

Bina Yapım Sürecinin Çevresel Performans İlkeleriyle Planlanması

Buket Metin

İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

Giriş

Binalar yaşam döngülerinin her aşamasında çevre üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Kullanım sürecinde oluşan etkilerin azaltılması için çeşitli önlemler alınsa da; yapım, yenileme, söküm/yıkım süreçleri gibi diğer yaşam döngüsü aşamaları, tüm yaşam döngüsü içerisinde görece olarak daha kısa süre etkili olmaları gerekçesiyle, bu hedefin dışında bırakılabilmektedir. Ancak, binanın fiziksel olarak yaşam döngüsünün başladığı ilk aşama olan yapım süreci, doğal ve yapılı çevre üzerinde olumsuz etkilere sebep olan başlıca aşamalardan biridir. Pollo ve Rivotti (2004), bir yapının yaşam döngüsü içinde yapım sürecinin çevre üzerindeki görece etkisinin yaklaşık %15 oranında olduğunu ifade etmektedir. Türkiye’de gerçekleştirilen inşaat faaliyetleri, yeni ve ilave yapıların yüzölçümleri temelinde karşılaştırıldığında 2010-2014 yılları arasında bir önceki yıla göre ortalama olarak %22 oranında artış göstermiştir (TÜİK, 2015). Bu değişim oranı ve inşaat faaliyetlerinin yoğun bir şekilde kent merkezlerinde gerçekleştirildiği göz önüne alındığında, binaların çevresel etkilerinin yönetiminde yapım sürecinin de ele alınması gerektiği görülmektedir.

Yapım sürecinin birçok alt süreçten oluşan karmaşık yapısı, her yapım sürecinin

kendine özgülüğü, Türk inşaat sektörünün yapım sürecinin performansını süre, maliyet ve kalite ölçütleri ile ele alan konvansiyonel yapısı, sürecin çevresel yönetiminde kullanılabilecek sistematik bilginin eksikliği ve sektör paydaşlarının gerekli farkındalığa yeteri kadar sahip olmayışı, çevresel etkilerin yönetimi ile ilgili konuların yapım yönetim sürecine entegrasyonu konusunda karşılaşılan başlıca problemlerdir. Bu nedenle, yapım sürecinin çevresel performansının iyileştirilmesi için yönetilmesi gereken konuların ve izlenmesi gereken ilkelerin belirlenmesi Türk inşaat sektörü ile ilişkili ulusal literatüre katkısı açısından önemli olmaktadır.

Mevcut çalışmalar, yapım sürecinin çevresel etkilerinin belirlenmesinde ve çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılacak ilkelerin belirlenmesinde yol gösterici olmakla birlikte, sürecin planlanması ve çevresel performansın iyileştirilmesi için yapım sürecinin çevresel etkilerinin sebeplerini araştırmak ve nasıl kontrol edilebileceklerine dair öngörülerde bulunmak gerekmektedir. Bu amaçla, yapım sürecinin başlıca girdisi olan yapım teknolojilerinin analiz edilmesi önemli bir başlangıç olacaktır. Bilgi, araçlar ve yöntemler temel bileşenlerinden oluşan yapım teknolojisi seçenekleri ile sürecin çevresel etkileri arasında doğrudan bir

Öz

Yapım süreci, binanın çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin ortaya çıkmaya başladığı ilk bina yaşam döngüsü aşamasıdır. Bu nedenle, tasarım ve yapım planlama aşamalarında yapım sürecinin çevresel etkilerinin analiz edilmesi ve azaltılması için gerekli önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır. Ancak, yapım planlamanın temel ölçütleri olan süre, maliyet ve kalite ölçütlerine çevresel ölçütlerin de eklendiği yeni planlama modellerinin geliştirilmesi ve uygulanması, inşaat sektörü için zorlu bir inovasyon süreci gerektirmektedir. Bu yüzden, sürecin çevresel kaygılarla planlanması için gerekli olan temel ilkelerin ortaya konması ve Türk inşaat sektörü paydaşlarının bu konuda bilgilendirilmesi, bu yönde yapılacak çalışmaların ilk adımı olacaktır. Bu çalışmada, bina yapım sürecinin çevresel yönetimi için kullanılabilecek çevresel performans ilkeleri, yapım sürecinin girdilerini oluşturan yapım teknolojisi bileşenleri ile sürecin çevresel etkileri arasındaki ilişkiler ışığında ortaya konmuştur. İlk olarak, yapım teknolojisi bileşenleri olan bilgi, araçlar ve yöntemlere ilişkin seçenekler tanımlanmıştır. İkinci aşamada, yapım süreci çevresel performans ölçütleri kaynaklar, ekosistem kalitesi ve insan sağlığı konuları çerçevesinde belirlenmiştir. Daha sonra yapım teknolojileri bileşenleri ile çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur. Son olarak bu ilişkiler temelinde yapım sürecinin çevresel performansının planlanmasında kullanılabilecek temel ilkeler arazinin korunumu, yapım işlerinin kontrolü, sağlık ve güvenlik önlemleri, yapım atıkları yönetimi ve paydaşların eğitimi olarak belirlenmiştir.

Abstract

Environmental impacts of buildings initially arise with the construction process. Therefore, analyzing environmental impacts of building construction processes during design and construction planning phases is crucial to be able to take necessary measures. The development and employment of new construction planning models, which also considers environmental consequences in addition to cost, duration and quality criteria, require a difficult innovation process. Hence, defining basic principles for the environmental planning of the construction process and raise awareness within stakeholders of the Turkish construction industry to this subject is an important initiative. In this study, environmental performance principles for environmental management of building construction process are presented in consideration of the relationships between construction technology options and environmental impacts of the process. Firstly, construction technology components, which are information tools and methods, are classified. Then, environmental performance parameters of building construction process are defined within the scope of resources, ecosystem quality and human health issues. Finally, the relationships between construction technology components and environmental performance parameters are analyzed and environmental principles for construction planning are set forth as the preservation of site, controlling construction activities, health and security precautions, construction waste management and training of stakeholders..

Anahtar Kelimeler:

Bina yapım süreci, Çevresel performans, Yapım planlama, Yapım teknolojisi

ilişki bulunmaktadır. Bu çalışmada, bina yapım sürecinin çevresel yönetimi için kullanılabilecek çevresel performans ilkeleri, yapım sürecinin girdilerini oluşturan yapım teknolojisi bileşenleri ile sürecin çevresel etkileri arasındaki ilişkiler ışığında ortaya konmuştur. Bu amaçla ilk olarak yapım teknolojisi bileşenleri analiz edilmiş ve bilgi, araçlar ve yöntemlere ilişkin seçenekler sınıflandırılmıştır. Daha sonra çevresel performans ve ilişkili diğer kavramlar açıklanarak yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılacak ölçütler hiyerarşik bir düzende tanımlanmıştır. Son olarak, yapım teknolojisi bileşenleri arasındaki karar ilişkileri ve çevresel performans ölçütleri ile yapım teknolojileri bileşenleri arasındaki çevresel etki üzerinde rol oynayan ilişkiler tanımlanmış ve yapım sürecinin çevresel performansının planlanmasında kullanılabilecek temel ilkeler belirlenmiştir. Bu ilkelerin, yapım sürecinin çevre üzerindeki potansiyel olumsuz etkilerine karşı gerekli önlemlerin alınması için tasarım ve yapım planlama aşamalarında karar vericilere yol gösterici olması hedeflenmektedir.

Yapım Teknolojileri

Teknoloji, üretim süreci için gerekli bilgisel ve maddesel bileşenleri organize bir biçimde bir araya getiren ve girdi-çıkıtı ilişkisini etkileyen bir öğedir (*Utkutuğ, 1981*). Daha detaylı olarak ele alındığında, somut ya da soyut bir ürünün gerçekleştirilmesi için kullanılan bilgi, araçlar (*malzeme, ekipman, makine, iş gücü vb.*) ve yöntem (*süreç, eylem, teknik vb.*) olarak tanımlanmaktadır (*Edis, 2006*). *Yapım teknolojisi* kavramı, bina yapım süreci ile ilişkisi kapsamında yorumlandığında, bina yapım sürecinin gerçekleştirilmesi için gerekli *bilgi*; kullanılan *malzemeler, ekipman ve işgücü*; süreçte gerçekleştirilen *eylemler* ve uygulanan *yapım teknikleri* yapım teknolojilerinin başlıca bileşenlerini ve dolayısıyla bina yapım sürecinin girdilerini oluşturmaktadır (*Metin ve Tavil, 2014*).

Bilgi, gereksinimlere ve bakış açılarına bağlı olarak farklı formlara ve farklı anlamlara sahip bir kavramdır (*Floridi, 2010*). Yapım süreci bağlamında ele alındığında,

yapım planlama aşamasında ve yapım işlerinin gerçekleştirilmesi sırasında yapım teknolojilerine, yapım faaliyetlerinin süresine, malzemelere, maliyete, rakiplere ve sektörde yaratılmış olan etkiye ilişkin bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır (*Kanoğlu, 2010*).

Malzemeler, taşıyıcılık ve denge, sızdırmazlık, dayanıklılık, ısı performans, nem ve ses kesicilik, yangına dayanım, doğal aydınlatma/havalandırma, güvenlik ve görünüş gibi çevresel etmenleri ve kullanıcı gereksinimlerini karşılayacak özelliklere sahip, mekândaki işlevlere ve kullanıcı gereksinimlerine bağlı olarak çok çeşitli özelliklere sahip olabilen, kendi özellikleri oranında insan yaşamı için gerekli fiziksel ortamı sağlayan doğal veya yapay ürünlerdir (*Eriç, 1994; Rich ve Dean, 1999; Toydemir, Gürdal ve Tanaçan, 2000; Türkçü, 2004*). Eriç (1994), yapı malzemelerini üretim yöntemlerine ve kökenlerine göre sınıflandırırken; Toydemir ve diğerleri (2000), malzemeleri çevresel etmenlere ve kullanıcı gereksinimlerine bağlı olarak kendilerinden beklenen performans gerekliliklerini karşılama özelliklerine göre sınıflandırmıştır.

Ekipman, bir işin yapılmasında kullanılan herhangi bir makine, alet, tesis ve tesisat olarak tanımlanırken; kendinden hareketli veya bir başka araç vasıtasıyla hareket edebilen, yük kaldırmada kullanılan, kılavuzsuz yükleri kaldırmakta kullanılan ve yüksekte yapılan geçici işlerde kullanılan ekipmanlar olarak sınıflandırılmaktadır (*Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2013a*). Coşkun (2013), yapım sürecinde kullanılan ekipmanları kas gücü (*kol gücü*) ve enerji kaynağı ile çalışan aletler ve iş makineleri olarak sınıflandırırken; Chudley ve Greeno (1999), yapım sürecinde kullanılan ekipmanları, düşük enerjili ekipmanlar, hafriyat ekipmanları, taşıma ekipmanları, beton mikserleri ve pompaları ve iskeleler olarak sınıflandırmıştır.

İşgücü, başkasının hesabına vücut kuvvetini veya el uzluğunu kullanarak ücretle çalışan kimsedir (*Hasol, 2005*). Yapının herhangi bir dalında, özellikle toprak işlerinde çalışan ve yeri erbab işçi ile çırak arasında

olan işçi düz/niteliksiz/vasıfsız işçi; düz işçi ile usta yardımcısı arasında yer alan işçi ise erbap işçi olarak tanımlanmaktadır (Hasol, 2005). Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası (İNTES), inşaat sektöründe görev alan işgücünü temel olarak iş makinesi operatörleri, montaj grubu, kaynak grubu ve kalıp-demir-beton grubu olarak sınıflandırırken; daha özelleşmiş iş gücü alanlarını ahşap kalıpcı, betonarme demircisi, inşaat boyacısı, tünel kalıpcı, sıvacı, panel kalıpcı, betoncu, duvarcı, iş sağlığı ve güvenliği elemanı, seramik karo kaplamacısı, ısı yalıtımcısı, ses yalıtımcısı, su yalıtımcısı, yangın yalıtımcısı, iskele kurulum elemanı, alçı levha uygulayıcısı ve alçı sıva uygulayıcısı olarak tanımlamıştır (Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu, b.t.). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları'na göre işçilikler hiyerarşi ve uzmanlaşma ölçütlerine göre sınıflandırılmıştır ("Türkiye İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Kütüphanesi", 2014).

