



Ekolojik Tasarım Kapsamında Dünyada ve Türkiye’de Toprak Yapı Standart ve Yönetmeliklerinin Değerlendirilmesi

Assessment of Earth Structure Standards and Regulations in Turkey and the World in the Scope of Ecological Design

Zehra Gülşah KOÇ, Dilek EKŞİ AKBULUT

ÖZ

Yapılar bir yandan barınma ihtiyacını karşılarken diğer yandan yapı üretiminde kullanılan malzemelerin temini, çalışılacak boyuta getirilmesi, işlenmesi ve nakliyesi göz önünde bulundurulduğunda yapıların kaynak ve enerji tüketimi ile atık oluşumunda küresel ölçekte sorunlara neden oldukları görülmektedir. Bu kapsamda yapı üretiminde kaynak ve enerji verimliliğini esas alan ve atık oluşumunu azaltan, çevreye duyarlı ekolojik tasarım anlayışı benimsenmeye başlanmıştır. Çalışmada; ekolojik tasarım ve malzeme seçimi ile ekolojik tasarım kapsamında toprak gereç incelenmiş; ilk çağlardan günümüze kadar yapı üretiminde kullanılan toprak yapı üretim tekniklerine kısaca değinilmiştir. Bu bağlamda, dünyada kullanılmakta olan standart ve yönetmelikler ele alınmış, toprak gereçle üretilen yapı ürünleri belirlenmiştir. Toprak yapılar birçok ülkede tercih edilmekle birlikte toprak yapı üretimini çeşitli standart ve yönetmeliklere bağlayan ülke sayısı sınırlıdır. Farklı ülkelerde toprak yapı üretimi ile ilgili dokümanlar, kullanılan farklı malzemeler ve yapım teknikleri bulunmaktadır. Bu kapsamda Türkiye’de toprak yapı yönetmelik ve standartları incelenerek toprak yapı üretiminde yeterlilikleri irdelenmiştir.

Anahtar sözcükler: *Ekolojik tasarım; hafriyat toprağı; toprak gereç; toprak yapım sistemleri.*

ABSTRACT

While structures are necessary to meet housing needs, on the other hand, the construction industry consumes a great quantity of resources, creating a problem that is global in scale. Supplying the materials, processing them, and transporting them to the construction site create significant environmental problems. Therefore, to reduce waste, preserve resources, and to increase energy efficiency, an ecodesign approach is now being considered. In this study, ecodesign principles and materials were examined, and earth structure techniques used in building since the early ages were analyzed. The standards and regulations used around the world were considered and products produced with earth materials were identified. In different countries there are different materials, construction techniques, and documents used in the production of earth structures. Although such structures are preferred in many countries, the number of countries linking earth structure production to standards and regulations is limited. This study was an examination and analysis of earth structure regulations and standards in Turkey.

Keywords: *Ecological design; excavation soil; earth material; earth structure techniques.*

Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İstanbul

Başvuru tarihi: 24 Ocak 2017 - Kabul tarihi: 21 Eylül 2017

İletişim: Zehra Gülşah KOÇ. **e-posta:** koc_gulsah@hotmail.com

© 2017 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2017 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

Giriş

Birleşmiş Milletler (BM) verilerine göre 2050 yılında 9,7 milyarı bulacağı tahmin edilen dünya nüfusunun,¹ barınma ihtiyacını karşılamak için yapılaşmanın artıyor olması doğal kaynakları geri dönüşü mümkün olmayan bir şekilde yok etmekte ve çevresel sorunlara neden olmaktadır. Yapılar bir yandan barınma ihtiyacını karşılarken diğer yandan yapı yaşam döngüsü kapsamında incelendiğinde küresel ölçekte sorunlara neden olmaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) 2016 kapsamında; 2013 yılında 212 milyar m² olan küresel bina stokunun nihai enerji kullanımı yaklaşık 125 EJ (exajoules) olmuştur. Isıtma, soğutma ve su ısıtma dâhil olmak üzere termik enerji kullanımı binanın toplam enerji tüketiminin %55'ini oluşturarak en büyük paya sahiptir. İnşaat sektörü nihai enerji kullanımının %32'sini kullanmakta ve yıllık 8.8 GtCO₂ (gigaton karbondioksit) emisyonuna neden olmaktadır.² Dolayısıyla üretim ve inşaat faaliyetleri sonucu enerji tüketimindeki artış, atmosfere salınan zararlı gazların miktarında da artışa neden olmaktadır. Yeryüzündeki biyokütle içinde %0,25 kadar yer tutan insanoğlu; son iki yüz yılda içinde yaşadığı doğal çevreyi daha fazla kirlenmiş, yeryüzünün %8'ini yapıyla çevre ile kaplamış, çevre kirliliğinin ise %99'una neden olmuştur.³ Bu kapsamda Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF) tarafından iki yılda bir yayımlanan Yaşayan Gezegen Raporu 2016'da; 1970'lerden bu yana insanlığın gezegenin sürdürülebilir bir şekilde sunacağından fazlasını talep ettiği ve 2012 yılı içinde tüketilen kaynak ve hizmetleri karşılayabilmek için 1.6 gezegene eş değer biyolojik kapasiteye ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir.⁴ "Binaların küresel enerji tüketiminin yaklaşık %40'ından, su tüketiminin %25'inden ve karbon salımının üçte birinden sorumlu olduğu göz önünde bulunduğunda binaların çevresel etkilerini azaltmanın önemi daha iyi ortaya çıkmaktadır."⁵

Katı atık türleri incelendiğinde; AB ülkelerinde en çok atık üretiminin inşaat, madencilik, sanayi ve evsel atıklardan kaynaklandığı görülmektedir. İnşaat sektörü, inşaat ve yıkım atıkları ile atık miktarının %34'ünü oluşturarak en fazla katı atık oluşturan sektördür. Oluşan katı atıkların yeniden kullanılması durumunda %10 oranında hammadde tasarrufunun sağlanması mümkündür.⁶ Türkiye'de ise, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2014-2017 kapsamında ise inşaat ve yıkıntı atıklarının yıllık 4-5 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir.⁷ Kentsel dönüşüm faaliyetleri ile birlikte bu miktarın artacağı düşünülmektedir.

Dünya çapında giderek daha fazla ülke, enerji ve kaynak tüketimi ile atık oluşumunun büyük bir kısmından sorumlu olan inşaat sektöründe, enerji ve kaynak verimliliğini sağlamak ve karbon ayak izini azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmakta ve yapı üretiminde çevre dostu malzemeler tercih etmektedir.

Türkiye'de ekolojik tasarım kapsamında toprak gereç ile modern yapı üretiminden; kentsel dönüşüm faaliyetleri nedeniyle artış göstereceği tahmin edilen hafriyat toprağının azaltılmasında ve enerji ve kaynak verimliliğinin sağlanmasında yararlanılmalıdır. Bu kapsamda Ekolojik Tasarım anlayışı, yenilenebilir kaynaklar ve doğal malzeme kullanımı ile ekosisteme uyumlu tasarım şeklini temel aldığından irdelenmesi gereken bir konudur.

Çalışmada, doğal bir malzeme olan toprağın ekolojik tasarım kapsamında yapı üretiminde kullanımı ele alınmış ve farklı ülkelerdeki toprak yapı standart ve yönetmeliklerine ait bilgi verilmiştir. Türkiye'de ise toprak yapı üretiminde kullanılan yönetmelik ve standartlara ait kriterler incelenmiştir.

