



## Kerpiç ve Betonarme Konutlarda Kullanılan Bazı Yapı Malzemelerinin Üretiminde Enerji Gereksinimleri

Özkan GÜĞERCİN<sup>\*(1)</sup> Nafi BAYTORUN<sup>(1)</sup> Semih Metin SEZEN<sup>(1)</sup>

### Özet

Refahın artırılması çalışmaları enerjiye duyulan gereksinimi hızla artırırken, enerjinin elde edildiği fosil kaynaklar gün geçtikçe azalmakta, bağlı olarak da enerji maliyetleri hızla artmaktadır. Enerji konusunda dışa bağımlı olan ülkemizde, enerjinin önemli bir bölümü konutların inşası için gerekli malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır. Malzeme seçimine özen gösterilerek konutların inşası ve kullanımı süreçlerinde gereksinim duyulan enerji miktarı azaltılabilir. Böylece atmosfere salınan sera gazlarının miktarı da azaltılmış olur. Bu çalışmada, kerpiç konutlar ile betonarme konutlarda gereksinim duyulan bazı yapı malzemelerinin üretimi için ihtiyaç duyulan enerji miktarları kıyaslanmaya çalışılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda; kerpiç yapıların inşasında kullanılan malzemelerin üretimi için gereksinim duyulan enerji miktarının ve bağlı olarak da sera gazı miktarlarının betonarme konutlara oranla oldukça düşük düzeyde kaldığı saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Enerji, sera gazı, kerpiç, betonarme, ısı yalıtımı

## Energy Requirements for the Production of Some Building Materials Used in Adobe and Reinforced Concrete Buildings

### Abstract

While efforts to enhance prosperity increases the need of energy, fossil resources are depleting and it causes a rise in the cost of energy. In our country, energy provision is highly foreign-dependent and a great amount of energy is used in the production process of the materials that are necessary for the construction of the houses. It is possible to lessen the energy need by paying attention to selection of the materials that are needed to build houses. Thus, the amount of greenhouse gases released to the atmosphere will also be reduced. In this study, it was tried to compare the amount of energy that is needed for the production of some building materials needed for adobe houses and reinforced concrete houses. As a result of the evaluations; it is found that the amount of energy that is needed for the production of the materials used in adobe houses, thus the amount of greenhouse gas generated, is much lower than that of reinforced concrete houses.

**Key words:** Energy, greenhouse gas, adobe, reinforced concrete, thermal insulation

### **Giriş**

Konut; içinde yaşanan, oturulan, dinlenen, dış faktörlere karşı korunulan mekân olarak tanımlanabilir. Tarihsel olarak öncelikli işlevi güvenlik olan konutun işlevi zamanla değişmiş ve güvenlik yanında, sağlık ve konfor ihtiyacını da karşılamak, diğer bir deyişle rahat yaşam koşullarını sağlamak olarak genişlemiştir (Olgun, 2011). Konutları kırsal ve kentsel olarak ikiye ayırmak mümkündür. Geleneksel kırsal konutlarda çoğunlukla, toprak, taş ve ahşap gibi yapı malzemelerinin kullanımı söz konusudur. Daha yaygın olarak kullanılan toprak döşeme, tavan ve duvarların inşasında (taşıyıcı veya tamamlayıcı olarak) kullanılabilir. Toprağın sıkıştırılması ile oluşturulan kerpiç, ekonomik olmak yanında, farklı özellikleri de bünyesinde taşımaktadır. Bu özelliklerin başında yalıtım yeteneği gelmektedir. Kerpiç bu özelliği ile çevre kirliliği yanında, enerji giderlerini de azaltan bir malzeme özelliğine sahiptir.

Konutların inşası ve iklimlendirilmesi yanında, konut için gerekli malzemelerin üretimi de çok miktarda enerji gerektirmektedir. Malzeme üretiminde enerji giderlerini minimize edebilmenin yolu malzeme türünün seçiminden geçmektedir. Günümüzde üretiminde, kullanımında ve dönüşümünde az miktarda enerji gerektiren geleneksel malzemeler (taş, ahşap, toprak, kerpiç) ile üretiminde, kullanımında ve tüketiminde oldukça fazla miktarda enerji gerektiren çağdaş malzemeler (beton, betonarme, çelik, tuğla, çimento) söz konusudur (Acun ve Gürdal, 2003).

