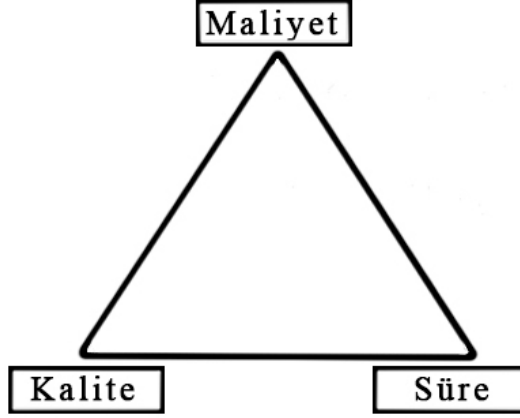
kullanılabileceği tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında kullanım yoğunluklarının farklı olduğu ve her birinin farklı maliyet yönetimi konularında yararlı olabileceğini göstermiştir.

2. PROJE MALİYET YÖNETİMİ

Proje yönetimi; projeye ait bilgilerin, araçların ve tekniklerin projenin gereksinimlerini yerine getirmek amacıyla proje aktivitelerine uygulanmasıdır. Proje yönetimi, belirli bir projenin gereksinimlerini karşılamak için bilgi, beceri, araç ve tekniklerin geniş bir faaliyet yelpazesine uygulanmasıdır. Bir projenin yönetilmesi genellikle (PMBOK, 2013);

- Gereksinimlerin belirlenmesi,
- Projenin planlanması ve yürütülmesi,
- Paydaşlar arası iletişimin sağlanması ve yönlendirilmesi,
- Projenin kısıtlarının (kalite, süre, maliyet, kapsam, bütçe, kaynaklar ve riskler) dengelenmesini içermektedir (PMBOK, 2013).

Proje yönetimi, inşaat süreçlerindeki belirsizlikler ve ilgili faaliyetlerin çok sayıda olması nedeniyle karmaşıktır (Mota, 2009). Proje yönetiminin karar verme sürecinde bir dizi değişkenin hesaba katılması gerekmektedir ve bu durum proje yönetimini zorlu bir görev haline getirmektedir. (Parsamehr vd., 2023). Proje yönetimi; benzersiz, karmaşık, tek seferlik bir görevin kalite, süre ve maliyet kısıtlamaları dahilinde gerçekleştirilmesine yönelik çeşitli kaynakların kullanımını yönetmek için bir dizi araç ve tekniğin uygulanmasıdır (Atkinson, 1999). Türü (doğrusal veya doğrusal olmayan), ölçeği (küçük veya büyük) ve süresi (kısa veya uzun) fark etmeksizin her proje yönetimi çalışmasının kalite, süre ve maliyet hedeflerini karşılaması beklenmektedir (Liao vd., 2011). Kalite, süre ve maliyet kısıtlamalarının birbirleriyle olan bu ilişkisi demir üçgen (iron triangle) olarak ifade edilmektedir (Şekil1).



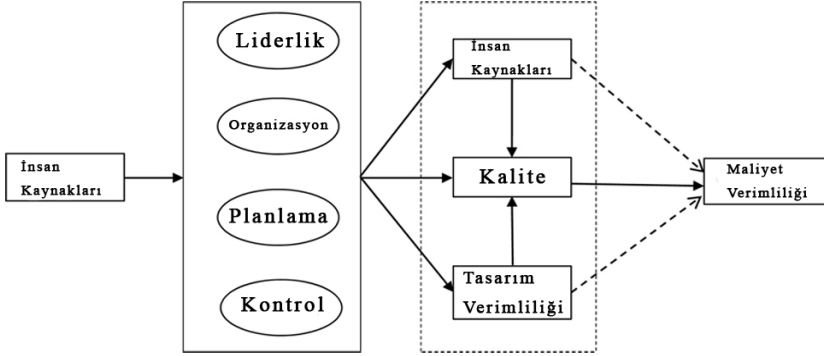
Şekil 1. Iron Triangle (Demir Üçgen) (Atkinson, 1999).

Modern inşaat malzemesi teknolojisinin sürekli gelişmesiyle birlikte kalite ve süre çalışmaları artık inşaat sektörü için geri planda kalmaktadır. Ekonomik küreselleşmenin rekabetçi ortamında proje maliyet yönetimi sektörün ilgi odağı haline gelmiştir (Isaksson ve Linderoth, 2018). Maliyet yönetimi; inşaat sektörü projelerinde kabul edilebilir kalite, süre ve iş güvenliği ile daha fazla kar elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca maliyet optimizasyonu, proje maliyetinin bütçeyi aşmamasını sağlar ve tasarım aşamalarında kârı en üst düzeye çıkarmaktadır (Rajguru, 2016).

Proje maliyeti, bir proje aktivitesi kaleminin inşaat fiyatını ifade etmektedir. Geniş anlamda proje maliyeti; inşaat, kurulum, belediye, elektrik, su ve iletişim maliyetlerini kapsamaktadır. Proje maliyetinin anlamı; sırasıyla mal sahibi ve yüklenici açısından iki farklı şekilde anlaşılabilir. Mal sahibinin bakış açısından sabit varlıkların planlanan yeniden üretimini, ilgili maddi olmayan varlıkların oluşumunun ve işletme sermayesinin yatırılmasının yani inşaat projesinin sabit varlıklarına yapılan yatırımın bir defaya mahsus toplam maliyetidir. Yüklenicinin bakış açısından proje maliyeti; inşaat, montaj, arsa, teknik işgücü, ekipman ve diğer ticari faaliyetlerde beklenen veya oluşan inşaat işinin toplam fiyatıdır (Tang ve Liu, 2022).

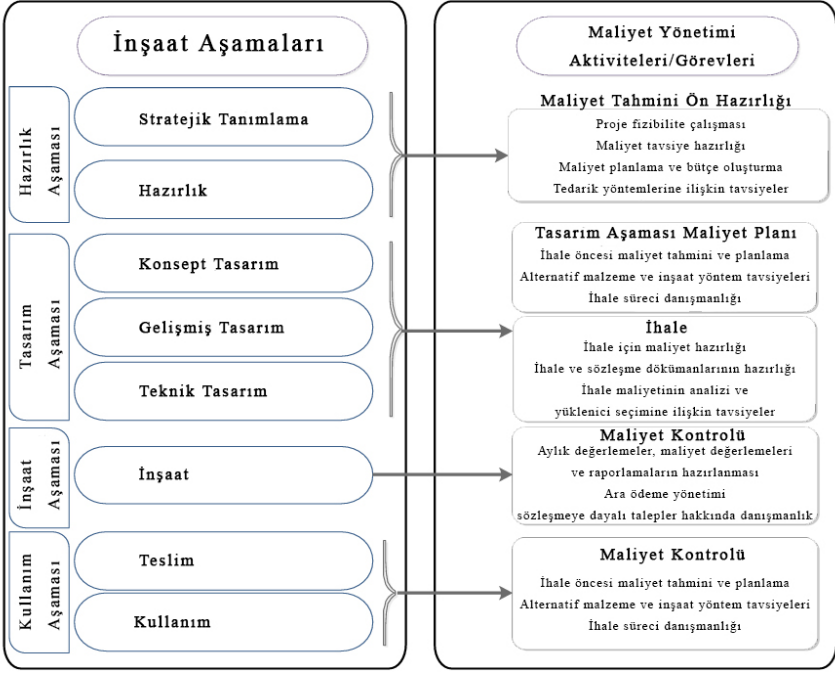
Proje maliyet yönetimi; bir projenin tasarımının ve tedarikinin planlı bir şekilde geliştirilmesini, inşaat maliyetinin karşılığında istenen sonuca ulaşmayı ve müşteri tarafından öngörülen sınırlar içinde olmasını sağlamak için gerekli olan süreçtir (Potts ve Ankrah, 2014). Onaylanan bütçe çerçevesinde tamamlanabilmesi için maliyetlerin planlanmasını, tahminini, bütçelenmesini, finanse edilmesini, fonlanmasını, yönetilmesini ve kontrolünü içermektedir (Şekil 2). Proje maliyet yönetimi; yatırımın geri dönüşü,

indirgenmiş nakit akışı ve yatırım geri ödeme analizi gibi diğer süreçleri ve çeşitli genel finans yönetimi tekniklerinin de kullanımını gerektirmektedir. Proje maliyet yönetimi öncelikle proje aktivitelerini tamamlamak için gereken kaynakların maliyeti ile ilgilidir. Ayrıca proje kararlarının bir sonucu olarak ortaya çıkacak ürün, hizmet veya projenin sonucunun kullanılması, sürdürülmesi ve desteklenmesinin oluşturduğu maliyetleri kapsamaktadır (PMBOK, 2013).



Şekil 2. Proje yönetimi ve proje maliyet arasındaki ilişki (Smith, 2014).

Proje maliyet yönetimi; projenin onaylanan bütçe dahilinde tamamlanabilmesi için maliyetlerin planlanması, tahmin edilmesi, bütçelenmesi, finanse edilmesi, yönetilmesi ve kontrol edilmesi süreçlerinin tamamını içermektedir (Şekil 3). Öte yandan tahmin, programlama, maliyet kontrolü, kaynak maliyetlendirme ve finansal kontrol gibi çok çeşitli işlevlerle de ilgilenmektedir. Bu maliyet yönetimi faaliyetleri, maliyet yönetimi süreci için geliştirilmiş sayısız teknik ve araçtan herhangi biri kullanılarak yürütülebilir (Igwe vd., 2020).



Şekil 3. Proje yaşam döngüsünde proje maliyet yönetimi (Malkanthi vd, 2017).

2.1. Proje Maliyet Tahmini

Proje maliyeti çalışmaları, proje aktivitelerini tamamlamak için gerekli parasal kaynaklar için bir tahmin geliştirme sürecidir. Projeye harcanacak tüm kaynaklar için maliyet tahminleri yapılmalıdır. Kaynaklara; iş gücü, malzeme, ekipman, hizmetler ve tesislerin yanı sıra enflasyon payı, finansman maliyeti ve beklenmedik durum maliyetleri gibi özel kategorilerde dahildir. Proje maliyet tahminleri proje süreci içerisinde belirli bir andaki bilgilerle gerçekleştirilen öngörüdür. Maliyet tahminleri; projenin başlatılması ve tamamlanması için maliyet alternatiflerinin tanımlanmasıdır (PMBOK, 2013).

Proje süreçlerinde tahmine dayalı karar verme yöntemleri bilinen ile bilinmeyen arasındaki boşluğu en aza indiren araçlar olarak işlev görmektedir. Tahmine dayalı tekniklerin kullanılması, proje yönetiminde karar alma süreçlerini daha verimli ve güvenilir hale getirmektedir (Parsamehr vd., 2023). Tahmine dayalı karar verme, önemli ölçüde verilerin güvenilirliğine ve doğruluğuna bağlı olarak karmaşık işlevleri, optimizasyonu ve kanıta dayalı karar modellemeyi içermektedir (Wang vd., 2020). Tahmine dayalı karar verme, çeşitli çelişkili niteliklere sahip büyük miktarda veri-

nin işlenmesini gerektiren inşaat projelerinde faydalıdır (Jato-espino vd., 2014).

Proje maliyet tahminlerine yardımcı olması için proje yönetimi yazılım uygulamaları, bilgisayar ortamındaki elektronik tablolar, simülasyonlar ve istatistiksel araçlar kullanılmaktadır. Bu gibi araçların kullanılmasındaki amaç; maliyet tahmini tekniklerini basitleştirerek maliyet tahmini alternatiflerinin hızla değerlendirilmesini sağlayabilmektir (PMBOK). Tüm olası faktörleri göz önünde bulunduran kapsamlı bir makine öğrenimi modeli kullanarak maliyet tahmininin doğruluğunu artırmak mümkündür (Paramehr vd., 2023). Potts ve Ankrah'a (2014) göre proje maliyet tahmini çalışmalarında:

- Yasal ücretler de dahil olmak üzere arazi edinimi,
- Müşterinin projeye tahsis edilen kendi organizasyon maliyetleri,
- Saha araştırması,
- Sigortalar,
- Tasarım dahil danışman ücretleri,
- İnşaat maliyetleri,
- Katma değer vergisi,
- Beklenmedik durum ve riskler,
- Finansman,
- Yasal maliyetler gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Potts ve Ankrah, 2014).

Son on yılda projelerin inşaat aşamasındaki maliyet performansını etkileyen faktörler üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. Genellikle maliyet aşımalarının büyük çoğunluğunun inşaat aşamasında meydana gelmektedir. Bu aşamada yaşanan birçok öngörülemeyen aksaklık, tasarım aşamasında alınan kararların sonucudur (Chan ve Kumaraswamy 1997). Sepasgozar vd.'ne (2022) göre proje maliyet tahmininde dikkate alınması gereken temel faktörler:

- Saha durumu,
- İşgücü kaynağının türü ve ücret oranları,
- Saha erişimi sınırlamaları,
- Sınırlı çalışma saatleri,
- Mevcut tesislere uzaklık,
- Ekipman ve malzeme lojistik ihtiyaçları,

- Hava durumu,
- Yerel halkın sosyal etkileri,
- Sağlık, güvenlik ve evre kuralları,
- Jeoteknik bilgilerdir (Sepasgozar vd., 2022).

Yönetim yeterliliği ve yüklenicinin mali gücü ne olursa olsun erken aşamada doğru maliyet tahmininin maliyet aşımını önlemenin anahtarı olduğunu bilinmektedir (Hicks, 1992). Proje maliyet tahmininin başarısı proje kaynaklarının doğru entegrasyonuna ve proje uygulaması üzerindeki kontrole bağlıdır (Baloı ve Price 2003). İnaaat projelerinin yaşam döngüsü boyunca sorunları azaltmak için maliyet planlaması uygulanmalıdır. Ashworth ve Perera'ya (2018) göre altı genel maliyet planlama avantajı aşağıdaki gibidir:

- İhale tutarının onaylanan btce tahminiyle eşleşme olasılığı daha yüksektir,
- Revizyon sonucu yeniden maliyetlendirme olasılığı daha azdır,
- Harcanan paranın karşılığını veren tasarım elde etme olasılığı daha yüksektir,
- Rasyonel bir tasarımın harcamaların dengeli bir Şekilde dağıtılmasıyla sonuçlanması muhtemeldir,
- Mimar ve metraj uzmanı tarafından ihale öncesi yapılan analizler neticesinde kararların daha erken alınmasıyla daha sorunsuz inşaat aşaması yaşanması olasıdır,
- Farklı projelerden gelen verilerin çalışmalara dahil edilmesiyle maliyet aşımlarının azalması beklenmektedir (Ashworth ve Perera, 2018).

2.2. Proje Maliyet Aşımı

Maliyet aşımları genellikle proje paydaşları tarafından kabul edilen btçelenmiş bir proje maliyetinde beklenmedik bir artış olarak tanımlanmaktadır ve proje tesliminin çeşitli aşamalarında çeşitli nedenlerden dolayı yaşanabilmektedir (Shehu vd., 2014). Herhangi bir proje faaliyetinin planlanan maliyet hedefindeki aşım, bir projenin finansal performansını tehlikeye atabilmektedir (Huo vd., 2018). Proje maliyet yönetimi, herhangi bir taahhütte bulunulmadan önce uygulanmalıdır. Aksi takdirde sadece bir maliyet izleme prosedürü haline gelmekte ve yüklenicilerin ciddi zararlar görmesine neden olmaktadır. Örneğin İskoç Parlamento Binası, başlangıç btesi 40 milyon sterlin iken nihai maliyeti 431 milyon sterlin olarak bil-

dirilmiştir. Bu örnek proje maliyet aşımalarının ulaşabileceği düzeyi gösteren en iyi örneklerden biridir (Potts ve Ankrah, 2014).

İnşaat sektörü genellikle önemli maliyet aşımlarıyla karşı karşıya kalmaktadır (Huo vd., 2018). İnşaat projelerinde maliyet aşımalarının dünya çapında yaşandığını destekler nitelikte çeşitli ülkelerden bu konuyu rapor eden çok sayıda makale bulunmaktadır (Enshassi vd., 2010). Proje maliyet aşımı nedenleri, proje yönetimi araştırmacılarının küresel ilgisini çekmektedir. Ancak küresel ilgiye rağmen proje performansını tehlikeye atan maliyet aşımalarının evrensel bir dizi nedenini belirlemek için konuyla ilgili bağlamın incelemesine ihtiyaç devam etmektedir (Durdyev, 2021).

3. DİJİTAL TEKNOLOJİLER

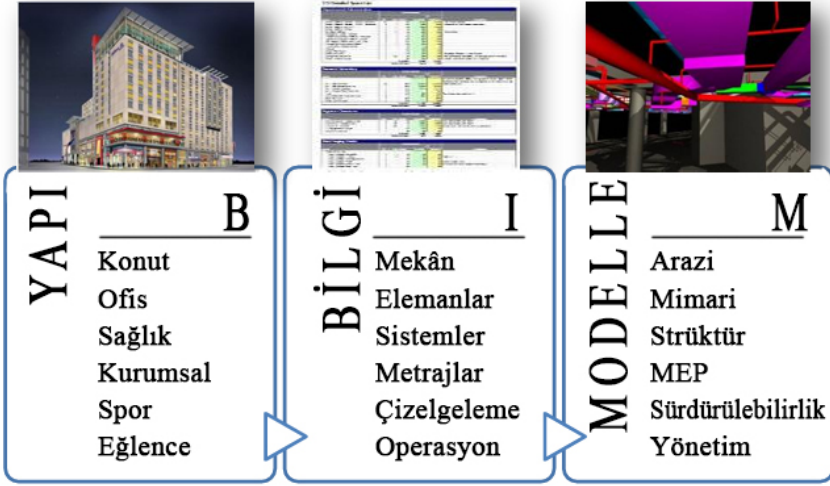
Proje maliyet yönetimi, projenin yaşam döngüsünü en verimli düzeye getirmek amacıyla toplam maliyetin yönetilmesidir. Çalışmaların günden güne yoğunlaştığı güncel bir disiplindir. Bu çalışmalar alan özelinde olduğu gibi farklı dallarda gelişen teknolojilerin proje yönetimine dahil edilmesini de kapsamaktadır. Ancak mevcut çalışmalar sektörde yaşanan sorunlara çözüm olamamıştır. Sektörde kronik bir sorun olarak karşımıza çıkan maliyet aşımalarının önüne geçilememiştir. Literatürde maliyet problemlerine çözüm olarak sıklıkla dijital teknolojilerden söz edilmektedir.

Avrupa Birliğine göre dijitalleşme, Avrupa inşaat sektörünün gelecek 10 yıldaki rekabet gücü ve sürdürülebilirliği için hem kaçınılmaz hem de hayati önem taşımaktadır. Güncel çalışmalar küresel inşaat şirketlerinde karar verici olan anket katılımcılarının %50'sinden fazlasının özellikle dijitalleşme ve tedarik zinciri kontrolünde yatırımlarını arttırdığını doğrulamaktadır (ECOSO, 2021). İnşaat sektörü için bilişim, bilgisayar, iletişim, kontrol ve bilgi güvenliği gibi dijital teknolojiler kullanımı; inşaat sektörünün teknik araçlarını ve üretim organizasyonunu geliştirerek proje yönetim düzeyini ve temel rekabet gücünü arttırmaktır (Santos vd., 2020). Proje maliyet yönetimi çalışmaları, güncel dijital teknolojilerin inşaat sektöründe kullanımına odaklanmaktadır. Dijital teknolojilerle inşaat faaliyetlerine dair verilerin elde edilmesi ve depolanması kolaylaşmaktadır. Üstelik bu veriler çeşitli teknolojiler yoluyla simülasyonlarda büyük avantajlar sunmaktadır. Sağladığı katkılar neticesinde insan hatalarının önüne geçilmekte ve proje yöneticilerine daha az iş düşmektedir. Bu bölümde literatür taraması yoluyla ulaşılan güncel dijital teknolojiler derlenmiştir.

3.1. Yapı Bilgi Modelleme

Yapı Bilgi Modelleme (Building Information Modelling/BIM-YBM), sanal ortamda yapının inşa edilmesiyle inşaat sektörü paydaşları için koor-

dinasyon sağlayan bir proje süreci yönetimidir (Şekil 4) (Azhar vd., 2009). Bir tesisin tasarımını, yapımını ve proje sürecini bilgisayar yardımıyla simüle etmek için sanal bir model oluşturulmasıdır. BIM, tasarım evresindeki yapının sanal modeliyle simülasyonların oluşturulmasını sağlayan bir teknolojidir (Takim vd., 2013). Bir yapının tasarım, inşaat, imalat ve satın alma faaliyetlerini desteklemek için yapının bir veya daha fazla sanal (sayısal) modelinin oluşturulmasını sağlayan en umut verici gelişmelerden biridir (Eastman vd., 2011).



Şekil 4. Yapı Bilgi Modellemenin görsel temsili (Azhar vd., 2012).

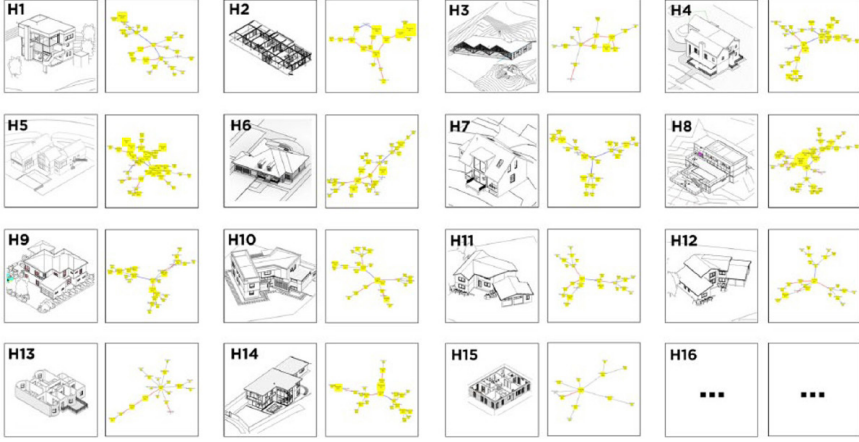
Son yıllarda, birçok çalışma YBM'nin bina yaşam döngüsündeki dik-kate değer yeteneklerini geliştirmeye ve keşfetmeye odaklanmıştır. Buna karşılık, YBM'nin proje yaşam döngüsü boyunca sürekli olarak uygulanmasına yeterli ilgi gösterilmemiştir. Sonuç olarak, inşaat proje ekiplerinin proje yönetimini iyileştirmek için proje yaşam döngüsü boyunca YBM'yi sürekli olarak nasıl uygulayabilecekleri konusu tam olarak detaylandırılmamıştır. Bu durum inşaat sektöründe YBM ile proje yönetimini entegre etme olasılığını engellemiştir (Wang ve Chen, 2023). Ancak inşaat sektöründe dijital teknolojilerin daha erken kullanılmaya başladığı gelişmiş ülkelerin inşaat sektörlerinde dijital teknolojilerin uygulanmasıyla YBM'nin kullanımı yaygın hale gelmiştir (Santos vd., 2020).

YBM hakkında gerçekleştirilmiş çalışmalar oldukça dağıktır. Özellikle proje yönetimi bağlamında çalışma bulgularını birleştirmeye ve yenilikçi araştırma yönlerini belirlemeye ihtiyaç vardır. Ayrıca YBM adaptasyonuna odaklanan inceleme makalelerinin sayısı oldukça azdır. Bu nedenle, YBM tabanlı proje yönetiminin karar verme sürecine dair eleştirel bir incelemesine ihtiyaç duyulmaktadır (Parsamehr vd., 2023). Geleneksel

proje tesliminde, tasarım ve alternatiflerle ilgili nihai kararlar için değer mühendisliği yapılmadan önce proje maliyetini tahmin etmek için tasarım belgeleri kullanılmaktadır. Bu süreç alternatifler için tekrarlanması gibi sebeplerle süre kayıplarına neden olmaktadır. YBM gibi yeni bilgi sistemleri ve modelleri kullanılarak her tasarım senaryosunun ilgili maliyetleri de dahil olmak üzere tüm tasarım seçenekleri eş zamanlı olarak değerlendirilebilmektedir. Ancak, maliyet tahmini sürecini geliştirmek için dijital araçların verimli bir şekilde nasıl kullanılabileceğine ilişkin daha fazla uygulama ve çalışmaya ihtiyaç vardır. YBM yazılımlarının proje maliyet yönetiminde faydalı olacağı düşünülmektedir (Sepasgozar vd., 2022).

3.2. Yapay Zekâ

Büyük ölçekli ve karmaşık bir pazar olarak kabul edilen günümüz inşaat sektöründe yapay zekâ (Artificial Intelligence/AI-YZ); mimarların bilgi ve becerilerini geliştirmek, tasarımları daha hızlı analiz etmek ve tasarım yeteneklerini genişletmek için büyük bir potansiyele sahiptir (Rafsanjani ve Nabizadeh, 2023). Tsigkari vd.'ne (2021) göre yakın zamanda verimliliği arttırmak için yapay zekânın mimari tasarım sürecine dahil edilmesinin iki farklı yolu mevcuttur. İlk yöntem; geleneksel ve zaman alıcı modelleme süreçlerini, çeşitli akıllı simülasyon sonuçlarına dayanan ekonomik bir hesaplamalı tahmin modeliyle değiştirmektedir. Taşıyıcı model süreci, geçmiş verilerdeki kalıpları gerçek zamanlı veya neredeyse gerçek zamanlı olarak doğru bir şekilde tespit ederek hızlı karar alınmasını sağlamaktadır. Diğer yöntem ise analitik açıklamaları olmayan mimari süreçleri kolaylaştırmak için tasarımcıların sezgilerine entegre edilen tasarıma yardımcı modelleme olarak kabul edilmektedir (Şekil 5) (Tsigkari vd., 2021). Yüksek uygulanabilirliği, yirmi birinci yüzyılın başından bu yana YZ destekli inşaat sektörü üzerine yapılan araştırmaların artmasına yol açmış olsa da inşaat sektöründe YZ ile ilgili araştırma konusu hâlâ erken bir aşamadadır. Yakın zamanda hızla büyümesi beklenmektedir. Günümüz inşaat sektöründe düşük seviyeli YZ benimsenmektedir. Bu duruma yüksek maliyet, güven, güvenlik, bilgi ve deneyim eksikliği, internet bağlantısı, projenin benzersizliği vb. faktörler gerekçe gösterilebilir (Darko vd., 2020).