Ekolojik Tasarım ve Malzeme

"Ekolojik tasarım ya da ekotasarım, yapıyı çevremizi ve yaşam tarzlarımızı, yeryüzündeki tüm yaşam formlarını içinde barındıran biyosferin yer aldığı doğal çevreyle uyumlu ve kusursuz bir şekilde bütünleştirmek üzere tasarlamaktır."⁸ Ekolojik tasarım için ekotaklitle dayalı, doğanın taklit edildiği bir sistemler bütünü de denilebilir. Amaç; enerji kullanımını azaltmak için son teknolojinin kullanıldığı tasarımlar yapmak değildir. Temel öncül, yapay sistemlerin doğal sistemlerle iç içe geçmesi ve etkin bir şekilde bütünleşmesidir. Ekolojik tasarımda, dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan biri enerji ve kaynak kullanımı ile malzeme seçimidir. Tasarım kapsamında seçilecek malzemeler; hava, su ve toprak kalitesini doğrudan veya dolaylı yoldan etkileyeceğinden ekosisteme uyumlu malzemeler tercih edilmelidir. Böylece yapıyı çevrenin olumsuz etkilerini en aza indirip, doğal ekosistemlerle olan yararlı etkileşimlerin azami düzeye çıkarılması hedeflenmektedir. Yapılarda kullanılan malzemelerin üretim aşamasından başlayarak hizmet ömrünü tamamladıktan sonra tekrar üretime katılması ve tüm safhalardaki çevresel etkileri yaşam döngüsü analizlerinin inceleme alanına girmektedir. Bu kapsamda yapılarda kullanılan beton, çelik, alüminyum ve ahşap gibi malzemelerin ekosisteme olan etkileri incelendiğinde;

- 1 ton çeliğin üretiminde atmosfere yaklaşık 2 ton karbondioksit salınmaktadır
- 1 ton çimento üretiminde atmosfere yaklaşık 240 gr kükürt dioksit ve 6 kilogramdan fazla azot oksit salınmaktadır

⁸ Yeang, 2006, s. 22-25.

¹ <http://www.nationalgeographic.com.tr/makale/kesfet/2050-yilinda-dunya-nufusunun-97-milyar-olmasi-bekleniyor/2539>.

² United Nations of Environment Programme (UNEP), 2016, s. 31-32.

³ Yeang, 2006, s. 22.

⁴ World Wide Fund (WWF), 2016, S:13.

⁵ İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği (İMSAD), 2015, s.38.

⁶ Kılıç, 2012, s. 15.

⁷ T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, s. 54.

- Çelik ve alüminyum gibi malzemelerin geri dönüşümde ek bir enerji gerekmekte ve oluşan karbondioksit ve katı atıklar çevre için tehdit oluşturmaktadır
- Eşit büyüklükteki çelik karkas ve ahşap karkas ev karşılaştırıldığında; çelik karkas ev atmosfere 3.5 ton karbon salarken, ahşap karkas evin ise 3.1 ton karbon depolayabildiği hesaplanmıştır
- Çelik bir kirişin üretiminde harcanan enerji, aynı ebatla ahşap bir kirişe göre 10 kat daha fazladır
- Alüminyum doğramaların üretiminde kullanılan enerji, ahşap doğramaların üretimi için kullanılan enerjinin 50 katıdır
- Ağırlık esasına göre kereste üretiminde kullanılan enerji; çelik malzemeye göre yaklaşık %10-30 kadar, alüminyum malzemeye göre ise %6 kadar daha azdır
- Çelik ve ahşap malzemeden yapılan duvarların üretimi sırasında çevreye olan maliyeti incelendiğinde; ahşap malzemelerin çevre üzerinde yarattığı baskı çeliğe göre %30 daha azdır
- Tüketilen aynı miktarda enerji ile 12 kg alüminyum, 60 kg çelik, 400 kg betonarme, 500 kg tuğla ve 1200 kg tomruk üretilebildiği görülmektedir.

Yapılan çalışmalar; günümüzde yapı üretiminde en çok tercih edilen malzemeler olan beton, alüminyum ve çeliğin üretiminde harcanan enerji ve atmosfere salınan karbondioksit oranının ahşap malzemeye kıyasla daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda beton 120 kg/m³, çelik 5320 kg/m³ ve alüminyum 22000 kg/m³ oranında karbon salınımı yaparken bu oran ahşap malzemede 15 kg/m³tür.⁹ Bu bağlamda; yapı üretiminde doğal ve yenilenebilen malzeme kullanımının hem kaynak ve enerji verimliliği hem de atık oluşumu ve maliyet açısından çevresel etkilerinin daha az olduğu görülmektedir.

Ekolojik tasarımda öncül, ekolojik malzemelerin kullanılmasıdır. Beşikten beşiğe tasarım kapsamında tüm malzemeler iki gruba ayrılmaktadır. İlk grup; teknik kökenli, insanlar tarafından üretilen ve organik bir özelliği olmayan malzemelerdir. Bu tür malzemeler (plastik, metal gibi) doğada çözünmemekte ve bu nedenle niteliği bozulmadığından tekrar tekrar kullanılabilir. İkinci grubu ise organik malzemeler (ahşap, keçe vb.) oluşturmaktadır. Bu grupta yer alan malzemeler doğaya bırakıldığında çözünmekte ve atık olmamaktadır.¹⁰ Bu gruba organik bir malzeme olan toprak da dâhil edilebilir. Sürdürülebilir bir malzeme olan toprak; üretimi aşamasında enerji gerektirmemekte ve atık oluşturmamaktadır. Toprak yapılar; üretimi ve tamiri kolay yapılar olup, iç mekân hava ve nem kalitesinin sağlanmasında etkilidirler. Yapılar ömrünü tamamladıktan sonra yeni toprak yapı üretimi için dönüş-

türülebileceği gibi doğaya bırakılmaları durumunda yok olmaktadır. Bu kapsamda yapı malzemesi olarak toprak malzeme kullanımının hem ekonomik hem de ekolojik olarak avantaj sağladığı görülmektedir.¹¹

Yapılı çevrenin devamlılığını sağlamak için ekosistemlerle ve doğal kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan her malzeme hareketi ile çevresel düzeyde bozulmalar olmaktadır ve düzeni sağlamak için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır.¹² Bu kapsamda Yeang’ın dediği gibi “Binalar ve bağlantılı yapılar yapılı çevrenin her yıl gerektirdiği enerjinin %30-40’ını tüketmektedir. Taşımacılığa düşen oran ise %25’tir. Elde edilen enerji miktarının artması çevre için verimli değildir. Enerji miktarı arttıkça, kullanım ve malzeme yoğunluğu da artacak, bu durum kaynak tüketimini de arttıracaktır.”¹³ Bu nedenle yapı üretiminde kullanılacak her malzemenin yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerinin bilinmesi gerekmektedir.