Özellikle kırsal alanlarda yaşayan ve genellikle gelir düzeyi düşük olan kesimlerin maliyet, taşıma giderleri, ulaşılabilirlik, uzman işgücünü sağlamadaki zorluklar nedeniyle çağdaş yapı malzemeleri kullanmaları oldukça zor görünmektedir. Buna karşın geleneksel (yöresel) malzemelerden yararlanmaları maliyet, işgücü, malzeme nitelikleri ve konfor koşullarının sağlanması açısından mümkündür. Bu malzemelerin başında ise ana maddesi toprak

olan kerpiç gelmektedir. Kerpiç özellikleri nedeniyle önemli miktarda enerji harcanarak üretilen tuğla ve briketin alternatifidir. Kerpiç yerine tuğlanın kullanılması daha fazla enerji anlamına gelirken; kerpiç konutlar yerine betonarme konutların tercih edilmesi, yapı çeliklerini ve çimentoyu gerektirmektedir ki bu malzemelerin üretiminde çok miktarda enerji harcanmaktadır.

Enerji konusu yapı malzemelerinin elde edilmesi ile sınırlanamaz. Konutlar servis ömürleri boyunca içinde yaşayanlara sağlıklı ortamlar sunmak durumundadırlar. Bu bağlamda konuttan beklenen daha az enerji ile konfor şartlarını sağlayabilmesidir. Bu da ancak yapıda yalıtım özelliğine sahip malzemelerin kullanımı ile mümkün olmaktadır ki kerpiç ve toprak bu anlamda istenilen özelliklere sahiptir. Kerpiç kullanımı ile yapının yalıtım yeteneği artırılarak enerji tasarrufu sağlanır. Ayrıca, betonarme kiriş yerine ahşap kiriş, betonarme döşeme yerine ahşap veya kamış üzerine toprak kaplama yapılması ısı yalıtımı özellikleri nedeniyle ısıtma-soğutma maliyetlerini düşürmenin yollarından biridir. Özetle toprak malzemelerin kullanımı yapıların servis ömürleri boyunca gereksinim duydukları enerji miktarını da azaltmaktadır.

Günümüzde enerjinin maliyeti kadar, enerjinin elde edilmesi sırasında doğaya salınan gazların çevreye verdikleri zarar da tartışma konusudur. Türkiye’de yıllık sera gazı emisyonu 2013 yılı itibarı ile 459.1 Mt.’dur. Sera gazı üretiminde ise en büyük pay enerji kaynaklıdır (%67.8), aynı şekilde CO<sub>2</sub> emisyonlarının %82.2’si de enerji kaynaklıdır (TÜİK, 2015). Sera gazları Türkiye’de ve Dünya’da her yıl artma eğilimi gösterirken, iklim etkisi, iklim değişikliği olarak ortaya çıkmaktadır. İklim değişikliği ve küresel ısınma, sıcaklığın ve deniz seviyesinin yükselmesine, buzulların erimesine neden olacağı dolayısı ile tarım ürünlerini etkileyeceği tahmin edilmektedir. 1906-2005 yılları arasında yapılan farklı araştırmalar dünya