Şekil 5. Veri seti kullanılarak tasarlanmış ev örnekleri (As vd., 2018).

YZ, inşaat sektöründe bir sonraki potansiyel sınır olarak kabul edilmektedir. Genel olarak makine öğrenimi, derin öğrenme, bilişsel hesaplama ve diğerleri gibi çoğu YZ algoritmasının arkasındaki temel fikir; kümeleme, tahmin ve optimizasyon görevleri için büyük miktarda veriyi derinlemesine öğrenebilen ve analiz edebilen insan düşüncesini simüle etmektir. Geleneksel analitik yaklaşımlarla karşılaştırıldığında YZ; gerçek dünyadaki karmaşık sorunları daha otomatik ve güvenilir bir şekilde çözülmesi için kullanılmalıdır. Proje hedefini gerçekleştirmede başarı şansını en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan, insan deneyimine ve bilgisine daha az bağımlı olarak daha akıllı bir karar verme sürecini kolaylaştırmak adına faydalıdır (Hu vd., 2022). Faydaları arasında maliyet aşımalarının önlenmesi, saha güvenliğinde iyileştirmeler, proje planlarının yönetim verimliliğinin artması ve sahalarda üretkenlik artışı yer alır (Chien vd., 2020). Dolayısıyla YZ'nin doğası, onu oldukça karmaşık inşaat projelerindeki zorlukların üstesinden gelmek için uygun bir araç haline getirmektedir. Sonuç olarak çeşitli YZ teknolojilerinin benimsenmesinin inşaat sektöründe otomasyon, risk azaltma, gelişmiş verimlilik ve güvenlik açısından sürdürülebilir faydalar getirmesi beklenmektedir (Pan ve Zhang, 2021).

3.3. Yapı Bilgi Modelleme ve Yapay Zekâ

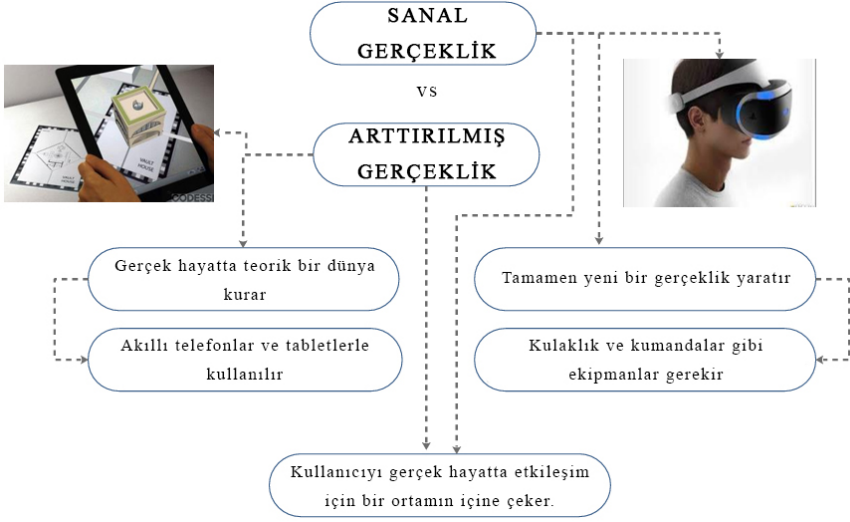
YBM ve YZ kendi alanlarında özgün avantajlarını gösterebildiğinden YZ yöntemlerinin YBM ile sorunsuz bir şekilde entegre edilmesinin kayda değer bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir. YBM-YZ ortak kullanımıyla hem YBM'nin hem de YZ'nin potansiyel değerini en üst düzeye ulaştırmaktadır. Mevcut bilgilere kolay erişim ve daha az insan çalışmasıyla karmaşık bir projeye dair otomatik olarak derin içgörülerin elde edilmesi

olanağını oluşturmaktadır. Bu nedenle bir inşaat projesinin üretkenliğini, kalitesini ve güvenliğini artırmak için dijital asistan görevi görebilecek bu iki güçlü tekniğin kombinasyonunun gelecekte büyümesi beklenmektedir (Pan ve Zhang, 2023). Bu entegrasyonda YBM teknik öncülü olan bir projenin yaşam döngüsünde kullanılmak üzere veri açısından zengin modeller barındırırken YZ ise karar verme sürecinde YBM modelinin barındırdığı verileri kullanmaktadır (Alizadehsalehi vd., 2020).

İnsan davranışını taklit etmek için bir sınır fikrine atıfta bulunan YZ teknikleri, makine öğrenimi algoritmalarından çok daha fazlasıdır. Bu nedenle geçmiş YBM ve makine öğrenimi çalışmaları YBM-YZ entegrasyonunun potansiyelini tam anlamıyla ifade etmemektedir. Belirtilen verilerin ışığında; YBM ve YZ'nin son teknoloji gelişiminin yanı sıra bağlantılarına ilişkin boşluğu daraltmak için sistematik ve kapsamlı bir inceleme yapılması gerekmektedir. YBM-YZ entegrasyonunun inşaat sektöründeki tüm proje yaşam döngüsü zinciri boyunca inşaat yönetimindeki dijital dönüşüm boşluğunu kapatacağına inanılmaktadır (Pan ve Zhang, 2023).

3.4. Sanal Gerçeklik/Arttırılmış Gerçeklik

Sanal Gerçeklik (Virtual Reality/VR-SG) ve Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality/AR-AG) teknolojileri inşaat sektöründe proje yönetimi için önemli fırsatlar sunmaktadır. AG, gerçek zamanlı sunum için fiziksel çevreyi bilgisayar tarafından üretilen bilgilerle birleştiren gelişmiş kamera ve sensör teknolojisinin kullanılmasını içerir. AG kullanarak inşaat ekiplerinin süreci daha verimli bir şekilde devam ettirebilmektedir. AG; tablet veya akıllı telefon gibi kamerası olan bir cihaz aracılığıyla görüntülendiğinde bir projenin dijital bilgilerini kullanarak güncel durumun projenin sonunda elde edilecek sonuçla kıyaslanmasını sağlamaktadır (Kulkarni ve Mheatar, 2017). AG ile SG küçük farklılıkları haricinde benzer özellik ve işlevlere sahiptir (Şekil 5). SG, bir projenin ayrıntılı bir sanal modelini içermektedir. SG, kullanıcıyı doğrudan sanal ortamın içine yerleştirerek sanal ortam deneyimi yaşatmaktadır (Sharifi, 2018). SG, içerisinde ekran bulunan bir kask ve sensörlerle donatılmış eldivenler içeren özel bir dijital sistem yoluyla kullanıcıya üç boyutlu bir görüntünün veya ortamın bilgisayar tarafından oluşturulan simülasyonunu sunmaktadır (Ahmed, 2019). SG; oyun ve eğlence sektörlerinin ötesine geçmiştir. Bu teknolojiye ilgisini arttıran sektörlerden birisi de inşaat sektörüdür (GeineBelt, 2017).



Şekil 6. SG ile AG alıŐma prensibi farkı (Igwe vd., 2020).

3.5. Mobil Teknolojiler

İnşaat sektörü; yeni uygulamalar ve araçlar kullanan mobil teknolojilerin yardımıyla yeni ve canlanmış bir dönemden geçmektedir (Santos, 2018). Gelişen teknolojiyle birlikte ekip çalıŐmasını destekleyen ve inşaat sürecinin planlama, tasarım ve inşaat aŐamalarındaki gecikmeleri ortadan kaldıran temel teknolojilerden birisi de tabletleri, akıllı telefonları ve mobil akıllı erişim noktaları kapsayan mobil teknolojilerdir (Kaplinski, 2016). Mobil teknolojilerin inşaat sektörüne entegrasyonunda büyüme görülmektedir (Higgins, 2019). İnşaat Őirketleri bu geçiŐi sürdürmektedir (Agarwal, 2018). Literatürdeki alıŐmalar gelişmiş ũlkelerde mobil teknolojilerin müteahhitler tarafından yaygın olarak kullanıldığını ve bu cihazların akıllı telefonlar, tabletler, dizüstü bilgisayarlar ve GPS cihazları olduğunu ortaya koymuŐtur (Ahmed, 2019). Bu mobil cihazlar sadece iletişim ve bilgi iŐlem işlevleri sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda kayıt tutma ve belgeleme amacıyla görüntü ve videolar için tercih edilmektedir (Mahami vd., 2019). Ancak literatür taraması sonucunda geliŐmemiŐ ũlkelerde kullanım oranının ise istenen düzeye ulaŐamadıđı görülmüştür.

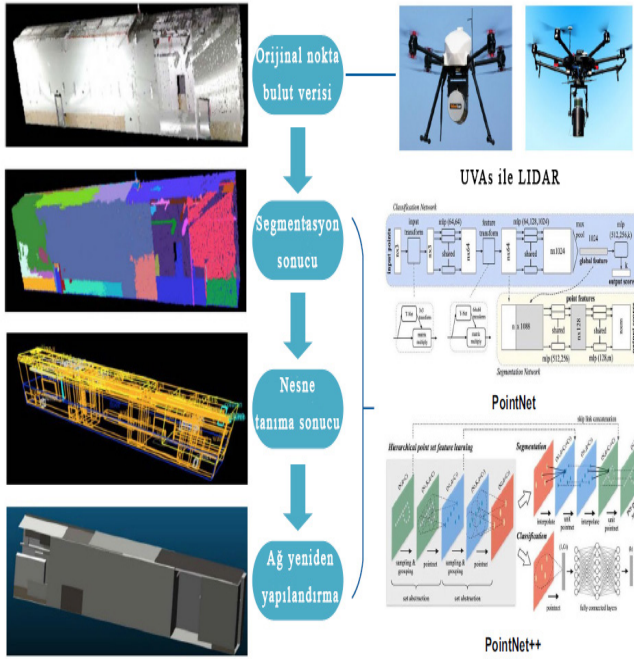
3.6. Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin İnterneti (Internet of Things/IoT), insandan insana veya insandan bilgisayara etkileŐim gerektirmeden bir ađ üzerinden veri aktarma yeteneği sağlanan birbiriyle ilişkili bilgi iŐlem cihazları, mekanik ve

dijital makineler, nesnelere, hayvanlar veya insanlardan oluşan bir sistemdir (Rouse, 2019). Bağlantılı bir şantiyedeki gömülü sensörler, güvenlik, malzeme performansı ve operasyonel iş akışı ile ilgili verilerin toplanması ve yönetilmesi için büyük fırsat sunmaktadır (Higgins, 2019). Nesnelere interneti teknolojisi ve standartları inşaat sektörü de dahil olmak üzere tüm sektörlerdeki hızlı gelişimi ve mevcut etkisi göz önüne alındığında önem kazanmaktadır (Dave vd., 2016). İnşaat sektöründeki önemi göz ardı edilemeyecek bir teknoloji trendidir. Bu teknoloji, insan çabasının neredeyse tüm alanlarında uygulanabilir (Mahmud vd., 2018).

3.7. Lazer Tarama

Lazer tarama, 3 boyutlu nokta bulutları oluşturmak için karasal veya drone monteli lazer tarayıcılardan toplanan verileri kullanan bir dijital teknolojidir (Şekil 7). Çalışma prensibi, yayılan bir lazer ışığı darbesinin geri yansımalarının süresini ölçerek hedefe olan mesafenin hesaplanmasıdır (Omar ve Nehdi, 2016).



Şekil 7. Lazer taramanın inşaat sektöründe kullanım örneği (Chen vd., 2019).

Lazer taramanın bir türü olan fotogrametri, iki boyutlu görüntülerden üç boyutlu nokta bulutu modelleri oluşturabilen diğer en popüler görüş tabanlı algılama teknolojisidir (Dering vd., 2019). Karmaşık algoritmaların kullanımı yoluyla, geleneksel fotoğrafçılık veya dijital fotoğrafçılık

yoluyla elde edilebilecek resimlerden nesnelerin konumunu, yönelimini, şeklini ve boyutunu yeniden oluşturabilmektedir (Hackl vd., 2018). Laser taramanın diğer bir türü olan videogrametri ile fotogrametri arasındaki tek farklılık, üç boyutlu verilerin aslında bir saniyede çekilen en az 24 fotoğraftan oluşan bir dizi olan videonun sıralı karelerinden çıkarılmasıdır. Bunun avantajı, çerçevelerin sıralı olması nedeniyle önemli miktarda rtuşmenin olmasıdır. Bu sayede her karedeki pikseller bir önceki kareye göre yeniden oluşturulmaktadır (Omar ve Nehdi, 2016). Benzer amaçlar için kullanılmaları ve aynı sonuçları vermelerine rağmen çalışma prensipleri farklılık göstermektedir.

3.8. Blok Zinciri

Blok Zinciri (Blockchain/BZ) teknolojisi, inşaat sektöründe devrim niteliğindeki teknolojilerden bir diğeridir. Bitcoin'in altında yatan teknoloji olarak tanıtılan bir tür dağıtılmış veri teknolojisidir (Penzes, 2018). Çeşitli alanlardaki birçok danışman ve paydaş; Blok Zinciri teknolojisinin endüstrileri, iş modellerini ve işletme süreçlerini değiştirmedeki temel potansiyellerini kabul etmiştir. deme mutabakatı, muhasebe, yönetim, tedarik zinciri, müşteri ilişkileri, finansman vb. gibi konularda katkı sağlayan bu teknolojinin kullanımından inşaat sektörü de geride kalmamıştır. Blok Zinciri; inşaat sektöründe başarılı bir şekilde yürütülen anlaşmalar için bir ön koşul olarak güven inşa etmek için aracılara olan ihtiyaı ortadan kaldıracak işlem maliyetlerini azaltmanın bir yolu olarak önerilmektedir (Dakhli vd., 2019). Verileri bloklar halinde depolamak ve daha sonra bunları kronolojik sırayla birbirine zincirlemek için dağıtılmış bir veri tabanı olarak bilinen ve gelişmekte olan bir dijital teknolojidir. Blok Zincirinin bu doğal özellikleriyle iş birliğine dayalı YBM platformunu yönetmek için de ideal bir çözümdür. Blok Zinciri, inşaat sektöründe güvenilir iş birliği oluşturmak için alternatif bir yaklaşım olarak gelişmiştir (Xue ve Lu, 2020).

4. SONUÇ

Bölüm kapsamında inşaat sektöründe proje maliyet yönetimi için kullanılabilir güncel dijital teknolojiler belirlenmiş ve irdelenmiştir. Gelişmiş ülkelerin inşaat sektörlerinde dijital teknolojilere uyum sağlama hızının yüksek olduğu görülmüştür. Gelişmekte olan ülkeler ise bu hıza yetişmek için çabalamaktadır. Ancak hedeflenen düzeye ulaşılamamaktadır. Proje maliyet yönetiminde kullanılabilirliği tespit edilen dijital teknolojilerden bazıları birlikte kullanılabilirken bazılarının kullanım alanlarının ve bilinirliğinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Belirtilen gerekçe nedeniyle her dijital teknoloji kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Ortak kullanımını mümkün olan teknolojilere ayrıca değinilmiştir.

Yapı Bilgi Modelleme (YBM); tasarım kararlarının tümünü sanal ortamda barındırmasıyla oldukça önemli bir teknolojidir. YBM tabanlı yazılımların bir kısmı zengin veri havuzunun kullanımına olanak tanırken kalan yazılımlar bu verilerin işlenmesine odaklanmaktadır. Belirtilen özellikleriyle proje maliyet yönetimi çalışmaları için umut verici bir dijital teknolojidir. Ancak verilerin işlenmesiyle otomatik karar verme sürecinin eleştirel bir değerlendirmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürdeki çalışmaların dağınık olduğu görülmüştür. Çalışma bulgularının birleştirilmesi ve yenilikçi araştırma yöntemlerinin tespit edilmesi gerekmektedir.

Yapay Zekâ (YZ); verileri otomatik olarak değerlendirebilmesiyle proje maliyet yönetimi için büyük bir potansiyele sahiptir. Günden güne uygulanabilirliğinin yükselmesi ve çalışma verimi ciddi oranda arttırılmasıyla inşaat sektörünün yoğunlaştığı bir dijital teknolojidir. Ancak araştırma düzeyi ve gelişmekte olan ülkelerde kullanımı açısından hâlâ erken bir aşamadır. Maliyet, güvenlik, deneyim, altyapı, projelerin özneliği vb. faktörlerin kullanımını zorlaştırdığı görülmüştür. Gereksinimlerinin zorluğuna rağmen yakın zamanda hızla büyümesi beklenmektedir.

Yapı Bilgi Modelleme ve Yapay Zekâ; proje maliyet yönetimine yönelik potansiyellerinin fark edilerek inşaat sektöründe giderek daha fazla yer bulmaktadır. Tanımlanan teknolojiler, proje yürütme amacıyla kullanımlarındaki artışa bağlı olarak proje maliyet yönetimi yaklaşımını yeniden şekillendirme eğilimindedir. Sektör için YBM ve YZ teknolojilerinin entegre edilmesiyle ortak potansiyellerinden yararlanılması önerilmektedir (Igwe vd., 2020).

Sanal Gerçeklik (SG) ve Arttırılmış Gerçeklik (AG); proje maliyet yönetiminde risklerin tanımlanması ve önlenmesi konusunda sağladığı çeşitli simülasyonlarla ek maliyetleri ve gecikmeleri önleyen sanal incelemelere olanak tanımaktadır (Güray ve Kısmet, 2023). Ek olarak YBM'nin bazı eksikliklerin üstesinden gelmek ve inşaat sektörünü hedeflenen düzeye taşımak için YBM'ye dayalı AG-SG potansiyelinin yüksek olduğu düşünülmektedir (Noghabaeietal, 2020).

Lazer tarama teknolojisi; proje maliyet yönetimi için yapım sürecinin farklı aşamalarında barındırdığı özellikler ve getirdiği kolaylıklarla katkı sağlamaktadır. Lazer tarama proje maliyet yönetimi özelinde değerlendirildiğinde; iş gücünden tasarruf sağlaması, süreci hızlandırması ve gerekli tespit çalışmalarını kolaylaştırması ile katkı sağlamaktadır.

Mobil cihazlar; günümüz inşaat sektörü projelerinde kullanımıyla ilgili yaklaşık 13.000 mobil uygulamanın kullanıldığı tahmin edilmektedir (Mahami vd., 2019). Nesnelerin interneti; insan kaynaklı hataların önüne geçmek ve süreci hızlandırmak adına her türden otomatik veri toplama çalışması için gerekli bir teknolojidir. Blok Zinciri; inşaat sektöründe ba-

şarlı bir şekilde yürütülen anlaşmalar için gerekli güven ortamını inşa etmek için aracılara olan ihtiyaı ortadan kaldırarak süreci hızlandırmakta ve maliyeti düşürmektedir. Bölüm kapsamında ele alınan tüm dijital teknolojilerin barındırdığı özgün niteliklerle proje maliyet yönetimine önemli katkıları olduğu belirlenmiştir.

Son yıllarda inşaat sektöründeki proje maliyet yönetimi çalışmalarının dijital teknolojilerle kesişiminin kapsamlı bir incelemesi gerçekleştirilmiştir. Daha spesifik olarak proje yöneticilerinin proje maliyet yönetimi için yürütmeyi sürdürdükleri çalışmaların insan hatasına açık olduğu ve bu hataların önüne geçmek adına dijital teknolojilerin geliştirildiği görülmüştür. Ancak bu teknolojilerin özellikle gelişmekte olan ülkelerde yeterli düzeyde kullanılamamasının bir sonucu olarak yaşanan maliyet aşımı sorunu devam etmektedir. Ayrıca inşaat sektörü her geçen gün gelişmekte olan dijital teknolojilere uyum sağlayamadığı takdirde diğer sektörlerin gelişim hızının gerisinde kalacağı dşnlmektedir. Literatür taraması sonucunda dijital teknolojilerin inşaat sektöründe kullanımının özellikle gelişmekte olan ülkelerde yeterli düzeye ulaşamadığı birçok çalışmada belirtilmiştir. Bölüm; proje maliyet yönetiminde yaşanan sorunların (zellikle maliyet aşımları) nne geçilmesi adına dijital teknolojilerin geliştirilmeye devam edilmesi, sektör ihtiyaçlarına göre adaptasyonunun sağlanması ve konu üzerinde akademik çalışmaların gerekliliğini göstererek alana katkı sağlamıştır.

6. KAYNAKÇA

- Abdirad, H. ve Mathur, P. (2021). Artificial intelligence for BIM content management and delivery: case study of association rule mining for construction detailing. *Advanced Engineering Informatics*, 50(2021), 101414.
- Agarwal, B. R., Chandrasekaran, S. ve Sridhar, M. (2018). *Imagining Construction's Digital Future*. Singapur: McKinsey & Company.
- Ahmed, S. (2019). A Review on Using Opportunities of Augmented Reality and Virtual Reality in Construction Project Management. *Organization, Technology and Management in Construction*, 11(1),1839-1852.
- Alizadehsalehi, S., Hadavi, A. Ve Huang, J. C. (2020). From BIM to extended reality in AEC industry. *Automation in Construction*, 116(2020),103254.
- As, I., Pal, S. ve Basu, P. (2018). Artificial intelligence in architecture: Generating conceptual design via deep learning. *International Journal of Architectural Computing*, 16(4), 306-327.
- Ashworth, A. ve Perera, S. (2018). *Contractual Procedures in the Construction Industry*. USA: Taylor & Francis Group Routledge.
- Atkinson, R. (1999). Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International journal of project management*, 17(6), 337-342.
- Azhar, S., Brown, J. ve Farooqui, R. (2009). BIM-Based Sustainability Analysis: An Evaluation of Building Performance Analysis Software. *ASC Annual Conference*, 1(4), 276-292.
- Azhar, S., Khalfan, M. ve Maqsood, T. (2012). Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(4), 15-28.
- Baloi, D. ve Price, A. D. F. (2003). Modelling global risk factors affecting construction cost performance. *International Journal of Project Management*, 21(4), 261-269.
- Barbosa, F., Woetzel, J., ve Mischke, J. (2017, Ocak). Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. Erişim Adresi: <http://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution>.
- Bosch-Sijtsema, P., Claeson-Jonsson, C., Johansson, M. ve Roupe, M. (2021). The hype factor of digital technologies in AEC. *Construction Innovation*, 21(4), 899-916.
- Chan, D. W. N. ve Kumaraswamy, M. M. (1997). A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects. *International Journal of Project Management*, 15(1), 55-63.
- Chen, J., Kira, Z. ve Cho, Y. K. (2019). Deep learning approach to point cloud scene understanding for automated scan to 3D reconstruction. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 33(4), 04019027.

- Chien, C. F., Dauzère-Pérès, S., Huh, W. T., Jang, Y. J. ve Morrison, J. R. (2020). Artificial intelligence in manufacturing and logistic systems: Algorithms, applications, and case studies. *Residential*, 58(2020), 2730-2731.
- Dakhli, Z., Lafhaj, Z. ve Mossman, A. (2019). The potential of blockchain in building construction. *Buildings*, 9(4), 77.
- Darko, A., Chan, A., Adabre, M., Edwards, D., Hosseini, M. R. ve Ameyaw, E. E (2020). Artificial intelligence in the AEC industry: scientometric analysis and visualization of research activities. *Automation in Construction*, 112(2020),103081
- Dave, B., Kubler, S., Främling, K. ve Koskela, L. (2016). Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards. *Automation in Construction*, 61(2016), 86-97.
- DBIS. (2013). *UK Construction: An Economic Analysis of the Sector. Department for Business, Innovation and Skills*. Londra: Crown Copyright.
- Dering, G. M., Micklethwaite, S., Thiele, S. T., Vollgger, S. A. ve Cruden, A. R. (2019). Review of drones, photogrammetry and emerging sensor technology for the study of dykes: Best practises and future potential. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 373(2019), 148-166.
- Doloi, H. (2013). Cost overruns and failure in project management: Understanding the roles of key stakeholders in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(3), 1-10.
- Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R. ve Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Londra: John Wiley & Sons.
- ECSO. (2021, Aralık). Digitalisation in the Construction Sector Analytical Report, European Construction Sector Observatory. Erişim Adresi: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/45547>
- Enshassi, A., Kumaraswamy, M. ve Al-Najjar, J. (2010). Significant factors causing time and cost overruns in construction projects in the Gaza strip: Contractors perspective. *International Journal of Construction Management*, 10 (1), 35-60.
- European Construction Sector Observatory. (2021, Ocak). Digitalisation in the construction sector. Erişim Adresi: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/45547/attachments/1/translations/en/renditions/native>
- Fagbenle, O. I., Joshua, O., Afolabi, A. O., Ojelabi, R. A., Fagbenle, O., Fagbenle Ayoola, O. Ve Akomolafe, M. (2018, Nisan). *Cost management practice of construction firms and its influencing factors: lessons from Southwestern Nigeria*. 692-700. Construction Research Congress 2018 ASCE sunulan bildiri, Construction Research Council and the Construction Institute of ASCE, New Orleans, Louisiana.