Ekolojik Tasarım ve Toprak Gereç

Dünya çapında artan yapı ihtiyacının karşılanmasında; hammadde temini, malzemelerin işlenmesi ve inşaat alanına getirilmesinde harcanan enerji büyük çapta kirliliğe neden olmaktadır. Bina üretiminde bölgede bulunan malzemelerin kullanılması; betonarme binalara kıyasla enerji kullanımını %215, ulaşımın yarattığı etkileri ise %453 oranında azaltmaktadır. Çalışmalar; duvarların ve döşemelerin üretimi için harcanan enerjinin ve inşaat alanına taşınan malzeme miktarının bir evin gömülü enerjisinin %50’sini oluşturduğunu göstermektedir. Betonarme bir konutun enerji tüketimi 239 Gj olarak belirlenirken, beton bir evin taş kâgir bir eve kıyasla (97Gj) %246 oranında daha fazla enerji tükettiği saptanmıştır.¹⁴ Mishra ve Usmani ise enerjinin 100 m² inşaat alanına sahip pişmiş tuğladan üretilmiş bir yapıda 581 GJ, içi boş beton duvarlı (hollow concrete masonry) bir yapıda 509 GJ ve kerpiç bir yapıda 370 GJ olduğunu belirtmektedir. Pişmiş tuğla yerine betonla üretim yapılması durumunda enerji tüketimi %12.30, kerpiçle üretim yapıldığında ise enerji tüketiminin %36.22 oranında azaldığı görülmektedir. Dolayısıyla yapı üretiminde bölgedeki malzemelerin kullanılması ile bir yapının gömülü enerjisini yaklaşık %37 azaltmak mümkündür.¹⁵ Bu kapsamda, Torgal ve Jalali; “İngiltere’de her yıl toprak yapı inşaatı için 24 milyon ton toprağın yeniden kullanılarak değerlendirildiğini ve İngiltere’deki beton yapıların sadece %5’inin toprak yapılarla değiştirilmesi durumunda CO2 salımının 100.000 ton düşeceğini” belirtmiştir.¹⁶ Dolayısıyla doğal bir malzeme olan toprağın yapı üretiminde yeniden kullanılması ile enerji ve kaynak verimliliğinin sağlanabildiği ve atık oranının azaltılabildiği görülmektedir.

¹¹ Elizondo, Guerrero, Mendoza, ¹⁴ Morel, Mesbah, Oggero, Walker, 2011, s. 475-484. 2001, s. 1119-1126.

¹² Ayvaz, 1991, s.22-23.

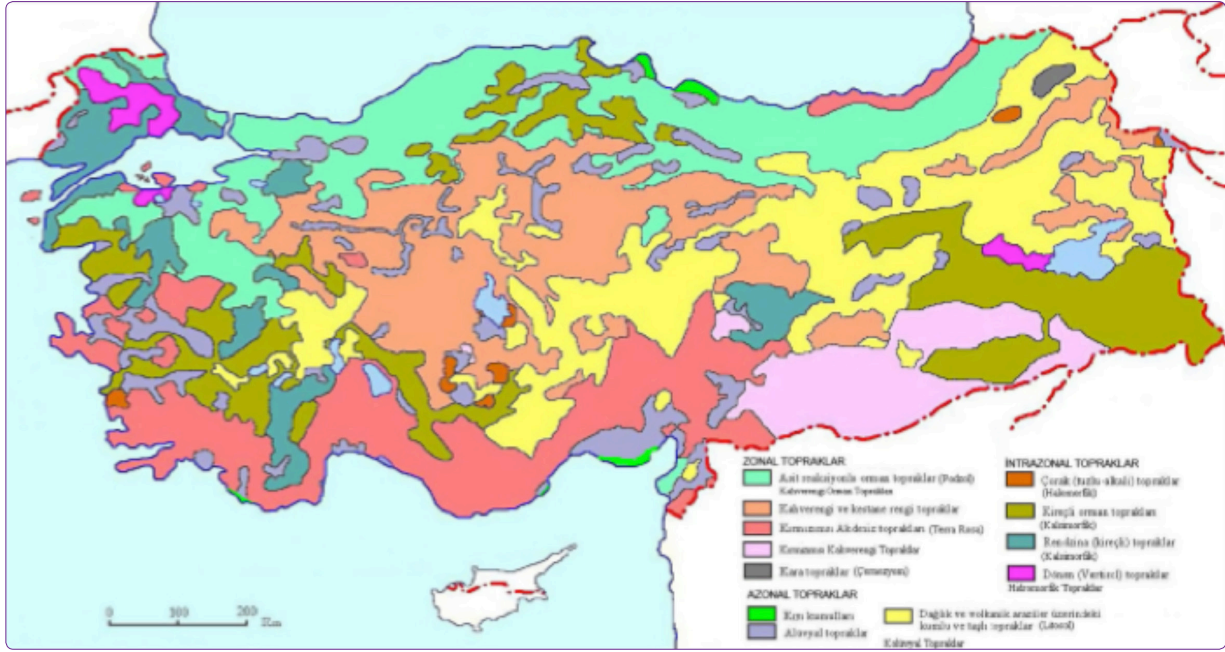
¹³ Yeang, 2006, s. 322.

¹⁵ Mishra, Usman, 2013, s. 90-92.

¹⁶ Torgal, Jalali, 2011, s. 512-519.

⁹ Ergin, 2003, s. 96-100.

¹⁰ Elker, Utkutuğ, 2012, s. 5.



Şekil 1. Türkiye'deki Toprak Türleri ve Bölgelere Göre Dağılımları ([http://www.dicle.edu.tr/a/skaradogan/4/3_TURKIYE_TOPRAKLARI\(Azonal\).pdf](http://www.dicle.edu.tr/a/skaradogan/4/3_TURKIYE_TOPRAKLARI(Azonal).pdf)).

Türkiye verilerine göre; ülke genelinde yıllık depolanan hafriyat toprağı miktarı 40 milyon tondur¹⁷ ve her yıl 125 milyon tonluk hacme sahip hafriyat toprağının çeşitli şekillerde değerlendirilerek veya yok edilerek geri kazanımı amaçlanmaktadır.^{18,19} Bu kapsamda, hafriyat toprağının yapı malzemesi olarak kullanılması durumunda öncelikle zeminden çıkan toprak malzemenin özelliklerinin bilinmesi ve yapı üretimine uygunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Toprak malzeme ile yapı üretiminde genel olarak tüm toprak yapı üretim tekniklerinde toprağın belli oranlar kil içermesi gerekmektedir. Yapı üretimine geçilmeden önce inşaat alanında zemin etütlerinin yapılması ve alınacak numuneler ile arazide mevcut olan toprak türünün belirlenmesi gerekmektedir. Toprak malzeme ile yapı üretiminde kullanılacak teknik, toprağın yapısına (kumlu, killi vb.) göre değişiklik göstermektedir. Bu kapsamda Türkiye'deki toprak türleri incelendiğinde bunların genel olarak üç başlık altında toplandığı görülmektedir.

- Zonal Topraklar: Kırmızı Renkli Akdeniz Toprağı, Kahverengi Orman Toprağı, Kahverengi Bozkır Toprakları, Kestane Renkli Bozkır Toprakları ve Çernezyomlardır.
- İnterzonal Topraklar: Kumlu ve Tüflü Topraklar, Vertisoller, Rendzina, Tuzlu Topraklardır.
- Azonal Topraklar: Kolüvyal Topraklar, Litoseller ve Regosellerdir.

Türkiye'deki mevcut toprak türleri incelendiğinde Zonal Topraklardan; Kırmızı Renkli Akdeniz Toprağının. İnterzonal topraklardan; Vertisoller ve Rendzinaların kil içerdiği görülmektedir. Azonal Topraklar ise genel olarak kil, mil, kum ve çakıl gibi küçük boyutlu malzemelerden oluşmaktadır.²⁰ Bu kapsamda Türkiye'deki toprak türleri ve bölgelere göre dağılımları Şekil 1'de verilmiştir.

Toprak yapı üretiminde kullanılan killi malzeme aynı zamanda geri dönüştürülebilir bir malzemedir. Yapılan çalışmalar killi toprak malzemenin %100 oranında geri dönüştürülebildiğini ve atık olmadığını göstermektedir.²¹ Toprak malzemenin ulaşılabilirliğinin kolay, ekonomik ve doğal bir malzeme olması kaynak kullanımı ve enerji tüketimi açısından çevre için tehdit oluşturmamaktadır. Toprak yapının ise kolay üretilebilmesi, fazla teknoloji, enerji kullanımı ve maliyet gerektirmemesi, ömrünü tamamladıktan sonra büyük oranda geri dönüştürülebilmesi ve atık olmaması toprak malzeme ile yapı üretiminin avantajları arasında gösterilebilmektedir. Bu nedenle toprak gereç, ekolojik tasarım kapsamında modern toprak yapı üretiminde değerlendirilmesi gereken bir konudur.