Yöntem, malzemeden ürüne geçiş aşaması olarak tanımlanan bina yapım sürecinde, sonuç ürünün ortaya çıkması için uygulanan ve yararlanılan eylemleri, süreçleri ve teknikleri kapsamaktadır (Chandler, 1987; Türkçü, 2004). **Yapım teknikleri,** temel olarak yapı yerinde hazırlanan sıva vb. malzemeler kullanılarak uygulanan ıslak birleşimler ve vida, cıvata gibi mekanik birleşim sağlayan bitmiş bağlantı malzemelerinin kullanıldığı kuru birleşimler olarak sınıflandırılmaktadır (Wachsmann, 1961). Coşkun (2013), yerinde yapım tekniklerini yüzeye püskürtme, yüzeye sürme ya da kalıp içine dökme eylemleri ile gerçekleştirilen yerinde biçim oluşturan malzeme ve sistemlerin uygulanması ve yüzeye serbest serme, yüzeye serbest dökme, iki eleman arasına dökme/doldurma, bağlantı malzemeleri ile birleştirme eylemleri ile gerçekleştirilen önceden biçim verilmiş malzeme ve sistemlerin uygulanması olmak üzere iki grup altında incelemiştir.

Çevresel Performans Ölçütleri

Çevresel performans, çevresel etkiler ve çevresel koşullar ile ilişkili olarak ortaya konan performans ve bir işletmenin çevresel koşullarının yönetiminin ölçüle-

bilir sonuçları olarak tanımlanmaktadır (BS EN ISO 14001, 2004; ISO 15392, 2008).

Çevresel etki, çevresel koşullardan dolayı açığa çıkan, çevre üzerinde kısmen ya da tamamen oluşan olumlu ya da olumsuz değişikliklerdir (ISO 15392, 2008). **Çevresel koşul** ise çevre üzerinde değişikliğe sebep olan, yaşam döngüsü ile ilişkili yapım işleri, bu işlerin bir bölümü, süreçler ya da hizmetler ile bir işletmenin çevre ile etkileşim halinde olan faaliyetleri, ürünleri ya da hizmetlerinin bir bölümü olarak tanımlanmaktadır (BS EN ISO 14001, 2004; ISO/TR 21932, 2013). Kaynakların kullanımı ile atık, koku, gürültü, ve toprağa, havaya ve suya zararlı maddelerin üretimi **çevresel yükler** olarak tanımlanırken, bu yükler çevresel etkiler ile doğrudan ilişkilidir (ISO/TS 21929-1, 2006). **Çevresel gösterge,** bir çevresel etki ile ilişkili sürdürülebilirlik göstergesi ve bir işletmenin çevresel performansı hakkında bilgi sağlayan; faaliyetlerin, yönetimin ya da koşulların mevcut durumunun ölçülebilir temsili olarak tanımlanmaktadır (BS EN ISO 14031, 2013; ISO/TS 21929-1, 2006). Bu açıklamalardan da görülebileceği üzere; bina yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilebilmesi için süreçle ilgili çevresel yüklerin, etkilerin, koşulların ve göstergelerin tanımlanması gerekmektedir. İnşaat sektöründe çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılan başlıca yaşam döngüsü değerlendirme araçları ve yöntemleri; yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri ve ulusal mevzuat ile bu alanda yapılmış önceki çalışmalar, çeşitli düzeylerde tanımlanmış ölçütler kapsamında değerlendirme yapmaktadır.

Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) yöntemi, bir ürün sisteminin yaşam döngüsü boyunca girdileri, çıktıları ve potansiyel çevresel etkilerine ilişkin verileri derlemek ve değerlendirmek için geliştirilen bir yöntemdir (BS EN ISO 14040, 2006). YDD yönteminin aşamalarından biri olan Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme (YDED) aşamasında, potansiyel çevresel etkilerin şiddetini ve değerini ölçmek ve anlamak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (BS EN ISO 14040, 2006). Bu yöntemler, çevresel etki kategorileri

Keywords:

Building construction process, Construction planning, Construction technology, Environmental performance

kapsamında çevresel etki değerlendirmesi yapmaktadır. Tablo 1’de bina bileşeni ve bina düzeyinde değerlendirme yapmak üzere geliştirilmiş ve yapım sürecine ilişkin değerlendirme yapan araçlar, ve bu araçlarda kullanılan YDED yöntemleri tarafından ele alınan çevresel etki kategorilerine ilişkin genel bir bilgi verilmektedir (Bayer, Gamble, Gentry ve Joshi, 2010). YDED yöntemleri ayrıntılı olarak incelendiğinde, orta nokta ve son nokta olmak üzere iki düzeyde tanımlanan çevresel etki kategorileri kapsamında değerlendirme yapıldığı, bazı yöntemlerin her iki düzeyde, bazılarının sadece son nokta düzeyinde değerlendirme yaptığı görülmektedir (European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, 2010). Bu yöntemlerden IMPACT 2002+ vQ2.2, çevresel etkileri orta nokta kategorileri ve zarar kategorileri olarak iki düzeyde ele almaktadır. Zarar kategorileri İnsan Sağlığı, Ekosistem Kalitesi, İklim Değişimi ve Kaynaklar olarak tanımlanırken, her bir zarar kategorisi çeşitli orta nokta kategorileri kapsamında değerlendirme yapılmaktadır (Humbert ve diğerleri, 2002). Zarar odaklı bir yöntem olan Eco-indicator 99’da, zarar kategorileri Kaynaklara Zarar, Ekosisteme Zarar ve İnsan Sağlığına Zarar olarak tanımlanmıştır. Kaynaklara Zarar kategorisinde, gelecekte mineral ve fosil yakıt kaynaklarının çıkarılması için gerekli olan artık enerji miktarının etkisi;

Ekosisteme Zarar kategorisinde, belli bir zamanda ve belli bir alanda türlerin kaybı; İnsan Sağlığına zarar kategorisinde ise çeşitli çevresel etkiler yüzünden ortaya çıkan hastalıkların miktarı ve süresi ile bu etkiler yüzünden zamanından önce hayatını kaybeden insanlar dolayısıyla yaşam süresinde meydana gelen azalmalar hesaplanmaktadır (Ministry of Housing, 2000). Su kaynaklarının çekilmesi, kaynağın bulunduğu bölgeye bağlı orta nokta ve son nokta düzeyinde değerlendirme yapan ReCiPe 2008, son nokta düzeyinde İnsan Sağlığına Zarar, Ekosistem Çeşitliliğine Zarar ve Kaynak Ulaşılabilirliğine Zarar kategorilerini kullanırken; her bir zarar kategorisi ile ilişkili çok sayıda orta nokta kategorisini içermektedir (Goedkoop ve diğerleri, 2013). Tablo 2’de bu yöntemlerin ele aldığı son nokta (zarar) kategorileri ile orta nokta kategorileri gösterilmektedir.

Yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri, binaları arazi seçimi, tasarım, yapım, kullanım, bakım, yenileme ve yıkım olarak tanımlanan tüm yaşam döngüsü aşamaları ile bir bütün olarak ele alan ve belirli çevresel amaçlara ve gereksinimlere göreli düzeylerde uygunluğu ya da bunlara bağlı performansı derecelendiren ya da ödüllendiren sistemlerdir (Vierra, 2014). Dünyada çok sayıda binanın değerlendirilmesinde kullanılmış en gelişmiş sistemler olarak kabul gören BREEAM (Building

Tablo: 1
Yapım sürecini değerlendiren Yaşam Döngüsü Değerlendirme araçlarında ele alınan çevresel etki kategorileri.

Araç	Yaşam Döngüsü Kapsamı	Çevresel Etki Kategorileri
ATHENA Impact Estimator	Yerinde Yapım (Enerji Kullanımı + İlgili Emisyonlar)	Asitleştirme Potansiyeli, Küresel Isınma Potansiyeli, İnsan Sağlığı Solunum Etkileri Potansiyeli, Ozon Tabakası İncelmesi Potansiyeli, Hava Kirliliği Potansiyeli, Suda Ötrofikasyon Potansiyeli, Toplam Fosil Enerji
ATHENA EcoCalculator	Bileşenlerin Yerinde Yapımı	Küresel Isınma Potansiyeli, Birincil Gömülü Enerji, Hava Kirliliği, Su Kirliliği, Ağırlıklandırılmış Kaynak Kullanımı
Eco-Quantum	Yapım	Sera Gazı Etkisi, Ekolojik Zehirlilik, İnsan Zehirliliği
EQUER	Yapım	İnorganik Kaynakların Tüketimi, Birincil Enerji Tüketimi, Su Tüketimi, Asitleştirme, Ötrofikasyon, Küresel Isınma, Radyoaktif Olmayan Atık, Radyoaktif Atık, Koku, Suda Zehirlilik, İnsanda Zehirlilik, Fotokimyasal Kirlilik
Envest	Yapım	İklim Değişimi, Fosil Yakıt Tüketimi, Ozon Tabakası İncelmesi, Nakliye, Havada İnsan Zehirliliği, Suda İnsan Zehirliliği, Atık Bertaraf, Su Çıkarımı, Asit Birikimi, Ekolojik Zehirlilik, Ötrofikasyon, Yaz Hava Kirliliği, Mineral Çıkarımı
LCAid	Yapım	Yaşam Döngüsü Sera Gazı Emisyonları, Yaşam Döngüsü Gömülü Enerji, Ozon Tabakası İncelmesi, Nitrataşma, Ağır Metaller, Asitleştirme, Yaz / Kış Hava Kirliliği, Kanserojenler, Katı Atıklar, Su Tüketimi, Birincil Fosiller
LISA	- Yapım Alanındaki Faaliyetler - Yapım	Kaynak Enerji Kullanımı, Sera Gazı Emisyonları, Asılı Partikül Madde, Metan Olmayan Uçucu Organik Bileşen, Su Tüketimi, Azot ve Kükürt Emisyonu

YDED Yöntemi	Son Nokta (Zarar) Kategorisi	Orta Nokta Kategorileri
IMPACT 2002+	İnsan Sağlığı	İnsanda Zehirlilik, Solunum Yolu Etkileri, İyonlaşmış Radyasyon, Ozon Tabakası İncelmesi, Fotokimyasal Kirleticiler, Su Türbinleri, Su Çekilmesi, Su Tüketimi
	Ekosistem Kalitesi	Ozon Tabakası İncelmesi, Fotokimyasal Kirleticiler, Suda Zehirlilik, Karada Zehirlilik, Suda Asitleşme, Karada Asitleşme, Arazi Kullanımı, Su Türbinleri, Su Çekilmesi, Su Tüketimi
	İklim Değişimi	Küresel Isınma
	Kaynaklar	Yenilenemeyen Enerji, Mineral Çıkarımı
Eco-indicator 99	Kaynaklara Zarar	Mineral Kaynakların Tüketilmesi, Fosil Kaynakların Tüketilmesi
	Ekosistemlere Zarar	Arazi Kullanımı, Arazi Geri Kazanımı, Asitleşme, Ötrofikasyon, Kirlilik
	İnsan Sağlığına Zarar	Kanserojenler, İklim Değişimi, İyonlaşmış Radyasyon, Ozon Tabakası İncelmesi, Solunum Yolu Etkileri
ReCiPe 2008	İnsan Sağlığına Zarar	Ozon Tabakası İncelmesi, İnsanda Zehirlilik, İyonlaşmış Radyasyon, Fotokimyasal Kirleticiler, Parçacıklı Madde Oluşumu, İklim Değişimi
	Ekosistem Çeşitliliğine Zarar	İklim Değişimi, Karada Zehirlilik, Karada Asitleşme, Tarım Arazisi Kullanımı, Kent Arazisi Kullanımı, Doğal Arazinin Dönüşümü, Suda Kirlilik, Suda Ötrofikasyon, İçme Suyunda Ötrofikasyon, İçme Suyunda Kirlilik
	Kaynak Ulaşılabilirliğine Zarar	Fosil Yakıt Tüketimi, Mineral Kaynak Tüketimi, Su Tüketimi

Research Establishment Environmental Assessment Method) ve LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), öne çıkan başlıca yeşil bina derecelendirme ve sertifikasyon sistemleridir (Erten, 2011).