sıcaklığının 0.74°C artış gösterdiğini, 1961-2003 yılları arasında deniz seviyesinin 1.8 mm yükseldiğini göstermiştir. Bu değer yıllık 3.17 mm olduğu savları da mevcuttur. Dolayısıyla Enerjinin %40'ını tüketen yapı sektörü iklim değişikliğinde etkili olmaktadır. Japonya'da Yıllık 1.3 milyar ton CO<sub>2</sub> salınımında yapı sektörünün payı %40'lara ulaşmaktadır. Enerji kullanımında ise, yapı malzemesinin üretimi %11, yapım evresi %1.3, kullanım evresi %10.2 ve ulaştırma evresi %5 olmak üzere toplam %27.5 olmaktadır. Ayrıca 1 m<sup>2</sup> yapı için doğaya 0.5 ton CO<sub>2</sub> salındığını ve 5754 MJ (1598 kWh) enerji tüketildiği belirtilmektedir. Dünyada insan kaynaklı CO<sub>2</sub> %5 çimentonun hazırlanması sırasında ortaya çıkmaktadır. (Yüksek ve Mıhlayanlar, 2015). Ülkemizdeki çimento sektörü yıllık sera gazı miktarının yaklaşık %12.6'na neden olmaktadır (Anonim, 2017). Bu veriden çimento kullanımının, dolayısıyla üretiminin azaltılması emisyonun azaltılmasında etkili olacağı görülmektedir.

Malzeme teknolojilerindeki hızlı gelişmeler özellikle kırsal konutlarda maliyetleri artırmıştır. Kırsalda (köy, mezra, kom, vd.) ikamet eden ve büyük çoğunluğu tarımla uğraşan dar gelirli birçok aile ekonomik nedenlerle yeni yapı malzemelerine ulaşamadığından, fen ve sağlık açısından yetersiz ve günün koşullarını karşılamaktan uzak ilkel ve büyük çoğunluğu tekniğe uygun olmayan konutlarda yaşamlarını sürdürmek durumunda kalmaktadır. Yapı güvenliği bir yana bu konutlar iklimlendirme açısından da yetersiz ve ilkeldir. Bu nedenle ısıtılmalarında çok miktarda enerji harcamaktadırlar. Buna karşın, Dünya nüfusunun yaklaşık %30 kerpiç evlerde oturmakta, İngiltere'de çoğu 20. Yüzyılda inşa edilmiş yaklaşık 500.000 kerpiç yapı bulunmaktadır. ABD'de kerpiç yapılara her yıl 1500 konut eklenmektedir (Çavuş ve Ark., 2015). Kerpiç Anadolu'da, Orta Asya'da, Afrika'da, Asya'nın Güneyinde Orta ve Güney Amerika'da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ayrıca dünyada bir-iki katlı yapılar yanında, çok katlı kerpiç yapılara da rastlanılmaktadır (Acun ve Gürdal, 2003).

### **Bazı yapı malzemelerinin üretimi için enerji gereksinimi**

İnsanların temel gereksinimlerinden olan konfor şartlarına sağlanması enerji ile ilgilidir. Bu nedenle toplam enerji tüketiminin %40'ını kullanan Avrupa Yapı Sektörü, bunun %70'ini konutlarda kullanmaktadır (Çavuş ve Ark., 2015). Enerji kullanımı bağlamında Türkiye'nin durumu Avrupa ile benzerlik göstermektedir. Türkiye'de de harcanan enerjinin %40'ı konutlarda tüketilirken, bu enerjinin %80'i ısınma amaçlı kullanılmaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) verilerine göre Türkiye'de tüketilen enerjinin %65'ine yakını ithal edilmektedir. Ülkede yapılan yalıtımsız binalarda m<sup>2</sup> başına yıllık ısıtma harcamamız Almanya'nın üç katıdır. Daha sert iklime sahip Almanya'da m<sup>2</sup> başına 5-7 lt olan fueloil tüketimi Türkiye'de 13-18 lt. dolayındadır (Tanrıverdi, 2003).

Ülkemizde kullanılan enerjinin %75'i fosil yakıtlardan sağlanırken, 1 kWh elektrik üretimi için çevreye ortalama olarak 0.4 kg CO<sub>2</sub> salınmaktadır. Bu değer yerli kömürde 0.59 kg CO<sub>2</sub>'e ulaşmaktadır. Doğalgazda ise 0.181 kg CO<sub>2</sub>'dir. Ülkede enerji tüketiminde en büyük payı sanayinin almasına karşın, üretilen elektriğin dörtte birinin konutlarda tüketildiği ve genel olarak bir kWh enerji üretimi için 0.44-0.50 kg CO<sub>2</sub> salınımının söz konusu olduğu kabulü yapılmaktadır (Koçu, ve Dereli, 2010).