Toprak Yapı Üretim Teknikleri

Çimentonun keşfi ve ilk betonarme yapıların yapılmasından önce toprak gereç, yapı üretimden en çok kullanılan malzemelerden biri olmuştur (kerpiç, tuğla). Toprak yapıların kullanımının ilk tarım topluluklarının varlığı ile ortaya

¹⁷ İstaç Stratejik Plan 2013 – 2017, s. 23.

¹⁸ <http://web1.mmg.org.tr/?%60Kentsel-Donusum-Surecinde-Geri-Kazanim-ve-Atik-Yonetimi%60%60-Panelli-Gerceklesti./etkinliklerimiz/2074>, 19 Şubat 2015.

¹⁹ T.C Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, s. 54.

²⁰ <https://toprakilmi.files.wordpress.com/2013/01/tc3bcrkiyede-bulunan-toprak-c3a7ec59ftleri.ppt+>

²¹ Papayianni, Anastasious, Papadopoulou, 2015, s. 309-317.

çıktığının düşünüldüğü, bunun da M.Ö 12000-7000 yıllık döneme denk geldiği belirtilmektedir.²² Türkiye’de ise günümüzden 9000 yıl önce Orta Anadolu’da yer almış çok geniş bir Neolitik ve Kalkolitik yerleşim yeri olan ve kabaca 2000 yıl iskân edildiği düşünülen,^{23,24} Çatalhöyük’teki konutlar, Türkiye’deki ilk toprak yapılara örnek olarak gösterilebilir.

Günümüzde ise, Lyamuya ve Alam dünya nüfusunun %50’sinin toprak gereç ile üretilen yapılarda yaşadığını belirtmektedir.”²⁵ Bu kapsamda; Fransa’da nüfusun yaklaşık %15’i toprak yapılarda yaşamaktadır.²⁶ İngiltere’de yirminci yüzyıldan önce inşa edilmiş yaklaşık 500.000 kerpiç yapı bulunmaktadır. Amerika’da ise kerpiç yapılara yıllık ortalama 1500 adet yeni kerpiç yapı eklenmektedir. Çok katlı toprak yapıların görüldüğü Yemen’de, kerpiç yapılar 9 kata kadar çıkabilmektedir.²⁷

Toprak yapılar ilk çağlardan günümüze kadar insanlar tarafından tercih edilmiş, üretilmiş ve farklı amaçlarla kullanılmıştır. Bu kapsamda; Dökme Toprak Tekniği, Hafif Toprak Tekniği, Sıkıştırılmış Toprak Tuğla Tekniği, Kerpiç Tekniği, Yerinde Dökme Toprak Tekniği, Omurgalı Kerpiç Tekniği ve Sıkıştırılmış Toprak Tekniği gibi farklı toprak yapı üretim teknikleri bulunmaktadır. Bu tekniklerden Sıkıştırılmış Toprak Tekniği en çok tercih edilen toprak yapı üretim tekniklerinden biridir. Bu kapsamda sıkıştırılmış toprak tekniğine Herzong & de Meuron’un projesi olan ve bir çeşit bitkisel üretimin yapıldığı (Swiss Herbal Sweet Manufacturer Ricola) tesis gösterilebilir (Şekil 2).²⁸

David Marchetti Architetto tarafından tasarlanan ve İngiltere’de yer alan ofis yapısı ise, tasarımı sayesinde güneş enerjisinden azami şekilde yararlanacak şekilde tasarlanmıştır. Pasif yapı tasarım prensiplerine uygun olarak yapılmış olan bu yapıda enerji tüketiminin azaltılması hedeflenmekle birlikte elektrik ve iklimlendirme için de güneş enerjisinden yararlanılmıştır. Ayrıca sıkıştırılmış toprak duvarların termal kütlesi yalıtım sağlamakta ve farklı tasarımı sayesinde gölge oluşturmaktadır (Şekil 3).²⁹

Dünya çapında giderek daha fazla ülkenin toprak yapı ürettiği görülmektedir. Bu kapsamda Avusturalya en fazla modern toprak yapıya sahip ülkedir. 1990 yılında Margaret River WA bölgesinde bulunan modern sıkıştırılmış toprak yapıların sayısı, Avusturalya’nın güneyinde ve ba-



Şekil 2. İsviçre Bitki İşleme Tesisi (<https://www.dezeen.com/2014/07/07/herzog-de-meuron-krauterzentrum-herb-processing-plant-ricola-laufen>).



Şekil 3. David Marchetti Architetto Tarafından Tasarlanan Ofis Yapısı (<http://www.ecofriend.com/david-marchetti-architetto-s-rammed-earth-office-harvests-solar-energy.html>).

tısında tercih edilen kerpiç evler ile tüm yeni konutların yaklaşık %25’i idi. Toprak yapılara ilgi Amerika, Kanada ve Avrupa’da da giderek artmaktadır.³⁰ Bu kapsamda Devon (İngiltere), bütün İngiltere’de en fazla toprak yapıya sahip yerdir. Toprak ile inşa edilmiş 20.000’den fazla konut ve eşit sayıda ahır, müstemilat ve sınır duvarının bulunduğu düşünülmektedir. Almanya ise, inşaat sektörünün büyümediği bir dönemde yıllık 60 milyon Euro ciro ve %20’lik büyüme ile toprak yapı ürünlerinde Avrupa’da en başarılı pazara sahiptir.³¹ Yeni Zelanda’da ise en çok toprak ve saman balyasından yapının bulunduğu bölge Nelson bölgesidir. Bu bölgede yer alan 144 konut üzerinde yapılan çalışmalar; 1990-1999 yılları arasında bölgedeki konutların %62’sinin kerpiç, %4’ünün kerpiç iç kaplama (adobe interior veneer),

²² Torgal, Jalali, 2011, s. 512-519.

²³ [http://www.tayproject.org/TAYages.fm\\$Retrieve?CagNo=629&html=ages_detail_t.html&layout=web](http://www.tayproject.org/TAYages.fm$Retrieve?CagNo=629&html=ages_detail_t.html&layout=web)

²⁴ http://www.catalhoyuk.com/sites/default/files/Catal_News_2010.pdf

²⁵ Lyamuya, Alam, 2013, s. 2.

²⁶ <http://www.waitakere.govt.nz/abtcit/ec/bldsus/pdf/materials/earthbuilding.pdf>

²⁷ Çavuş, Dayı, Ulusu, Aruntaş, 2015, s. 188.

²⁸ <http://www.dezeen.com/2014/07/07/herzog-de-meuron-krauterzentrum-herb-processing-plant-ricola-laufen/>

²⁹ <http://www.ecofriend.com/david-marchetti-architetto-s-rammed-earth-office-harvests-solar-energy.html>

³⁰ Morris, Walker, Drupsteen, 2011, s. 2.

³¹ Hall, Lindsay, Krayenhoff, 2012, s. 652, 670.