- Faten Albtooush, A. M., Doh, S. I., Abdul Rahman, A. R. B. ve Albtooush, J. F. A. A. (2020). Factors effecting the cost management in construction projects. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 11(1), 105-111.
- Guo, K. ve Zhang, L. (2022). Multi-objective optimization for improved project management: Current status and future directions. *Automation in Construction*, 139 (2022), 104256.
- Hackl, J., Adey, B. T., Woźniak, M. ve Schümperlin, O. (2018). Use of Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry to Obtain Topographical Information to Improve Bridge Risk Assessment. *Journal of Infrastructure Systems*, 24(1), 04017041.
- Hicks, J. C. (1992). Heavy construction estimates, with and without computers. *Journal of Construction Engineering and Management*, 118(3), 545-560.
- Higgins, A. (2019, Aralık). 5 Major construction technology trends to watch in 2019, Connect and Construction. Erişim Adresi: <https://connect.bim360.autodesk.com/construction-technology-innovation-2019>
- Hu, Z. Z., Leng, S. ve Lin, J. R. (2022). Knowledge extraction and discovery based on BIM: A critical review and future directions. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(1), 335-356.
- Huo, T., Ren, H., Cai, W., Shen, G. Q., Liu, B., Zhu, M. ve Wu, H. (2018). Measurement and dependence analysis of cost overruns in mega transport infrastructure projects: case study in Hong Kong. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(3), 3-10.
- Igwe, U. S., Mohamed, S. F. ve Azwarie, M. B. M. D. (2020). Recent technologies in construction; A novel search for total cost management of construction projects. *Materials Science and Engineering*, 884(1), 012041.
- Isaksson, A. ve Linderöth, H. (2018). Environmental considerations in the Swedish building and construction industry: The role of costs, institutional setting, and information. *Journal of Housing and the Built Environment*, 33(4), 615-632.
- Jato-espino, D., Castillo-lopez, E., Rodriguez-hernandez, J. ve Canteras-jordana, J. C. (2014). A review of application of multicriteria decision making methods in construction. *Automation in Construction*, 45(2014), 151-162.
- Kapliński, O. (2018). Innovative solutions in construction industry. Review of 2016-2018 events and trends. *Engineering Structural Technology*, 10 (1), 27-33.
- Kerzner, H. (2018). *Project Management: Best Practices: Achieving Global Excellence*. USA: John Wiley.
- Kulkarni, S. B. ve Mhetar, G. (2017). Cost control technique using building information modeling (BIM) For a residential building. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 10(1), 324-330.

- Liao, T. W., Egbelu, P. J., Sarker, B. R. ve Leu, S. S. (2011). Metaheuristics for project and construction management—A state-of-the-art review. *Automation in construction*, 20 (5): 491-505.
- Mahami, H., Nasirzadeh, F., Hosseinaveh Ahmadabadian, A. ve Nahavandi, S. (2019). Automated progress controlling and monitoring using daily site images and building information modeling. *Buildings*, 9(3), 70.
- Mahmud, S. H., Assan, L. ve Islam, R. (2018). Potentials of Internet of Things (IoT) in Malaysian Construction Industry. *Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC)*, 2 (4), 44-52.
- Malkanathi, S. N. ve Premalal, A. G. D. (2017). Mudalige RKPCB. Impact of cost control techniques on cost overruns in construction projects. *Engineer*; 2017(04), 53-60.
- McKinsey ve Company. (2020, Şubat). The Next Normal in Construction. Erişim Adresi: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/The%20next%20normal%20in%20construction/The-next-normal-in-construction.pdf>.
- Miranda Mota, C. M., Almeida, A. T. ve Alencar, L. H. A. (2009). Multiple criteria decision model for assigning priorities to activities in project management. *International Journal of Project Management*, 27(2), 175-181.
- Noghabaei, N., Heydarian, A., Balali, A. ve Han, K. (2020). Trend analysis on adoption of virtual and augmented reality in the architecture, engineering, and construction industry. *Data*, 5(1), 26-30.
- Omar, T. ve Nehdi, M. L. (2016). Data acquisition technologies for construction progress tracking. *Automation in Construction*, 70(2016), 143-155.
- Pan, Y. Ve Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*, 122(2021), 103517.
- Parsamehr, M., Perera, U. S., Dodanwala, T. C., Perera, P. Ve Ruparathna, R. (2023). A review of construction management challenges and BIM-based solutions: perspectives from the schedule, cost, quality, and safety management. *Asian Journal of Civil Engineering*, 24(1), 353-389.
- Penzes, B. (2018). *Blockchain Technology in the Construction Industry: Digital Transformation for High Productivity*. Londra: Institution of Civil Engineers (ICE).
- PMBOK. (2013). *Proje Yönetimi Bilgi Birikimi Kılavuzu (PMBOK Kılavuzu)*. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Potts, K. ve Ankrah, N. (2014). *Construction Cost Management: Learning From Case Studies*. USA: Taylor & Francis Group Routledge.

- Rafsanjani, H. N. ve Nabizadeh, A. H. (2023). Towards human-centered artificial intelligence (AI) in architecture, engineering, and construction (AEC) industry. *Computers in Human Behavior Reports*, 11(2023), 100319.
- Rajguru, A. (2016). Effective techniques in cost optimization of construction projects. *International Journal of Informative & Futuristic Research*, 3(5), 1646-1658.
- Rouse, M. (2019, Aralık). Build a WCM architecture that supports business needs; History of IoT. IoT Agenda. Erişim Adresi: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>.
- Santos, J. M. D. (2018, Aralık). Technology and software trends in the construction industry. Erişim Adresi: <https://project-management.com/2018-technologyand-software-trends-in-the-construction-industry>.
- Santos, R., Costa, A. A., Silvestre, J. D., Vandenberg, T. ve Pyl, L. (2020). BIM-based life cycle assessment and life cycle costing of an office building in Western Europe. *Building and Environment*, 169 (2020), 106568.
- Sepasgozar, S. M., Costin, A. M., Karimi, R., Shirowzhan, S., Abbasian, E. ve Li, J. (2022). BIM and digital tools for state-of-the-art construction cost management. *Buildings*, 12(4), 396.
- Seyman Güray, T. ve Kismet, B. (2023). VR and AR in construction management research: bibliometric and descriptive analyses. *Smart and Sustainable Built Environment*, 12(3), 635-659.
- Sharifi, S. (2018, Ocak). 3 Ways virtual reality in construction is shaping the industry Autodesk. Erişim Adresi: <https://connect.bim360.autodesk.com/virtualreality-in-construction>.
- Shehu, Z., Endut, I. R., Akintoye, A. ve Holt, G. D. (2014). Cost overrun the Malaysian construction industry projects: a deeper insight. *International Journal of Project Management*, 32(8), 1471-1480.
- Shepperd, M. (2014). Cost prediction and software project management. G. Ruhe, C. Wohlin (Der.), *Software Project Management in A Changing World* içinde (51-71). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Smith, P. (2014). Project cost management—Global issues and challenges. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 119(2014), 485-494.
- Takim, R., Harris, M. ve Nawawi, A. (2013). Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Quality of Life Within Architectural, Engineering and Construction (AEC) Industry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 101(2013), 23-32.
- Tang, D. ve Liu, K. (2022). Exploring the application of BIM technology in the whole process of construction cost management with computational intelligence. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022(4080879), 1-9.
- Timberline Software Company (TSC). (2001). *Precision Estimating Extended and CAD*. Beaverton, Oregon: Integrator, Users Documentation.

- Tsigkari, M., Tarabishy, S. ve Kosicki, M. (2021, Mart). Towards Artificial Intelligence in Architecture: How machine learning can change the way we approach design. Erişim Adresi: <https://www.fosterandpartners.com/insights/plus-journal/towards-artificial-intelligence-in-architecture-how-machine-learning-can-change-the-way-we-approach-design>.
- Wang, T. ve Chen, H. M. (2023). Integration of building information modeling and project management in construction project life cycle. *Automation in Construction*, 150(2023),104832.
- Wang, Y., Yu, S., Ma, N., Wang, J., Hu, Z., Liu, Z. ve He, J. (2020). Prediction of product design decision Making: An investigation of eye movements and EEG features. *Advanced Engineering Informatics*, 45(2020), 101095.
- Xue, F. ve Lu, W. (2020). A semantic diferential transaction approach to minimizing information redundancy for BIM and blockchain integration. *Automation in Construction*, 118 (2020), 103270.

BÖLÜM 2

YAPIM SEKTÖRÜNDE ZAMAN YÖNETİMİ

Yüksek Mimar Gamze Lütfiye ŞAHİN¹

Prof. Dr. Z. Özlem PARLAK BİÇER²

1 Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, Doktora Öğrencisi, gamze-gumussahin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7558-1207

2 Erciyes Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, parlako@erciyes.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-9700-2226

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerle her şeyin hızlandığı, rekabetin arttığı bir süreç yaşanan günümüz koşullarında proje yöneticileri süreci sağlıklı yürütmek ve işleri tamamlamak için zamanı nicelikli ve nitelikli olarak etkin kullanmak zorunda kalmaktadır (Kıral, 2007, s. 2; Akyüz vd., s. 86). Zaman, bir proje yöneticisi için ekonomik kaygılardan daha önemli bir etkidir. Sınırlayıcı bir öge olan zaman kavramını rasyonel bir şekilde yönetmek başarıya ulaşmak için gerekli bir koşuldur (Şimşek vd., 2007, s. 7). Zamanın değerini nasıl kullanıldığı belirlenmektedir (Tutar, 2007, s. 13; Akyüz vd., s. 86). Günümüzün değişen koşullarında bulunduğu örgütü aktif bir şekilde yürütmeyi amaçlayan yöneticilerin kurumsal hedeflerine ulaşabilmesi için zaman yönetimi kavramını dikkate almaları gerekmektedir. Zamanı verimli ve etkili kullanmak, süreci yönetirken göz önünde bulundurulmalıdır. İnsanlar geçmişten beri yaşamda karşılaştıkları karmaşık sorunlara çözüm aramak durumunda kalmıştır. Gelişen yaşam koşulları ve teknolojiyle beraber artan faaliyetler, beraberinde farklı çözümlenmeleri de oluşturmuştur. Günümüzde daha karmaşık ve kapsamlı olan firma sorunları birbirleri arasında rekabet ortamı oluşmasına neden olmaktadır (Coşkun ve Ekmekçi, 2012, s. 40). Proje yönetimiyle çalışmaların planlanması, programlanması ve kontrol edilmesi sağlanarak projelerin amaçlarına ulaşması sağlanmaktadır (Lewis, 2005; Coşkun ve Ekmekçi, 2012, s. 40). Zaman yönetimi, maliyet ve kalite kavramı projelerin ana amaçları arasında yer almaktadır. İşleyişi nedeniyle karmaşık olan yapı sektöründe başarılı bir süreç yönetmek için proje yönetimi evrelerini dikkate almak gerekmektedir (Coşkun ve Ekmekçi, 2012, s. 40). Çalışmalarda en önemli kısıtlardan biri olan zaman kavramı göz önünde bulundurularak etkin zaman yönetimini sağlamak proje yönetiminin başarıyla ilerlemesi açısından büyük öneme sahiptir. Bu kapsamda çalışmada ilk olarak proje yönetimi ve elemanları incelenecek daha sonra yapı sektöründeki proje yönetimi süreci ele alınacaktır. Sonrasında çalışmanın ana konusu olan zaman yönetimi kavramı hakkında bilgiler verilerek yapı sektöründe zaman yönetiminin önemine vurgu yapılacaktır. Proje yönetiminin en fazla dikkat edilmesi gerektiği sektörlerden biri olan yapı sektöründe zaman kavramının önemi bu çalışmada vurgulanmıştır.

2. PROJE YÖNETİMİNE GİRİŞ

Proje yönetimi süreci, gerçekleştirilen faaliyetin zaman, maliyet ve kapsam olarak belirlenen hedeflere ulaşması için yapılması gereken işlerin planlanması, uygulanması ve kontrolünün sağlanmasını kapsamaktadır. Projenin başarı kriterlerine ulaşması için farklı organizasyonların projenin zaman ve maliyetine uyacak şekilde bir araya getirilerek yönetilmesi gerekmektedir (Kocakulak, 1997, s. 4). Özetle proje yönetimi üretilen pro-

jelerin maliyet, zaman, kapsam ve kalite amaçlarına ulaşması için eldeki kaynakların belirlenen metot ve tekniklerle gerçekleştirilmesidir (Kömürlü ve Toltar, 2018, s. 251).

Her sektörde olduğu gibi yapı sektöründe de projenin başarılı bir şekilde sonuçlanması için bazı koşulların yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu koşullardan biri projede yapılacak faaliyetler için gerekli zamanın belirlenmesi ve iş akışını içeren takvimlerin oluşturulmasıdır. Faaliyetlerin zamanlarının önceden tahmin edilmesi, iş akışında sıralama yapılmasını ve zaman yönetiminin kontrolünü sağlamaktadır (Kocakulak, 1997, s. 13). Bu kapsamda özellikle yapı sektöründe öngörülemeyen durumların fazla olmasından dolayı zaman yönetimini doğru bir şekilde gerçekleştirmenin projenin zamanında yetişmesi ve başarıya ulaşmasına büyük katkısı olacaktır.

Teknolojinin ilerlemesiyle değişen dönemde talep edilen ürünlerde değişimler yaşanmakta ve çeşitlilikte artışlara neden olmaktadır. Bu durum üretim sürecinde proje yönetimi kavramının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Proje yönetimiyle belirlenen sürede, az maliyetle, yüksek kaliteli ürünler alınabilmektedir. Bu da firmalar için kar marjı sağlamaktadır (Kömürlü ve Toltar, 2018, s. 256).

PMBOK'a (2013) göre başarılı bir proje; müşteri tarafından belirlenen amaçlara ulaşmış, faaliyetler öngörüldüğü şekilde gerçekleştirilmiş ve problemlerin önceden belirlenen zaman, kalite ve maliyet kriterleri özelinde çözümlenebildiği projeler olarak nitelendirilmektedir. Zaman, maliyet, kapsam ve kalite projelerde temel başarı kriterleri olarak nitelendirilmektedir. Bu terimler başarı üçgeni olarak belirtilmektedir. Pek çok proje sürecinde bu kriterler dikkate alınarak planlamalar yapılmakta ve hedefler belirlenmektedir (Kurşunoğlu, 2017, s. 27). Böylelikle projenin başarı kriterleri belirlenmiş olmaktadır. Bu kapsamda çalışmanın amacı, proje yönetimi sürecinde zaman yönetiminin önemini ortaya koyarak başarılı bir ürün ortaya koymanın mümkün olacağını belirtmektir.

Proje sürecinde zaman yönetimi, yapılması planlanan faaliyetlerin belirlenen sürede bitirilmesini sağlamak amacıyla gereken süreçler olarak nitelendirilmektedir (Schwalbe, 2007; Kurşunoğlu, 2017, s. 35). Zaman kavramı sektörlere göre farklılık göstermektedir. Genel olarak projenin bütün hedeflerine ulaşılarak tamamlanan proje sayısının oldukça az olduğu görülmektedir. Bunun sebeplerinin proje sürecinde planlanamayan ve tanımlanamayan çalışmalar, yanlış zaman tahminleri ve hatalı kaynak seçimi gibi etmenler olduğu gözlemlenmektedir. Proje sürecinde etkin zaman yönetiminin sağlanmasıdaki ana amaç zaman çizelgesiyle projeyi izlemek ve sürecin doğru ilerlediğini kontrol edebilmektir (Kurşunoğlu, 2017, s. 35). Farklı projeler farklı gereklilikleri içerisinde barındırmaktadır. An-

cak genellikle her projede süreci kısıtlayan etmenler zaman, kapsam ve maliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Proje yönetimi; kalitenin merkezde olduğu ve bu üç kısıtın bulunduğu üç köşeli bir yapıdadır (Tuzcu, 2010, s. 8). Zaman yönetimi proje sürecinde başarıyı etkileyen önemli bir kısıt olarak bulunmaktadır. Bu nedenle proje süreçlerinde zaman yönetimini doğru planlamak başarıya ulaşmada önemli bir faktör olarak görülmekte ve bu da oluşan ürünün kalitesini etkilemektedir.

Çalışmanın amacı, proje sürecinde yapım sektöründe zaman yönetimi kavramının önemi belirtmektir. Zaman yönetiminin projeler için önemli bir kısıt olduğunu, etkin planlandığında projede başarının sağlanacağını ve dolayısıyla kaliteli ürünlerin ortaya çıkacağını anlatmak hedeflenmiştir. Bu kapsamda belirlenen farklı kaynaklardan literatür araştırmalarına yer verilerek nitel bir araştırma yöntemi kullanılmıştır. Zaman yönetimi alanında alan çalışmalarının olduğu farklı literatür kaynakları da incelenerek çalışmada yer verilmiştir. Zaman yönetimi kavramının her sektörde önemli bir kavram olduğu bilirse de bu çalışma kapsamında yapı sektörü özelinde bu kavram ele alınmıştır.

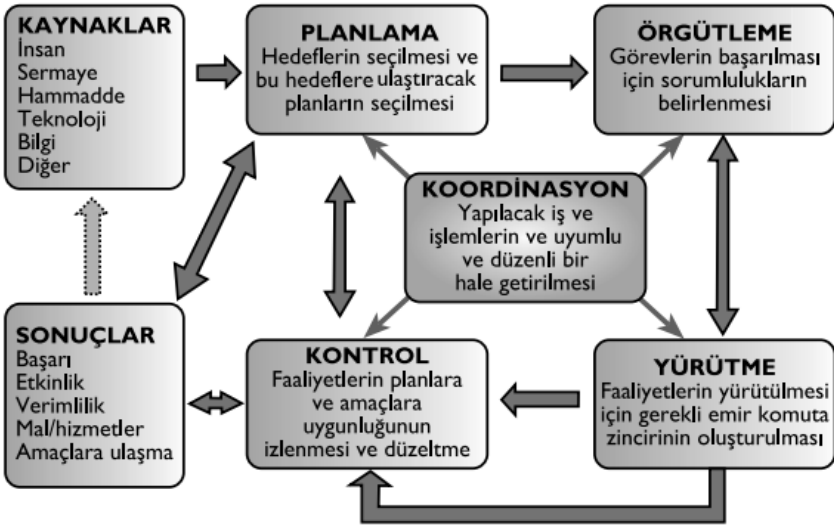
3. PROJE YÖNETİMİ VE YAPI SEKTÖRÜNDE PROJE YÖNETİMİ

Proje bireylerin tasarladığı bir fikri uygulamaya geçirme çabasıyla başlayan ve amaçlara ulaşılmasıyla tamamlanan bir süreçtir (Kocakulak, 1997, s. 3). Evrensel bir süreç olan proje yönetimi, belirli bir zamanda belirlenen hedeflere ulaşmak için para, hammadde, malzeme gibi gereçleri kullanmaktır. Planlama, yönetme, organizasyon ve kontrol aşamalarının sağlanmasıyla süreç yürütülmektedir (Oberlender, 2000; Mert ve Küçükkoğlu, 2016). Proje sürecinde üretim faaliyetlerini düzenli bir şekilde oluşturarak kurulan ve faaliyet gösteren işletmelerde sorumluluğu alan kişilere de yönetici denilmektedir (Can H., 1994; Parlak Biçer, Karakoyun Yaşar, 2023, s. 34).

Teknoloji ve toplumların artan istekleriyle doğru orantılı bir şekilde gelişen yapı sektörü ülke ekonomilerinde büyük bir öneme sahiptir. Bu da yapı sektörünü daha da karmaşık bir süreç olmaya doğru götürmektedir. Yapı sektörü farklı büyüklükte ve özellikle faaliyet gösteren firmaların bir arada çalışmasına ve çalışan paydaşların artmasına neden olmaktadır. Bu da proje yönetimi sürecinde yönetsel bazı zorlukların meydana gelmesine yol açmaktadır. Bu nedenle projelerin beklenen zamanda, hedeflenen kalite ve maliyetle bitirilmesi konusunda proje ekibinin kendi içerisindeki doğru iletişim ve yöneticilerin rolü büyük öneme sahiptir (PMI, 2013; Parlak Biçer, Karakoyun Yaşar, 2023, s. 34). Çalışmanın bu bölümünde yapı sektöründe proje yönetiminin nasıl yürütüldüğünü incelemek hedef-

lenmektedir. Proje yönetimi ve evreleri incelenerek yapı sektöründeki durumu açıklanmaktadır.

Projelerin nasıl yrtleceğiyle ilgili kuralları olan disipline proje yönetimi denir. Proje yönetimi, başarısız sonuçlanan projelerin oluşumuyla planlanmış bir yaklaşımdır. Proje yönetimindeki ana amaç projelerin hedeflenen noktaya ulaşması ve başarılı projeler ortaya konmasıdır. (Newton, 2006, s. 17; Kömürlü ve Toltar, 2018, s. 250). PMBOK'a (2013) göre proje yönetimi; proje gereksinimlerini ve hedeflerini karşılamak amacıyla araç ve tekniklerin uygulanması olarak ifade edilmektedir (PMBOK, 2013). Yani proje yönetimi gerekli araçların uygun yöntemlerle kullanılarak kişilerin ve faaliyetlerin proje amaçları doğrultusunda koordine olması olarak ifade edilebilmektedir (Şekil 1) (Baruugil 2008, s. 27). Proje yönetimi stratejik amaçlarla belirlenen hedefleri gerçekleştirmek için Őirketlerin kaynaklarını kontrollü bir Şekilde yrttği aktif bir evredir (Young, 2007; Esatoğlu, 2010, s. 6). Literatürdeki bilgilere bakıldığında özetle proje yönetimi proje sürecinde amaçlara ulaşmak için harcanan emeklerin tamamı olarak nitelendirilmektedir. Belirlenen hedeflere ulaşmak için firmaların kaynaklarını etkili ve verimli planlaması, organize olması, yönetilmesi ve denetlenmesi gerekmektedir (Kerzner, .1984, s. 4-5; Esatoğlu, 2010, s. 6).



Şekil 1: Örgütlerde Yönetim Süreci (Dinçer ve Fidan, 2016; Koparal ve zal, 2013, s. 25)

3.1. Proje Yönetimi Evreleri

Proje yönetiminde ana unsur projedir. Yönetim süreci yapım ve inşa etme evrelerinden oluşmaktadır. Proje yönetiminde sonuç üründen ziyade eylem ve etmenlerin önemi büyüktür. Eylemler ve etmenler kendi içerisinde ilişkili olduğu gibi yapı bileşenleriyle, yapı kullanımlarıyla ve yapı üretimiyle doğrudan ilişkilidir (Gültekin, 2007; Parlak Biçer, Karakoyun Yaşar, 2023, s. 34).

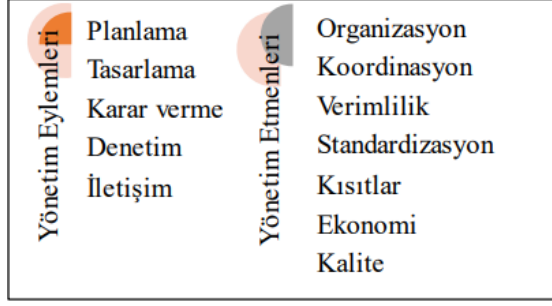
Yönetim eylemleri aşağıdaki gibidir;

- Planlama,
- Tasarlama,
- Karar verme,
- Kontrol etme,
- İletişim (Parlak Biçer, Karakoyun Yaşar, 2023).

Yönetim etmenleri ise şu şekildedir;

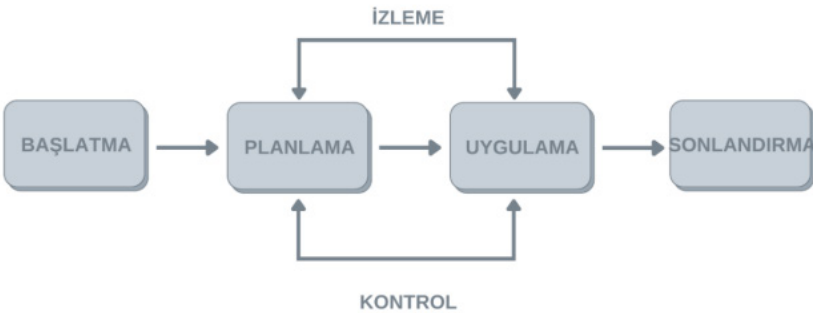
- Organizasyon,
- Koordinasyon,
- Verimlilik,
- Standardizasyon,
- Kısıtlar,
- Ekonomi
- Kalite (Parlak Biçer, Karakoyun Yaşar, 2023).

Proje yönetiminin eylemleri birbirleriyle ilişki halindedir (Şekil 2). Bazıları faaliyetlerin gereksinimlerine ve niteliklerine göre daha aktif kullanılabilir. Kullanım durumu sürece ve yöneticinin yetkisine göre değişebilmektedir. Genellikle proje eylemleri ihtiyaçlara ve denemelere bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Proje yönetim eylemleri süreç içerisinde gerçekleştirilmesi gereken faaliyetler olmasına rağmen şu an işleyiş olarak istenilen seviyeye ulaşamamıştır. Bu nedenle eylemlerin birbirleriyle ilişkileri ve içerikleri detaylı incelenmelidir (Gültekin, 2007; Parlak Biçer, Karakoyun Yaşar, 2023, s. 34).



Şekil 2: Proje Yönetimi Eylem ve Etmenleri (Parlak Biçer, Karakoyun Yaşar, 2023)

- **Başlatma Evresi:** Projenin başlatılması, paydaşların seçilmesi, analiz edilmesi ve gerçekleştirilen çalışmalarını içeren süreçtir.
- **Planlama Evresi:** Projenin zamanının ve maliyetinin tespit edildiği, yol haritalarının çizildiği, alternatif seçeneklerin belirlendiği süreçtir.
- **Uygulama Evresi:** Proje ekibinin yönetildiği, kalitenin sağlandığı, paydaş katılımlarının yönetildiği ve proje tedariklerinin yürütüldüğü süreçtir.
- **Proje İzleme ve Kontrol Evresi:** Projenin zamanının, maliyetinin, kapsamının, kalitesinin kontrollerini içeren faaliyetlerin yer aldığı süreçtir.
- **Sonlandırma Evresi:** Projenin bitiş işlemlerinin yapıldığı ve sonuçlarının değerlendirildiği süreçtir (Şekil 3) (Küçüköğlü, 2016, s. 567).