Birleşik Krallık Yapı Araştırma Kurumu (BRE) tarafından yeni yapılar için geliştirilen BREEAM sertifikasyon sisteminde yapımların süreci, “Sorumlu Yapım Uygulamaları” kategorisinde ayrıntılı olarak ele alınmıştır (BRE, 2016). Bu kategoride aşağıda sıralanan konularda değerlendirme ölçütleri tanımlanmıştır:

- Yasal olarak hasat edilmiş ve tedarik edilmiş ahşap kullanımı
- Ulusal sağlık ve güvenlik mevzuatının uygulanması
- Yüklenicinin uluslararası standartlarca tasdik edilmiş çevresel yönetim sistemi kullanması ve kurumsal, yerel ya da ulusal sorumlu yapımların planlarına ilişkin gereklilikleri yerine getirmesi
- “Sürdürülebilirlik Destekleyicisi” adı verilen ve sürdürülebilir yapımların yapıları çevre ve değerlendirme üzerine önerilerde bulunmak için eğitilmiş kişiler tarafından yapımların sürecinin her aşamasının izlenmesi ve kayıt altına alınması
- Şantiye temizliği, şantiye tesisleri, güvenlik gibi konulara odaklanan sorumlu yapımlar prensiplerinin yapımlar

süreci boyunca uygulanması

- Şantiyede kullanılan iş makineleri ve ekipmanları ile şantiye binalarından kaynaklı enerji ve su tüketimlerinin izlenmesi ve kayıt altına alınması
- Yapı malzemeleri ile yapımların atıklarının nakliyesi ve atıkların toplanması için gerekli planlamaların yapılması, nakliye süreçlerinden kaynaklanan karbon emisyonlarının raporlanması
- Yerel halk üzerindeki gürültü ve titreşim etkisini azaltacak önlemlerin alınması
- Şantiye içinde ve yerel halk üzerinde toz ve hava kirliliğinin önlenmesi
- Yerinde yapımlar işlerinden kaynaklı su kirliliğinin önlenmesi
- Tehlikeli malzemelerin yerel su kaynaklarını kirliletmesinin önlenmesi.

Amerikan Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından geliştirilen LEED’in, yeni yapımlar ve kapsamlı yenileme projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan versiyonunda, yapımların süreci için tanımlanmış özel bir alt kategori bulunmamakla birlikte Sürdürülebilir Alanlar, Malzemeler ve Kaynaklar ve İç Hava Kalitesi kategorilerinde yapımların süreci ile ilişkili çeşitli ölçütlere yer verilmiştir (USGBC, 2014). Bu ölçütlere ilişkin koşullar ve amaçlar Tablo 3’te gösterilmektedir.

Tablo 2
Çeşitli Yaşam Döngüsü Etkisi Değerlendirme yöntemlerinde ele alınan son nokta (zarar) ve orta nokta kategorileri.

Kategori	Koşul	Amaç
Sürdürülebilir Alanlar	Yapım İşlerine Bağlı Kirliliği Önleme	Toprak aşınması, su yolları çökeltileri ve asılı toz üretiminin kontrolü ile yapım işlerinden kaynaklı kirliliği azaltma
Malzemeler ve Kaynaklar	Yerel Malzemeler	Hammadde elde edilmesi ve üretim süreçleri yapım alanının yer aldığı bölgede gerçekleştirilen yapı malzemeleri ve ürünlerine olan talebin artırılması ile yerel kaynakların kullanımının desteklenmesi ve nakliye süreçlerinden kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılması
	Yapım Atıkları Yönetimi	İnşaat ve yıkım atıklarının atık gömme alanlarında ya da yakılarak imha edilmesinin önlenmesi, yeniden kullanılabilir malzemelerin uygun yapım alanlarına ve geri dönüşüme uygun kaynakların üretim süreçlerine yönlendirilmesi
İç Hava Kalitesi	Yapım İç Hava Kalitesi Yönetimi Planı - Yapım Süreci	Yapım ya da yenileme süreçlerinden kaynaklanan iç hava kalitesi problemlerinin azaltılması ile işçiler ve bina sakinlerinin konfor ve refahlarının artırılması
	Düşük Yayımlı Malzemeler	Kokuya sebep olan, rahatsızlık veren, işçiler ve bina sakinlerinin konfor ve refahları için tehlike oluşturan iç hava kirlleticilerinin miktarının azaltılması

Tablo: 3

LEED sertifikasında yer alan yapım süreci ile ilişkili ölçütler.

Yapım sürecinin çevresel etkileri, önceki araştırmalarda, çeşitli düzeylerde ve kapsamlarda ele alınmıştır. Pollo ve Rivotti (2004), bina yapım ve bakım-onarım süreçlerinde gerçekleştirilen işler kapsamında yerinde yapım sürecinin çevresel etkilerini başlıca yapım süreci girdileri olan makine kullanımı, yakıt tüketimi, malzeme yükleme-boşaltma süreleri ve işçi çalışma sürelerine ilişkin yerinde yapılan ölçümlerle elde edilen sayısal veriler kapsamında değerlendirmişlerdir. Z. Chen, Li ve Wong (2005), yapım planlama aşamasında çevreye duyarlı yapım planlarının seçilmesine olanak sağlayacak süre, maliyet, kalite ve güvenlik ölçütleri ile birlikte çevresel faktörlerin etkisini de ele alan bir karar destek modeli geliştirmişlerdir. Shen, Lu, Yao ve Wu (2005), yapım süreci boyunca açığa çıkan çevresel etkilerin analiz edilmesi ve bina yapım faaliyetlerinin çevresel performansını ölçmek için yüklenicinin çevresel performans puanının hesaplanmasında kullanılacak enformasyon teknolojileri tabanlı bir yöntem geliştirmişlerdir. Bilec ve diğerleri (2006), yapım sürecinin çevresel etkilerini değerlendirmek için, yapımdaki çevresel etki süreçlerini ulaşım, ekipman, yapıya ilişkin servis sektörleri (mimarlık ve mühendislik hizmetleri, gayrimenkul geliştirme acenteleri, sigorta şirketleri, bankalar vb.), ekipmanların üretimi ve bakımı, yapım alanında elektrik ve su tüketimi olarak tanımladıkları karma bir yaşam döngüsü değerlendirme yaklaşımı önermişlerdir. Guggemos ve Horvath (2006), tasarımcıların ve inşaat sektörü aktörlerinin, ticari

binaların yapım aşamasında açığa çıkan enerji tüketimi, emisyonlar ve atık üretimi oranlarını hesaplamada kullanabilecekleri bir model geliştirmişlerdir. Gangoells ve diğerleri (2009), yapım faaliyetlerinin olumsuz çevresel etkilerinin ve çevresel performansının ölçülmesi yoluyla, yapım projelerinin yapım planlama aşamasında değerlendirilmesi için nicel bir yöntem geliştirmişlerdir. Y. Chen, Okudan ve Riley (2010), tasarımın erken aşamalarında tasarım ekibi üyelerinin betonarme binalar için uygun yapım yöntemi seçiminde kullanabilecekleri, bütünsel sürdürülebilir performans ölçütlerini tanımlamışlardır. Li, Zhu ve Zhang (2010), tipik bir yapım sürecinin iki önemli bileşeni olan yapım ekipmanları ve yardımcı ekipmanlar kapsamında yapım sürecinin çevresel etkilerini araştıran bütünsel bir yaşam döngüsü çevresel etki değerlendirme modeli geliştirmişlerdir. Waris, Shahir Liew, Khamidi ve Idrus (2014), yerinde yapım sürecinde kullanılan ekipmanların ve makinelerin sürdürülebilirlik temelinde seçilmesine olanak sağlayacak seçim ölçütlerini belirleyerek bir değerlendirme modeli geliştirmişlerdir. Zou ve Moon (2014), yapım işlerinin çevresel performansının ölçülmesi, izlenmesi ve geliştirilmesi için yerinde yapım sürecine odaklanan hiyerarşik bir değerlendirme modeli önermişlerdir. Dong ve Ng (2015), yerinde yapım işlerinin çevresel performansının değerlendirilmesi için karar vericiler tarafından kullanılabilir; enerji, malzeme, ekipman ve işgücü konularına odaklanan

ve orta nokta ve son nokta düzeyinde değerlendirme yapmaya olanak sağlayan YDD temelli bir model geliştirmişlerdir. Tablo 4'te bu araştırmalarda kullanılan yapım süreci çevresel performans değerlendirme ölçütleri gösterilmektedir.

Türkiye'de yürürlükte olan yapım süreci ile ilgili yönetmelikler, özellikle yapım sürecinde insan sağlığı ve güvenliği ile ilişkilendirilebilecek konulara odaklanmaktadır. Bu yönetmeliklerin en kapsamlısı, diğer yönetmeliklere de atıflarda bulunan "Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği" yönetmeliğidir. Bu yönetmelikte proje sorumlusu, işverenler ve diğer paydaşların sorumlulukları; sağlık ve güvenlik planları ile sağlık ve güvenlik koordinatörlerinin görevlendirilmesi ve yapı işlerinin gerçekleştirildiği alanlarda kullanılan makine, araç, ekipman, malzeme ile bunların çalışma yöntemlerine ilişkin açıklamalar yer almaktadır

(Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2013b).

"İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği", iş yerinde iş ekipmanlarının kullanımına ilişkin sağlık ve güvenlik önlemlerini ele almaktadır (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2013a). Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, çalışanların gürültüye maruz kalmaları sonucu oluşabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden, özellikle işitme ile ilgili risklerden korunmaları için

(Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2013c);

Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, çalışanların mekanik titreşime maruz kalmaları sonucu oluşabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden korunmalarını sağlamak için asgari gereklilikleri belirlemektedir (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2013d).

Her iki yönetmelik de iş ekipmanları ile ilgili ortaya konan çeşitli koşullar içer-

Tablo: 4
Önceki araştırmalarda kullanılan çevresel performans değerlendirme ölçütleri.

Araştırmacı	Çevresel Performans Ölçütleri
Pollo ve Rivotti (2004)	Enerji tüketimi, Ham madde tüketimi, Atmosferik emisyonlar, Suya emisyonlar, Toprağa emisyonlar, Atık malzeme üretimi
Z. Chen ve diğerleri (2005)	Elektrik tüketimi, Fosil yakıt tüketimi, Su tüketimi, Atık su arıtımı, Atık su yeniden kullanımı, Malzeme işletilebilirliği, Malzeme dayanıklılığı, Paketleme malzemesi geri dönüşüm oranı, Üretici malzeme kullanım oranı, Atık üretim oranı, Atık yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranı, Çalışanların maruz kaldığı sağlık ve güvenlik riskleri
Shen ve diğerleri (2005)	Ekoloji etkisi, Zehirleyici madde üretimi, Atık üretimi, Hava kirliliği, Arazi kirliliği, Su kirliliği, Gürültü kirliliği, Hammadde elde edilmesi, Malzeme üretimi için gerekli enerji, Nakliye kaynakları, Yapım alanındaki enerji tüketimi, Malzeme geri dönüşümü, Kaynakların ve malzemelerin yeninde kullanımı, Enerji kazanımı, Kamu sağlığı etkisi, Kamu güvenliği, Kamu imajı, Yapım alanı hijyen koşulları, Eğitim koşulları, Güvenlik önlemleri
Bilec ve diğerleri (2006)	Nakliye etkileri, Yapım ekipmanları kaynakları fosil yakıt tüketimi, Fosil yakıt kullanımı kaynaklı emisyonlar, Yapım ekipmanı üretim ve bakım süreçlerinin etkileri, Yapım alanında elektrik tüketimi, Yapım alanında su tüketimi
Guggemos ve Horvath (2006)	Malzeme tüketimi, Enerji tüketimi, Atık üretimi, Emisyonlar
Gangoellis ve diğerleri (2009)	Atmosferik emisyonlar, Suya emisyonlar, Atıkların geri dönüşüm, yeniden kullanım ve nakliye etkileri, Arazi kullanımı, Toprak kirliliği, Doğal kaynak kullanımı, Hammadde tüketimi, Gürültü oluşumu, Titreşim oluşumu, Koku/toz oluşumu, Ulaşım etkileri, Çevresel kaza riskleri ve olası acil durumlar, Biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkiler
Y. Chen ve diğerleri (2010)	Arazi parçalanması, Geri dönüştürülebilir / yenilenebilir / yeniden kullanılabilir malzemeler, Enerji etkinlik, Malzeme kullanımı, Tasarım ve yapımda enerji tüketimi, Atık üretimi, Kirlilik oluşumu, Su tüketimi
Li ve diğerleri (2010)	Küresel ısınma, Ozon tabakası tüketimi, Asitleşme, Ötrofikasyon, Havada asılı kalan parçacıklar, Yapım atıkları, Fotokimyasal duman, Suda zehirlilik, Suda asılı kalan maddeler, Su tüketimi, Fosil yakıt tüketimi, Ahşap kullanımı, Demir / Alüminyum / Manganez / Kireç taşı kullanımı
Waris ve diğerleri (2014)	Enerji tasarrufu, Parçacıklı madde miktarı, Sera gazı emisyonları, Yağ sızıntısı kontrolü, Fosil yakıt tüketimi, Gürültü kontrolü, Çevresel mevzuata uygunluk, Titreşim kontrolü, Sürdürülebilir yakıt kaynaklarının kullanımı, Geri dönüşümlü ve hidrolik yağların kullanılması
Zou ve Moon (2014)	Gürültü kontrolü, Titreşim, Hava kalitesi, Arazi kullanımı, Su, Atık yönetimi, Kaynak tüketimi, Enerji etkinlik, İşçi sağlığı ve güvenliği, Diğer etkiler
Dong ve Ng (2015)	İnsan Sağlığı (İklim değişimi insan sağlığı etkisi, Ozon tabakası tüketimi, İnsanda Zehirlilik, Fotokimyasal oksidan oluşumu, Parçacıklı madde oluşumu, İyonlaşmış Radyasyon); Ekosistem türleri (İklim değişimi ekosistem etkisi, Karada asitleşme, İçme suyunda ötrofikasyon, Karada zehirlilik, İçme suyunda zehirlilik, Denizde zehirlilik, Tarım arazisi kullanımı, Kent arazisi kullanımı, Doğal arazi dönüşümü); Kaynaklar (Metal tüketimi, Fosil tüketimi)