%4'ünün hafif toprak, %4'ünün sıkıştırılmış toprak, %8'inin toprak-çimento tuğla (soil cement brick), %16'sının saman balyası (straw bale) ve %2'sinin saman balyası-toprak (straw bale/earth) olduğunu göstermektedir. 2000-2010 yıllarında ise bu oran; %33 kerpiç, %12 kerpiç iç kaplama (adobe interior veneer), %5 dökme toprak (cob), %5 hafif toprak (light earth), %4 sıkıştırılmış toprak, %7 toprak-çimento tuğla (soil cement bricks), %2 saman-çimento (straw/concrete) yapılar, %21 saman balyası (straw bale) ve %11 saman balyası-toprak (straw bale/earth) olarak değişmiştir. Oranlardaki azalışta, küresel finansal krizin katkısı olduğu düşünülmektedir.³²

Dünyada farklı toprak yapı üretim teknikleri ile üretilmiş toprak yapılar bulunmaktadır. Türkiye'de ise toprak yapı üretiminde yalnızca kerpiç tekniği kullanılmakta, kerpiç dışında diğer toprak yapı üretim teknikleri ile ilgili yönetmelik ve standartlar bulunmamaktadır. Türkiye'de toprak yapıların üretimleri için yönetmelik ve standartların geliştirilmesi ve bu konuda bilimsel çalışma yapılması ile yapı üretiminde geleneksel ve çağdaş toprak yapı üretimleri geliştirilebilir.

Toprak Yapı Standart ve Yönetmelikleri

Toprak malzeme ile yapı üretimi; yönetmelik ve standartlarda belirlenen kriterlere göre yapılmaktadır. Toprak yapılar birçok ülkede tercih edilmekle birlikte toprak yapı üretimini çeşitli standart ve yönetmeliklere bağlayan ülke sayısı sınırlıdır. Bu çalışmada farklı ülkelerde toprak yapı üretimi ile ilgili dokümanlar ile toprak yapı üretim teknikleri ve kullanılan farklı malzemeler ele alınmış (Tablo 1), Türkiye'de günümüzde geçerli olan toprak yapı üretimi ile ilgili yönetmelik ve standartlara ait bilgi verilmiştir.

Bu kapsamda hazırlanan dokümanların Kerpiç, Sıkıştırılmış Toprak Tuğla, Dökme Toprak, Sıkıştırılmış Toprak ve Yerinde Dökme Toprak gibi farklı toprak yapı üretim tekniklerini içerdiği görülmektedir. Ayrıca toprak gereçten üretilen Toprak Harç, Toprak Blok (earth blocks), Kil Panel (clay panels), Yığma Toprak Blok (earth block masonry), Dökme Toprak (cob), Sıkıştırılmış Toprak (rammed earth), Yerinde Dökme Toprak (poured earth), Toprak Sıva (earth plaster), Toprak Dolgu (earthen infill), Duvar Astarı (wall linings), farklı yapı ürünleri kullanılmaktadır (Tablo 2).

Türkiye'de Toprak Yapı Üretiminde Kullanılan Yönetmelik ve Standartlar

Türkiye'de toprak yapı üretimi yönetmelik ve standartlara bağlı olarak üretilmektedir. Bu dokümanların içeriğine ait bilgi Tablo 3'te görülmektedir. Türkiye'de toprak yapı üretiminde TS 2514 (Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları), TS 2515 (Kerpiç Yapıların Yapım Kuralları) Standartları ve Deprem Yönetmeliği'nden yararlanılmaktadır. Kerpiç yapı standartları (TSE 2514, TSE 2515) 2011 yılında yürürlükten

kaldırılmış ve yenilenmemiştir. Ancak 2011 yılına kadar kerpiç yapıların üretiminde bu standartlardan yararlanıldığı için çalışmaya dâhil edilmeleri uygun görülmüştür.^{33,34} Yönetmelik ve standartlar toprak yapı üretiminde yalnızca kerpiç tekniğini kapsamakta ve kerpiç yapıların tasarım, uygulama ve bakım aşamalarını irdelenmektedir.

TS 2514 Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları'nda; Malzeme ve İşçilik Kriterlerinin detaylı olarak incelendiği görülmektedir. Ayrıntılı olarak incelenen diğer başlık ise toprak malzemenin uygunluğunu teşhis etmekte kullanılan testlerdir. Bu başlık altında; toprak numunesinin alınması, çamur numunesinin hazırlanması, çekme deneyi, rötne deneyi, çamurlaşma deneyi ve basınç deneyi gibi deneyler bulunmaktadır. Standart kapsamında performans kriterlerine çok detaylı olmamakla birlikte genel olarak değinilmiş; dayanıklılık, rötne, basınç dayanımı ve çekme dayanımı gibi kriterler incelemiştir. Standartta; kerpiç yapı inşaat ve tasarım kriterleri ile çatı ve temel üretim kriterlerine ait bilgi bulunmamaktadır.

TS 2515 Kerpiç Yapıların Yapım Kuralları kapsamında Tasarım Kriterleri, Çatı ve Temel Üretim Kriterleri detaylı olarak incelenen başlıklardır. Bu başlıklar altında; kat adedi, kat yüksekliği, duvar kalınlığı, duvar uzunluğu, duvar boşlukları, bağ kirişleri, lentolar, yüzey bitişleri, çatı eğimi ve saçak genişliği ile temel genişliği, temel yüksekliği ve buhar bariyeri gibi kriterler incelenmektedir. Standart kapsamında Malzeme ve İşçilik kriterleri çok detaylı olmamakla birlikte çimento esaslı harçlar, toprak esaslı harçlar ve harç derzleri gibi bazı başlıklar incelenmiştir. Standartta; performans kriterleri ve toprak malzemenin uygunluğunu teşhis etmekte uygulanan testlere ait bilgi bulunmamaktadır.

Deprem Yönetmeliği'nde ise Tasarım Kriterleri ve Çatı Üretim Kriterleri kapsamlı olarak incelenmiştir. Malzeme ve İşçilik Kriterleri ile Temel Üretim Kriterlerinde ise bazı başlıklar incelenmiştir. Yönetmelikte; toprak malzemenin uygunluğunu belirlemede kullanılan testlere ait bilgi bulunmamaktadır. Performans Kriterleri alanında yer alan maddeler Deprem Yönetmeliğinde bulunmakla birlikte Yığma Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları başlığı altında farklı yığma yapı türleri için detaylı olarak incelenmiştir. Ancak burada yer alan kriterlerin birçoğunda kerpiç yapılar için hesaplama yapılmamıştır. Türkiye'de toprak yapı üretiminde TS 2514 (Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları), TS 2515 (Kerpiç Yapıların Yapım Kuralları) Standartları ve Deprem yer alan Malzeme ve İşçilik, Yapım Sistemleri, Tasarım Kriterleri, Performans Kriterleri, Çatılar, Temeller ve Toprak Testlerine ait kriterler Tablo 4'de karşılaştırılmıştır.

Deprem Yönetmeliği'nde yer alan bazı maddeler toprak yapı üretimini kısıtlamaktadır. Bu nedenle, toprak yapılar Türkiye coğrafyasına ve iklim şartlarına uygun olmasına

³² Hall, 2012, s. 48-49.