Şekil 3: Proje Yönetim Süreçleri (Cabanis-Brewin et.al., 2011; Saral, 2022)

3.2. Proje Yönetim Bileşenleri

Entegrasyon Yönetimi: Proje içerisindeki faaliyetleri tanımlayan, koordine eden, bütünleştiren ve temel olarak proje sürecini başarıyla yönetmeyi amaçlayan aktiviteler bütünüdür. Proje yönetimi sürecinde birbirleriyle çelişkili olan durumlar arasında uzlaşmayı sağlamak, doğru kaynak seçimlerini yapmak ve yönetim alanındaki bilgileri yönetmek bu süreçte gerçekleştirilmektedir (Küçüköğlü, 2015; Kurşunoğlu, 2017, s. 30).

Kapsam Yönetimi: PMBOK'a (2013) göre kapsam yönetimi; proje yönetimi sürecinde projenin hedeflerine uygun bir şekilde başarıyla tamamlanması amacıyla gereken tüm çalışmaları içeren süreçleri kapsamaktadır. Burada temel hedef proje süresince yapılacak faaliyetleri belirleyerek bu faaliyetlerin yapıldığından emin olmaktır (Alniak, 2011; Kurşunoğlu, 2017, s. 33).

Zaman yönetimi: Projenin başarıya ulaşması için yapılan iş faaliyetlerinin gerekli sürelerinin belirlenmesi ve akışa uygun iş takvimlerinin oluşturulduğu süreçtir. Faaliyetlerin süre tahminleri, uygulanma sıraları ve zamanın verimli kullanımının kontrolü sağlanmaktadır (Kocakulak, 1997, s.13). Projenin belirlenen süreçte tamamlanması için gerekli süreçleri içeren bir uygulama alanıdır. Proje takibini ve kontrolünü doğru bir şekilde sağlamak için zaman çizelgeleriyle yönetim planları yapılabilmektedir (Çorak, 2015, s. 53).

Maliyet yönetimi: Proje amaçlarına ulaşılması için belirlenen faaliyetlerin kaynak kullanımı ve miktarının belirlendiği ve planlanan bütçe ile proje sürecinin tamamlanması olarak nitelendirilmektedir (Kömürlü ve Toltar, 2018, s. 254). PMBOK'a (2013) göre maliyet yönetiminin planlanması, tahmin edilmesi, bütçe tespitleri ve kontrollerin sağlanmasından oluşan yönetim faaliyetleridir (PMBOK, 2013).

Kalite yönetimi: Proje sürecinin bitiminde belirlenen isteklerden elde edilen ürünlerin kalite standartlarına uygunluğunun gözlemlendiği evredir (Kömürlü ve Toltar, 2018, s. 254). Proje yönetim sürecinde planlama, kaynakları belirleme ve kalite verilerine uygun faaliyet gösterme gibi tüm faaliyetleri içermektedir (Efil, 2010; Kurşunoğlu, 2017, s. 39). Projelerde politikalarda kalite yönetimi uygulanmakta ve süreç boyunca iyileştirme faaliyetleri gerçekleştirilmektedir (PMBOK, 2013).

İnsan kaynakları yönetimi: Proje sürecinde bulunacak paydaşların belirlenmesi, organizasyonu ve yönetilmesi bu kapsamda ele alınmaktadır. Proje paydaşları arasında iş birliğinin sağlanması, takım ruhunun aktif bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır (Kömürlü ve Toltar, 2018, s. 254).

İletişim yönetimi: Proje için gerekli bilgilerin zamanında ve doğru bir biçimde toplanması, üretilmesi, dağıtılması vb. aşamaları için gerekli süreçlerin bütünü olarak tanımlanabilmektedir (PMBOK, 2013).

Risk yönetimi: Projenin amaçlarına ulaşacağı süreçte risk oluşturan nedenlerin tespit edilerek önlenmesi için önemli tedbirlerin alınmasını sağlamaktadır (Kurşunoğlu, 2017, s. 39). Risk yönetimi projede risklerin planlanması, analiz edilmesi ve risklerin kontrol süreçlerini içermektedir. Amaçları projede olumlu etkileri arttırmak ve olumsuz olayların olma olasılığını azaltmaktır (PMBOK,2013).

Tedarik yönetimi: Proje sürecinde temin edilemeyen mal veya hizmet gibi ihtiyaçların tedarik edilmesini sağlamaktadır (Kömürlü ve Toltar, 2018, s. 254).

Paydaş yönetimi: Projenin sonuçlarından doğrudan ya da dolaylı olarak olumlu veya olumsuz etkilenecek kişi ya da kurumlara paydaşlar denilmektedir. Paydaşların belirlenmesi, aralarındaki iletişimin sağlanması gibi durumlar paydaş yönetiminin içerisinde yer almaktadır (Kömürlü ve Toltar, 2018, s. 254).

Yukarıda bahsedilen proje yönetim bileşenlerinden zaman yönetimi bu çalışma kapsamında yapı sektörü özelinde ele alınmıştır.

4. YAPI SEKTÖRÜNDE ZAMAN YÖNETİMİ

Zaman her an yaşanan fakat tam olarak ne olduğu bilinemeyen bir olgudur (Örücü vd., 2007, s. 15). Farklı sektörlerde farklı bakış açılarıyla bakılan zaman kavramı ile ilgili ortak bir tanımın olmadığı görülmektedir (Yavaş vd., 2012, s. 5). Dönemin yoğun rekabet ortamında başarılı ve verimli bir süreç yürütmek için kısıtlı zamanda çok iş yapılması gerekliliği, proje yöneticilerinin zaman konusunda yetkin olması gerekmesi zaman yönetimi kavramını ortaya çıkarmıştır (Öncel vd., 2005: 192; Akyüz vd., 2015, s. 88).

Zaman yönetimi kavramı iş gücü fazla olan proje yöneticilerinin sürelerini daha iyi organize etmelerini sağlamak amacıyla Danimarka'da bir eğitim aracı olarak başlamış ve dünyaya da yayılmıştır. Günümüz koşullarında profesyonel iş hayatlarında başarılı olma konusunda en önemli unsurlardan biri haline gelmiştir (Koch,1998, s. 147; Akatay, 2003, s. 283). Farklı kaynaklardaki tanımlamalara göre zaman yönetimi kavramı; başlangıcı ve bitişi netleştirilmiş ya da planlanmış bir süre içerisinde gerçekleştirilmesi gereken eylemleri, belirlenen amaçlara yönelik bütün kaynakları verimli bir şekilde kullanarak tamamlamaktır (Ardahan, 2003, s. 18; Akatay, 2003, s. 283). Smythe ve Robertson'a (1999) göre zaman yönetimi; çalışma ihtiyaçlarını belirlemek, bu gereklilikleri yerine getirebilmek için

yapılması gereken amaçları planlamak, öncelikli yapılacak faaliyetleri belirlemek ve bu veriler ışığında zamanı planlayarak çalışmaya uyumlu hale getirmek olarak tanımlanmaktadır (Akatay, 2003, s. 284).

PMBOK'a (2013) göre zaman yönetimi faaliyetleri;

- Zaman çizelgesinin planlanması,
- Aktivitelerin tanımlanması ve sıralanması,
- Aktivite kaynaklarının tahmin edilmesi,
- Aktivite sürelerinin tahmin edilerek zaman çizelgesinin geliştirilmesi,
- Zaman kontrolünün gerçekleştirilmesi gibi süreçlerden oluşmaktadır (PMBOK, 2013).

Zaman Çizelgesi Yönetiminin Planlanması: Proje için gereken sürenin belirlenerek zaman çizelgelerinin planlanması, yönetilmesi ve denetlenmesi için gerekli belgelerin oluşturulma sürecidir. Amaç proje süresince projenin zaman çizelgesinin nasıl yönetileceğine yönelik bilgilendirme sağlamaktır (Şekil 4) (Kurşunoğlu, 2017, s. 36).



Şekil 4: Zaman Çizelgesi Örneği (web kaynaktan uyarlanmıştır.)

Aktivitelerin Tanımlanması Aktivitelerin sıralanması: Proje çıktılarını üretmek için yapılması gereken eylemlerin tespit edilme sürecidir. Amaç çalışma programını işlerin tahmin edilmesi, gerçekleştirilmesi, çizelgelenmesi ve kontrol edilmesi için gereken çalışmalara ayırmaktır (Kurşunoğlu, 2017, s. 36).

Aktivite Kaynaklarının Tahmin Edilmesi: Proje sürecinde her bir faaliyeti gerçekleştirmek için gereken malzeme, birey ve gereçlerin miktarlarını ön görme sürecidir. Amaç doğru analizlerle maliyet ve süre tahminleri

gerçekleştirmek amacıyla faaliyeti tanımlamak için gereken ekipmanların özelliklerini ve miktarlarını tanımlamaktır (Kurşunoğlu, 2017, s. 36).

Aktivite Sürelerinin Tahmin Edilmesi: Tahmin edilen kaynaklarla faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için gereken süreleri yaklaşık olarak ön görme sürecidir. Amaç ihtiyaç duyulan her çalışmanın bitirilmesi için gerekli zamanı belirlemektir (Kurşunoğlu, 2017, s. 36).

Zaman Çizelgesinin Geliştirilmesi: Proje zaman çizelgelerini oluşturmak amacıyla faaliyetlerin sıralamalarını, kaynak ihtiyaçlarını, sürelerini ve kısıtlarını ayırıştırma sürecidir. Amaç faaliyetleri, kaynakları, süreleri ve diğer gereklilikleri tamamlamak için gerekli zaman çizelgelerini oluşturma (Kurşunoğlu, 2017, s. 36).

Zaman Çizelgesinin Kontrolü: Proje faaliyetlerinin durumunu gözlemleyerek projeyi ilerletmek ve planları gerçekleştirmek amacıyla zaman çizelgesindeki değişimlerin idare edildiği süreçtir. Amaç belirlenen süre planlamasından uzaklaşmayı fark ederek düzenleyici ve önleyici tedbirler almaktır (Kurşunoğlu, 2017, s. 36).

4.1. Literatürde Zaman Yönetimi

Zaman yönetiminin önemi yeni kavranmasına rağmen başarılı zaman yönetiminin nasıl sağlanacağı konusu 1950’li yıllarda tartişılmaya başlamıştır. 1980’li yıllardan sonra zaman yönetimi yöneticilerin sürelerini daha iyi planlamalarına destek olacak bir eğitim aracı olarak görülmüştür (Gürbüz ve Aydın, 2012, s. 9). Zaman yönetimi tanımında yazarlar ve araştırmacıların ortak bir fikri olduğu görülmemiştir. Lakein (1973) zaman yönetimini; faaliyetin ihtiyaçlarını belirleme, bunları karşılayacak hedefleri belirleme ve hedefleri tamamlamak için gerekli planlamaları ve öncelikleri tespit etme olarak tanımlamaktadır (Claessens vd., 2007, s. 256; Akyüz vd., 2015, s.88). Claessens vd. (2007), zaman yönetimi kavramını planlanan hedef yönelimli faaliyetleri gerçekleştirirken zamanın verimli kullanılmasını başarmayı hedefleyen davranışlar şeklinde tanımlamaktadır (Claessens vd., 2007, s. 262; Akyüz vd., 2015, s.88). Buradaki tanımdan anlaşıldığı üzere zamanın kullanımı tek başına ve soyutlanmış bir amaç değildir. Süreçlerde odak nokta olarak sürecin gerçekleşmesi görülmektedir. Bu kapsamda zaman yönetimi kavramı yaşam boyunca gerçekleşen olayları kontrol etmek amacıyla kişilere yardımcı olan becerileri kapsamaktadır (Karadağ, 2013, s. 99; Akyüz vd., 2015, s.89). Gözel ve Halat’a (2010) göre zaman yönetimi gereksiz faaliyetleri eleyerek gerekli çalışmalar için zaman kazanma, dolayısıyla nitelikli olan işleri daha kısa sürede bitirme olanağı sağlamaktadır. Kelly (2002) zaman yönetiminin zamanı verimli kullanmakta bir unsur olarak belirtmektedir. Zamanı verimli kullanmanın sonuç ürünler elde etme konusunda hızlı olmak değil, minimum sürede

etkili kullanım sağlayarak sonuç elde etmek olduğunu ifade etmektedir. Zaman yönetiminin doğru sağlanmasının verimlilik, başarı ve performansı arttırdığı ifade edilmektedir (Akyüz vd., 2015, s. 90).

Kelly'ye (2002) göre zamanı verimli kullanmak için üç unsur bulunmaktadır (Kelly, 2002, s. 13-15; Akyüz vd., 2015, s. 90):

Zaman bilinci (time awareness): Bireyler zamanı bilinçli kullanmalı, zamanı iyi analiz edebilmelidir. Yani zamanı etkili kullanmayı öğrenmelidir. Bir faaliyet için ne kadar zamana gerek duyulduğunu ön görme, ne kadar zaman geçeceğini izleyebilme, önceki faaliyetleri göz önüne alarak geleceğe yönelik tahminlerde bulunma konusunda hesaplar yapabilmelidir (Akyüz vd., 2015, s. 90).

Faaliyet bilinci (awareness of elements): Verimli zaman kullanımı gerçekleştirilebilmek için yapılacak faaliyetler hakkında gereken bilgilere sahip olmak ve analiz etmek gerekmektedir. Bunun için faaliyetler hakkında bilgili olmak, odaklanmak ve zaman planlama yaklaşımı yapmak gereklidir (Akyüz vd., 2015, s. 90-91).

Olumlu iş alışkanlıkları (positive work habits): Zamanı etkili yönetmek için paydaşların olumlu iş alışkanlıklarının olması gerekmektedir. Motivasyon, zaman yönetimi davranışları ve öz disiplin olumlu iş alışkanlıkları unsurlarındandır. Verimlilik ve etkili olmak motivasyonla alakalıdır. Motivasyonu yüksek olan bireylerin zaman yönetimine dikkat etme ihtimalinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Öz disiplin bireylerin faaliyetlere zaman ayırma yeteneğine dikkat çekmektedir. Motivasyonlu kişilerin öz disiplinlerini kullanarak çalışmalarını tamamlarken zamanı etkili kullandığı düşünülmektedir. Planlama, amaç belirleme, organizasyon gibi zaman yönetimi davranışları etkili zaman kullanımına fayda sağlamaktadır (Akyüz vd., 2015, s. 90-93).

4.2. Yapı Sektöründe Zaman Yönetiminin Proje Başarısına Etkisi

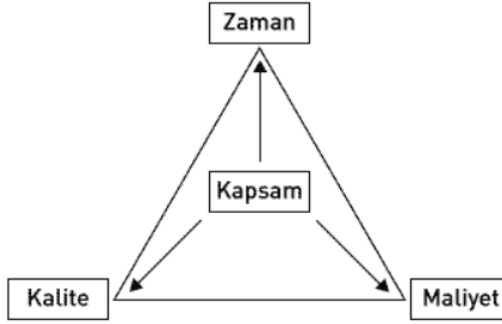
Teknolojinin gelişmesiyle talep edilen ürünlerde çeşitlilik artmış, proje süreçlerinde yönetimin gereklilik olduğu gözlemlenmiştir. Proje yönetimiyle hızlı sonuçlar almak, maliyeti azaltmak, kaliteyi artırmak ve kâr marjı sağlamak mümkündür. Proje yönetim sürecinin başarılı olması için hangi projelerde ne tür tekniklerin uygulanacağını proje koşullarına göre belirlemek önemli olmaktadır. Proje içeriğine göre izlenecek yolların farklılaşacağını belirlemek gerekmektedir (Kır, 2007, s. 21). Proje yönetiminde genel kurallar, kavramlar, teknikler, çalışmalar ve araçlar yönetimin temelini oluşturmaktadır (Kır, 2007, s. 22). Proje yönetiminin başarıya ulaşmasında önemli koşullardan biri buradaki temel bilgilerin bilinmesidir.

Projelerin başarıya ulaşma hedeflerinden biri de zaman ve bütçenin verimli kullanılmasıdır (Er ve Kömürlü,2017, s. 254).

Başarılı bir sonuca ulaşmanın bir yolu olan proje yönetimiyle planlanmış bir yöntem belirleyerek sorunlar çözülebilmektedir. Başarılı bir proje ortaya koymak için (Newton, 2016, s. 107);

- Sorunların anlaşılmasından emin olmak gerekmektedir.
- Tanımlanan sorunu çözmek için eylem planı oluşturarak geliştirilmelidir.
- Eylem planını gerçekleştirmek ve problemleri çözmek amacıyla birilerine sorumluluk verilmelidir.
- Problemin çözülmesi için tarih belirlenmelidir.
- Gerçekleştirilecek projenin kapsamının kavranması gereklidir.
- Faaliyetler için amaçlanan sürenin tespit edilmesi ve uygulanması gereklidir. Etkin zaman yönetiminin sağlanması proje başarısını etkiler.
- Projede görev alacak paydaşlar arasında iletişim yönetimi sağlanarak aksaklıkların engellenmesi sağlanabilir. Bu da proje başarısını arttırır.
- Yönetim sürecinde başlangıçta proje için fizibilite çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Projenin kaynak ve maliyet gereksinimlerini ortaya koyan bu çalışmalar ilerideki proje aşamalarının oluşumunu da sağlar.
- Proje sürecinin sonunda izleme ve kontrol süreçlerinin etkili yönetilmesi projenin başlangıcında gerçekleştirilen plana göre sapmaları açığa çıkarır, sapmaların durumuna göre planlamalar gözden geçirilir ve proje hedeflerine başarıyla ulaşım sağlanabilir (Newton, 2016, s. 107).

Proje yönetiminde başarının sağlanması için zaman, kapsam ve maliyet kısıtlarının belirlenen amaçlar doğrultusunda planlanması gerekmektedir. Proje yöneticisinin ve müşterilerin memnuniyeti ile proje başarısı ölçülmektedir (Esatoğlu, 2010, s. 7). Zaman, maliyet ve kalite kısıtlarından herhangi birinde gerçekleşecek olan bir değişim diğerini de etkilemektedir. Yani kısıtların her biri birbiri ile ilişkilidir. Kısıtlardan elde edilen sonuçlar kaliteyi etkiler, bu da proje yönetim sürecinin başarısını ortaya koymaktadır (Şekil 5) (Kömürlü ve Toltar, 2018, s. 256-257).



Şekil 5: Proje Yönetim Üçgeni (Özer vd., 2020, s. 274)

İnşaat sektöründe çalışan paydaşların teknoloji yeniliklerine açık, alanlarıyla ilgili proje yönetim tekniklerine hâkim ve donanımlı olmaları yapı işlerinde başarılı bir proje oluşmasını sağlamaktadır. Yapım sektöründe başarılı bir proje süreci yönetmek için proje büyüklüğü dikkate alınmalıdır. Proje için yapılacak faaliyetlerin sıraları, süreleri, başlangıç-bitiş tarihleri ortaya konulmalı ve çalışmaya uygun organizasyon şeması oluşturulmalıdır. Oluşturulacak şemayla projedeki süre gecikmeleri azalacak, maliyet düşecek ve dolayısıyla proje başarıya ulaşabilecektir. Projelerin kapsamlarına göre proje metotlarının oluşturulması da proje başarısında önemli bir kriter olarak görülmektedir. Proje yönetimi sürecinin eksiksiz olarak aktif bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. PMBOK kılavuzunda bilgi alanları yönetiminin farklı disiplinlerden oluştuğu belirtilmektedir. Farklı disiplinlerin bir araya geldiğinde inşaat projesinde başarılı bir şekilde uygulanması ve sonlandırılması proje yönetiminin varlığı sayesinde gerçekleşmektedir. Yapı sektöründe gerçekleştirilen pek çok projenin içeriğinin oldukça fazla olduğu görülmüştür. Bu da yapım sürecinde proje yönetiminin dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır. Projelerin başlangıç, tasarım ve planlama, yürütme, izleme, kontrol ve bitiş evresine kadar yaşanan tüm süreçte kaynakların, maliyetin, zamanın ve diğer kısıtların bir arada yönetilmesi gerekmektedir. Projenin başlangıcından sonucuna kadar aksamadan başarıyla ilerlemesi için proje yönetim ilkelerini dikkate almak büyük öneme sahiptir (Kurşunoğlu, 2017, s.24).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapım sektörü dünya ekonomisine katkılarından dolayı büyük öneme sahiptir. Sektörde karmaşık ve uzun süreli çalışmalar bulunmaktadır. Bu nedenle proje yönetiminin varlığı önem kazanmaktadır. Yapı sektöründe proje yönetimi; planlama, organizasyon, karar verme, problem çözme vb. süreçlerden oluşmaktadır. Her bir süreç kendi aralarında ilişkilidir. Proje-

lerin her biri kendine özgü olduğu için proje yönetimlerinin de kendilerine has özgün ve evrensel olması gerekmektedir. Bu kapsamda belirlenen sürede amaçlanan düzeye ulaşabilmek için ihtiyaç duyulan malzeme, para, donanım ve hammadde sağlanmalıdır.

Günümüzde hızla değişen zamanın etkisiyle örgütlerin değişime uyum sağlama problemi devreye girmektedir. Rekabetin yaşandığı yaşam koşullarında firmaların devamlılığını sağlayabilmesi ve başarıya ulaşması için doğru örgütlenme, doğru kararlar alma, gereken değişiklikleri hızla gerçekleştirme gibi koşulları gerçekleştirmesi gerekmektedir. Değişen koşullarla giderek karmaşıklaşan iş kollarında sınırlı sürede çok iş yapmak kolay olmamaktadır. Yani çalışmalarda yaşanan zaman baskısı proje yöneticilerinin verimliliğini ve performansını olumsuz olarak etkilemektedir. Bu kapsamda proje ve zaman yönetiminde başarı, yöneticilerin zamanı yönetme ölçüsündeki becerisiyle gerçekleşecektir. Yapı sektöründe özellikle büyük kapsamlı proje alımlarında çalışmaları proje yönetiminin tekniklerine göre yapması gerekmektedir. Projenin başlangıcından bitişine kadar proje yönetiminin önemi göz önünde bulundurulmalıdır. Projenin planlama evresinde; zaman, maliyet ve kaynak planlaması yapılması zorunlu olmaktadır. Böylelikle projede tahmin edilenden daha az sapmalar yaşanacak ve sağlıklı bir süreç gerçekleştirilebilecektir.

Zaman yönetiminin özünde kişisel ve çalışmayla ilgili gerekliliklerin belirlenmesi ve çalışmaların buna uygun yapılması bulunmaktadır. Temel amaç sınırlı sürede yapılacak çalışmaların niteliğini arttırmaktır. Bireysel hazırlık, günlük amaçların listelenmesi, öncelikli çalışmaların belirlenmesi, belirlenen zamanda belirlenen işi tamamlama, iş planlarının yapılması ve boş süre kayıplarının önlenmesi gibi ilkeler dikkate alınarak zaman yönetimi etkin kullanılabilir. Zaman yönetimi paydaşların rakiplerinden öne geçebildiği ve devamlılıklarını sağlayabildiği bir yeni yöntem stratejisi olarak görülmektedir. Rekabet ortamında farklılık sağlamanın yolu olarak sermayeyi ve zamanı iyi kullanmak önemlidir.

Proje yönetiminin önemli bir aşaması olan zaman yönetiminin hem proje yönetim sürecinde hem de elde edilen ürünlerin başarıya ulaşmasında önemi büyüktür. Bu nedenle kaliteli, verimli, başarılı ürünler ortaya koymak amacıyla her alanda olduğu gibi inşaat sektöründe de proje ve zaman yönetiminin önemi dikkate alınarak çalışmalarda etkin kullanımın sağlanması gerekmektedir. Denetim ve kontrol süreçlerinde bu konudaki eksikler dikkate alınarak sürecin başarıya ulaşması sağlanmalıdır. Bu çalışmanın alana katkı sağlaması umulmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akyüz, B., Ünal, Ö. F., Mete, M., Doger, F., 2015. inşaat sektöründe zaman yönetimi: irak'ın kuzeyindeki türk şantiyeleri üzerine bir araştırma. **Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 1 (21): 85-106.
- Akatay, A., 2003. örgütlerde zaman yönetimi. **Selçuk Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 1 (10): 281-300.
- Bilecik Valiliği, 2017. Zaman ve Zaman Yönetimi. (Web Sayfası: https://bilecikram.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/11/01/130586/dosyalar/2017_12/01141300_0001_Zaman_Yonetimi.pdf). (Erişim Tarihi: Aralık 2023).
- Coşkun, O., Ekmekçi, İ., 2012. bir inşaat projesinin evreleri ile zaman ve maliyet analizinin proje yönetim teknikleri vasıtasıyla incelenmesi. **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 10 (20): 39-53.
- Çelik, A., Şimşek, M. Ş., Soysal, A., 2016. Zaman Yönetimi: Yönetmelik Zamanda Etkinlik. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Konya, s. 355.**
- Çorak, A., 2015. proje yönetimi. Demühder**, 1 (2):52–54.
- Emirzeoğlu, S., 2020. işletmelerde zaman yönetimi. (Web sayfası: <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/sinan.emirzeoglu/.ppt>), (Erişim tarihi: Aralık 2023).
- Er, A., Kömürlü, R., 2017. rafineri projelerinde planlamanın önemi ve başarılı bir planlama için öneriler. **Mimarlık ve Yaşam Dergisi Journal of Architecture and Life**, 2 (2): 253-264.
- Esatoğlu, N., 2010. Bilgi Teknolojileri Proje Yönetimi ve Başarı Koşulları. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, s. 182.
- Güçlü, N., 2001. zaman yönetimi. **Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi**, 1 (25): 87-106.
- Gürbüz, M., Aydın, A. H., 2012. zaman kavramı ve yönetimi. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 9 (2): 1-20.
- Kömürlü, R., Toltar, L., 2018. inşaatta proje yönetimi; projenin başarısına etkisi. **Mimarlık ve Yaşam Dergisi Journal of Architecture and Life**, 3 (2): 249-258.
- Karagöz, Y., Kınır, S., Mesci, M., Akbaş, Z., 2010. zamanın etkin kullanımını sağlayan faktörlerin belirlenmesine yönelik bir araştırma. **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 1 (23): 98-108.
- Kır, E., 2007. Yazılım Sektöründe Proje Yönetimi. Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 115.
- Kocakulak, M., 1997. Proje Yönetim Danışmanlığı Yapan Firma Bakışıyla Proje Yönetim Sistemi ve Uygulama Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 123.