mektedir. Tozla Mücadele Yönetmeliği, çalışanların yaptıkları işlerden dolayı toza maruz kalabileceği işyerlerinde uygulanması zorunlu yönetmeliklerden biridir (*Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2013e*). “Atık Yönetimi Yönetmeliği”, atıkların oluşumundan bertarafına kadar olan tüm süreçlerin çevre ve insan sağlığı gözetilerek yönetimi; atık oluşumunun azaltılması; yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım yöntemleri ile kaynak kullanımının azaltılması; ürünlerin çevre ve insan sağlığı açısından temel özelliklere ve belirli ölçütlere sahip olarak üretimi ile piyasa gözetimi ve denetimine ilişkin esasları içermektedir (*Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015*). Bu yönetmelikte yapı alanı ve yapım işleri ile ilgili atık yönetimi planlarında ele alınması gereken başlıca atıklar boyalar, vernikler, sırlanmış malzemeler, yapışkanlar ve yalıtıcıların kullanımından kaynaklanan atıklar; ısıtma işlemlerinden kaynaklanan atıklar; metallerin ve plastiklerin şekillendirilmesinden kaynaklanan atıklar; ambalaj atıkları; tehlikeli ve tehlikeli olmayan inşaat ve yıkım atıkları olarak tanımlanmıştır.

Yöntem

Bina yapım sürecinin çevresel performansının planlanmasında kullanılacak ilkeler, yapım teknolojileri bileşenleri ile çevresel performans ölçütleri arasındaki

ilişkiler temel alınarak ortaya konmuştur. Bu amaçla, mevcut literatür temel alınarak bina yapım sürecini ele alan yapım teknolojileri sınıflandırması geliştirilmiş; bina yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılacak ölçütler belirlenmiş ve bu ikisi arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir.

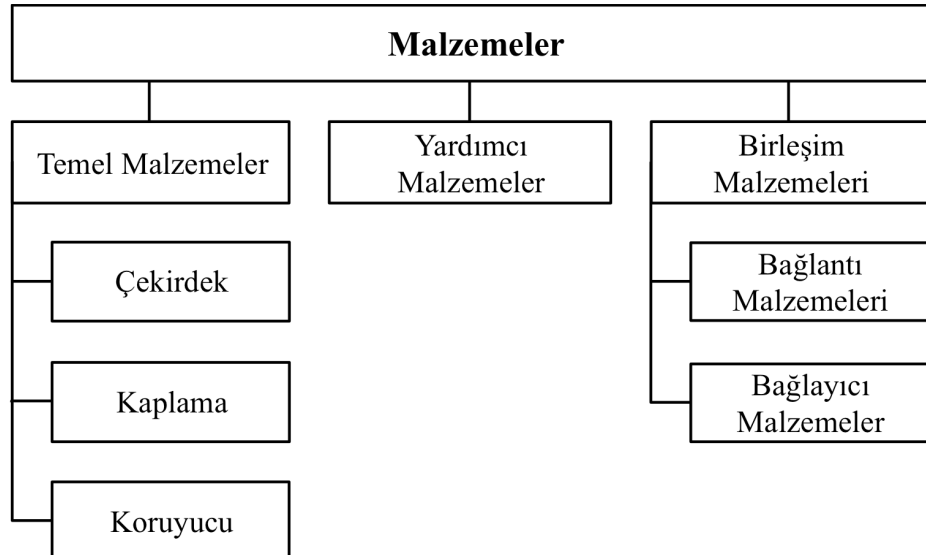
Yapım Teknolojilerinin Sınıflandırılması

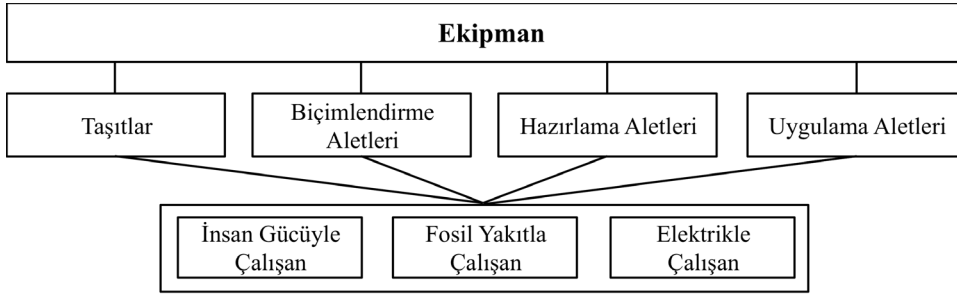
Çalışma kapsamında yapım teknolojisi bileşenleri olan bilgi, araçlar ve yöntemlere ilişkin seçenekler, bina yapım süreci göz önünde bulundurularak ele alınmış ve sınıflandırılmıştır.

Yapım sürecinin her aşamasında yüklenicilerin ve alt yüklenicilerin yapım projesine ilişkin ihtiyaç duyacağı sistematik bilgi, temel olarak bina yasa ve yönetmelikleri; uluslararası, bölgesel ve ulusal standartlar; ürün değerlendirme ve onama belgeleri/raporları; çeşitli araştırma raporları; kitaplar/kitapçıklar; süreli yayınlar; kataloglar; standart şartnameler ve yüklenicinin tamamlanmış işlerine ait dokümanlardan elde edilebilmektedir (*Edis, 2006*).

Araçlar, bina yapım sürecinde kullanılan malzemeler, ekipman ve işgücünü temsil etmektedir. Bu çalışmada malzemeler, bir elemanı oluştururken üstlendikleri görevlere göre temel malzemeler, yardımcı malzemeler ve birleşim malzemeleri olarak sınıflandırılmıştır (*Şekil 1*). Temel

Şekil: 1
Malzeme sınıflandırması.





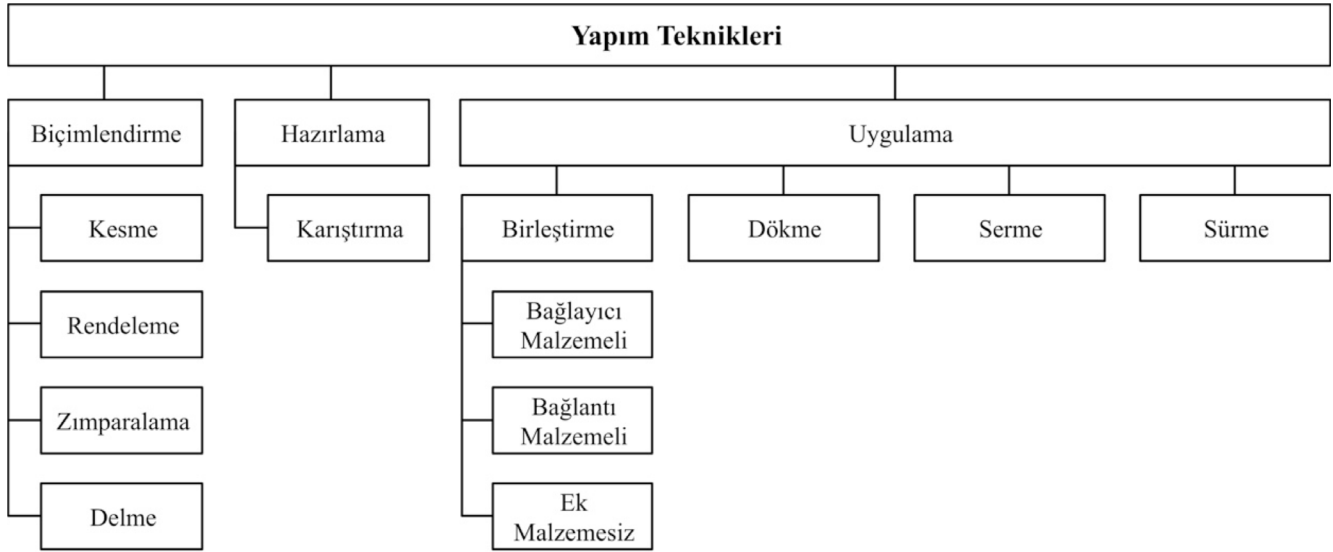
Şekil: 2
Malzeme sınıflandırması.

malzemeler, bir eleman bünyesinde taşıyıcılık ile ilgili gereksinimi yerine getiren çekirdek ya da gövde malzemeleri; bulunduğu yapı bölümüne göre çeşitli performans gereksinimleri ile birlikte görsel ihtiyaçları da karşılayan kaplama malzemeleri ve ısı, su, nem ve yangın yalıtımı gibi performans gereksinimlerini yerine getiren koruyucu malzemeler olarak sınıflandırılmıştır. Yardımcı malzemeler, bir sistemin bitişi ya da tamamlanması için gerekli olan çeşitli profiller, sızdırmazlık malzemeleri vb. ürünleri ifade ederken; birleşim malzemeleri temel ve yardımcı malzemelerin bir araya getirilmesi için kullanılan bağlantı malzemeleri (*çivi, vida vb.*) ile bağlayıcı malzemelerdir (*harç, yapıştırıcı vb.*).

Ekipmanlar kullanım amaçlarına ve kullanım sırasında gerekli olan güç kaynağına göre sınıflandırılmıştır (Şekil 2). Kullanım amaçlarına göre malzemelerin yapım alanı içinde taşınmasında kullanılan taşıtlar, malzemelerin yapım alanında biçimlendirilmesi için kullanılan biçimlendirme aletleri, malzemelerin yapım için hazırlanmasında kullanılan hazırlama aletleri ve uygulama sırasında kullanılan uygulama aletleri olarak sınıflandırılırken; tüm taşıtlar ve aletler kullanım sırasında gerekli olan güç kaynağına göre insan gücüyle, fosil yakıtla ve elektrikle çalışan taşıtlar ve aletler olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma kapsamında işgücü, özellikle uzmanlaşma düzeyi göz önünde bulundurularak ele alınmıştır.

Yapım sürecinde kullanılan yöntemler, süreçte gerçekleştirilen eylemler, alt süreçler ve kullanılan yapım teknikleri kapsamında sınıflandırılmıştır. Başlıca eylemler Taşıma, Biçimlendirme,

Hazırlama ve Uygulama olarak tanımlanmış; bu eylemlerin gerçekleştirildiği aşamalar yapım sürecinin alt aşamaları olarak ele alınmıştır. Taşıma, malzemelerin yapım alanı içinde taşınmasını; Biçimlendirme, malzemelere yapım yerinde biçim verilmesini; Hazırlama, özellikle bağlayıcı malzemelerin yapım yerinde uygulama için hazırlanmasını ve Uygulama, malzemelerin bir sistemi oluşturmak üzere bir araya getirilmesinde takip edilen aşamaları ifade etmektedir. Çalışma kapsamında geliştirilen yapım teknikleri sınıflandırması, bu aşamalar ve eylemler temel alınarak malzemelerin yapım alanında biçimlendirilmesi ve hazırlanması için kullanılan teknikler ve uygulama teknikleri olarak ortaya konmuştur (Şekil 3). Biçimlendirme, malzemelerin yapım alanında kesme, rendeleme, zımparalama ve delme gibi ek işlemler kullanılarak yeniden biçimlendirilmesi işlerini kapsamaktadır. Hazırlama, yerinde hazırlanan bağlayıcı malzemelerin karıştırma eylemi ile uygulama için hazırlanması sürecini ifade etmektedir. Uygulama tekniklerinden birleştirme, malzemelerin hazır ya da yerinde hazırlanan bağlayıcı malzemeler ile ıslak birleşim tekniğiyle ya da vida, civata vb. bağlantı malzemeleri ile mekanik birleşim tekniğiyle uygulanmasını; ek malzemesiz birleşim kenetleme, geçmeli birleşim, kaynak, lehim ve ateş kaynağı gibi teknikler kullanılarak uygulanmasını kapsamaktadır. Dökme, sıvı kıvamlı malzemelerin bir kalıp içine dökülerek uygulanmasını; serme, katı formdaki malzemelerin bir yüzey üzerine serbest olarak yerleştirilmesini; sürme ise sıvı kıvamlı malzemelerin bir yüzeye sürülerek uygulanmasını ifade etmektedir.