³³ TSE 2514, <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/standardara.aspx>

³⁴ TSE 2515, <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/standardara.aspx>

Tablo 1. Farklı Ülkelere Ait Toprak Yapı Standart ve Yönetmelikler*

ÜLKE	DOKÜMAN ADI	İÇERİK		
		Tür	Yapı Malzemesi	Yapım Sistemi
Fransa	AFNORXP.P13-901	Standart	Toprak Blok (kerpiç)	
Almanya	Lehmbau Regeln (2009)	Standart	Dökme Toprak, Kil Panel, Toprak Blok, Toprak Harç, Hafif Kil	Sıkıştırılmış Toprak, Dökme Toprak, Yığma Toprak Blok, Toprak Dolgu, Toprak Sıva, Duvar Astarı.
	RL 0803 (2004)	Normatif Belge	Toprak Sıva	
	TM 01 (2008) TM 02 -TM 03 - TM 04 (2011)	Taslak	Toprak Duvar Harcı, Toprak Sıva Toprak Blok	
İspanya	MOPT Tapial (1992)	Normatif Belge	Sıkıştırılmış Toprak	
	UNE 41410 (2008)	Standart	Sıkıştırılmış Toprak Blok	
İsviçre	Regeln zum Bauen mit Lehm (1994)	Normatif Belge	Toprak Blok, Hafif Toprak, Toprak Harç	Yığma Toprak Blok, Sıkıştırılmış Toprak, Toprak Dolgu, Duvar Astarı
Türkiye	TS 537, 2514, 2515	Standart	Stabilize Edilmiş Sıkıştırılmış Toprak Blok	
Kırgızistan	PCH-2-87 (1988)	Standart		Sıkıştırılmış Toprak
Amerika	UBC, Sec. 2405 (1982)	Yönetmelik		Yığma Toprak Blok
	14.7.4 NMAC (2006)	Yönetmelik	Toprak Blok, Toprak Duvar Harcı	Yığma Toprak Blok, Sıkıştırılmış Toprak
	ASTM E2392/E2392M	Standart	Toprak Blok, Toprak Harç	Dökme Toprak, Yığma Toprak Blok, Sıkıştırılmış Toprak, Toprak Harç, Duvar Astarı
Peru	NTE E.080 (2000)	Standart	Toprak Blok	Yığma Toprak Blok
Brezilya	NBR 8491-2, 10832-6, 12023-5, 13554-5	Standart	Stabilize Edilmiş Sıkıştırılmış Toprak Blok	
	NBR 13553 (1996)	Standart		Çimento ile Stabilize Edilmiş Sıkıştırılmış Toprak
Kolombiya	NTC 5324 (2004)	Standart	Stabilize Edilmiş Sıkıştırılmış Toprak Blok	
Hindistan	IS: 2110 (1998)	Standart		Sıkıştırılmış Toprak
	IS: 13827 (1998)	Standart	Toprak Blok	Yığma Toprak Blok, Sıkıştırılmış Toprak
	IS 1725 (2011)	Taslak	Stabilize Edilmiş Sıkıştırılmış Toprak Blok	
Y.Zelanda	NZS 4297-9 (1998)	Standart	Toprak, Toprak Blok	Sıkıştırılmış Toprak, Yığma Toprak Tuğla, Toprak Sıva
Nijerya	NIS 369 (1997)	Standart	Stabilize Edilmiş Sıkıştırılmış Toprak Blok	
	NBC 10.23 (2006)	Yönetmelik		Yığma Toprak Blok, Sıkıştırılmış Toprak
Avustralya	CSIRO Bulletin 5, 4 th ed. (1995)	Normatif Belge	Toprak Blok, Stabilize Edilmiş Sıkıştırılmış Toprak Blok, Toprak Duvar Harcı	Yığma Toprak Blok, Sıkıştırılmış Toprak
	EBAA (2004)	Normatif Belge	Toprak Blok, Toprak Duvar Harcı	Yığma Toprak Blok, Sıkıştırılmış Toprak
Sri Lanka	Specification for CSEB, SLS 1382	Standart	Stabilize Edilmiş Sıkıştırılmış Toprak Blok	Yığma Toprak Blok
Tunus	NT 21.33, 21.35(1998)	Standart	Sıkıştırılmış Toprak Blok	
Kenya	KS02-1070 (1999)	Standart	Stabilize Edilmiş Sıkıştırılmış Toprak Blok	
Zimbabve	SAZS 724 (2001)	Standart		Sıkıştırılmış Toprak
Afrika	ARS 671-683 (1996)	Standart	Toprak Blok	Yığma Toprak Blok

*Hall, Lindsay, Krayenhoff, 2012, s. 79-81.

Tablo 2. Toprak Gereç ile Üretilen Yapı Ürünleri*

TOPRAK YAPI ÜRÜNÜ	ÜRÜN İÇERİĞİ
Toprak Harç	Çeşitli katkı maddeleri içeren malzemelerdir. Kuru veya nemli hazır karışımlar halinde bulunur ve uygulama türüne göre belirli oranlarda karıştırılırlar. <ul style="list-style-type: none"> • Toprak Sıva Harcı (earth plaster mortar): yapının dış cephesine uygulanan, genellikle kum ve/veya lif içeren malzemelerdir. • Toprak Duvar Harcı (earth masonry mortars): toprak yığma bloklarda kullanılan genellikle kum ve doğal sertleştiriciler (natural tempering) içeren malzemelerdir. • Püskürtme Toprak Harçlar (earth spray mortars): toprak blokların üretiminde toprak karışımının bir kalıba püskürtülmesi ile üretim yapılmaktadır.
Toprak Blok (earth blocks)	Nemli ve çeşitli katkı maddeleri içeren karışımın kalıplanıp, şekil verilmesi ile üretilirler. Toprak blokların mekanik özellikleri içeriğindeki su miktarı ve sıkıştırılma şekline (elle veya mekanik) göre değişmektedir. Tuğladan farklı olarak toprak bloklar pişirilmez ve açık havada kurutulurlar.
Kil Panel (clay panels)	Oran, kalınlık ve üretiliş şekli bakımından toprak bloklardan farklılık gösterirler. Genellikle taşıyıcı özelliği olmayan, iç duvarların üretiminde kullanılmaktadırlar. Kil paneller genellikle 30 mm kalınlığa kadardır ve alçı panellerle benzer ebatlardadırlar.
Yığma Toprak Blok (earth block masonry)	Toprak blok (earth block), sıkıştırılmış toprak blok (compressed earth block), çimento ile stabilize edilmiş sıkıştırılmış toprak blok (cement stabilized compressed earth block) ve toprak harçlar (earth mortars) ile çerçevesi ve yarı ahşap yapılarda dolgu (earthen infill) malzemesi olarak toprağın kullanıldığı yapım sistemleridir.
Dökme Toprak (cob)	Nemli haldeki toprak karışımının (straw clay) monolitik bir duvar oluşturmak amacıyla kalıp kullanmadan hafifçe sıkıştırılması ile üretilen yapım sistemidir.
Sıkıştırılmış Toprak (rammed earth)	Nemli toprak karışımının hazırlanan kalıplara belirli oranlarda konulup sıkıştırılması ile üretim yapılmaktadır. Üretilen duvar tamamen kurduğunda kalıp çıkarılmaktadır.
Yerinde Dökme Toprak (poured earth)	Yerinde dökme betona benzerlik gösteren bir yapım sistemidir. Bulamaç halde ve çeşitli bağlayıcılar içeren toprak karışımı bir kalıba püskürtülerek ya da doldurularak üretim yapılmaktadır.
Toprak Sıva (earth plaster)	Toprak sıva harçlarından yapılmaktadır. Yapıların iç veya dış duvarlarına su yalıtımı sağlamak amacıyla bir veya birkaç kat şeklinde uygulanmaktadır. Bütün toprak sıva katmanlarının ortalama kalınlığı genellikle 20 mm'den fazla olmamaktadır. Toprak sıvalar nemi kontrol ederek iç mekân hava kalitesini düzenlemektedir.
Toprak Dolgu (earthen infill)	Taşıyıcı çerçevesi veya yarı ahşap sistemlerle kullanılan bir inşaat metodudur. Ahşap paneller arasında kalan dikmeler ve desteklerin taşıyıcı özelliği olmayan toprak malzeme ile doldurulması ile üretimin yapıldığı bir sistemdir.
Duvar Astarı (wall linings)	Bazen "iç katman (inner leaf)" olarak da adlandırılan bu teknik mevcut ince dış cephe duvarlarının (tarihi yapılarda) ısı yalıtımı, rüzgâr geçirmezliği ve ses izolasyonunu iyileştirmek için yenileme çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu teknikte toprak malzeme ve kil paneller de kullanılmaktadır.