Konutlar için söz konusu edilen enerjinin bir bölümü de yapı malzemelerinin imalatında kullanılmaktadır. Örneğin bir kg tuğla üretimi için 486.6 kcal (0.567kWh) enerjiye ihtiyaç duyulurken (Küçükada, ve Mahcuhan, 2017), dik fırın tiplerinde ki kireç üretimi tesislerinde enerji miktarı 950-1750 kcal/kg kireç, maerz fırınlarında ise, ısı verimi daha yüksek ve 850-

950 kcal/kg kireçtir. ABD’de yaygın olarak kullanılan döner fırınlarda ise yakıt tüketimi 1250-2000 kcal/kg kireçtir. Genelde 1 kg %100 saflıkta kireç için 733 kcal ısı enerjisine ihtiyaç vardır (Çiçek, 1999). Çimento üretimi de yoğun enerji gerektiren yapı malzemeleri arasındadır. Bir ton klinker için 185 kg kömüre ihtiyaç duyulduğu ifade edilmektedir (Gülen ve Yalpan, 2003). Buradan yola çıkılarak bir ton klinker için gerekli enerji miktarının 1075 kWh olduğu sonucuna varılabilir. Çimento üretiminde sera gazları konusunda Engin, (2015) bir ton çimento üretimi sonucunda Akcansa’nın 753 kg; Çimsa’nın ise 732 kg CO<sub>2</sub> atmosfere saldığı belirtmektedir. Gürsel ve Meral (2012) Türkiye’de üretilen CEM-1 tipi çimento üretiminde atmosfere salınan gaz miktarının ton başına 1.165 CO<sub>2</sub> kg olduğunu belirtmişlerdir. Yapı çeliklerinin üretimi de çok miktarda enerjiye ihtiyaç duymaktadır Bakkalođlu (2002), bir ton ham çelik için 7000-8500 kWh enerjiye ihtiyaç duyulduğunu belirtirken; Ertem (1999), bir ton ham çelik üretimi için 6001 kWh enerji gerektiğini belirtmişir.

### **Kerpiç**

Yapı malzemelerinde aranılan özelliklerden birisi de malzemenin üretimi, kullanımı ve tüketimi (geriye dönüşü) sırasında daha az enerjiye ihtiyaç duyması, yani enerji tasarrufudur. Enerji tasarrufu çevre kirliliğinin önlenmesi, konfor şartlarının sağlanması, yapı malzemelerinin fiziksel çevre şartlarından korunması, işletme maliyetlerinin azaltılması gibi pek çok açıdan önemlidir (Koçu ve Dereli, 2010). Kerpiç sıralanan özelliklerin çoğuna sahiptir. TS 2514’e göre: iyi bir kerpicin basınç dayanımı 1N/mm<sup>2</sup>, ses ve ısı yalıtımı özelliği yüksek ve kendisi hafif olmalıdır. Yapıda taşıyıcı dış duvarlar 1.5 kerpiç boyu, iç duvarlar bir kerpiç boyu olacaktır (Koçu ve Korkmaz, 2017). Kerpiç Malzemenin ortalama birim ağırlığı 1.2-1.6 g/cm<sup>3</sup>, basınç dayanımı 3-20 kgf/cm<sup>2</sup> ısı geçirimsizlik kat sayısı 0.4 kcal/mh<sup>0</sup>C

ve suda çözülme süresi 20-45 dakika arasında değişmektedir (Çavuş. M. ve Ark. 2015)