Şekil: 3
Yapım teknikleri sınıflandırması.

Çevresel Performans Ölçütlerinin Belirlenmesi.

Çalışma kapsamında, bina yapım sürecinin çevresel performansını belirleyen ölçütler yaşam döngüsü değerlendirme araçları ve yöntemleri, yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri, bu alanda yapılmış önceki araştırmalar ve ulusal mevzuat temel alınarak Çevresel Zarar Kategorileri, Çevresel Koşullar ve onlarla ilişkili Çevresel Göstergeler olmak üzere üç düzeyde ortaya konmuştur (Tablo 5).

Başlıca Çevresel Zarar Kategorileri, YDD yöntemlerinde de ele alındığı şekliyle Kaynaklar, Ekosistem Kalitesi ve İnsan Sağlığı olarak tanımlanmıştır. Çevresel Koşullar ve ilişkili Çevresel Göstergeler, yapım teknolojileri ile ilişkileri kapsamında, mevcut literatür temel alınarak belirlenmiştir. Kaynaklar zarar kategorisi, yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji

tüketimi ile; Ekosistem zarar kategorisi doğal kaynaklara ve ekosistem servislerine zarar ile; İnsan Sağlığı zarar kategorisi ise yapım alanında çalışanlar üzerinde etkili olabilecek sağlık problemleri ile ilişkisi kapsamında ele alınmış ve ilgili Çevresel Göstergeler belirlenmiştir (Tablo 5). Çevresel Performans Ölçütlerinin belirlenmesinde yararlanılan referans kaynaklar, Çevresel Göstergeler ile ilişkileri kapsamında Tablo 6'da gösterilmektedir.

ÇK1 Yenilenemeyen Enerji Tüketimi, doğada yenilenemeyecek sabit bir miktarda bulunan ve elde edilmesi sırasında olumsuz etkiler açığa çıkan fosil yakıt kaynakları ile ilişkilidir. Bu nedenle, ÇG1 Fosil Yakıt Tüketimi bu çevresel koşulun göstergesi olarak tanımlanmıştır.

ÇK2 Yenilenebilir Enerji Tüketimi, yenilenebilir ya da yetiştirilebilir kaynaklarla ilgili olmakla birlikte, yapım

Tablo: 5
Yapım süreci çevresel performans ölçütleri.

Çevresel Zarar Kategorileri (ÇZ)	Çevresel Koşullar (ÇK)	Çevresel Göstergeler (ÇG)
ÇZ1 Kaynaklar	ÇK1 Yenilenemeyen Enerji Tüketimi	ÇG1 Fosil Yakıt Tüketimi
	ÇK2 Yenilenebilir Enerji Tüketimi	ÇG2 Elektrik Tüketimi
	ÇK3 Doğal Kaynaklara Zarar	ÇG3 Su Tüketimi
ÇZ2 Ekosistem Kalitesi	ÇK4 Habitat Parçalanması	ÇG4 Arazi Kullanımı
	ÇK5 Karada Zehirlilik	ÇG5 Atık Oluşumu
	ÇK6 Suda Zehirlilik	
ÇZ3 İnsan Sağlığı	ÇK7 Solumum Yolları Hasarları	ÇG6 Toz/Uçucu Gaz Oluşumu
	ÇK8 İşitsel Problemler	ÇG7 Gürültü Oluşumu
	ÇK9 İskelet/Kas Sistemi Hasarları	ÇG8 Titreşim Oluşumu

Çevresel Göstergeler (ÇG)	Uluslararası Standartlar	YDD Araçları ve Yöntemleri	Yeşil Bina Sertifika Sistemleri	Ulusal Mevzuat	Önceki Araştırmalar
ÇG1 Fosil Yakıt Tüketimi	ISO 21931-1 ISO/DIS21930 BS EN ISO 14001	ATHENA Impact Estimator, ATHENA EcoCalculator, Envest, LCAid, LISA, IMPACT 2002+, Eco-indicator 99, ReCiPe 2008	BREEAM	-	Pollo ve Rivotti (2004), Z. Chen ve diğerleri (2005), Shen ve diğerleri (2005), Bilec ve diğerleri (2006), Guggemos ve Horvath (2006), Y. Chen ve diğerleri (2010), Li ve diğerleri (2010), Waris ve diğerleri (2014), Zou ve Moon (2014)
ÇG2 Elektrik Tüketimi	ISO 21931-1 ISO/DIS21930 BS EN ISO 14001	-	BREEAM	-	Pollo ve Rivotti (2004), Z. Chen ve diğerleri (2005), Shen ve diğerleri (2005), Bilec ve diğerleri (2006), Guggemos ve Horvath (2006), Y. Chen ve diğerleri (2010), Waris ve diğerleri (2014), Zou ve Moon (2014)
ÇG3 Su Tüketimi	ISO 21931-1 ISO/DIS21930 BS EN ISO 14001	ATHENA Impact Estimator, Envest, LCAid, LISA, IMPACT 2002+, ReCiPe 2008	BREEAM	-	Chen ve diğerleri (2005), Bilec ve diğerleri (2006), Gangolels ve diğerleri (2009), Y. Chen ve diğerleri (2010), Li ve diğerleri (2010), Zou ve Moon (2014)
ÇG4 Arazi Kullanımı	-	-	BREEAM LEED	-	Kibert (2007), Sev (2009)
ÇG5 Atık Oluşumu	ISO 21931-1 ISO/DIS21930 BS EN ISO 14001 BS EN ISO 14031	ATHENA Impact Estimator, ATHENA EcoCalculator, Eco-Quantum, Envest, LCAid, IMPACT 2002+, Eco-indicator 99, ReCiPe 2008	BREEAM LEED	Atık Yönetimi Yönetme-liği	Pollo ve Rivotti (2004), Z. Chen ve diğerleri (2005), Shen ve diğerleri (2005), Guggemos ve Horvath (2006), Y. Chen ve diğerleri (2010), Li ve diğerleri (2010), Zou ve Moon (2014)
ÇG6 Toz/Uçucu Gaz Oluşumu	ISO/DIS21930 BS EN ISO 14001 BS EN ISO 14031	ATHENA Impact Estimator, Eco-Quantum, Envest, LCAid, LISA, IMPACT 2002+, Eco-indicator 99, ReCiPe 2008	LEED	Tozla Mücadele Yönetme-liği	Pollo ve Rivotti (2004), Shen ve diğerleri (2005), Guggemos ve Horvath (2006), Gangolels ve diğerleri (2009), Li ve diğerleri (2010), Waris ve diğerleri (2014), Zou ve Moon (2014)
ÇG7 Gürültü Oluşumu	ISO 21931-1	-	BREEAM	Çalışanların Gürültü ile İlgili Risk-lerden Korunma-larına Dair Yönetme-lik	Shen ve diğerleri (2005), Gangolels ve diğerleri (2009), Waris ve diğerleri (2014), Zou ve Moon (2014)
ÇG8 Titreşim Oluşumu	-	-	BREEAM	Çalışanların Gürültü ile İlgili Risk-lerden Korunma-larına Dair Yönetme-lik	Gangolels ve diğerleri (2009), Waris ve diğerleri (2014), Zou ve Moon (2014)

sürecinde kullanılan bu kaynaklardan elektrik enerjisi üretim sırasında kullanılan enerji kaynağının türüne bağlı olarak, sera gazı emisyonların sebep olmaktadır. Bu nedenle, ÇG2 Elektrik Tüketimi bu çevresel koşulun göstergesi olarak tanımlanmıştır.

ÇK3 Doğal Kaynaklara Zarar, ekosistem kalitesi ile ilişkilidir ve belirli bir alanda,

belirli bir zaman boyunca ekosistem servislerine verilen zararı ifade etmektedir. Yapım sürecinde yerinde uygulamalar sırasında kullanılan su miktarı, doğal kaynaklar ve ekosistem kalitesi üzerinde oluşan yükler dolayısıyla önem kazanmaktadır. Bu nedenle, ÇG3 Su Tüketimi bu çevresel koşulun göstergesi olarak tanımlanmıştır.

Tablo: 6
Çevresel performans ölçütlerinin belirlenmesinde yararlanılan referans kaynaklar.

ÇK4 Habitat Parçalanması, belirli bir alanda, belirli bir zamanda var olan ve bir ekosistemin parçası olan çeşitli bitki türlerinin zarar görmesi ile ilişkilidir. Bir arazideki bitki türlerinin yapım işleri dolayısıyla kısmen ya da tamamen zarar görmesi, habitat parçalanmalarına yol açmaktadır. Bu nedenle, ÇG4 Arazi Kullanımı bu çevresel koşulun göstergesi olarak tanımlanmıştır.

ÇK5 Karasal Zehirlilik ve ÇK6 Suda Zehirlilik, toprağa ve suya zararlı maddelerin karışması ile ekosistem kalitesi üzerinde açığa çıkan çevresel yükleri ifade etmektedir. Yapım süresince açığa çıkan malzeme ambalajları ve fireleri, bu etkilere sebep olan başlıca katı atıklardır. Bu nedenle, ÇG5 Katı Atık Oluşumu bu çevresel koşulların ortak göstergesi olarak tanımlanmıştır.

ÇK7 Solunum Yolları Hasarları, havaya yayılmış, zararlı inorganik bileşenlere maruz kalma sonucunda açığa çıkmaktadır. Yapım ortaya çıkan tozun etkilerinden korunumun sağlanması ve tozdan kaynaklı ortaya çıkabilecek risklerin önlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, ÇG6 Toz / Uçucu Gaz Oluşumu bu çevresel koşulun göstergesi olarak tanımlanmıştır.

ÇK8 İşitsel Problemler, yapım işleri sırasında açığa çıkan gürültü ve çalışanların bu gürültüden kaynaklanan sağlık problemlerinden korunması ile ilişkilidir. Bu nedenle, ÇG7 Gürültü Oluşumu bu çevresel koşulun göstergesi olarak tanımlanmıştır.

ÇK9 İskelet / Kas Sistemi Hasarları, yapım işleri sırasında oluşan titreşim ve bu titreşimden kaynaklı sağlık problemleri ile ilişkilidir. Bu nedenle, ÇG8 Titreşim Oluşumu bu çevresel koşulun göstergesi olarak tanımlanmıştır.