*Hall, Lindsay, Krayenhoff, 2012, s. 115-117.

Tablo 3. Türkiye’de Toprak Yapı Üretiminde Kullanılan Yönetmelik ve Standartlar

Yönetmelik - Standart	Kapsam
TS 2514 (Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları)	Malzeme ve İşçilik Kriterlerinin Tasarım Kriterleri, Çatı ve Temel Üretim Kriterleri Yığma Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları
TS 2515 (Kerpiç Yapıların Yapım Kuralları)	
Deprem Yönetmeliği	

rağmen sınırlı düzeyde kalmaktadır. Türkiye’den farklı olarak; toprak yapı üretiminde gelişmiş ve kapsamlı yönetmeliklere sahip olan Yeni Zelanda yönetmeliklerinin ise; farklı toprak yapı üretim tekniklerini de kapsayacak şekilde düzenlendiği ve performansa dayalı kriterlerin hesaplandığı görülmektedir.

Yapılan çalışmalar; duvar ögesi blok ve harcın toprak kö-

kenli olması nedeniyle homojenlik gösterdiği bu nedenle çevresel etkilerden korunmaları ve doğru inşa edilmeleri durumunda yıkılmadıklarını göstermektedir. Deprem bölgelerinde ise tasarım ve uygulama esaslarına uyulması durumunda inşa edilebilecekleri görülmektedir. Yapı üretimi için kullanılacak toprak, Türkiye’de birçok yörede uygun kalitede ve miktarda bulunmaktadır. Toprak malzeme; basınç

Tablo 4. Türk Toprak Yapı Yönetmelik ve Standartlarının Karşılaştırılması

KRİTERLER		YÖNETMELİK ve STANDARTLAR		
		TS 2514 Kerpiç Bloklar ve yapım kuralları	TS 2515 Kerpiç yapıların yapım kuralları	Deprem Yönetmeliği
Malzeme ve İşçilik	Toprak Özellikleri	+	-	-
	Katkı Maddesi	+	-	-
	Toprak Nem İçeriği	+	-	-
	Kür ve Kurutma	+	-	-
	Toprak Karışımı	+	-	-
	Bitki Lifleri	+	-	-
	Kerpiç Boyutu	+	-	+
	Kalıplama	+	-	-
	Çimento Esaslı Harç	-	+	+
	Toprak Esaslı Harç	-	+	+
	Harç Derzleri	-	+	-
	Kullanılan Araçlar	+	-	-
	İşçilik	+	-	-
	Yapım Sistemleri	Kerpiç	+	+
Sıkıştırılmış Toprak Tuğla		-	-	-
Dökme Toprak		-	-	-
Sıkıştırılmış Toprak		-	-	-
Yerinde Dökme Toprak		-	-	-
Tasarım Kriterleri	Yapı Geometrisi	-	-	+
	Kat Adedi	-	+	+
	Kat Yüksekliği	-	+	+
	Duvar Kalınlığı	-	+	+
	Duvar Uzunluğu	-	+	+
	Duvar Boşlukları	-	+	+
	Bağ Kirişleri	-	+	+
	Lentolar	-	+	+
	Kemerler	-	-	-
Yüzey Bitişleri	-	+	-	
Performans Kriterleri	Dayanıklılık (durability)	+	-	-
	Rötre (Shrinkage)	+	-	-
	Termal Kütle/Yalıtım	-	-	-
	Nem Kontrolü	-	+	-
	Basınç Dayanımı	+	-	-
	Çekme Dayanımı	+	-	-
	Kayma Gerilmesi	-	-	-
	Eğilme Mukavemeti	-	-	-
	Makaslama Kuvveti	-	-	-
	Yangın Performansı	-	-	-
	Narinlik	-	-	-
	Elastisite Modülü	-	-	-
	Akustik Performans	-	-	-
	Donma	-	-	-
Aşınma	-	-	-	
Çatı	Çatı+ Eğimi	-	+	+
	Saçak Genişliği	-	+	+
Temeller	Temel Genişliği	-	+	+
	Temel Yüksekliği	-	+	+
	Buhar Bariyeri	-	+	-
	Temel Donatısı	-	-	-
Test	Toprak Testleri	+	-	-
	Laboratuvar Testleri	+	-	-
	Kalite Kontrol Testleri	-	-	-

dayanımı az, rutubete karşı duyarlılığı fazla bir malzemedir. Bu nedenle malzemenin zayıf yönlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.³⁵ Yapı üretiminde kullanılacak toprak malzeme içine belli oranlarda çimento, kireç vb. katkı maddeleri katılarak toprak karışımının dayanımının artırmak mümkündür.

Bu çalışmada, Dünyada en çok toprak yapı üreten ülkelerdeki ve Türkiye’de bulunan toprak yapı standart ve yönetmelikleri ve bunların farklılıklar incelenmiş, bu dokümanlara ait bilgiler çizelgelerle gösterilmiştir. Türkiye’ye farklı toprak yapı üretim tekniklerinin geliştirilmesi amacıyla deneysel çalışmalara dayalı ve bilimsel veriler oluşturularak farklı yapım teknikleri ile toprak yapı üretimi için yönetmelik ve standartların geliştirilmesi gerekmektedir.

Sonuç

Toprak, çevreye zarar vermeyen ekolojik bir malzemedir. Bu nedenle toprak gereç ile yapı üretimi hem insan faaliyetlerinin çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkileri en aza indirmede hem de depolanan toprak miktarının azaltılmasında etkili olabilir. Yapılan çalışmalar; inşaat alanındaki toprağın yapı üretiminde kullanılması durumunda ulaşımdan kaynaklı etkilerin, yapı üretim masraflarının ve çevresel etkilerin azaldığını göstermektedir. Bu kapsamda inşaat alanından alınacak çeşitli toprak numuneleriyle mevcut toprağın yapı üretimi için uygunluğunun belirlenmesi için bilimsel çalışmalar yapılmalı, elde edilen veriler ile toprak yapı üretiminin yapılması gerekmektedir.

Türkiye’de toprak gereçten ekolojik tasarım kapsamına; kentsel dönüşüm faaliyetleri nedeniyle artış gösteren hafriyat toprağının azaltılmasında, kaynak ve enerji verimliliğini esas alan çevreci ve ekonomik modern toprak yapıların üretiminde yararlanılabilir. Bu kapsamda, Türkiye’de toprak yapı üretiminde yararlanılan mevcut yönetmelik ve standartların kerpiç yapı üretiminde inşaat alanının hazırlanması, yapı toprağının uygunluğu ve üretime hazırlanması, çatı ve temel üretim kriterleri, toprak malzeme testleri ile kerpiç yapı tasarım kriterlerinin belirlenmesi konusunda yeterli seviyede olduğu görülmektedir. Ancak Performans Kriterleri ve Yapım Sistemleri ile ilgili yeterli bilgi içermektedir. Mevcut deprem yönetmeliğinde yer alan bazı kriterlerin toprak yapı üretimini kısıtlaması nedeniyle toprak yapı üretiminin Türkiye iklim ve coğrafyasına uygun olmasına rağmen belli bir düzeyde kaldığı görülmektedir. Yönetmelik ve standartların yalnızca kerpiç tekniğini kapsaması ve bu alanda geliştirilmesi, kerpiç tekniği dışındaki toprak yapı üretim tekniklerini içermemesi farklı tekniklerle toprak yapı üretiminin yapılamamasına neden olmaktadır. Dolayısıyla Türkiye’de farklı toprak yapı üretim teknikleri ile ilgili yalnızca çeşitli çalıştaylar düzenlenebilmektedir. Bu üretim tekniklerinin (sıkıştırılmış toprak, yerinde dökme

toprak vb.) Türkiye’deki uygulamalarının yaygınlaştırılması için öncelikle yönetmelik ve standartların kerpiç dışındaki toprak yapı üretim tekniklerini de kapsayacak şekilde düzenlenmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir.