- Koparal, C., Özalp, İ., 2013. Yönetim ve Organizasyon. Eskişehir Anadolu Üniversitesi, s. 206.
- Kurşunoğlu, Z., 2017. Proje Yönetiminde Başarı Kriterleri Üzerine Bir Araştırma. Gebze Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, s. 112.
- Mert, H., Küçükoğlu, N., 2016. proje yönetiminde pmı metodolojisi ve türkiye’de uygulanabilirliği. **PressAcademia Procedia**, 1 (2): 564-569.
- Newton, R., 2016. Project Management Step by Step. Pearson, Optimist Yayıncılık, s. 208.
- Örücü, E., Tikici, M., Kanbur, A., 2007. farklı sektörlerde faaliyetlerini sürdüren işletmelerde zaman yönetimi üzerine ampirik bir araştırma: bursa ili örneği. **Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi**, 6 (20): 9-31.
- Özer, G., Gök, M. Ş., Merter, A. K., 2020. proje maliyet tahmini: alternatif yaklaşımlar. **Journal of Yasar University**, 15 (Special Issue): 272-279.
- Parlak Biçer, Z. Ö., Karakoyun Yaşar, E., 2023. inşaat sektöründe proje yönetimi ve planlama eylemi, s. 30-42. 3. *International Congress On Construction Materials Engineering and Architecture*, 25 Haziran 2023, Gaziantep, s. 101.
- PMBOK, (2013), “Proje Yönetimi Bilgi Birikimi Kılavuzu”, 5.Basım, Proje Yönetimi Enstitüsü.
- Saral, E., 2022. Mimarlık Bürolarında Zaman Yönetimi. İstanbul Kültür Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 97.
- Yağlı, M., 2015. Proje Yönetimi Başarısını Etkileyen Faktörler: Bilgi Teknolojileri Projeleri Üzerine Bir Araştırma. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 128.
- Yavaş, Ü., Öztürk, G., Açıkel, C. H., Özer, M., 2012. tıp fakültesi öğrencilerinin zaman yönetimi becerilerinin değerlendirilmesi. **TAF Preventive Medicine Bulletin**, 11 (1): 5-10.
- Web Sayfası: <https://creately.com/tr/usage/proje-zamanlama-%C5%9Fablön-ara-c%C4%B1/> (Erişim Tarihi: Ağustos 2024)

BÖLÜM 3

KONUT PROJELERİNDE GÜRÜLTÜ KONTROLÜ UYGULAMALARININ İNCELENMESİ

Fatma YELKENCİ SERT¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi Fatma YELKENCİ SERT, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü - ORCID ID: 0000-0001-7683-7163

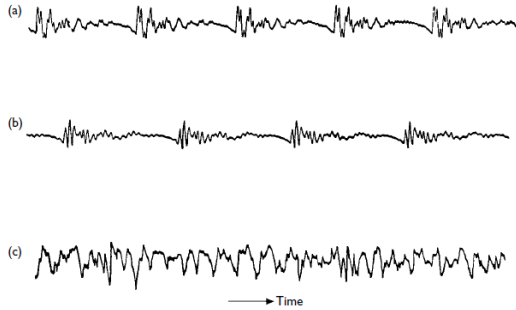
1. Giriş

Günümüzde yerleşim yerlerinde yaşanan yoğun nüfus artışının etkisiyle ortaya çıkan düzensiz kentleşme sorunu gürültü kirliliğinin boyutlarını giderek büyütülmektedir. Gürültü “hoşa gitmeyen ses” olarak tanımlanmasından da anlaşılabilirliği üzere bir sesin gürültü olarak tanımlanabilmesi kişiden kişiye değişebilmektedir (Özguven, 2008). Gürültü kirliliği, diğer çevre kirliliğine yol açan etkenlerden farklı olarak gözle görülür bir kirlilik değildir. Bu yüzden hangi seslerin gürültü kirliliğine neden olduğu ve bu seslerin üst sınır değerlerinin ne olması gerektiği tartışmaya açık bir konu olmuştur. 18 yy.’dan itibaren sanayileşmenin artması, kentlerde nüfus artışı ve yoğun taşıt trafiğinin etkisiyle ortaya çıkan, insanları olumsuz etkileyen gürültü sorunlarına olan farkındalık son yıllarda önem kazanmıştır. Yaşadığımız çevrede yapı dışında ulaşım, sanayi, inşaat, açık hava etkinlikleri vb. gürültülerinin, yapı içinde, elektrikli ev araçları, mekanik sistemler, müzik ve yüksek sesle konuşmanın yol açtığı gürültü kaynaklarının birine veya daha fazlasına günlük yaşamımızda sürekli maruz kalmaktayız. Bu durum günlük yaşamımızı olumsuz etkileyerek iş performansımızda verimi düşürme, kalıcı sağlık sorunlarına yol açma gibi olumsuz sonuçlara neden olmaktadır. Örneğin, okul çağı çocuklarının evlerindeki farklı çevresel gürültü kaynaklarının ruh sağlığı sorunları üzerindeki etkisini araştıran bir çalışmada, evlerinde gürültüye maruz kalmalarının çocuklarda duygusal semptomlar, davranış sorunları ve hiperaktivite gibi ruh sağlığı sorunları oluşturabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Dreger, Meyer, Fromme ve Bolte, 2015). Farklı bir çalışmada gece gürültü rahatsızlığı ile insanların uyku sorunları arasında önemli ilişkiler olduğu tespit edilmiştir (Fyhri ve Aasvang, 2010). Plansız kentleşme, nüfusun artması, endüstriyel alanların çoğalması, yapı içinde mekanik sistemlerin yoğun kullanılması, gürültü kaynaklarında yeterli önlemlerin alınmaması, gürültü kirliliğine yönelik bilgi eksikliği ve gerekli kontrollerin yetersiz kalması gibi nedenlerden dolayı ortaya çıkan gürültü kirliliği günümüzde insanları en çok rahatsız eden çevre kirliliği olarak kabul edilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmaların gürültünün insanlar üzerindeki olumsuz etkilerini somut olarak ortaya çıkarması sonucu gürültü kavramına bazı ölçüt ve limitler önerilmektedir. Ayrıca yapılan projelerde gürültüye karşı tedbirlerin alınması gerekli hale gelmiştir.

Gürültüye karşı alınabilecek önlemler, inşa edilecek projenin plan düzeni, arazi üzerinde konumlandırılması ve yapı elemanlarının özellikleri üzerinde planlanabilmektedir. Proje inşa edildikten sonra gürültüye karşı alınacak önlemler çoğu zaman yüksek maliyetli olmaktadır ve olumlu sonuçlar vermemektedir. Bu yüzden proje tasarımının ilk aşamalarında gürültü kontrolüne ilişkin ilkeler düşünülerek projeye dahil edilmesi gerekmektedir. Düzensiz gelişen bir kent planında yapıların planlanması ve konumlandırılması konusunda yanlış kararların alınması kullanıcılar üzerinde kalıcı sağlık problemlerine yol açabilmektedir. Bu çalışmada son zamanlarda yapılan konut projelerinde gürültü kontrolü açısından alınan önlemler irdelenerek gürültü kontrolüne ilişkin kararların bir yapının tasarım sürecinde projeye dahil edilmesinin önemi örnek konut yapıları üzerinden vurgulanmaktadır. Örnek yapılarda uygulanan yaklaşımların incelenmesinin, düzensiz ve yetersiz planlama yapılan kent ölçeğinde bile yeni yapılacak konut projelerinin araziye konumlandırılması ve yapı içi mekanların planlanmasındaki kararları yönlendirerek yapılarda gürültü kontrolünün sağlanabileceği öngörülmektedir.

2. Gürültü Kontrolü Kavramı

Gürültü kavramı için çeşitli kaynaklarda farklı tanımlar yapılmaktadır. Özgüven (2008) çalışmasında gürültüyü, “hoşta gitmeyen, istenmeyen, rahatsız edici ses” olarak tanımlarken, Kuttruff (2007) “istenmeyen her türlü ses”, Kurra (2009) “fiziksel olarak gelişigüzel yapılı ve birbiri ile uyumlu tonal bileşenleri bulunmayan genelde yüksek düzeyli karmaşık ses topluluklarıdır” ve “Yapay olarak ortaya çıkan, niteliği ve niceliği bozulmuş ve istenmeyen karakterde sesler” olarak tanımlamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Birkaç ses sinyalinin zamana bağlı değişimi: (a) sesli harf /a/, (b) sesli harf /i/ ve (c) gürültü (yol trafiği) (Kuttruff, 2007)

Bazı seslerin (trafik gürültüsü, endüstriyel gürültü vb.) herkes için gürültü olarak tanımlanabilirken, ortamdaki sesin gürültü olarak tanımlanabilmesi genellikle kişiden kişiye değişebilmektedir. Bu bağlamda tartışmaya açık olan gürültü kavramı için bazı ölçütler (işitme sağlığı ölçütleri, çevresel gürültü ölçütleri, yapı akustiği ölçütleri) ve sınır değerler geliştirilmiştir. Bu bağlamda Tablo 1, Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayınlanan kılavuzda konut yapıları (konutların içi, yatak odasının iç ve dış ortamı) için, gürültü seviyesi, maruz kalınan süre limit değerleri ve kritik sağlık etkilerini göstermektedir. Tablo 2’de Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’nde konutlardaki yatak odası ve oturma odası mekanları için ortamdaki pencere elemanlarının açık kapalı olma durumuna bağlı önerilen gürültü limitleri listelenmektedir. Bir ortamda gürültü problemini yorumlamak için gürültü ölçümleri sonucu elde edilen değerlerin var olan yönetmelik ve standartlarda önerilen limit değerlerle kıyaslanarak tespit edilmesi gerekmektedir.

Tablo 1. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından çevre gürültüsü için yayınlanan kılavuzda konut için belirtilen limit değerler (Kurra, 2009)

Çevre türü	Kritik etkisi	sağlık	Leq, dBA	Zaman (saat)	L _{Amax} Db(hızlı tepki)
Konutların içi	Konuşma anlaşılabilirliği ve orta derece rahatsızlık: gündüz ve akşam		35	16	-
Yatak odalarının içi	Uyku bozukluğu gece		30	8	45
Yatak odalarının dışı	Uyku bozukluğu (pencere açık- dış ölçüm değeri)		45	8	60

Tablo 2. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde konutlar için önerilen gürültü limitleri (evresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 2010)

Kullanım alanı	Kapalı pencere, Açık pencere, Leq,dBA Leq,dBA		
	Kullanım hacminde herhangi bir etkinliğin olmadığı koşullar için değerler		
Konut	Yatak odası	35	45
	Oturma odası	45	55

Gürültü kontrolü kapsamında, ortamdaki kullanıcıların işlerini yapma veya dinlenme koşullarına zarar veren gürültülere karşı önlem alma çalışmaları gerekmektedir. Bu alışmalar mühendislik, mimarlık, kent planlaması, ekonomik boyutları içermesinden dolayı çok geniş bir araştırma alanı olarak kabul görmektedir. Ses kaynağından çıkan gürültü olarak kabul edilen seslerin kontrolü için, öncelikle gürültünün düzeyini önerilen seviyelere indirmek, etki süresini azaltmak veya başka bir ses kaynağı ile gürültüyü maskelemek kısa süreli ya da uzun süreli çözüm sağlayabilmektedir. Alınan önlemlerin ekonomiye etkileri bağlamında konuya bakıldığında, gürültü kontrolü ile ileride çevresel gürültü problemlerinin sonucunda kullanıcılarda oluşabilecek sağlık problemlerine ayrılacak btye gerek duyulmayacaktır. (Kurra,2009)

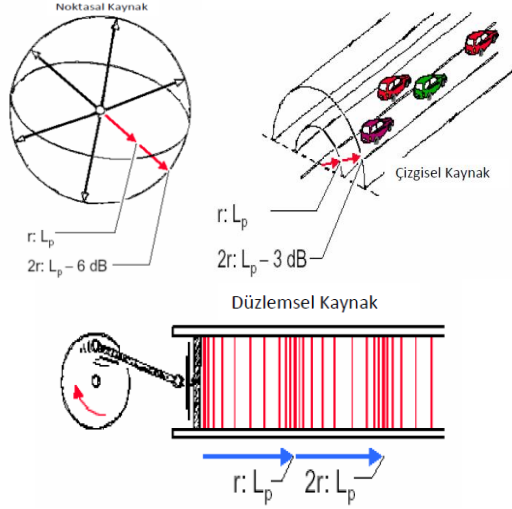
3. Gürültü kontrolü için uygulanan yöntemler

Bir yapının proje tasarım aşamasında veya inşa edildikten sonra gürültü kontrolüne ilişkin alınacak önlemler için öncelikle gürültü kaynaklarının tespiti ve değerlendirilmesi yapılmalıdır. Yapının bulunduğu evre özellikleri incelenerek gürültü seviyelerinin ölçümler ile tespiti sağlanmalı, ilişkili olduğu gürültü ölçütü ve limit değerlerin kararlaştırılması ile mevcut durumun önerilen ölçütü ve sınır değerler ile kıyaslama çalışmaları yapılmalıdır. Mevcut durum gürültü kontrolüne ilişkin önlemlerin alınmasını gerektiriyorsa yapı planında, yapının çevresinde veya yapı elemanları üzerinde bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Gürültü kontrolü yerleşme ölçeğinde, bina ölçeğinde, yapı elemanı ölçeğinde alınacak önlemler ve uygulamalarla istenen konfor koşulları sağlanabilmektedir.

3.1. Yerleşme ölçeğinde gürültü kontrolü

Kent ölçeğinde taşıt- yaya yollarının, binaların etkili bir şekilde düzenlenmesi, gürültüye duyarlılık seviyesine göre yapıları gruplamak ve yapılacak yeni projelerin yer seçimi gürültü kontrolünün öncelikli hedeflerinden kabul edilebilir. Yerleşim planına ilişkin herhangi bir akustik planlama yapılmadıysa yapının kullanım sürecinde kullanıcıların gürültü problemine ilişkin şikayetleri oluşabilir. Mevcut planlama hatalarının düzeltmek amacıyla yüksek maliyet gerektiren çözümler uygulanırken büyük harcamalara rağmen gürültü kontrolünün istenen düzeyde sağlanamama olasılığı da bulunabilir. Yerleşme ölçeğinde gürültü kontrolü konusunda gürültünün yayılmasında etkili olan faktörlerin kaynak (kaynak türü, kaynak-alıcı arasındaki uzaklık vb.) ya da fiziksel çevre (meteorolojik faktörler, zemin kaplamasının türü vb.) ile ilişkili olma durumlarına göre farklı gruplarda incelenmektedir (Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 2010).

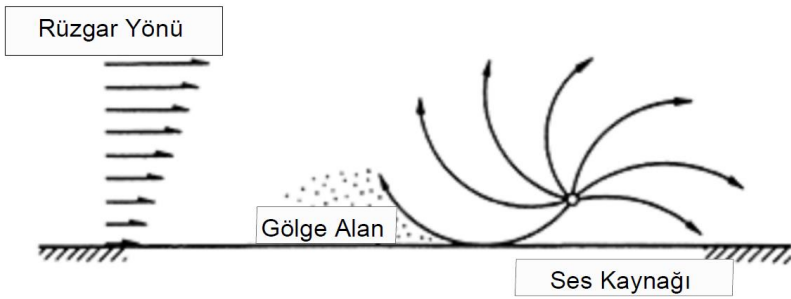
Gürültünün çevreye yayılımını etkileyen *kaynak alıcı arasındaki uzaklık* faktöründe gürültü kaynağının özellikleri önemlidir. Kaynak ve alıcı arasındaki mesafenin artmasıyla birlikte ses seviyelerinde az ya da çok azalma meydana gelmektedir. Mesafe ile ses düzeyindeki bu azalma miktarı kaynağın çizgisel, noktasal veya düzlem kaynak olma durumuna göre değişkenlik göstermektedir. Kaynağa olan uzaklık her iki katına çıktığında, ses düzeyinde kaynak noktasal ise 6 dB, çizgisel ise 3 dB azalma olmaktadır. Düzlem kaynaklarda ise ses düzeyi, kuramsal olarak uzaklıkla azalmaz. Ancak belli uzaklıklardan sonra çizgisel ve noktasal kaynak özelliği gösterirler (Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 2010). Bu yüzden çevredeki gürültü kaynaklarının yerleri, kaynak tipi, çevreye yaydığı gürültü düzeyleri gürültü kontrolü çalışmaları için oldukça önem taşımaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Akustik yönden gruplanan gürültü kaynaklarının alıcı kaynak arasındaki mesafeye bağlı değişimi (Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 2010)

Kaynaktan çıkan sesin yayılması anında havanın ses yutuculuğu (atmosferik emme etkisi) önem taşımaktadır. Havanın ses yutuculuğu performansında hava sıcaklığı, havanın nem miktarı, ses dalgalarının frekansı ve uzaklık etkin rol oynamaktadır.

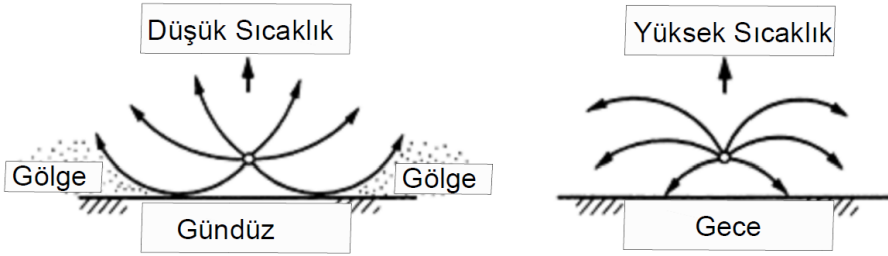
Meteorolojik faktörler (rüzgâr, sıcaklık vb.) de gürültünün yayılımı üzerinde etkilidir. Havada yayılan ses ışınlarının rüzgâr yönünde aşağıya doğru eğilmesi, rüzgâra karşı durumdaysa yukarı doğru kırılması beklenmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Rüzgârın etkisiyle ses kırılmaları (Rindel, J. H., Maekawa, Z. ve Lord, P., 2011)

Ortamdaki sıcaklık değişiminin ses ışınlarının üzerinde etkileri bulunmaktadır. Sesin, sıcaklığın yüksek olduğu alandan sıcaklığın düşük olan alana doğru yayılmaktadır (Şekil 4). Örneğin,

sıcaklık yukarı doğru azalıyor, ses ışınları yukarı doğru kırılması beklenmektedir. Bu yüzden, bölgedeki sıcaklık değişimleri ve rüzgarların (hava akımlarının) ses yayılımına etkileri analiz edilerek, yapılacak proje için uygun alanlar (gölge alan) belirlenerek gürültü kontrolü açısından önlem alınabilir.



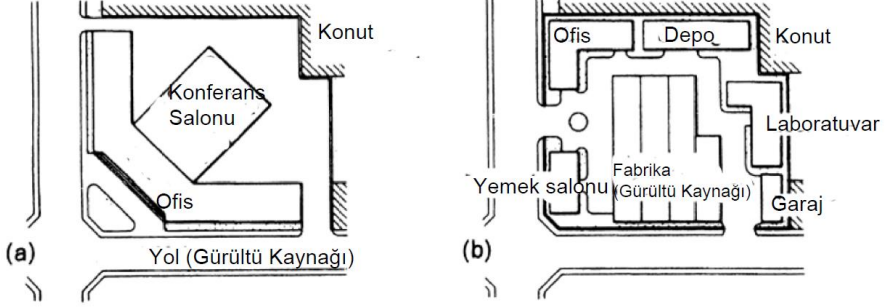
Şekil 4. Sıcaklık değişimine göre ses kırılmaları (Rindel, J. H., Maekawa, Z. ve Lord, P., 2011)

Zeminin kaplama türü ve malzemenin yutuculuğunun da kaynaktan yayılan ses düzeyi üzerinde etkileri bulunmaktadır. Doğal (dağ, tepe vb.)- yapma (yapı, duvar, levha, panel, vb.) engellerden yararlanarak istenmeyen sesin kaynaktan alıcıya ulaşırken denetlenmesinde olumlu sonuçlar elde edilmektedir.

3.2. Bina ölçeğinde gürültü kontrolü

Bina ölçeğinde gürültü kontrolü için alınan kararların binanın yönelimi, formu ve binadaki hacimlerin mekân organizasyonu çerçevesinde ele alınması beklenmektedir. Binanın yöneliminde çevredeki yapılarla olan ilişki (örneğin; karşılıklı yüzeylerden kaçınarak istenmeyen yansımaların önüne geçilmesi), bina yükseklikleri, binaların birbirine göre konumları/ açıları, binanın çevredeki gürültü kaynaklarına karşı konumu (gürültüye sırtını dönen avlu tasarımları) önem taşımaktadır. Binaların formunda alınacak kararlar da çoğu zaman gürültü kontrolü performansını doğrudan etkilemektedir. Örneğin, binaların balkonları ya da saçak elemanları ortaya çıkardığı akustik gölge alanlar sayesinde kullanıcılara konforlu mekanlar sunabilmektedir. Bina ölçeğinde hacim organizasyonu bağlamında sessiz olması gereken mekanlar (yatak odası, çalışma odası vb.) rahatsız edici gürültü kaynaklarından (taşıt yolu, mekanik sistemler vb.) mümkün olduğunca uzağa yerleştirilmelidir. Özellikle konut projelerinde asansör, merdiven gibi mekanların gürültüye hassas olan

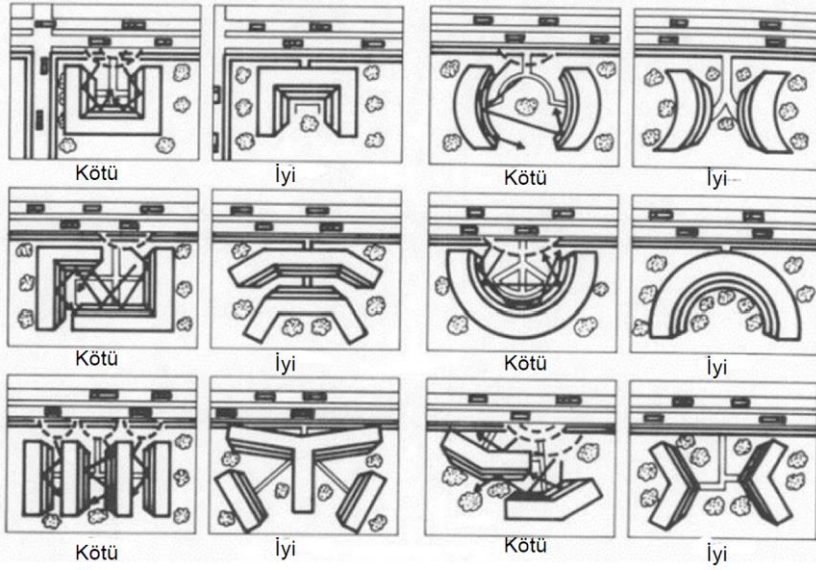
mekarlardan uzağa yerleştirilmesi beklenmektedir. Gürültüye hassas olan ve gürültü mekanlar arasında dolap elemanları gürültüyü azaltmak amacıyla kullanılması olumlu bulunmaktadır.



Şekil 5. Gürültü kontrolü için tasarım düzeni örnekleri: (a) sessiz tesisler için sokak gürültüsünün önlenmesi; ve (b) fabrika gürültüsü rahatsızlığının nlenmesi (Rindel, J. H., Maekawa, Z. ve Lord, P., 2011)

Şekil 5(a)'da gürültü kaynağından (taşıt gürültüsü) gelen seslere ofis yapısı sırtını dönerek arka bölümde yer alan açık alanlar ve kongre salonu için gürültü bariyeri görevi görmektedir. Aynı düzende gürültüye hassas olan yapı türü olan konutların da taşıt yolundan olabildiğince uzağa yerleştirildiği görülmektedir. Şekil 5(b)'de görüldüğü üzere gürültü kaynağından (fabrika gürültüsü) gelen sese karşı depo, garaj gibi gürültüye hassas olmayan yapıların gürültü bariyeri görevi görecek Şekilde konumlandırılmasının konut yapılarında gürültü kontrolüne olumlu katkı sağlamaktadır.

Projenin gürültü kaynağı ve arazi koşullarına göre yerleşimi sonrası, binanın yönelimi için alınan kararlar yansayan ses enerjisinin binaların içindeki ses seviyesinin artmasını veya azalmasını sağlayabilir. Karşılıklı duran yüzeyler sesi yansıtarak istenmeyen ses seviyelerine neden olabilir. Ses kaynağından çıkan seslerin içbükey yüzeylere geldiğinde yansyarak odaklanacağı ve daha yüksek ses seviyelerini oluşturması beklenmektedir. Bu yüzden Şekil 6'da çözüm olarak da gösterilen dışbükey yüzeyler gürültü kaynağına bakacak Şekilde yerleştirilebilir ve sesi binanın geri kalanından uzağa yansıtarak ortamda daha düşük ses seviyelerine ulaşılması sağlanabilir. En uygun çözümün ise gürültü kaynaklarının konumuna göre binanın yönlendirme kararlarının alınması olduğu söylenbilir.