Çevresel Performans Ölçütleri ve Yapım Teknolojileri Arasındaki İlişkilerin Analiz Edilmesi

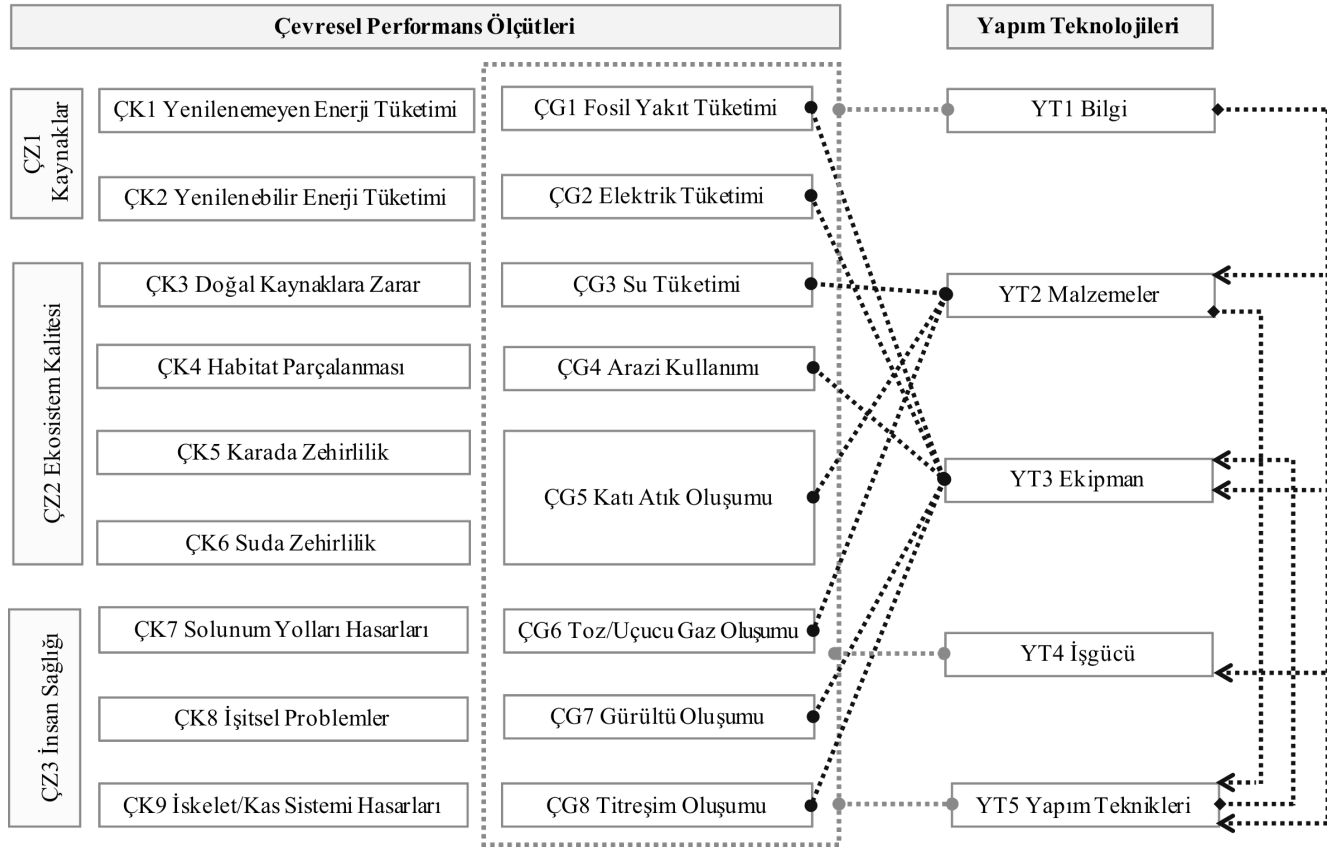
Çevresel Performans Ölçütleri ve Yapım Teknolojileri Bileşenleri arasındaki ilişkiler, yapım sürecinin planlanmasında kullanılacak çevresel performans ilkelerinin belirlenmesi için gerekli olan altyapıyı

sağlamaktadır. Yapım teknolojisi bileşenleri arasındaki karar ilişkileri ise, bu bileşenlerin çevresel performans üzerinde oynadığı rolü ifade etmesi açısından önemlidir (*Şekil 4*).

Bilgi, yapım teknolojileri bileşenlerine ilişkin karar sürecinin her aşamasında en önemli girdidir. İlgili proje dokümanlarının yanı sıra ulusal yasal mevzuat, malzeme ve ekipman katalogları karar vericilerin temel bilgi kaynaklarını oluşturmaktadır. Malzeme seçimi uygulamada kullanılabilecek yapım teknikleri seçeneklerini; seçilen yapım tekniği uygulamanın gerçekleştirilmesi için gerekli ekipmanları belirlemektedir (*Metin ve Tavil, 2014*).

Çevresel Göstergeler ve Yapım Teknolojileri arasındaki ilişkiler ve gerekçeleri aşağıda açıklanmaktadır:

- Fosil Yakıt Tüketimi ve Elektrik Tüketimi, kullandığı enerji kaynağına bağlı olarak Ekipman türü ile ilişkiliyken; her iki yakıt türü de açığa çıkardıkları karbondioksit emisyonlarına bağlı olarak çevresel etkilere sebep olmaktadır. Buna ek olarak, yenilenmeyen bir yakıt türü olan fosil yakıtların kullanımı, doğadan elde edilmesi sırasında çevre üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır.
- Su Tüketimi, kullanılan birleşim malzemesinin türüne bağlı olarak Malzeme ile ilişkilidir. Uygulama sırasında yerinde hazırlanan bağlayıcı malzeme kullanımı yapım alanında tüketilen su miktarının artmasına sebep olmaktadır.
- Arazi Kullanımı, ekipmanların boyutları ve ağırlıklarına bağlı olarak Ekipman türü ile ilişkiliyken; arazinin yapıma hazırlanması sırasında gerçekleştirilen eylemler mevcut bitki ve hayvan türleri üzerinde olumsuz etkiler yaratarak habitat parçalanmalarına sebep olmaktadır.
- Katı Atık Oluşumu, paketlenme özelliklerine ve biçimlendirme gereksinimlerine bağlı olarak



Şekil: 4
Çevresel performans ölçütleri ve yapım teknolojileri arasındaki ilişkiler.

Malzemeler ile ilişkilidir. Malzeme paketleri ve biçimlendirme sırasında açığa çıkan malzeme parçaları atık oluşumuna sebep olmakta, bu atıkların yönetiminin sağlanmaması halinde suya ve toprağa karışarak tahribata sebep olmaktadır.

- Toz/Uçucu Gaz Oluşumu, birleşim malzemesinin bitmişlik düzeyi, malzemelerin biçimlendirme gereksinimi ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak Malzemeler ile ilişkilidir. Yerinde hazırlanan bağlayıcı malzemenin hazırlanması ve malzemenin biçimlendirilmesi eylemleri toz oluşumuna sebep olurken; zehirli bileşen içerikli malzeme kullanımı uçucu gaz oluşumuna sebep olmakta ve solunum yolları hasarlarına sebebiyet vermektedir.
- Gürültü ve Titreşim Oluşumu gürültü ve titreşim düzeylerine bağlı olarak Ekipman türü ile ilişkilidir. Ekipmanlar gürültü seviyelerine ve kullanım sürelerine bağlı olarak

başta kullanan işçiler olmak üzere yapım alanı çevresinde yaşayanlar için de işitsel problemlere sebep olurken, enerji ile çalışan ekipmanların titreşim seviyesi uzun süreli kullanımlarda işçilerde iskelet ve kas sistemi hasarlarına sebep olmaktadır.

- Tüm çevresel göstergelerin etki düzeyi, süreçte rol alan aktörlerin sahip olduğu Bilgi ve İşgücünün deneyimi ile ilişkilidir.
- Tüm çevresel göstergeler, Birleşim Malzemesi ve Ekipman seçeneklerinin belirlenmesi üzerindeki rolü nedeniyle Yapım Teknikleri ile dolaylı bir ilişkiye sahiptir.

Yapım Süreci Çevresel Performans İlkelerinin Tanımlanması

Yapım sürecinin planlanmasında kullanılacak çevresel performans ilkeleri, çevresel performans ölçütleri ve yapım teknolojileri arasındaki ilişkiler ile Kibert (2007) tarafından önerilen ve yapım sürecinin çevresel etkilerinin kontrolünde

rol oynayan konular esas alınarak ÇP1 Arazinin Korunumu, ÇP2 Yapım İşlerinin Kontrolü, ÇP3 Sağlık ve Güvenlik Önlemleri, ÇP4 Yapım Atıkları Yönetimi ve ÇP5 Paydaşların Eğitimi olarak tanımlanmıştır. Tablo 7’de bu ilkeler kapsamında ele alınması gereken temel konular ve bunlar ile çevresel zarar kategorileri ve yapım teknolojileri arasındaki ilişkiler gösterilmektedir.

ÇP1 Arazinin Korunumu ilkesi, yapım alanının yapım için hazırlanması ve yapım öncesi planlamaların yapılması sırasında yerine getirilmesi gereken işleri kapsamaktadır. Arazinin korunumuna ilişkin izlenmesi gereken ilkeler temel olarak ÇZ2 Ekosistem Kalitesi üzerinde belirleyici olmaktadır. Bu ilkelerin başlıca amaçları, arazinin mevcut doğal yapısının korunması ve arazi üzerindeki çevresel yüklerin azaltılması yoluyla ekosistem servislerinin korunumunu sağlamaktır. Bu ilkelerin yerine getirilmesi, yapım sürecine ve yapım teknolojilerine ilişkin temel düzeyde Bilgi’ye sahip olunmasını gerektirmektedir. Bu ilke kapsamında göz önünde bulundurulması gereken konular aşağıda açıklanmaktadır (Kibert, 2007; Sev, 2009; USGBC, 2014):

- Arazinin yapıma hazırlanması sırasında mevcut bitki örtüsü ve ağaçların korunması için gerekli planlar hazırlanmalıdır.
- Gerekli olduğu hallerde ağaç ve bitkilerin başka uygun alanlara taşınması sağlanmalıdır.
- Mevcut tarihi ve kültürel özelliklerinin korunmasına yönelik planlar hazırlanmalıdır.
- Malzemelerin boyutlarına, ağırlıklarına ve biçimsel özelliklerine bağlı olarak taşıma, biçimlendirme ve hazırlama süreçlerinde kullanılacak ekipmanlar ile, seçilen yapım tekniklerine bağlı olarak uygulama sürecinde kullanılacak ekipmanlar için uygun park alanlarının ve yol güzergâhlarının belirlenmesi amacıyla duyarlı alanların tespit edilmesi için analizler yapılmalıdır (Kibert, 2007).

- Ekipman seçiminde, arazinin mevcut formunun ve ekosistem servislerinin korunumu hedeflenmelidir.
- Toprak aşınması ve su yolları çökeltilerinin önlenmesi için tüm yapım işlerini kapsayan aşınma ve çökelti planlarının tasarımı aşamasında hazırlanması ve arazi sınırları içindeki yeraltı sularının korunması için seçilen yapım tekniğine ve kullanılan malzemenin özelliklerine bağlı olarak oluşabilecek atık su ve erozyona karşı sel suyu yönetim işlerinin yürütülmesi gerekmektedir (Kibert, 2007; USGBC, 2014).
- Kazı sonrası elde edilen mevcut temiz yüzey toprağının tekrar kullanımının sağlanması gerekmektedir.

ÇP2 Yapım İşlerinin Kontrolü ilkesi, yapım sırasında gerçekleştirilen eylemlere ve seçilen yapım teknolojisi bileşenlerinin özelliklerine bağlı olarak ÇZ1 Kaynaklar ve ÇZ3 İnsan Sağlığı üzerinde etkili olan çevresel yüklerin azaltılmasını hedeflemektedir. Yapım işlerinin kontrolü ilkeleri, yapım sürecinin her bir aşamasında gerçekleştirilecek eylemlerin planlanmasında ve yapım teknolojilerinin seçiminde, karar vericiler tarafından gerekli analizlerin yapılmasında yol gösterici olacaktır. Bu ilke kapsamında göz önünde bulundurulması gereken konular aşağıda açıklanmaktadır (Metin, 2010; Peterson ve Dorsey, 2000; Pollo ve Rivotti, 2004):

- Depolama için gerekli alanların malzeme özellikleri ve yapım yerine olan uzaklık göz önünde bulundurularak planlanması ile taşıma sırasında kullanılacak ekipmanın enerji tüketim türü ve miktarına bağlı olarak oluşacak etkiler azaltılmalıdır. Böylece taşıma sırasında açığa çıkacak toz miktarı ve gürültü seviyesinin azaltılması sağlanacak ve işgücü sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerin kontrolü sağlanacaktır.
- Yapım öncesi yerinde biçimlendirilmesi gereken temel ve yardımcı malzemeler ile yerinde hazırlanması gereken bağlayıcı malzemelerin kullanımının azaltılması ile ekipman

kullanımına bağlı enerji tüketimi; hazırlık için kullanılan su miktarı; biçimlendirme ve hazırlama eylemlerinden ve bu eylemler için seçilen yapım tekniklerinden kaynaklanan toz, gürültü ve atık oluşumu ile ekipman kullanımından kaynaklanan titreşim etkisi azaltılmalıdır.

- Uygulama sırasında kullanılacak ekipmanların gerekli bakım ve onarımlardan geçirilmesi ile ekipman verimsizliklerinden kaynaklanan enerji tüketimi, ve sınır değerler üzerinde gürültü ve titreşim oluşumu azaltılmalıdır. Biçimlendirme, hazırlama ve uygulama süreçlerinin ulusal gürültü yönetmeliklerine uygun olarak planlanması ile yalnız işgücünün değil, yapım alanı çevresinde yaşayanların da toz ve gürültü gibi etkilerden daha az oranlarda etkilenmesi sağlanmalıdır.