Toprak yapım sistemleri; mevcut yapım sistemine ek olarak, ülke politikası açısından bir alternatif sistem olarak desteklenebilir. Bunun sağlanabilmesi için mevcut yasa, yönetmelik ve standartlar geliştirilmeli, kullanım alanlarının geliştirilebilmesine yönelik araştırmalar desteklenerek farklı yapım sistemleri ile üretilen yerel ve ekolojik bir malzeme olan toprak gerecin daha geniş ölçekte kullanım imkanı bulması sağlanmalıdır.

Kaynaklar

- Ayvaz, Z. (1991) "Enerji, Ekonomi, Entropi ve Çevre Kirliliği", *Ekoloji Çevre Dergisi*, s.22-23.
- Çavuş, M., Dayı, M., Ulusu, H., Aruntaş, Y. H. (2015) "Sürdürülebilir Yapı Malzemesi Olarak Kerpiç" 2nd International Sustainable Building Symposium, 28-30 May 2015, Ankara – Türkiye, s. 188.
- Elizondo, M. F. ve Guerrero, L. F., Mendoza, L. A. (2011) "Environmental Impact: Comparison Between Earthen Architecture and Conventional Construction", *Structural Repairs and Maintenance of Heritage Architecture XII*, WIT Transactions on The Built Environment, Sayı 118, s.475-484.
- Elker, C. ve Utkuğ, G. (2012). "Çevre ve Yaşam İçin Tasarım: Ekolojik Tasarım", *Çevreye Duyarlı Tasarım Konferansı II*, 19 Aralık 2012, Ankara, Atılım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Cevdet Kösemem Konferans Salonu, s.5.
- Ergin, N., (2003) "Ağaç Malzeme Kullanımı ve Çevreye Etkisi", *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 427, s.96-100.
- Hall, M.(2012) "Earth and Straw Bale: An Investigation of Their Performance and Potential as Building Materials in New Zealand" *Master of Architecture*, Victoria University of Wellington.
- Hall, M,R., Lindsay, R., Krayenhoff, M. (2012) *Modern Earth Buildings Materials, Engineering, Construction and Applications*, UK, Woodhead Publishing Limited.
- İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği (İMSAD) (2015) *Sürdürülebilirlik Raporu*, İstanbul, İkinci Sürdürülebilirlik Raporu, s.38
- İstanbul Çevre Yönetimi San. ve Tic. A.Ş., İstaç Stratejik Plan 2013 – 2017, s.23.
- Kılıç, N. (2012) "Kentsel Dönüşümde Geri Dönüşüm Atağı", *İzmir Ticaret Odası, Ar&Ge Bülten*, s.15. SAYI
- Lyamuya, P. ve Alam, K. (2013) "Earth Construction in Botswana Reviving and Improving the Tradition", *CAA DHAKA 20th General Assembly and Conference*, February 18-24 2013, Dhaka, Bangladesh, s.2.
- Mishra, S. ve Usmani, J.A. (2013) "Comparison of Embodied Energy in Different Masonry Wall Materials", *International Journal of Advanced Engineering Technology*, Sayı E-ISSN 0976-3945, s.90-92.
- Morel, J. C., Mesbah, A., Oggero, M., Walker, P. (2001). "Building Houses with Local Materials: Means to Drastically Reduce the Environmental Impact of Construction", *Building and Environment*, Sayı 36, s.1119-1126.
- Moris, H.W., Walker, R., Drupsteen, T. (2011) "Modern and His-

³⁵ <http://www.yapkat.com/images/Malzeme/Dosya/41823977231979422222375869.pdf>

- toric Earth Buildings: Observation of the 4th Septembre 2010 Darfield Earthquake” Proceedings of the Ninth Pacific Conference on Earthquake Engineering Building an Earthquake-Resilient Society, 14-16 Nisan 2011, Auckland, New Zealand, s. 2.
- Papayianni, I., Anastasious, E., Papadopoulou, K. (2015) “Comparative Life Cycle Assessment of Earth-Block and Conventional Concrete-Based Houses”, WIT Transactions on Ecology and The Environment, Sayı 193, s.309-317.
- T.C Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2014-2017, Hafriyat Toprağı, İnşaat Yıkıntı ve Atıkları (3.2.9), s.54.
- Torgal, P. ve Jalali, S., (2011) ”Earth Construction: Lessons From The Past for Future Eco-Efficient Construction”, Construction and Building Materials Sayı 29, s.512-519.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2016) “The Emissions Gap Report 2016 – A UNEP Synthesis Report”; Dhar,S., Farrell, T.C., Ghoneim, R. ve Vorsatz, D. Chapter 5 Briging The Gap – The Role of Energy Efficiency, s.31-32.
- World Wide Fund (WWF) (2016). Living Planet Report 2016, Sayı ISBN 978-2-940529-40-7, s.13.
- Yeang, K. (2012) Ekotasarım Ekolojik Tasarım Rehberi, İstanbul, YEM Yayınları.
- İnternet Kaynakları**
- http://www.catalhoyuk.com/sites/default/files/Catal_News_2010.pdf [Erişim tarihi 07 Haziran 2017].
- [http://www.tayproject.org/TAYages_fm\\$Retrieve?CagNo=629&html=ages_detail_t.html&layout=web](http://www.tayproject.org/TAYages_fm$Retrieve?CagNo=629&html=ages_detail_t.html&layout=web) [Erişim tarihi 07 Haziran 2017]
- [http://www.dicle.edu.tr/a/skaradogan/4/3_TURKIYE_TOPRAKLARI\(Azonal\).pdf](http://www.dicle.edu.tr/a/skaradogan/4/3_TURKIYE_TOPRAKLARI(Azonal).pdf) [Erişim tarihi 07 Haziran 2017]
- <https://toprakilmi.files.wordpress.com/2013/01/tc3bcrkiyede-bulunan-toprak-c3a7ec59fitleri.ppt> [Erişim tarihi: 05 Haziran 2017].
- <http://www.yapkat.com/images/Malzeme/Dosya/4182397723197942222375869.pdf>, [Erişim tarihi 8 Kasım 2016].
- <http://www.nationalgeographic.com.tr/makale/kesfet/2050-yilinda-dunya-nufusunun-97-milyar-olmasi-bekleniyor/2539> [Erişim tarihi 14 Nisan 2016].
- <http://web1.mmgo.org.tr/?%60%60Kentsel-Donusum-Surecinde-Geri-Kazanım-ve-Atik-Yonetimi%60%60-Paneli-Gerceklesti./etkinliklerimiz/2074> [Erişim tarihi 19 Şubat 2015].
- <http://www.waitakere.govt.nz/abtcit/ec/bldsus/pdf/materials/earthbuilding.pdf> [Erişim tarihi 17 Ocak 2017].
- <https://www.dezeen.com/2014/07/07/herzog-de-meuron-krauterzentrum-herb-processing-plant-ricola-laufen/>, [Erişim tarihi 10 Aralık 2015].
- <http://www.ecofriend.com/david-marchetti-architetto-srammed-earth-office-harvests-solar-energy.html>, [Erişim tarihi 10 Aralık 2015].