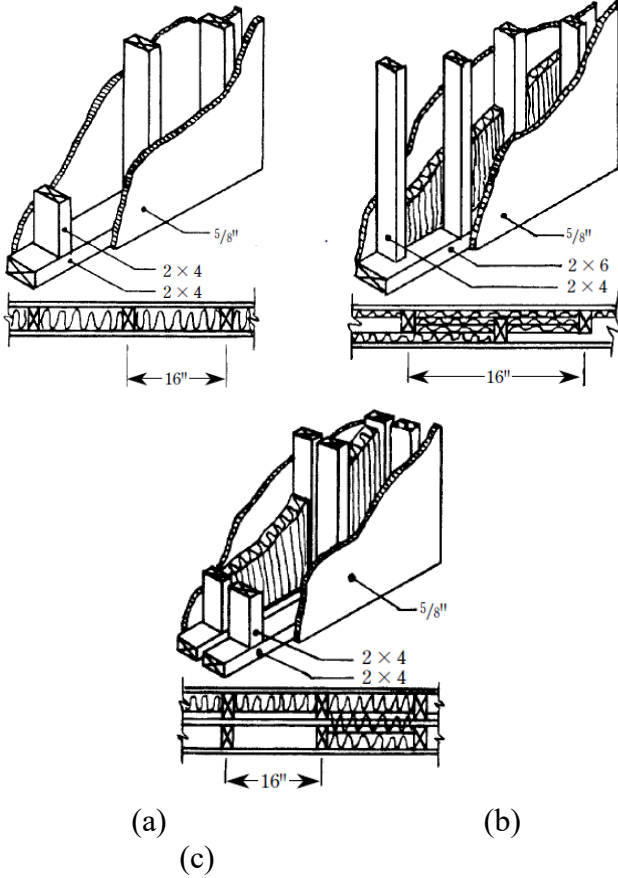
Şekil 6. Bina yönlendirme biçimleri (US Department of Housing and Urban Developments, The Noise Guidebook)

3.3. Yapı elemanı ölçüğünde gürültü kontrolü

Bir yapıyı, kullanıcılarına işitsel konfor koşullarını sağlamak amacıyla dış ortamdaki gürültüden uzakta konumlandırmak gibi yer seçimine ilişkin kararların alınması her zaman mümkün olmamaktadır. Eğer bu yapı fazla sayıda birimden oluşan bir konut projesi ise, kullanıcıların farklı işlev yükledikleri mekanlar (müzik aleti çalma vb.), konutun asansör sesi, evlerde kullanılan elektronik aletler, dışarıdan gelen trafik gürültüsünden kaynaklı sesler aynı konutta bulunan dinlenme mekanlarına gürültü problemleri oluşturarak zarar verebilmektedir. Bir yapının kapı, pencere, duvar, çatı, döşeme, merdiven gibi yapı elemanları üzerinde gürültü yayılımına karşı alınacak önlemler ile gürültüye hassas olan mekanların istenen koşullara ulaşması sağlanarak yapı içinde yaşayanlara daha konforlu bir yaşam alanı oluşturulabilmektedir.

Yapının duvar elemanı ne kadar ağır olursa, havadaki ses dalgalarının onu ileri geri hareket ettirmesi de o derece zor olduğu bilinmektedir. Bu yüzden dışarıdan gelen hava kaynaklı seslere karşı yalıtım için genel kuralın “duvar ne kadar ağır olursa o kadar iyi olduğu” söylenebilir. (Everest, 2001) Taş yünü, mineral elyaf gibi gözenekli malzemeler ses emici ve iyi ısı yalıtımı sağlayan malzemelerdir. Ancak bu malzemelerin sese karşı yalıtımda sınırlı değerlere sahip olduklarından yapı elemanı ölçüğünde alınacak

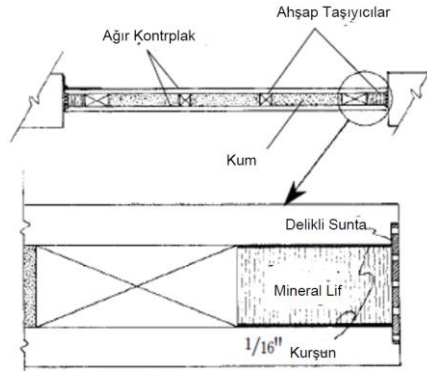
önlemlerde farklı çözümlerle birlikte kullanılmalıdır. Şekil 7'deki gibi ahşap dikmelerin oluşturduğu duvar elemanlarında, bu tür gözenekli malzemelerin boşluktaki ses enerjisini azaltarak duvar elemanlarında ses iletim kaybını (STC) 15 dB kadar iyileştirebilmektedir (Everest, 2001). Düşük yoğunluklu gözenekli yapı malzemeleri, yüksek yoğunluklu levhalar kadar etkili, çok daha ucuz olması ve binaların yangına karşı korunma gereksinimlerini karşılamasından dolayı sıklıkla tercih edilmektedir.



Şekil 7. Farklı duvar çözümleri (Everest, 2001)

Şekil 7(a)'da aynı elemana bağlantısı olan dikmelerin oluşturduğu ve alçı levha kaplamalı duvar elemanı gösterilmektedir. Dikmelerin arasında yalıtım malzemesi olmadan STC 34 olduğu boşluğun yalıtım malzemesi ile doldurulmasıyla yetersiz olduğu düşünülen 2 dB iyileşme sağladığı hesaplanmıştır. Şekil 7(b)'de dikmelerin aynı alt taşıyıcı elemana bağlandığı fakat Şekil 7(a)'dan farklı olarak bir kenara hem yüz olduğu ve aradaki boşluğun yalıtım

malzemesi ile doldurulduğu duvar elemanı örneği verilmiştir. Bu çözümle birlikte, STC değerinin 52 dB değerine ulaştığı görülmüştür. Şekil 7(c)'deki çift duvar yapı elemanında ise, her iki duvar elemanı tamamen ayrıdır. Yalıtım malzemesi olmadan uygulandığında duvar elemanı, Şekil 7(b)'deki aynı alt taşıyıcıya montajlanan dikmeleri şaşırtmalı konumlanan duvardan sadece 1 dB daha iyi olduğu, ancak iç boşluğun yalıtım malzemesi ile doldurulmasıyla 58 dB'ye kadar STC değerleri elde edilebileceği öngörülmektedir. (Everest, 2001) Yapıda ayrıca kapı, pencere elemanlarında da ses yalıtım önlemleri alınarak gürültünün engellenmesine katkı sağlanabilmektedir. Örneğin akustik kapı olarak da literatürde tanımlanmış Şekil 8'deki kapı örneği, kontrplak yüzeyler arasında kuru kum kütesinin yerleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Etkili ve ucuz bir çözüm olduğu düşünülen bu kapı elemanının ses iletim kaybına olumlu etkileri bulunmaktadır. Kapı ve pervaz arasında oluşan sesin emilimi, kapı kenarlarına uygulanan ses yutucu malzemeler ile sağlandığı belirtilmektedir. (Everest, 2001)



Şekil 8. Ses yalıtımı sağlayan kapı elemanı önerisi (Everest, 2001)

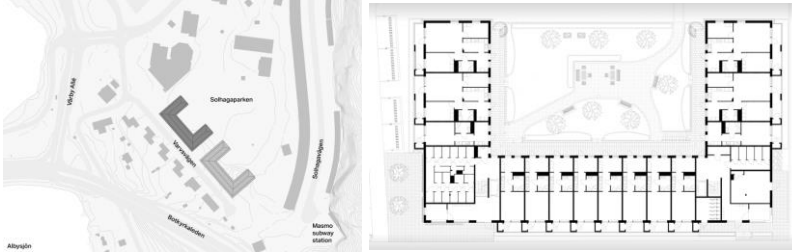
4. Örnek uygulamalar

Bulduğumuz ortamda her zaman bir sese maruz kalmamızın, yapı içinde veya dışında olma durumumuza bağlı izin verilen üst sınır değerler aşılmadıkça rahatsız edici bir durum oluşturmayacaktır. Yapının işlevine göre istenilen koşullar ve sınır değerler değişmektedir. Bu yüzden öncelikle tasarlanan projenin hangi işlevleri içereceği projenin gürültü kontrolü kapsamında planlamasında önemli rol oynamaktadır. Çalışmanın araştırma konusu olan konut projelerinden, öncelikle yapı içi ve yapı dışı gürültülerinin iç hacme istenilen düzeyde erişimi engellenerek

kullanıcıların uygun dinlenme koşullarının sağlanması beklenmektedir. Uygun koşulların sağlanması arazi ölçeğinde alınan kararlar ile, binanın planı çerçevesinde alınacak önlemlerle veya yapı elemanı üzerinde verilen kararlar ile sağlanabilmektedir. Yapının tasarım sürecinde gürültü kontrolüne ilişkin kararlar verilmediğinde ise sonrasında yenileme çalışmalarısıyla daha maliyetli çözümler de uygulanabilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde örnek projeler üzerinden gürültü kontrolüne ilişkin alınan kararlar ve uygulamalar incelenecektir.

4.1. Solhagaparken Konut Kompleksi, Murman Arkitekter

5 katlı inşa edilen konut projesi, Stockholm'un yaklaşık 20 kilometre güneyinde yer alan Masmö'da bulunmaktadır. Masmö'nun haritadan konumu incelendiğinde, yerleşim yerini Stockholm şehir merkezine giden iki büyük otoyolun çerçevelediği ve geniş yeşil alanların da bulunduğu görülmektedir. Murman Arkitekter tarafından tasarlanan konut kompleksinde tüm konut birimlerinin çevrenin doğa manzaralarından ve güneş ışığından yararlanması hedeflenmiştir. Projenin 2 ana otoyola yakınlığından dolayı bina U şeklinde tasarlanmıştır ve arazi yerleşimi kararlarında yapının sırtı gürültü kaynağı olan otoyollara çevrilmiştir. Böylece yeşil alana bakan sakin bir iç avlu tasarlanmıştır (Şekil 9). Dairelerin girişleri sakin avluya bakan cephede bulunmaktadır. Bina ölçeğinde gürültü kontrolü sağlama amacıyla plan organizasyonunda yoğun trafik gürültüsü olan caddeye bakan cephede balkon ve depolama alanları yerleştirilmiştir. Zemin kotta yer alan birimlere daha çok ses gelebileceği öngörüldüğü için daha fazla ses yalıtımı sağlamak amacıyla yarı kapalı balkon uygulaması yapılmıştır (Şekil 10).



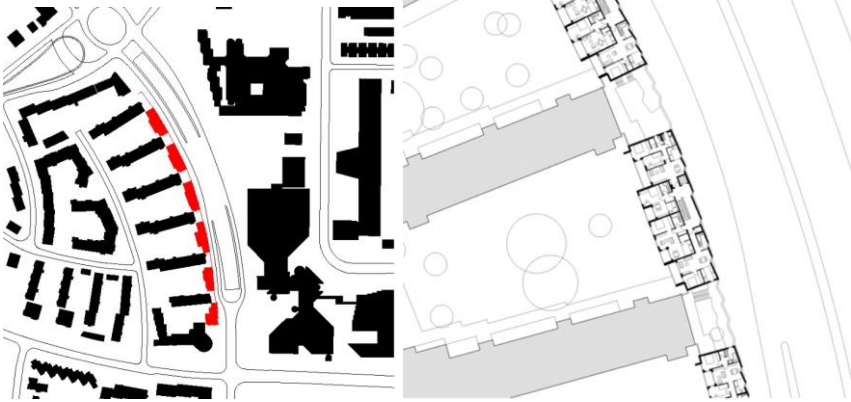
Şekil 9. Solhagaparken Konut Kompleksi'ne ait vaziyet planı ve kat planı çizimi (Url 1, 2021).



Şekil 10. Solhagaparken Konut Kompleksi'ne ait kesit çizimi ve dış ortamdaki görünüşleri (Url 1, 2021).

4.2. Mittlerer Ring / Léon Wohlhage Wernik Architekten

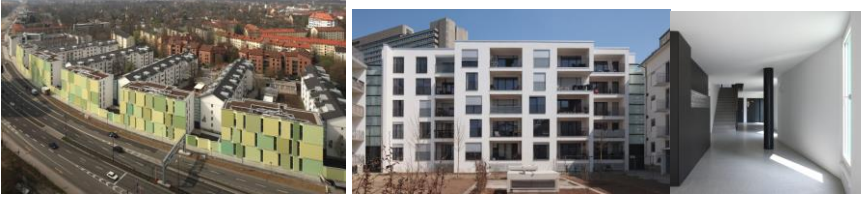
2009 yılında inşası tamamlanan konut projesi taşıt trafiğinin yoğun olduğu yol ile bitişik konumlanmaktadır. Yapının tasarım aşamasında alınan kararlar ile projede gürültü koruma gereklilikleri yerine getirilirken aynı zamanda gürültünün iç mekanlara ulaşması engellenerek sessiz yaşam alanları oluşturulmuştur. Taşıt yoluna bakan cephede dolu duvar yüzeyleri kullanılarak hem trafik gürültüsünün bina içine girmesi engellenmektedir hem de duvar yüzeylerinin tasarımı ve rengi ile yapıyı mimari açıdan çevredeki binalardan farklılaştırarak fark edilebilirliği sağlanmaktadır. Dolu duvarların bir araya gelme biçimleri sonucu oluşan, taşıt yoluna direkt bakmayan küçük açıklıklar ses yalıtımlı cam yüzeyler ile kapatılarak iç hacme gün ışığı sağlanmaktadır. Yapının araziye yerleşim kararlarının sonucu olarak arkada kalan konutların bulunduğu bölgeye trafik gürültüsünün ulaşması engellenmektedir.



Şekil 11. Konut projesinin vaziyet planı ve kat planı (Url 2, 2009)

Şekil 11'de görüldüğü üzere yapının inşasından önce var olan yapılara gürültünün engellenmesi amacıyla projenin araziye yerleştirilme kararlarının tasarım aşamasında verildiği

anlaşılmaktadır. Yapıların kat planları incelendiğinde ise konut için dolaşımların sağlandığı koridorlar, mutfak, depo gibi gürültüye hassas olmayan mekanlar caddeye bakan cepheye yakın konumlandırılmıştır (Şekil 12). Gürültüye hassas olan yatak odası, oturma odası gibi mekanlar i avluya bakan cepheye yakın yerleştirilmiştir (Şekil 11).



Şekil 12. Yapıların dıştan görünüşleri ve yapı içi dolaşım koridoru (Url 2, 2009)

4.3. Kumpula Öğrenci Konutları / Playa Mimarlık

Öğrenci konutu olarak tasarlanan bu bina, ortak alanları ile birlikte 200'den fazla öğrenci dairesinden oluşmaktadır. Yapı, yoğun trafik akışının olduğu cadde ve fakülte binaları arasında yer alan bir arazide konumlanmaktadır. Hacim organizasyonu açısından alınan önlemler incelendiğinde, yapı içinde öğrenci dairelerine giriş için kullanılan dolaşım koridorunun trafik gürültüsünün bulunduğu caddeye yakın konumlandırıldığı ve öğrenci dairelerinin arka avluya bakacak şekilde yerleştirildiği görülmektedir (Şekil 13). Taşıt gürültüsünü dağıtırken karşıdaki az katlı konut alanına yansımaları engellemek ve yapı içine gürültünün girişini en aza indirmek amacıyla caddeye bakan dış duvar açılı ve dolu duvar elemanları ile oluşturulmuştur (Şekil 14). Açılı duvar elemanlarının arasında kalan ve doğrudan caddeye yönelmeyen boşluklar ses yalıtımlı camlar kullanılarak kapatılmıştır. Pencerelerin mimari özellikleri (konumu, boyutları, yalıtımlı olması, vb.) ile iç mekâna güneş ışınları kontrollü alınıp mekanların aşırı ısınmasının ve parlama gibi görsel problemlerin önüne geçilmiştir.



Şekil 13. Kumpula Öğrenci Konutlarının vaziyet ve kat planı çizimi (Url 3, 2018)



Şekil 14. Kumpula Öğrenci Konutlarının taşıt trafiğinin yoğun olduğu caddeye bakan cephesi (Url 3, 2018)



Şekil 15. Kumpula Öğrenci Konutlarının dıştan görünüşü ve yapının dolaşım koridoru (Url 4, 2018)

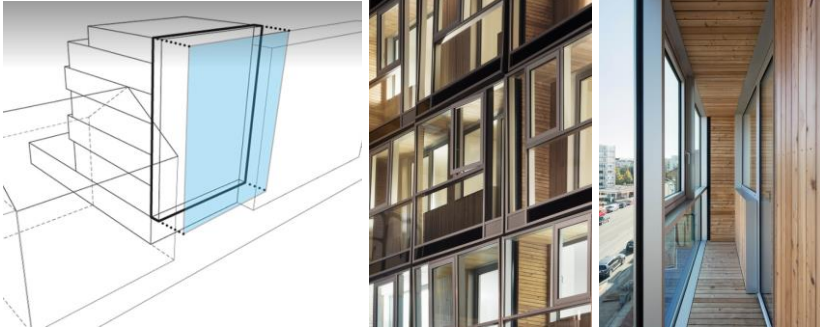
Gürültü problemi yapının cephe tasarımlarını şekillendiren kararların alınmasında da etkili olmuştur. Yapıya güneyden bakıldığında cephe dolu yüzeylerden ve az sayıda küçük açıklıklardan oluştuğu, kuzeyden bakıldığında ise cephede açıklık sayısının daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 15).

4.4. Karma Kullanım Mimarisi, Apartmanlar ve Ofis Binaları, blrm Architekt*innen

Apartman daireleri ve ofis birimlerinin bir arada olması amaçlanan bu proje, Hamburg'un Şehir merkezine giden ana yollardan birinin üzerinde yer almaktadır. Projenin amacı, sınırları belli olan proje alanının yoğun trafik gürültüsünün olduğu caddeye yakınlığı sebebiyle gürültü probleminden etkilenmeyen konforlu yaşam alanları inşa etmektir. Trafik gürültüsünü engellemek amacıyla caddeye bakan cephede çift cidarlı bir cephe uygulaması yapılmıştır (Şekil 17). Her iki yüzeyde kullanılan camların ses yalıtımlı olması ve arada kalan boşluktaki havanın ses yutuculuğu özelliği ile gürültünün iç mekanlara girişi engellenmiştir. Caddeden binaya bakıldığında, çeşitli yönlerde eğimli ve parlaklıkları değişen bir cam filmi ile kaplı cam cephe her birimin sınırları doğrultusunda bölümlere ayrılmıştır. Çift cidarlı cephenin gürültünün engellenmesi bağlamında etkin kullanımıyla hacimlerin organizasyonunda daha rahat kararlar alınmıştır. Örneğin, caddeye bakan cephe olmasına rağmen yatak odaların olduğu gürültüye hassas olan mekanlar bu cepheye yakın konumlandırılmıştır. Yatak odaları caddeye doğru yönlendirilirken, oturma ve yemek odaları güney tarafındaki avluya açılmaktadır. Kullanıcıların gündüz aktif olduğu zaman boyunca, ofis birimlerinin, oturma odası ve yemek odaları gibi mekanların yarı açık alanlarıyla iç avluya baktığı, böylece yoğun caddenin görsel olarak da kullanıcıları etkilemediği yapının güneye baktığı açık bir konsept inşa edilmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. Yapının cephe görünüşü, plan ve kesit çizimleri (Url 5, 2015)



Şekil 17. Yapının cephe diyagramı ve çift cidarlı cephe uygulaması (Url 5, 2015)

4.5. Sebastian Kilisesi Konutu / Bolles + Wilson

2009 yılında BOLLES+WILSON mimarlık ekibinin 1960'lardan kalma St Sebastian Kilisesi'nin arazisinde inşa edilen konut ve anaokulu proje tasarımı 1.'lik ödülünü kazanmıştır. İç avluda yer alan anaokulu binasını gürültü problemi olan caddeden koruyacak şekilde yapı sınırı cadde boyu ilerleyen konut projesinin gürültü problemini engellemesi başarılı bulunmuştur. Caddeye bakan cephenin diğer cephelere kıyasla daha az sayıda pencere açıklığının olduğu ve hacim organizasyonunda balkon, mutfak, banyo, dolaşım koridorları gibi gürültüye hassas olmayan mekanların bu cepheye yakın konumlandırıldığı yapının plan çizimlerinden anlaşılmaktadır (Şekil 18). Projede sadece mutfak ve banyo pencerelerinin trafik gürültüsünü almasına izin verilmesi sağlanırken oturma odaları ve balkonlar anaokulunu çevreleyen sessiz yeşil alana doğru yönlendirilmiştir (Şekil 19). Yapıda kullanılan camların ses yalıtımı performansının yüksek olmasına dikkat edilmiştir.



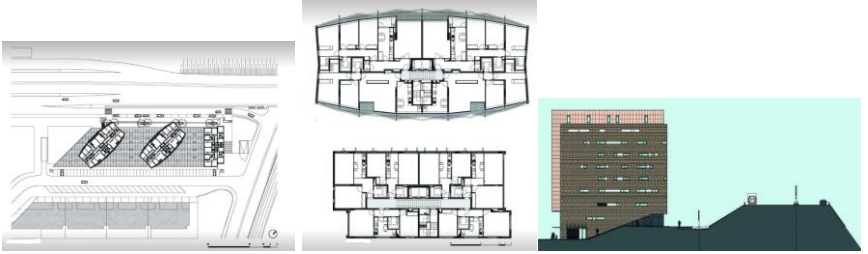
Şekil 18. Projenin vaziyet planı ve kat planı (Url 6, 2016)



Şekil 19. Yapının cephe görünüşleri (Url 7, 2016)

4.6. Aveiro Konutu/ RVDM

Proje büyük alışveriş merkezlerinin ve yeni yapılaşmanın olduğu bölgede inşa edilmiştir. Yapının bulunduğu şehri doğudan batıya sekiz trafik şeridiyle kesen ana yolun çevresindeki gürültünün yapı üzerindeki etkisine çözüm bulmak projedeki ana hedeflerden biri olmuştur. Proje, arazinin kuzeyi ve güneyi olmak üzere iki farklı seviyeyi birbirine bağlayan, onları alt kotta destekleyen genişletilmiş bir ticari blok üzerine inşa edilmiş 89 daireli üç konut bloğundan oluşmaktadır (Şekil 20).



Şekil 20. Projenin vaziyet planı, kat planları ve cephe çizimleri (Url 8, 2007)



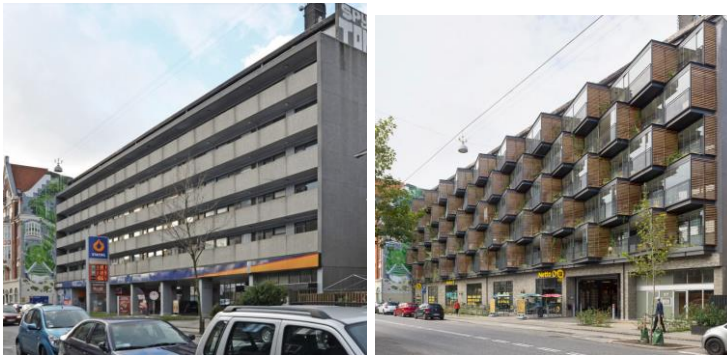
Şekil 21. Yapının cephe görünüşleri (Url 8, 2007)

Projenin doğu bloğu en küçük konut tiplerinden oluşurken, diğer bloklar daha büyük hacimli birimlerden oluşmaktadır. İki tür dış kaplama elemanı ikiz blokların cephelerinde uygulanmıştır. İlki ses yalıtımlı cam yüzeyler olup zeminden tavana büyük pencereler kullanılarak iç hacimden algılanan alanı balkonlara doğru

geniştirmektedir. En dış yüzeyde ise farklı açılarda bir araya getirilen metalik kaplama uygulaması yapılmıştır. Bu kaplama bir maske görevi görerek konut birimlerine mahremiyet, güneş kontrolü ve trafik gürültünün azaltılmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda, ikiz blokların birbirine bakan cephelerinde kullanılan farklı açılı metal kaplama elemanları ile ses yansımalarının kontrollü dağıtımını sağlanarak yankı sorunun önlenmesi amaçlanmıştır (Şekil 21). Bina ölçeğinde gürültü kontrolü amacıyla blokların kısa kenarı açılı olacak şekilde yoğun trafik gürültüsü içeren caddeye doğru yönlendirilmiştir. Ayrıca caddeye bakan kısa kenarlı cephelerin yüzeylerinin dolu olması ve büyük pencere boşluklarının olmaması ile dış ortam gürültüsünün iç hacme geçişinin engellenmesi amaçlanmıştır.