ÇP3 Sağlık ve Güvenlik Önlemleri ile ilişkili ilkeler, yapım alanında çalışanların ve yapım alanı çevresinde yaşayanların yapım işlerinin sebep olduğu olumsuz çevresel etkilerden korunması için gerekli önlemlerin alınmasını; çalışma sırasında işçilerin sağlığına zarar verecek aktivitelerin azaltılmasını ve güvenli bir çalışma ortamı yaratılmasını amaçlamaktadır. ÇZ2 Ekosistem Kalitesi ve ÇZ3 İnsan Sağlığı üzerinde etkili olan ve yapım alanının ve yapım işlerinin planlanması sırasında göz önünde bulundurulması gereken bu ilke kapsamında ele alınması gereken konular aşağıda açıklanmaktadır (Edwards, 1999; Kibert, 2007; Metin, 2010; Sev, 2009):

- Yapım alanında yer alan yaşama ve çalışma alanlarının toz, gürültü vb. etkilerden korunması için bu alanların birbirinden ayrılmasına olanak sağlayacak yapım alanı planları hazırlanmalı; mevcut ekosistem servislerinin bu etkilerden korunması için gerekli önlemler alınmalıdır.
- Yapım alanı içinde kullanılacak malzeme, ekipman, işgücü ve yapım tekniklerinden kaynaklanabilecek risklere karşı risk planlaması yapılmalı; insan sağlığı ve güvenliği için

tehlike oluşturabilecek yapım tekniklerinin kullanımı engellenmeli; ve özel ekipmanların kullanımında yetkin kişiler görevlendirilmelidir.

- Yapım alanı içinde gerekli sağlık ve güvenlik önlemleri alınmalı; tüm çalışanların bilgilendirilmesi sağlanmalı; ve belirlenen kurallara uyulması için gerekli kontroller periyodik olarak yapılmalıdır.
- Kapalı ortamlarda toz, duman vb. açığa çıkmasına sebep olan ve zehirli içeriğe sahip malzemelerin kullanımı kısıtlanmalı, kullanımın zorunlu olduğu hallerde çalışanların gerekli önlemleri alması sağlanarak iç ortam hava kalitesi kontrol edilmelidir. Toz oluşumuna sebep olabilecek biçimlendirme ve hazırlama eylemleri azaltılmalı; azaltılamadığı durumlarda bu süreçlerde kullanılacak ekipman ve yapım tekniklerinin seçimi ile toz oluşumu azaltılmalıdır.

ÇP4 Yapım Atıkları Yönetimi, yapım sırasında açığa çıkan atıkların kontrolüne ilişkin ilkeleri içermektedir. Yapı endüstrisi, yapım ve söküm aşamasında açığa çıkan atıklar için dolgu alanları bulma problemi ile karşı karşıya kalmaktadır (Peng, Scorpio ve Kibert, 1997) Bu nedenle, yapım atıklarının yönetimi kaynak kullanımının azaltılması, malzemelerin yeniden kullanımı ve atıkların geri dönüşümünün sağlanması için fırsatların ortaya çıkmasında avantaj sağlamaktadır (Pearce ve Warford, 1993). Yapım atıklarının yönetimi için izlenmesi gereken ilkeler ÇZ2 Ekosistem Kalitesi üzerinde etkili olmaktadır. Biçimlendirme, hazırlama ve uygulama süreçleri sırasında gerçekleştirilen işlerin planlanması ve malzemelerin seçimi sırasında göz önünde bulundurulması gereken bu ilkeler aşağıda açıklanmaktadır (Kibert, Sendzimir ve Guy, 2000, 2002).

- Her bir yapım projesinin özgün olması nedeniyle, yapım alanına özgü yapım atıkları yönetimi planı hazırlanmalı ve bu planda atık depolama alanları ayrıntılı olarak tanımlanmalıdır.

- Malzemelerin yeniden kullanım ve geri dönüşüm potansiyellerine bağlı olarak tasnif edilmesi sağlanmalı, yeniden kullanım ve geri dönüşümü mümkün olmayan atıkların ve tehlikeli atık yan ürünlerinin bertaraf edilmesi için gerekli planlar hazırlanmalıdır.
- Malzemelerin faydalı ömrünü tamamladıktan sonra başka projelerde tekrar kullanılabilmesine olanak sağlayan ya da geri dönüşüm süreçlerinin ekonomik sınırlar içinde gerçekleştirilmesine olanak sağlayan yapım tekniklerinin kullanımı sağlanmalıdır.
- Geri dönüşümü mümkün olan atık malzemeler atık depolama alanlarında sınıflandırılarak depolanmalıdır.
- Lisanslı atık toplama firmaları ve yeniden kullanım ve geri dönüşüm için ürünlerinin iadesini isteyen malzeme tedarikçileri belirlenmeli ve atıkların yapım alanından taşınması için gerekli anlaşmalar ve planlamalar yapılmalıdır.
- Malzeme kayıplarının azaltılması için iş planlarının malzeme tedarik süreçleri ve depolama koşulları göz önünde bulundurularak planlanması gerekmektedir.
- Yapım sürecinde rol alan tüm paydaşlar, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı yaratılması; yapım alanı çevresinde yaşayanların sağlık ve güvenlikleri üzerinde oluşabilecek tehlikelerin azaltılması; yapım sırasında açığa çıkan atıkların kontrolü ve malzeme yaşam sonu senaryoları konularında gerekli eğitimleri almalıdır.
- Yapım sürecindeki farklı alt-süreçleri gerçekleştiren alt-yükleniciler, yapım atıklarının planlaması konusunda etkin olarak söz sahibi olması ve atık yönetimi planlarına katkıda bulunmalıdır.
- İşgücü, malzeme kayıpları kaynaklı atık miktarının azaltılması için taşıma, biçimlendirme, hazırlama ve uygulama süreçleri; bu süreçlerde kullanılacak yapım teknikleri ve malzeme depolama koşulları hakkında eğitilmelidir.
- Yüklenici ve alt-yükleniciler, iç ortam hava kalitesinin sağlanması için gerekli planlamaları yapmalı ve bu konuda gerekli eğitimleri almalıdır.
- İşgücünün yapım sürecinin çevresel etkileri konusunda farkındalık kazanması sağlanmalıdır.

Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma ile bina yapım sürecinin çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkilere dikkat çekilerek, yapım sürecinin çevresel performansının iyileştirilmesi için tasarım ve yapım planlama aşamalarında izlenmesi gereken temel ilkeler ortaya konmuştur. Böylece, binaların çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin yaygın olarak kullanım sürecine odaklanarak ele alındığı ve yapım sürecinin süre, maliyet ve kalite ölçütleri ile değerlendirildiği Türk inşaat sektörü paydaşlarına, yapım sürecinin çevre üzerinde yarattığı yükler ve alınabilecek önlemler konusunda bilgi verilmesi ve çevresel kaygıların da bir performans ölçütü olarak ele alınmasının önemini vurgulanması amaçlanmıştır. Bu amaçla, yapım teknolojileri bileşenleri olan bilgi, malzeme, ekipman, işgücü

ÇP5 Paydaşların Eğitimi, yapım sürecinin çevresel performansının iyileştirilmesi için yerine getirilmesi gereken diğer tüm ilkeleri kapsamı açısından önem kazanmaktadır. Yapım sürecinde rol alan başlıca paydaşlar olan yükleniciler, alt-yükleniciler, işçiler, şantiyede görev alan mimar, mühendis ve iş sağlığı güvenliği uzmanlarının çevresel kaygıların ön planda olduğu yapım projelerinin konvansiyonel yapı projelerinden farklı olduğu konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir (Metin, 2010). Tüm çevresel zarar kategorileri üzerinde etkiye sahip olan bu ilkeler, temel olarak tüm paydaşların gerekli bilgi düzeyine ulaşmasını amaçlamaktadır. Bu amaçla izlenmesi gereken ilkeler aşağıda açıklanmaktadır (Kibert, 2007; Metin, 2010).

Tablo 7. Yapım süreci çevresel performans ilkeleri, çevresel zarar kategorileri ve yapım teknolojileri arasındaki ilişkiler.

		Çevresel Zarar Kategorileri			Yapım Teknolojileri				
		ÇZ1 Kaynaklar	ÇZ2 Ekosistem Kalitesi	ÇZ3 İnsan Sağlığı	YT1 Bilgi	YT2 Malzeme	YT3 Ekipman	YT4 İşgücü	YT5 Yapım Teknikleri
ÇP1 Arazinin Korunumu	ÇP1-a Mevcut bitki örtüsü ve ağaçların korunması		x		+				
	ÇP1-b Taşınması gereken ağaç ve bitkilerin uygun olan başka bir yere taşınması		x		+				
	ÇP1-c Mevcut tarihi ve kültürel özelliklerin kayıt altına alınması ve koruma planlarının hazırlanması		x		+				
	ÇP1-d Depolama, ağır iş makinesi ve iskele kullanımı ile trafiğe uygun olmayan alanların belirlenmesi		x		+	+	+		+
	ÇP1-e Arazinin mevcut formuna ve ekosisteme zarar verebilecek ağır araçların kullanılmaması		x		+		+		+
	ÇP1-f Ağır iş makineleri için park alanlarının belirlenmesi		x		+	+	+		+
	ÇP1-g Atık su yüzey akışı, erozyon ve yeraltı suyu kirliliğinin kontrolü		x		+	+			+
	ÇP1-h Arazi içindeki yeraltı sularının yönünün değişmesine sebep olacak kazıların yapılmaması		x		+				+
	ÇP1-i Yapı alanındaki mevcut temiz yüzey toprağının yeniden kullanım için korunması		x		+				
ÇP2 Yapım İşlerinin Kontrolü	ÇP2-a Depoların yapım alanına yakın alanlarda konumlanması	x		x	+	+	+	+	
	ÇP2b- Malzemelerin kullanıma hazır halde temin edilmesi	x	x	x	+	+	+	+	+
	ÇP2-c Uygulama için seçilecek ekipmanın bakım-onarımlarının yapılması	x		x	+		+	+	
ÇP3 Sağlık ve Güvenlik Önlemleri	ÇP3-a Yapım alanı ile yaşama alanlarının birbirinden ayrılması ve korunması		x	x	+			+	
	ÇP3-b Yapım alanı için risk değerlendirmesi yapılması ve risklerin kaynağında kontrol edilmesi			x	+	+	+	+	+
	ÇP3-c Tehlikeli yapım işlerinin daha az tehlikeli olanlarla değiştirilmesi			x	+			+	+
	ÇP3-d Yapım alanı içinde ilk yardım, yangından koruyucu önlemler ve acil durum düzenlemelerinin sağlanması			x	+			+	
	ÇP3-e Çalışanların bilgilendirilmesi ve güvenlik eğitimi almalarının sağlanması			x	+			+	
	ÇP3-f Çalışanların yapım işleri sırasında açığa çıkan toz, duman, parçacıklar ve uçucu gazlar içeren hava akımlarından korunması		x	x	+	+	+	+	+
	ÇP3-g Zehirli bileşenler içeren yapı malzemelerinin kullanılmaması		x	x	+	+		+	
	ÇP3-h Yapım alanındaki kirli havanın atılması ve havalandırmanın artırılması			x	+			+	

Tablo 7. Yapım süreci çevresel performans ilkeleri, çevresel zarar kategorileri ve yapım teknolojileri arasındaki ilişkiler (devamı).