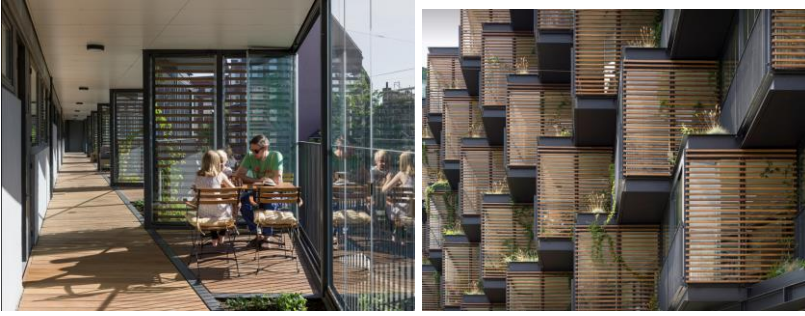
4.7. Ørsted Gardens Daireleri, Tegnestuen LOKAL

Bir projenin tasarım sürecine gereken gürültü kontrolü önlemlerinin dahil edilmemesi, yapının kullanım sürecinde ortaya çıkacak problemlere zemin hazırlamaktadır. Yapıların kullanım sürecinde kullanıcıların rahatsız oldukları gürültü problemlerinin iyileştirilmesi için yapıya sonradan uygulanan yöntemler maliyetli ve çoğu zaman verimli olmamaktadır. Ancak mevcut yapıların gürültü problemlerinin iyileştirilmesi için yöntemlerin iyi kurgulanması ve uygulanması ile elde edilen sonuçlar kullanıcıları memnun edebilmektedir. Ørsted Gardens projesi de mevcut durumu iyileştirmeyi yeni bir seviyeye taşıyan, kullanıcılar için görsel ve sosyal çevreyi iyileştiren bir proje örneği olarak bu çalışmada incelenmektedir (Şekil 22).



Şekil 22. Yenileme öncesi ve sonrası yapının cephesi (Url 9, 2021)

Binanın eski halinin mimari açıdan iyi bir görünüme sahip olmaması ve bitişindeki yoğun kullanılan caddenin trafik, yaya gürültüsünden dolayı yapının yenilenmesine karar verilmiştir. Yenileme çalışmalarında, su probleminin beton balkonlara zarar vermesini ve gürültü problemini önlemeyi amaçlayan bir cephe yenilemesi hedeflenmiştir. Ørsted Gardens projesinde gürültü problemi engellenirken aynı zamanda açık balkonların yerine binadaki sosyal ortamı güçlendirmek için yeni bir sosyal alanlar oluşturulması amaçlamıştır. Bu sosyal alanı yaratmak için, cepheye bir dizi üçgen yalıtımlı cam bölmeler eklenerek, bireysel sakinler için yarı özel alanlar oluşturulmuştur. Bu sayede, sosyal alanlar ve dolaşım koridorlarının yoğun trafik gürültüsünün olduğu cepheye konumlandırılarak, konut birimlerinin sessiz olan arka bölgeye yönlendirilmesi sağlanmıştır ve istenmeyen sesin konut hacimlerine geçişi engellenmiştir.



Şekil 23. Yapının yenilenen cephesinde uygulanan bahçe koridorunun i hacimden görünüşü (Url 10, 2020)

Yenileme kararları sonucu sokakta binanın nnden geçen kişinin yeni cephe kurgusundaki ritim duygusunu hissetmesi ile binanın sokak deneyimine de olumlu katkıları olduğu söylenebilir. Konut kullanıcılarına bitki, sebze yetiştirebilecekleri kendi kk yeşil alanlarının olduğu 50 kk bahçe alanları ile konut birimlerinin içeriden dışarıya genişlemesi ve aynı zamanda dış ortamla etkileşiminin artmasını sağlamaktadır (Şekil 23, Şekil 24).



Şekil 24. Yapının plan ve kesit çizimleri (Url 10, 2020)

Tablo 3. Çalışmada incelenen yapılarda uygulanan gürültü kontrolü bilgileri

Bina ismi	Yerleşme ölçeği	Bina ölçeği	Yapı elemanı ölçeği	Tasarım süreci	Kullanım süreci-Yenileme
Solhagaparken Konut Kompleksi		●	●	●	
Mittlerer Ring		●	●	●	
Kumpula Öğrenci Konutları		●	●	●	
Karma yapı		●	●	●	
Sebastian Kilisesi Konutu		●	●	●	
Aveiro Konutu		●	●	●	
Ørsted Gardens Daireleri		●	●		●

Tablo 3'teki örnek yapılar birlikte değerlendirildiğinde, her projede çevresel gürültü problemlerine karşı önlemlerin alındığı ve alınan önlemlerin yapıların dış kabuğunu, bina yönelimini etkilediği görülmektedir. Örnek projelerin yerleşimi için belirli bir alanın tanımlandığı ve bu alanın gürültü kaynakları açısından incelemeleri yapıldıktan sonra yapıların tasarımlarının şekillendiği söylenebilir. İncelenen yapılarda gürültü problemlerinin engellenmesinin, projelerin tasarım sürecinde (yenileme yapılan Ørsted Gardens Daireleri hariç) gürültü kaynaklarına ilişkin önlemlerin düşünülmesi etkin rol oynamıştır. Her birinin yerleşim alanı önceden belirli olduğu ve bu alanın zorlukları bina bütününde aşılması ana hedeflerden biri olduğu için yerleşme ölçeğinde alınan önlemlere ilişkin bilgi bulunamamıştır. Ancak projelerin tamamında bina ölçeğinde bina yönelimi ve bina içinde mekân organizasyonu bakımında gürültüye karşı önlemler alınmıştır. Yapı elemanı ölçeğinde ise gürültü kaynağına yakın olan cephelerde sesi dağıtan

cephne kaplamaları, ses yalıtımı sağlayan cam yüzeyler ve ses yutuculuğu yüksek olan yapı malzemeleri kullanılarak gürültü önlemleri uygulanmıştır.

5. Sonuç

Kentlerde yaşanan yoğun nüfus artışı, taşıt yoğunluğu, düzensiz kent planlaması gibi sebeplerden dolayı gürültü insanlar üzerinde olumsuz etkileri (fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans etkileri) bulunan en tehlikeli çevre kirliliği nedeni olmuştur. Yapılacak yeni projelerin tasarım sürecine gürültü kontrolü ilkelerinin dahil edilmesi veya mevcut bir yapıda yaşanan olumsuz koşulların uygun yöntemlerle iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda çalışmada gürültü kontrolü ilkeleri yerleşim alanı, bina ve yapı elemanı ölçeği kapsamında incelenmiştir. İncelenen örnek yapıların çoğunun tasarım sürecine gürültü kontrolü ilkelerinin dahil edildiği ve gürültü kontrolü açısından sonuçların kullanıcılar üzerinde olumlu etkilerinin olduğu söylenebilir. Çalışmada tasarım sürecine gürültü faktörünün dahil edilmediği ancak kullanım sürecinde kullanıcıların yoğun taşıt trafiği gürültüsünden etkilendiği bir yapının cephesinin yenileme çalışması da ele alınmıştır. İncelenen örneklerde de olduğu gibi tasarımın ilk aşamalarında veya sonradan yenileme çalışmalarıyla gürültü kontrolü ilkeleri projeye dahil edilerek gürültü değerlendirme ölçütleri ve sınır değerler ile birlikte ele alınan yapıların gürültüye karşı etkin korunması sağlanabilmektedir. Bu çalışmada yer alan gürültü kontrolü ilkelerinin, yapılar üzerindeki olumlu etkilerinin daha iyi anlaşılması ve bu ilkelerin tasarımın ilk evresine dahil edildiği gürültü kirliliğine duyarlı projelerin yaygınlaşması konuya ilişkin çalışmaların devamlılığı ile sağlanabileceği düşünölmektedir.

KAYNAKÇA

Çevre ve Orman Bakanlığı. (2010). Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği.

Dreger, S., Meyer, N., Fromme, H. Ve Bolte, G. (2015). Environmental noise and incident mental health problems: A prospective cohort study among school children in Germany. Environmental Research Volume 143, Part A, November 2015, s. 49-54.

Everest, F. A. (2001). Master Handbook of Acaoustics, Fourth Edition. McGraw-Hill: New York.

Fyhri, A. ve Aasvang, G. M. (2010). Noise, sleep and poor health: Modeling the relationship between road traffic noise and cardiovascular problems. Science of The Total Environment, Volume 408, Issue 2, 1 Ekim 2010, s. 4935-4942

Kurra, S. (2009). Çevre Gürültüsü ve Yönetimi I-II-III. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi.

Kuttruff, H. (2007). Acoustics: An introduction. Abingdon, Oxon: Taylor & Francis.

Özgülven, N. (2008). Gürültü Kontrolü, Endüstriyel ve Çevresel Gürültü, Türk Akustik Derneği Teknik Yayınları, İstanbul.

Rindel, J. H., Maekawa, Z. ve Lord, P. (2011). Environmental and Architectural Acoustics, Second edition, NY: Spon Press.

Url 1 (2021), “Solhagaparken Residential Complex / Murman Arkitekter”, 06.08.2024 tarihinde <https://www.archdaily.com/1008010/solhagaparken-murman-arkitekter> adresinden alındı.

Url 10 (2020), “Ørsted Gardens Apartments / Tegnestuen LOKAL”, 01.09.2024 tarihinde https://www.archdaily.com/948801/orsted-gardens-apartments-tegnestuen-lokal?ad_source=search&ad_medium=projects tab adresinden alındı.

Url 2 (2009), “Mittlerer Ring / Léon Wohlhage Wernik Architekten”, 20.08.2024 tarihinde https://www.archdaily.com/271098/mittlerer-ring-leon-wohlhage-wernik-architekten?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı.

Url 3 (2018), “Kumpula Student Housing”, 22.08.2024 tarihinde <https://finnisharchitecture.fi/kumpula-student-housing/> adresinden alındı.

Url 4 (2018), “Kumpula Student Housing / Playa Architects”, 22.08.2024 tarihinde <https://www.archdaily.com/925213/kumpula-student-housing-playa-architects> adresinden alındı.

Url 5 (2015), “Residential and Office Building / blrm Architekt*innen”, 28.08.2024 tarihinde https://www.archdaily.com/778508/residential-and-office-building-blauraum-architekten?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı.

Url 6 (2016), “Housing at St. Sebastian”, 29.08.2024 tarihinde <https://bolles-wilson.com/project/housing-at-st-sebastian/> adresinden alındı.

Url 7 (2016), “Housing at St. Sebastian Church / Bolles + Wilson”, 29.08.2024 tarihinde https://www.archdaily.com/800734/housing-at-st-sebastian-church-bolles-plus-wilson?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı.

Url 8 (2021), “Housing In Aveiro / RVDM”, 30.08.2024 tarihinde https://www.archdaily.com/208054/housing-in-aveiro-rvdm?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı.

Url 9 (2021), “Tegnestuen Lokal adds plant-filled blocks to "ugliest building in the neighbourhood"”, 01.09.2024 tarihinde <https://www.dezeen.com/2021/11/02/orsted-gardens-tegnestuen-lokal-new-facade/> adresinden alındı.

US Department of Housing and Urban Developments. (tarih yok).
The Noise Guidebook.

BÖLÜM 4

WOODEN HIGH-RISE BUILDINGS: EVALUATION OF LOAD-BEARING SYSTEM AND MATERIAL USE

*Yenal TAKVA*¹

*Çağatay TAKVA*²

¹ Research Assistant, Gazi University, ORCID ID: 0000-0002-5330-2980

² Research Assistant, Gazi University, ORCID ID: 0000-0002-0494-9972

1. Introduction

Since ancient times, wood has been the basic construction material of architectural structures, especially in regions where available resources are abundant. In medieval Europe, wooden castles and churches were widely built. Additionally, traditional wooden temples in Japan and wooden structures in China have formed an important architectural tradition throughout history. However, with the industrial revolutions and the development of modern construction techniques, high-strength steel, concrete, and other synthetic materials have replaced wood (Abed et al., 2022). High-rise buildings are usually built as steel frames or reinforced concrete structures. However, with increasing environmental concerns in recent years, wood, traditionally used in low-rise buildings, has begun to be preferred in high-rise buildings, thanks to developing engineering techniques and material technologies (Stepinac et al., 2020). Being sustainable and recyclable, and ensuring the global trend towards high energy efficiency and environmentally friendly building solutions, wooden building material stands out as the main load-bearing system material. Nowadays, the content of wooden building material is strengthened by using the possibilities of technology and it is becoming popular (Sun et al., 2020).

Recent advances in wood technology and innovative approaches such as laminated wood beams, cross-laminating techniques and tightly assembling wood panels have enabled wooden structures to be built in higher and more complex forms. By producing wooden materials, it has been proven that it is a durable material for medium and high-rise buildings in earthquake zones (Jeleč and Rajčić, 2018). The number of high-rise wooden buildings constructed on different continents has been increasing in the last decade. Today, important research is being conducted on wood applications in high-rise buildings in Europe and Canada and information is being obtained about sustainable solutions. Unlike Europe, the entire Pacific coast of North America is a high earthquake risk area. Studies are being conducted against the earthquake risk of wooden structures built in this region (Iqbal, 2021). The construction of wooden structures has accelerated throughout the Pacific coast of America and in countries with high earthquake risk. Wooden building features that can be constructed according to the 2021 International Building Code are seen in Figure 1.

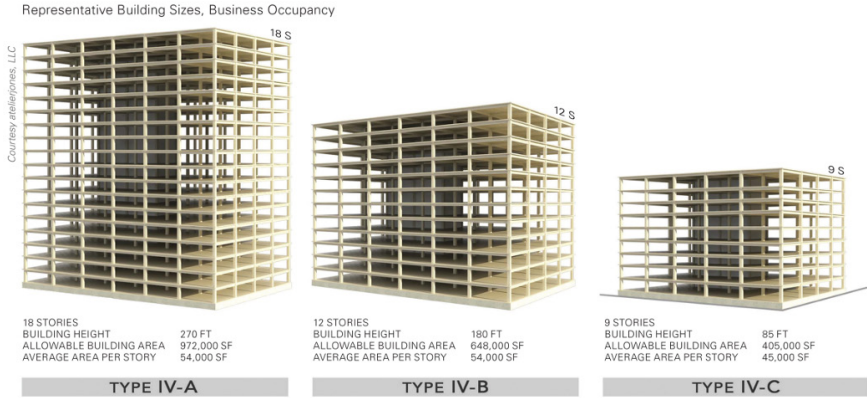


Figure 1. Permissible wooden building dimensions at limit values according to the 2021 International Building Code (Cover, 2020)

Since wood is a lightweight material, it has advantages such as producing less inertia force during an earthquake. Additionally, since it is much more flexible compared to concrete and steel, it creates minimum displacement in terms of earthquake damage (Takva et al., 2023a). Wood is a material with a high energy absorption capacity and facilitates damping by dissipating energy in earthquakes (Wagner et al., 2020). Thanks to its elastic and flexible structure, wood increases its deformation capacity by absorbing energy during an earthquake. With this feature, the connection details of wooden structural elements play an important role against seismic energy. Due to the strong connection and seam systems, the overall performance of the structure increases by dissipating the energy. Wooden frame systems and cross connections are the main elements that increase the rigidity and durability of structures (Dong et al., 2022). As a natural material, the carbon sequestration properties of wood have significant appeal as a sustainable material. With the increasing threats of global warming and associated climate change, reducing carbon emissions and using alternative materials for construction has become even more important, like all other types of human activities. Studies conducted in different countries have shown that wood can compete with steel and concrete in terms of material cost, which allows wooden building materials to be considered a practical and ideal option for high-rise building construction (Hart et al., 2021; Zeitz et al., 2019; Sandanayake et al., 2018).

There are certain disadvantages in the use of wood in high-rise buildings, but these disadvantages are reduced by reinforcement on classical wood. With the developing technologies in recent years, gains are being made in structural systems with new wood composite materials (Xiao et al., 2021). These include glued laminate timber (glulam), cross-laminated timber (CLT) boards, sheet materials that can carry the loads of loaded structures (OSB plywood), parallel strand lumber (PSL) and the like (Jirouš-Rajković and Miklečić, 2021). The main feature of the developed wood composite materials is that they are used in the construction of multi-storey and high-rise buildings due to their high performance properties. These properties include durability, decay resistance, corrosion resistance, high vapor permeability, fire resistance, and unlimited cross-sectional dimensions. In addition, composite wooden elements, which have a low specific gravity compared to reinforced concrete and steel, are used in high-rise buildings. Today, although they cannot compete with the height reached by steel and concrete high-rise buildings, wooden structures ranging from 18 to 25 floors are being built (Fernandez et al., 2020). The transition to complex structures is supported by the continuous evolution of engineered wood technology and the transformation of structural solutions, fire safety strategies and construction methods (Lehmann and Kremer, 2023).

In the study, wooden high-rise buildings were examined in the context of wooden materials and structural systems and current design approaches were discussed. The buildings examined have residential and mixed-use. A frame system was used as the load-bearing system in all of the buildings, and industrial wood was integrated as the load-bearing system material. The use of glulam and CLT as industrial wood has been widely seen. It has also been observed that reinforced concrete is used together with wood, depending on the floor height. As a result of the study, it has been seen that the wooden material that human beings have used since ancient times is an increasingly widespread trend in high-rise buildings in the world, and it can be said that wood, which can be brought into different forms depending on the developing technology, has aesthetic properties.

2. Materials and Load-bearing Systems in Wooden High-Rise Buildings

High-rise buildings emerged in response to the rapid increase in population towards the end of the 19th century. This new type of building, which first emerged in Chicago and New York, two of the leading cities

of development, became widespread rapidly with the invention of the elevator and the development of structural steel after the fire disaster in 1871 (Takva et al., 2023b). Steel-framed structures have rapidly replaced brick wall-bearing structures. The adventure of high-rise buildings, which started with the Home Insurance Building built in 1883 with a height of 42 meters, has reached today with the Burj Khalifa, which reached a height of 828 meters in 2009 (Orta Rial et al., 2020). High-rise buildings are thought to be disadvantageous due to their high costs, impact on their environment and excessive energy demands, but it has been determined that the energy consumed by these buildings is less than the energy required for low-rise buildings (Foster et al., 2008). In addition, with technological advances, high-rise buildings are becoming more efficient, reducing global energy consumption (Al-Khodmany, 2010).

The September 11 attack had a major impact on the construction of high-rise buildings. Until then, the most used building material was steel, which was soon replaced by reinforced concrete due to fire safety. This situation shows the superior performance of reinforced concrete. The effectiveness of reinforced concrete is seen in high-rise buildings with complex construction systems (Table 1). With this incident, steel has become a secondary material category used together with concrete in composite structures (Kotsovinos and Usmani, 2013). However, the environmental sustainability of both materials is not as sufficient as wooden material. In addition to increasing the ecological impact, wood material comes to the fore in terms of extending its lifespan and searching for less polluting solutions. In this direction, wooden building material surpasses concrete and steel. With the advancement of industrial wood technology, wood composites have begun to be used more in high-rise buildings in recent years (Pan et al., 2021).

Table 1. *The world's highest structures and their features (Memon et al., 2020)*

No.	Architectural top	Highest occupied floor	Tip
1	Burj Khalifa Dubai 2010 828 m (2,717 ft)	Burj Khalifa Dubai 2010 585 m (1,918 ft)	Burj Khalifa Dubai 2010 830 m (2,723 ft)
2	Shanghai Tower Shanghai 2015 632 m (2,073 ft)	Shanghai Tower Shanghai 2015 583 m (1,914 ft)	Shanghai Tower Shanghai 2015 632 m (2,073 ft)
3	Makkah Royal Clock Tower Hotel Makkah, 2012 601 m (1,927 ft)	Ping An Finance Center Shenzhen, China 2017 562 m (1,844 ft)	Makkah Royal Clock Tower Hotel Makkah, 2012 601 m (1,927 ft)
4	Ping An Finance Centre Shenzhen, China 2017 599 m (1,965 ft)	Lotte World Tower Seoul, Korea 2017 498 m (1,633 ft)	Ping An Finance Centre Shenzhen, China 2017 599 m (1,965 ft)
5	Lotte World Tower Seoul, Korea 2016 554.5 m (1,819 ft)	Guangzhou CTF Finance Center Guangzhou 2016 495 m (1,622 ft)	Lotte World Tower Seoul, Korea 2017 556 m (1,823 ft)

2.1. Wooden High-rise Building Materials

Industrial wood products are classified as glued laminated timber (glulam), cross laminated timber (CLT), timber concrete composite (TCC), doweled laminated timber (DLT), nailed laminated timber (NLT) and massive plywood panel (MPP). Glulam is an industrial wood product obtained by combining wooden timbers with the help of special adhesives in order to manufacture carrier system elements such as large-sized beams, columns, and panels. It is a building material that provides higher rigidity and strength than massive wood. (İlgin, 2023). CLT is an industrial wood product created by cutting wooden strips lengthwise along the fiber, which are dried in ovens to a certain moisture content, and gluing or riveting them in the opposite direction to the fiber. TCC is a load-bearing composite system created by connecting the wooden load-bearing beam to the reinforced concrete slab with fasteners. It is generally used on flooring and roofing. DLT is obtained from structural flooring or wall blocks formed by connecting structural timber elements to each other with wooden dowels at certain intervals. NLT is formed by combining wooden boards with steel nails. MPP is a wood product in which large-sized boards are laminated in parallel and are formed by combining them with adhesives and pressing them. It is used as an alternative to cross laminated wood (Pan et al., 2021). Industrial wood products are shown in Figure 2.

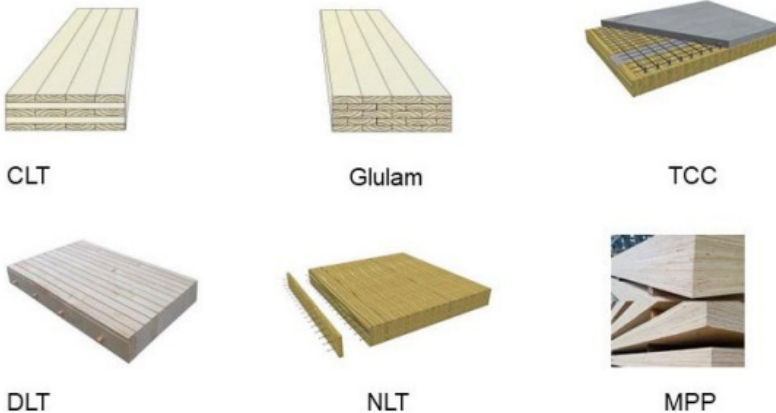


Figure 2. Industrial wooden materials (Tavşan et al., 2022)

2.2. Wooden High-rise Building Load-bearing Systems

In the 21st century, alternative construction methods and materials were needed in the production of high-rise buildings due to the need for a lot of energy consumption for the construction of steel and reinforced concrete high-rise buildings and the increase in carbon

emissions. At this point, the disadvantageous properties and problems of natural wood were eliminated and industrial wood began to be used. In wooden high-rise buildings, concrete is generally used in the foundation, basement, and cores of the building (Özşahin, 2021). The thermal resistance of wooden building material is 500 times higher than steel and 10 times higher than concrete. In terms of energy efficiency, wood acts as a better heat insulator compared to concrete and steel. The use of wood in construction reduces thermal bridges and increases the heat capacity of the walls. Wooden products also provide good acoustic performance (Premrov and Žegarac Leskovar, 2023). It shows higher performance than concrete in the transmission of impact noise. In economic terms, wooden products offer cost-effective solutions because they are structurally efficient, lightweight, and easy and fast to install on the construction site. Environmental and economic benefits show that modern high-rise wooden buildings offer multi-criteria advantages (Tupénaitė et al., 2019). Load-bearing system configurations are given in Figure 3.

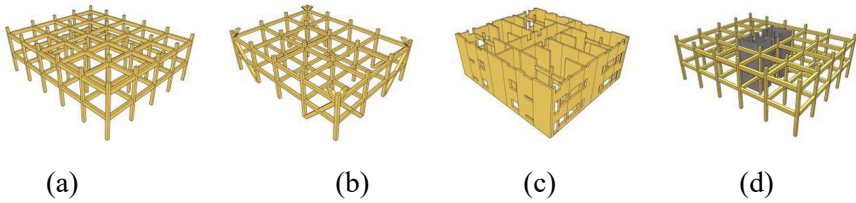


Figure 3. Basic load-bearing systems for wooden high-rise buildings; (a) frame system, (b) cross braced frame system, (c) panel/curtain system, (d) composite/hybrid system (Abrahamsen et al., 2020)

Although it was previously thought that wooden building materials were useless for high-rise buildings, the use of wooden elements in high-rise buildings has become possible with elements manufactured from wood-based materials with advanced engineering properties (Skullestad et al., 2016). In high-rise buildings, wooden construction connections are recommended in the application of new structural concepts and construction techniques developed to meet the additional challenges arising from significant wind and seismic loading due to height demands (Iqbal, 2021). In this context, wooden frame systems are constructed from column and beam structural elements. Glued laminated timber and cross laminated timber are used in these columns and beams. Wooden frame systems are very suitable for flat square planned systems and are widely used. Wooden frame systems include reinforced concrete, wooden, and reinforced conc-

rete-composite flooring alternatives. Due to the high earthquake loads in earthquake zones, special details are used in the connection areas of the load-bearing systems (Chen and Chui, 2017). In wooden high-rise buildings, a structural system is created with a reinforced concrete core or diagonal wooden support elements in order to keep the horizontal displacement on the floors at a certain level, depending on the floor height (Figure 4).



Figure 4. (a) *Wooden frame system with glulam column-beams and NLT flooring (Shahnewaz et al., 2023), (b) cross braced wooden frame system (Iqbal, 2021)*

Cross-supported wooden frame systems are used to minimize large horizontal displacements that occur to meet energy dissipation under horizontal loads. Cross supports are added to wooden frame systems to limit horizontal displacement (Figure 5). Cross supports act as a horizontal reinforced concrete shear wall and increase the rigidity of the structure. The cross supports added to the structure can be arranged in a single row or two rows. Although it is generally manufactured from industrial wood, steel cross supports can sometimes be added. Cross supports are placed parallel or perpendicular to the facade to dampen the displacement forces coming from the loads. Reinforced concrete, wooden, and reinforced concrete-composite flooring alternatives can be applied in wooden frame systems (Michalak and Michalak, 2024).