		Çevresel Zarar Kategorileri			Yapım Teknolojileri				
		ÇZ1 Kaynaklar	ÇZ2 Ekosistem Kalitesi	ÇZ3 İnsan Sağlığı	YT1 Bilgi	YT2 Malzeme	YT3 Ekipman	YT4 İşgücü	YT5 Yapım Teknikleri
ÇP4 Yapım Atıkları Yönetimi	ÇP4-a Yapım alanına özel atık yönetimi planının hazırlanması		x		+	+			
	ÇP4-b Yapım süresince açığa çıkan yapım atıklarının toplanarak sınıflandırılması ve uygun alanlarda depolanması		x		+	+			
	ÇP4-c Yapım sonrası, başka bir projede kullanılarak değerlendirilebilecek malzemelerin belirlenmesi		x		+	+			+
	ÇP4-d Geri dönüştürülmesi uygun olan malzemelerin belirlenmesi		x		+	+			+
	ÇP4-e Lisanslı atık toplama firmaları ile anlaşmalar yapılması		x		+	+			
	ÇP4-d Yeniden kullanım ve geri dönüşüm için ürünlerinin iadesini isteyen paketleme firmalarının belirlenmesi		x		+	+			
	ÇP4-e Tehlikeli atık yan ürünlerinin (boyalar, çözücüler, yağlar ve gres yağları vb.) ayrıştırılması ve uygun süreçlerle yok edilmesi için gerekli planlamaların yapılması		x		+	+			
ÇP5 Paydaşların Eğitimi	Çp4-f Malzeme kayıpları dolayısıyla açığa çıkan atık miktarının azaltılması için malzemelerin uygun zaman da temin edilmesi ve uygun koşullarda depolanmasının sağlanması		x		+	+			
	ÇP5-a Yapım atıklarının miktarının azaltılabilmesi için tüm tarafların eğitilmesi ve geri dönüşüm konusunda bilinçlendirilmesi		x		+			+	
	ÇP5-b Alt-yüklenicilerin yapım atıkları yönetimi planının etkin olarak kullanılabilmesi için plana katkıda bulunması		x		+				
	ÇP5-c Tüm çalışanların atıkların azaltılması için malzemelerin doğru taşınması ve depolanması konularında bilgilendirilmesi		x		+	+		+	
	ÇP5-d Yüklenicilerin ve alt-yüklenicilerin iç ortam hava kalitesi planlarının nasıl hazırlanması gerektiği konularında eğitim almalarının sağlanması			x	+			+	
ÇP5-e	İşçilerin yapım teknikleri ile ilgili olarak eğitilmeleri ve yapım sırasında çevreye zararlı olabilecek süreçler hakkında bilinçli olmalarının sağlanması	x	x	x	+			+	+

ve yapım teknikleri ile yapım sürecinin çevresel performansını belirleyen ölçütler arasındaki ilişkiler analiz edilerek, yapım teknolojisi kararlarının ve sürecin alt aşamalarının yapım sürecinin çevresel performansı üzerindeki etkileri açıklanmış ve bu ilişkiler ışığında yapım planlama süreçlerine entegre edilmesi amaçlanan ilkeler tanımlanmıştır.

Yapım teknolojisi bileşenleri ve yapım sürecinin çevresel performansını belirleyen göstergeler arasındaki ilişkiler incelendiğinde, yapım sürecinde kullanılacak malzeme ve ekipmanlara ilişkin kararların çevresel performans üzerindeki doğrudan; yapım tekniklerine ilişkin kararların ise dolaylı etkisinin, yapım planlama aşamasında karar süreçleri üzerinde önemli bir rolü olduğu görülmektedir. Bunlara ek olarak paydaşların yapım sürecinin çevresel etkileri ve çevresel performansı konularında bilgi sahibi olmasının, sürecin bu bakış açısı ile yönetilmesindeki önemi açıkça görülmektedir. Sonuç olarak, tasarım ve yapım planlama süreçlerinde yapım teknolojisi bileşenleri olan malzeme, ekipman, işgücü ve yapım tekniklerine ve süreçte gerçekleştirilen eylemlere ilişkin verilen kararların, ortaya konan ilkeler kapsamında değerlendirilmesi, yapım süreçlerinin çevresel performansının iyileştirilmesine önemli bir katkı sağlayacaktır.●

Kaynakça

- Bayer, C., Gamble, M., Gentry, R., & Joshi, S. 2010. *ALA Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice*. American Institute of Architects. Washington, USA. Erişim yeri: <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab082942.pdf> [Erişim tarihi: 26 Haziran 2016].
- Bilec, M., Asce, S. M., Ries, R., Matthews, H. S., Asce, A. M., Sharrard, A. L. 2006. Example of a hybrid life-cycle assessment of construction processes. *Journal of Infrastructure Systems*, 12 (4), pp 207–215. <http://doi.org/DOI:10.1061/ASCE1076-0342200612:4207>
- Building Research Establishment (BRE). 2016. *BREEAM International New Construction 2016*. Hertfordshire, UK.
- BS EN ISO 14001. 2004. *Environmental management systems - Requirements with guidance for use*.
- BS EN ISO 14031. 2013. *Environmental management - Environmental performance evaluation - Guidelines*.
- BS EN ISO 14040. 2006. *Environmental management - Life cycle assessment- Principles and framework*.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. 2013a. *İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği*. Ankara: Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. 2013b. *Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği*. Ankara: Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. 2013c. *Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik*. Ankara: Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. 2013d. *Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik*. Ankara: Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. 2013e. *Tozla Mücadele Yönetmeliği*. Ankara: Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. 2015. *Atık Yönetimi Yönetmeliği*. Ankara: Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü.
- Chandler, I. 1987. *Building technology 3: Design, Production and Maintenance*. London: Mitchell.
- Chen, Y., Okudan, G. E., Riley, D. R. 2010. Sustainable performance criteria for construction method selection in concrete buildings. *Automation in Construction*, 19 (2), pp. 235–244. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.10.004>
- Chen, Z., Li, H., & Wong, C. T. C. 2005. EnvironaPlanning: Analytic network process model for environmentally conscious construction planning. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131 (1), pp. 92–101. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:1(92) CE
- Chudley, R., Greeno, R. 1999. *Advanced Construction Technology* (3rd ed.). Harlow: Longman.
- Coşkun, K. 2013. *Yapı Elemanlarının Üretiminde Kullanılan Yerde Yapım Tekniklerinin İyileştirilmesi İçin Model Önerisi*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dong, Y. H., & Ng, S. T. 2015. A life cycle assessment model for evaluating the environmental impacts of building construction in Hong Kong. *Building*

- and Environment, 89, pp. 183–191. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.020>
- Edis, E. 2006. *Mimari Yapısal Öğelerin Tasarımı için Bir Yöntem*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Edwards, B. 1999. *Sustainable Architecture: European Directives and Building Design*. Oxford, UK: Architectural Press.
- Eriç, M. 1994. *Yapı Fiziği ve Malzemesi*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Erten, D. 2011. *Yeşil Binalar*. Ankara: Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları - V, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability. 2010. *Analysing of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment*. Ispra, Italy. Erişim yeri: <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-LCIA-Background-analysis-online-12March2010.pdf> [Erişim tarihi: 25 Haziran 2016].
- Floridi, L. 2010. *Information: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press.
- Gangoellis, M., Casals, M., Gassó, S., Forcada, N., Roca, X., Fuertes, A. 2009. A methodology for predicting the severity of environmental impacts related to the construction process of residential buildings. *Building and Environment*, 44 (3), pp. 558–571. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.05.001>
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Stryijs, J., van Zelm, R. 2013. *ReCiPe 2008 - A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level*. RIVM, CML, PRé Consultants, and Radboud University Nijmegen. Erişim yeri: http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/-/ReCiPe_main_report_REVISIED_13-07-2012.pdf [Erişim tarihi: 13 Ekim 2014].
- Guggemos, A. A., Horvath, A. 2006. Decision-support tool for assessing the environmental effects of constructing commercial buildings. *Journal of Architectural Engineering*, 12 (4), pp. 187–195. doi: 10.1061/(ASCE)1076-0431(2006)12:4(187)
- Hasol, D. 2005. *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. İstanbul: Yapı Yayın.
- Humbert, S., De Schryver, A., Bengoa, X., Margni, M., & Joliet, O. 2002. *IMPACT 2002 + : User Guide*. Erişim yeri: http://www.quantis-intl.com/pdf/IMPACT2002_UserGuide_for_vQ2.21.pdf [Erişim tarihi: 12 Ekim 2014].
- ISO/TS 21929-1. 2006. *Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part 1: Framework for the development of indicators for buildings*.
- ISO 15392. 2008. *Sustainability in building construction - General principles*.
- ISO 21931-1. 2010. *Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works - Part 1: Buildings*.
- ISO/TR 21932. 2013. *Sustainability in buildings and civil engineering works - A review of terminology*.
- ISO/DIS 21930. 2016. *Sustainability in buildings and civil engineering works - Environmental declaration of building products* (Draft version).
- Kanoğlu, A. 2010. *Information System Design and Application in Construction Industry*. Yayınlanmamış Ders Notu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü.
- Kibert, C. J. 2007. *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Kibert, C. J., Sendzimir, J., & Guy, B. 2000. Construction ecology and metabolism: Natural system analogues for a sustainable built environment. *Construction Management and Economics*, 18 (8), pp. 903–916. <http://doi.org/10.1080/014461900446867>
- Kibert, C. J., Sendzimir, J., & Guy, B. G. 2002. *Construction Ecology: Nature as the Basis for Green Buildings*. London: Spon Press.
- Li, X., Zhu, Y., & Zhang, Z. 2010. An LCA-based environmental impact assessment model for construction processes. *Building and Environment*, 45 (3), pp. 766–775. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.010>
- Metin, B. 2010. *Cephe Kaplama Sistemlerinin Uygulama Süreçlerinin Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Metin, B., Tavil, A. 2014. The Relationship between Construction Technologies and Environmental Impacts. *Proceedings of the 40th IAHS World Congress on Housing*. December 16–19, Funchal, Portugal.
- Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment. 2000. *Eco-indicator 99 Manual for Designers*. Erişim yeri: http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99_-Manual.pdf [Erişim tarihi: 13 Ekim 2014].
- Pearce, D. W., Warford, J. J. 1993. *World Without End, Economics, Environment and Sustainable Development*. New York, USA: Oxford University Press.
- Peng, C., Scorpio, D. E., & Kibert, C. J. 1997. Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations. *Construction Management and Economics*, 15 (November), pp. 49–58. <http://doi.org/10.1080/014461997373105>
- Peterson, K. L., & Dorsey, J. A. 2000. *Roadmap for Integrating Sustainable Design into Site-Level Operations*. Erişim yeri: <http://infohouse.p2ric.org/> [Erişim tarihi: 27 Ocak 2013].
- Pollo, R., & Rivotti, A. 2004. Building sustainability evaluation in the building process: The construction phase. *Proceedings of Regional Central and Eastern European Conference on Sustainable Building* (p. CD-ROM). Warsaw: Building Research Institute.
- Rich, P., Dean, Y. 1999. *Principles of Element Design* (3rd ed.). Oxford: Architectural Press.
- Sev, A. 2009. How Can the Construction Industry Contribute to Sustainable Development ? *Sustainable Development*, 17 (3), pp. 161–173. doi:10.1002/sd.373
- Shen, L.-Y., Lu, W.-S., Yao, H., Wu, D.-H. 2005. A computer-based scoring method for measuring the environmental performance of construction activities. *Automation in Construction*, 14 (3), pp. 297–309. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.08.017>
- Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L. 2000. *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Türkçü, Ç. H. 2004. *Yapım: İlkeler-Malzemeler-Yöntemler*

- Çözümler (3. Ed.). İstanbul: Birsan Yayınevi.
- Türkiye İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Kütüphanesi. 2014. *İnşaat Birim Fiyatları*. Erişim yeri: <http://www.birimfiyat.net/> [Erişim tarihi: 13 Ekim 2014].
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). 2015. *Yapı İzin İstatistikleri ve Değişim Oranları* Erişim yeri: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temel-list> [Erişim tarihi: 10 Mart 2016].
- Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu. (b.t.). *İnşaat Sektöründe Mesleki Yeterlilik Sistemi Çalışmaları*. Erişim yeri: http://tisk.org.tr/tr/sector_insaat.php [Erişim tarihi: 13 Ekim 2014].
- U.S. Green Building Council (USGBC). 2014. *LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System*. Washington, USA.
- Utkuğ, G. 1981. *Uygun Teknoloji Kapsamında Alternatif Yapım Yöntemlerinin Elde Edilmesine Yönelik Kavramsal Bir Model Denemesi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi.
- Vierra, S. 2014. *Green Building Standards and Certification Systems*. Erişim yeri: <https://www.wbdg.org/resources/gbs.php#desc> [Erişim tarihi: 28 Haziran 2016].
- Wachsmann, K. 1961. *The Turning Point of Building: Structure and Design*. New York: Reinhold Pub. Corp.
- Waris, M., Shahir Liew, M., Khamidi, M. F., Idrus, A. 2014. Criteria for the selection of sustainable onsite construction equipment. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3 (1), pp. 96–110. <http://doi.org/10.1016/j.ijbe.2014.06.002>
- Zou, X., Moon, S. 2014. Hierarchical evaluation of on-site environmental performance to enhance a green construction operation. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 31 (1), pp. 5–23. <http://doi.org/10.1080/10286608.2012.749871>