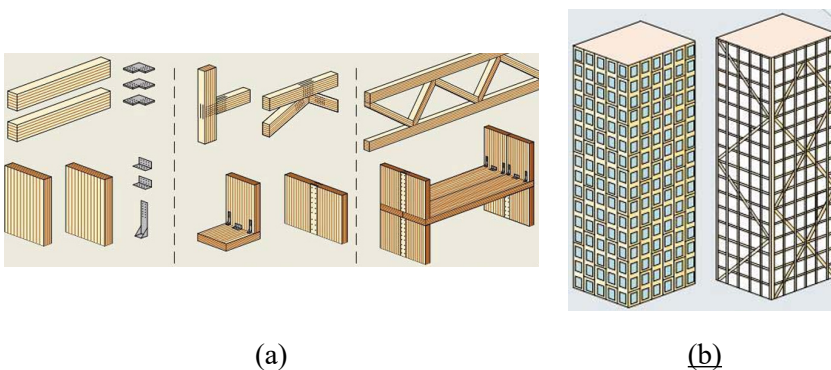


Figure 5. (a) Components, connections, and sub-assemblies, (b) wooden high-rise building created by connections (Abrahamsen et al., 2020)

Wooden panel systems consist of panels made of industrial wood. In these systems, the panels act as curtain walls and keep the structure standing, like tunnel formwork systems. There are no columns in the panel system. Wooden panels, which exhibit significantly rigid behavior against horizontal loads, are placed symmetrically or nearly symmetrically in the floor plan. Cross-laminated wood panels are produced in a factory environment and manufactured in a short time via on-site assembly (Figure 6). Wood panel systems are produced with sections of the required thickness according to the height of the structure. In these systems, reinforced concrete, wooden, and reinforced concrete-composite floors can be integrated (Özşahin, 2021). Wood composite systems are created by using wood together with steel and reinforced concrete. In these systems, parameters such as the strength of steel, the fire resistance and rigidity of reinforced concrete, and the lightness and flexibility of wood are used. It is also aimed to control the structural system by combining the best features of more than one material. To minimize horizontal earthquake loads, reinforced concrete core, composite flooring, and steel braces are generally used. In these buildings, basements and ground floors are generally designed as reinforced concrete to increase resistance to earthquakes. Thanks to this system applied, the height of wooden high-rise buildings increases day by day and it is possible to reach higher heights (Pan et al., 2021).

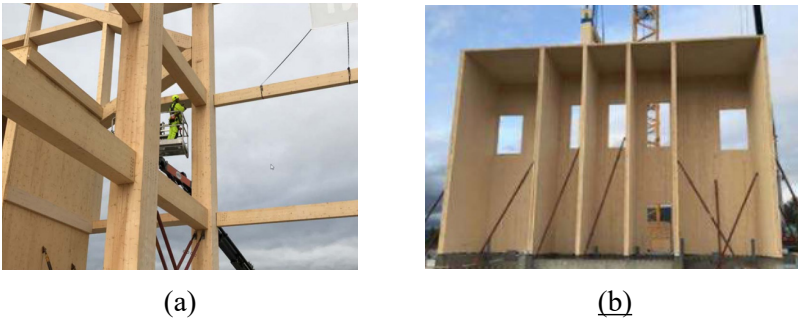


Figure 6. (a) Structure system using industrial wood material, (b) installation of wooden panel systems at the construction site (Erdoğan and Begeç, 2021)

3. Wooden High-Rise Buildings

The structural elements that make up the wooden high-rise building are manufactured as a result of prefabrication in factories or workshops, and then assembled at the construction site by on-site assembly method.

Different details are generally required for wood-wood, wood-steel, and wood-reinforced concrete building materials as combination tools. Mounting elements are fasteners such as nails, screws, wood rivets, and bolts (Chen and Chui, 2017). Since the joint points are especially exposed to vertical loads as well as horizontal loads such as earthquakes and wind, arrangements must be made carefully at these points to prevent damage. Firstly, general information is given about the multi-storey wooden buildings examined. Afterwards, evaluations were made on wooden structural elements, focusing on the load-bearing system properties.

3.1. Ascent

The building, located in the USA, has 25 floors and is 86.6 meters high. The construction of the building was completed in 2022. The load-bearing system material is wood and concrete composite. It is designed in residential function. The basement floors of the building were planned to be made of reinforced concrete due to the harsh climate conditions, and the core systems are also made of reinforced concrete. The reinforced concrete cores in the structure provide resistance against lateral earthquake loads. Post-tensioned 19 centimeter thick concrete slabs were used in the basement floors. The main load-bearing system of the building is the wooden frame (column-beam) system (Figure 7). Glulam material was used in columns and beams, and CLT was used in floors. The building, which has a 7-storey indoor car park, consists of 18 floors of residential units, including the penthouse. Reinforced concrete columns and post-tensioned flat plates were used in closed parking areas due to long and harsh winters. The massive wood structural system, consisting of glulam columns and beams and unidirectional spreading CLT sheets (Austrian spruce), rises above the reinforced concrete podium (Fernandez et al., 2020).

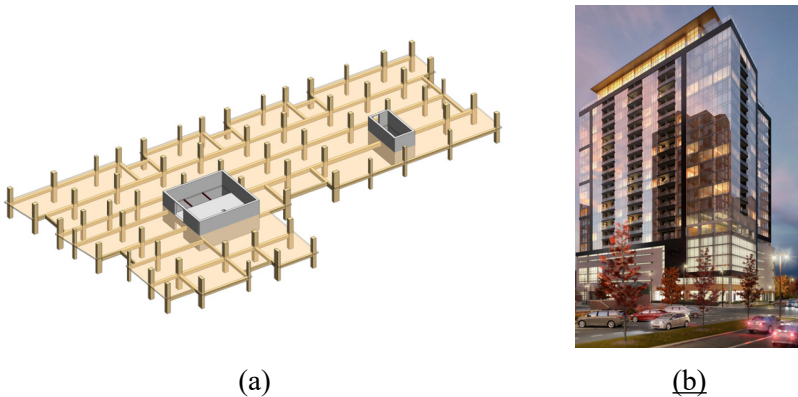


Figure 7. (a) *Wooden and reinforced concrete load-bearing system (Fernandez et al., 2020)*, (b) *façade perspective of the building (Cover, 2020)*

3.2. Mjosa Tower (Mjøstarnet)

The 18-storey building is 85.4 meters high and was completed in 2019. The load-bearing system material is entirely wood (Figure 8). The building, which has mixed-use in terms of function, consists of a construction area of 11300 m². The main load-bearing system of the building in Norway is a wooden frame (column-beam) system. These columns and beams are made of glulam material. There are CLT walls inside the building. CLT walls, elevators, and stairs in the building are effective in carrying vertical loads, but do not provide any resistance to earthquake loads. The foundation of the building is reinforced concrete and is connected to the rock ground with piles. Thanks to these piles, resistance against earthquake loads is provided. Wooden flooring was used from the 2nd to the 11th floor. Between the 12th and 18th floors, 30 centimeter thick reinforced concrete flooring was applied. The reason for using reinforced concrete slabs on the upper floors is to reduce relative floor drifts and displacements due to the increase in horizontal loads as the height of the building increases. The maximum displacement at the top of the building was calculated as 140 millimeters. The structure is designed entirely in accordance with the Eurocode 5 legal regulation. Depending on the location of the building, it was determined that the wind load would be dominant and plans were made in this context (Tupénaitė et al., 2019).

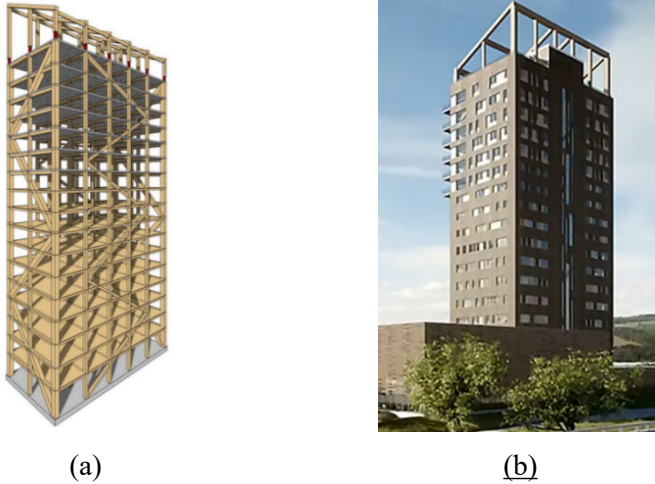


Figure 8. (a) Industrial wooden load-bearing system, (b) façade perspective of the building (Tupénaitė et al., 2019)

3.3. HoHo Wien

The building, located in Austria, has 23 floors and is 84 meters high. The construction of the building was completed in 2020. The building function is designed as mixed-use. The load-bearing system material is wood and concrete composite. The main load-bearing system of the building is the wooden frame (column-beam) system. In the building, the columns are made of glulam wood, the beams are reinforced concrete and the floors are made of 16 centimeters thick CLT wood material (Figure 9). The building has three separate reinforced concrete cores that provide structural stability and fire safety. Lateral loads are absorbed by these reinforced concrete cores. In addition, resistance to shear force was created through massive wooden walls positioned perpendicular to the core. Composite ceiling panels are anchored to the concrete core and supported by glued laminated timber on the side of the exterior walls. Column-column connections are designed to carry tensile forces and have the potential to prevent collapse in case of column loss (Woschitz and Zotter, 2017).



(a)



(b)

Figure 9. (a) Column, beam, and flooring system, (b) façade perspective of the building (Woschitz and Zotter, 2017)

3.4. HAUT

The building, located in the Netherlands, has 22 floors and a height of 73 meters. The construction of the building was completed in 2022. It was designed as a residence in the context of its building function. The load-bearing system material is concrete and wood composite. The main load-bearing system of the building is the wooden frame (column-beam) system. In the building, the columns and beams were created using glulam, the floors were created using CLT

and TCC wooden building materials, and there is also a reinforced concrete core (Figure 10). Reinforced concrete core and shear walls provide resistance against lateral earthquake loads. Glulam beams were used to carry the loads in cantilever areas at the edges of the slabs that are not supported by walls. The basement floors of the building are supported by reinforced concrete shear walls. Lateral stability is provided by a reinforced concrete core and two CLT walls that help resist torsional effects from wind loads (Verhaegh et al., 2020).

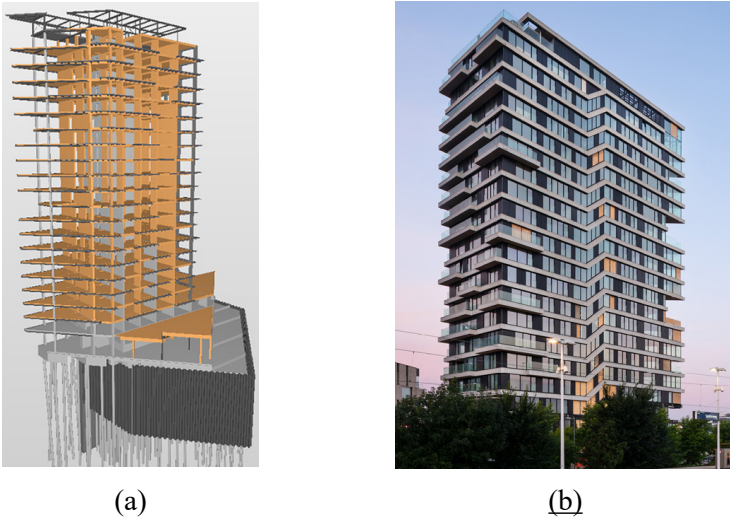


Figure 10. (a) Load-bearing system (Verhaegh et al., 2020), (b) façade perspective of the building (Ilgin, 2023)

3.5. Brock Commons Tallwood House

The building, located in Canada, has 18 floors and is 58 meters high. The construction of the building was completed in 2017. It was designed as a student accommodation facility with the capacity to host 404 students at the University of British Columbia. The building, which has a central core type, was built in prismatic form (Figure 11). The structural system consists of a concrete core and point-supported CLT floor panels on wooden columns. CLT flooring panels that pass through the opening have the functions of two-way movement and console operation in case of loss of a column. Column-to-column connections are designed to carry tensile forces and stabilize the ground. In this direction, the load-bearing system was obtained from concrete-wood hybrid structure. The complex, consisting of a project area of 15000 m², is supported by glued columns on a concrete

foundation and there are CLT flooring panels on 17 floors. The roof of the building, which has two concrete cores on 18 floors, consists of steel beams and metal flooring. The building envelope is a prefabricated panel system covered with wood fiber high-pressure laminate. In this regard, designers state that the structure is 7500 tons lighter than its concrete equivalent (Tupėnaitė et al., 2019).

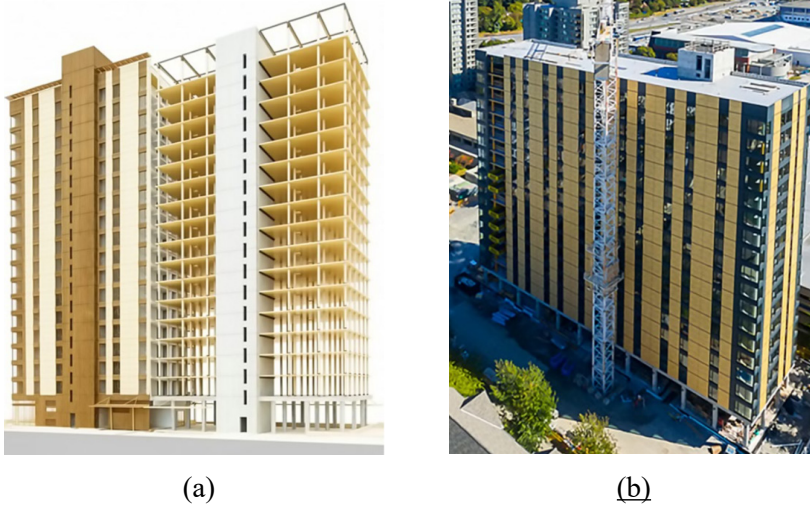


Figure 11. (a) Load-bearing system, (b) façade perspective of the building (Tupėnaitė et al., 2019)

4. Findings

Advances in technology and engineered wood products such as glulam and CLT enable the construction of high-rise wooden buildings. Contemporary wooden structures have advantages over steel and concrete structures. Wood is environmentally friendly and among the renewable building materials. The primary energy input (mainly fossil fuels) in the production of wood building materials is lower compared to concrete and other materials. In addition, the fact that wood is a good heat insulator is one of the main reasons why it is preferred in high-rise buildings. Wooden constructions are cost-effective due to prefabrication of elements, lower transportation costs and shortened project duration. At this point, it is predicted that the increase in these structures will constitute the ideal building class in terms of environmental sustainability and economics. Information about the structures examined is given in Table 2.

Table 2. *Characteristics of the examined wooden high-rise buildings*

Building	Height	Number of floors	Function	Load-bearing system	Load-bearing system material	Core material	Resistance to lateral load
Ascent	86.6	25	Residential	Frame	Glulam+ CLT+ Reinforced concrete	Reinforced concrete	Reinforced concrete central core
Mjosa Tower (Mjøstårnet)	85.4	18	Mixed-Use	Frame	Glulam+ CLT+ Reinforced concrete	CLT	Reinforced concrete
HoHo Wien	84	23	Mixed-Use	Frame	Glulam+ Reinforced concrete	Reinforced concrete	Reinforced concrete central core+ Solid wood curtain wall
HAUT	73	22	Residential	Frame	Glulam+ Reinforced concrete	Reinforced concrete	Reinforced concrete central core+CLT curtain wall
Brock Commons Tallwood House	58	18	Residential	Frame	Glulam+ CLT+ Reinforced concrete	Reinforced concrete	Reinforced concrete central core+CLT slab

5. Conclusion

It is seen that wooden high-rise buildings have increased rapidly in the last 20 years and have become a trend. It has been observed that these structures are preferred more frequently by countries rich in wooden materials. It has been determined that the floor heights of buildings are increasing day by day in the light of newly emerged composite materials with the development of industrial wood. The functions of wooden high-rise buildings are generally residential and mixed-use. Some buildings also have hotel, restaurant, and office uses. It was observed that the frame system was used in all the load-bearing systems of the structures examined, and reinforced concrete and industrial wood were integrated as the load-bearing system material. Glulam and CLT are widely used as industrial wood. In addition, it has been determined that depending on the floor height, reinforced concrete is anchored with wood to ensure integrity in column and beam systems.

Central reinforced concrete core is widely used in buildings to meet horizontal earthquake loads. In the HoHo Wien and HAUT structures, wooden walls that act as shear walls against lateral loads are used as reinforcement for the reinforced concrete system and resistance against horizontal loads is provided. In Mjosa Tower, it was observed that reinforced concrete or reinforced concrete composite floors were used to obtain rigid diaphragm behavior against horizontal loads on the floors. A compact and symmetrical design approach has generally been adopted in the plan types of buildings in both directions. This protects the structures against torsion. In all structures examined, the foundation load-bearing system is reinforced concrete. The most important reason for this is high strength and humidity. By using reinforced concrete and wood composites together, the building load is lightened and a complex structure is obtained by providing fire resistance. It is anticipated that in the coming years, the load-carrying capacities of concrete, steel, and wooden load-bearing systems will increase and innovative, sustainable construction systems will be developed.

References

- Abed, J., Rayburg, S., Rodwell, J., & Neave, M. (2022). A Review of the Performance and Benefits of Mass Timber as an Alternative to Concrete and Steel for Improving the Sustainability of Structures. *Sustainability*, *14*(9), 5570. <https://doi.org/10.3390/su14095570>
- Abrahamsen, R., Bjertnaes, M. A., Bouillot, J., Brank, B., Cabaton, L., Crocetti, R., ... & Tulebekova, S. (2020). Dynamic response of tall timber buildings under service load: The dynattb research program. In *EURODYN 2020, XI International Conference on Structural Dynamics*, Athens, Greece, 22–24 June (pp. 4900-4910). National Technical University of Athens.
- Al-Kodmany, K. (2010). Eco-iconic skyscrapers: review of new design approaches. *International Journal of sustainable design*, *1*(3), 314-334. <https://doi.org/10.1504/IJSDES.2010.036975>
- Chen, Z., & Chui, Y. H. (2017). Lateral load-resisting system using mass timber panel for high-rise buildings. *Frontiers in Built Environment*, *3*, 40. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2017.00040>
- Cover, J. (2020). Mass timber: The new sustainable choice for tall buildings. *International Journal of High-Rise Buildings*, *9*(1), 87-93. <https://doi.org/10.21022/IJHRB.2020.9.1.87>
- Dong, X., Gan, W., Shang, Y., Tang, J., Wang, Y., Cao, Z., ... & Rojas, O. J. (2022). Low-value wood for sustainable high-performance structural materials. *Nature Sustainability*, *5*(7), 628-635. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00887-8>
- Erdoğan, D., & Begeç, H. (2021). Tall Timber Architecture: An Opportunity for Green Building as Mjøstårnet. In: *International Symposium of Architecture, Technology and Innovation (ATI2021)*, September 22-24, Yaşar University, İzmir, Türkiye, 16-27.
- Fernandez, A., Komp, J., & Peronto, J. (2020). Ascent-challenges and advances of tall mass timber construction. *International Journal of High-Rise Buildings*, *9*(3), 235-244. <https://doi.org/10.21022/IJHRB.2020.9.3.235>
- Foster, N., Luff, S., & Visco, D. (2008). Green Skyscrapers: What is being built and why. *A report for CRF*, 3840.
- Hart, J., D'Amico, B., & Pomponi, F. (2021). Whole-life embodied carbon in multistory buildings: Steel, concrete and timber structures. *Journal of Industrial Ecology*, *25*(2), 403-418. <https://doi.org/10.1111/jiec.13139>
- Ilgin, H. E. (2023). High-rise residential timber buildings: emerging architectural and structural design trends. *Buildings*, *14*(1), 25. <https://doi.org/10.3390/buildings14010025>
- Iqbal, A. (2021). Developments in tall wood and hybrid buildings and environmental impacts. *Sustainability*, *13*(21), 11881. <https://doi.org/10.3390/su132111881>

- Jeleč, M., & Rajčić, V. (2018). Cross-laminated timber (CLT)—a state of the art report. *Građevinar*, 70(02.), 75-95. <https://doi.org/10.14256/JCE.2071.2017>
- Jirouš-Rajković, V., & Miklečić, J. (2021). Enhancing weathering resistance of wood—A review. *Polymers*, 13(12), 1980. <https://doi.org/10.3390/polym13121980>
- Kotsovinos, P., & Usmani, A. (2013). The World Trade Center 9/11 disaster and progressive collapse of tall buildings. *Fire technology*, 49, 741-765. <https://doi.org/10.1007/s10694-012-0283-8>
- Lehmann, S., & Kremer, P. D. (2023). Filling the Knowledge Gaps in Mass Timber Construction. *Mass Timber Construction Journal*, 6(1), 1-10.
- Memon, S. A., Zain, M., Zhang, D., Rehman, S. K. U., Usman, M., & Lee, D. (2020). Emerging trends in the growth of structural systems for tall buildings. *Journal of Structural Integrity and Maintenance*, 5(3), 155-170. <https://doi.org/10.1080/24705314.2020.1765270>
- Michalak, H., & Michalak, K. (2024). Selected Aspects of Sustainable Construction—Contemporary Opportunities for the Use of Timber in High and High-Rise Buildings. *Energies*, 17(8), 1961. <https://doi.org/10.3390/en17081961>
- Orta Rial, M. B., Martínez Gayá, J. E., Cervera Bravo, J., & Aira Zunzunegui, J. R. (2020). Timber high rise, state of the art. *Informes de la Construcción*, 72(558). <https://doi.org/10.3989/ic.71578>
- Özşahin, B. (2021). Ahşap yüksek yapılar. In International Online Conferences on Engineering and Natural Sciences (IOCENS'21), July 5-7, Gümüşhane University.
- Pan, Y., Tannert, T., Kaushik, K., Xiong, H., & Ventura, C. E. (2021). Seismic performance of a proposed wood-concrete hybrid system for high-rise buildings. *Engineering Structures*, 238, 112194. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112194>
- Premrov, M., & Žegarac Leskovar, V. (2023). Innovative structural systems for timber buildings: A comprehensive review of contemporary solutions. *Buildings*, 13(7), 1820. <https://doi.org/10.3390/buildings13071820>
- Sandanayake, M., Lokuge, W., Zhang, G., Setunge, S., & Thushar, Q. (2018). Greenhouse gas emissions during timber and concrete building construction—A scenario based comparative case study. *Sustainable cities and society*, 38, 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.017>
- Shahnewaz, M., Dickof, C., Ganjali, H., Slotboom, C., Tam, M., Jackson, R., ... & Tannert, T. (2023). Experimental research on point-supported clt panels: Phase 1: Rolling shear strength. In: *World Conference on Timber Engineering*, Oslo, Norway, 352-257. <https://doi.org/10.52202/069179-0048>
- Skullestad, J. L., Bohne, R. A., & Lohne, J. (2016). High-rise timber buildings as a climate change mitigation measure—A comparative LCA of structural sys-

- tem alternatives. *Energy Procedia*, 96, 112-123. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.112>
- Stepinac, M., Šušteršič, I., Gavrić, I., & Rajčić, V. (2020). Seismic design of timber buildings: Highlighted challenges and future trends. *Applied sciences*, 10(4), 1380. <https://doi.org/10.3390/app10041380>
- Sun, X., He, M., & Li, Z. (2020). Novel engineered wood and bamboo composites for structural applications: State-of-art of manufacturing technology and mechanical performance evaluation. *Construction and Building Materials*, 249, 118751. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118751>
- Takva, Y., Takva, C., & Goksen, F. (2023a). A Contemporary House Proposal: Structural Analysis of Wood and Steel Bungalows. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 13(3), 11032-11035. <https://doi.org/10.48084/etasr.5896>
- Takva, Y., Takva, Ç., & İlerisoy, Z. Y. (2023b). Effect of outrigger system in high-rise buildings on structural behavior and cost. *Revista de la construcción*, 22(2), 337-347. <http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.22.2.337>
- Tavşan, C., Tufan, A. Ş., & Tavşan, F. (2022). Ekolojik Malzeme Olan Ahşapla Yapılan Çok Katlı Yapılar. *Mimarlık ve Yaşam*, 7(1), 291-309. <https://doi.org/10.26835/my.1018854>
- Tupėnaitė, L., Žilėnaitė, V., Kanapeckienė, L., Sajjadian, S. M., Gečys, T., Sakalauskienė, L., & Naimavičienė, J. (2019). Multiple criteria assessment of high-rise timber buildings. *Engineering Structures and Technologies*, 11(3), 87-94. <https://doi.org/10.3846/est.2019.11952>
- Verhaegh, R., Vola, M., & de Jong, J. (2020). Haut-a 21-storey tall timber residential building. *International Journal of High-Rise Buildings*, 9(3), 213-220. <https://doi.org/10.21022/IJHRB.2020.9.3.213>
- Wagner, H. J., Alvarez, M., Groenewolt, A., & Menges, A. (2020). Towards digital automation flexibility in large-scale timber construction: integrative robotic prefabrication and co-design of the BUGA Wood Pavilion. *Construction Robotics*, 4(3), 187-204. <https://doi.org/10.1007/s41693-020-00038-5>
- Woschitz, R., & Zotter, J. (2017). High-rise timber building HoHo Vienna—The structural concept. *Österr. Ing. Archit. Z*, 162, 63-68.
- Xiao, S., Chen, C., Xia, Q., Liu, Y., Yao, Y., Chen, Q., ... & Hu, L. (2021). Lightweight, strong, moldable wood via cell wall engineering as a sustainable structural material. *Science*, 374(6566), 465-471. <https://doi.org/10.1126/science.abg9556>
- Zeit, A., Griffin, C. T., & Dusicka, P. (2019). Comparing the embodied carbon and energy of a mass timber structure system to typical steel and concrete alternatives for parking garages. *Energy and Buildings*, 199, 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.06.047>