Eski çağlardan beri kullanılan kerpiç, maliyetinin düşük, üretiminin kolay olması, tesis gerektirmemesi, ses ve ısı yalıtım değerinin yüksek ve her mevsimde kullanıcıya uygun yaşam koşulları sunması, yapıda ayrıca bir ısı ve ses yalıtım tabakasına gereksinim duymaması, kolaylıkla doğaya dönebilmesi, aynı zamanda ekolojik bir yapı malzemesi olması onu çekici kılmaktadır (Acun ve Gürdal, 2003). Kerpiç kış günlerinde güneş enerjisini depolayarak; yazın ise güneş enerjisinin binaya girmesini engelleyerek, binanın enerji gereksinimini azaltmakta ve kullanıcıya sağlıklı konut yanında, ekonomi de sağlayabilmektedir. Yakıt tasarrufu aynı zamanda atmosfere giden gaz ve atık miktarını azaltarak, hava kirliliğinin azalmasını sağlar ve çevrenin korunmasına katkıda bulunur (Tanrıverdi, 2003).

Sıralanan özellikleri nedeniyle kerpiç sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Sürdürülebilirlikte ise, mevcut koşulların ve gelecek nesillerin dikkate alınması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik verilmesi, çevre duyarlılığı, enerji, su ve malzemenin etkin şekilde kullanımı ile insanların sağlık ve konforunun korunması esastır. (Özorhan, 2013). Örnekleme gerekirse, 1m<sup>3</sup> beton üretmek için, 300-500 kWh enerji gerekirken, kerpiç üretmek için bunun %1’i yeterlidir. Bu sürdürülebilirlik anlamında önemlidir. Tuğla üretiminde ise killi toprağın 900 °C’den fazla ısıtılması gerekir. Bu işlem çok miktarda enerjiye ihtiyaç gösterir. Aynı şekilde tuğla yüksek basınç altında şekillendirilirken, kerpiç insan gücü ile sıkıştırılır ve daha az enerjiye gereksinim duyar (Çavuş ve Ark., 2015).

Kırsal konutlarda kerpiç malzemenin kullanımı ile yapılarda ısı tasarrufu yapılabildiği gibi, toprak kökenli malzemelerin kullanımı ile demir, çimento ve tuğla gibi üretimi çok miktarda enerji gerektiren malzemelerin yapıda

## Kerpiç ve Betonarme Konutlarda Kullanılan Bazı Yapı Malzemelerinin Üretiminde Enerji Gereksinimleri

kullanımı azaltılarak, enerji tasarrufu sağlanabilir (Acun ve Gürdal, 2003). Günümüzde fosil yakıtların hızla tükenmesi, enerji üretiminde ortaya çıkan sera gazlarının küresel ısınma ve iklim değişikliğine etkisi ile ülkemiz enerji tüketiminin %70'nin dışarıdan sağlanması ve enerji maliyetlerinin ekonomiye yansması gibi faktörler enerjinin verimli kullanımını zorunlu kılmaktadır (Yumurtacı ve Dönmez, 2013). Özetle kerpiç kullanımı sıralanan sorunları belli ölçüde azaltabilir.

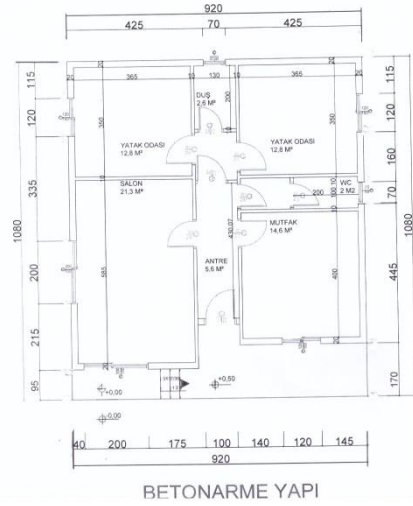
Bu çalışma aynı net alana sahip betonarme karkas yapı ile kerpiç yığma yapıda kullanılan bazı malzemelerin üretimi için gereksinim duyulan enerji miktarı ve üretim sırasında doğaya saldıkları karbondioksit miktarlarının saptanmasına ve kıyaslanmasına yöneliktir. Çalışmada geleneksel yapı malzemeleri olarak kerpiç, toprak, ahşap, taş; çağdaş yapı malzemeleri olarak tuğla, yapı çeliği, beton, betonarme için kullanılan çimento dikkate alınmıştır.

### Materyal

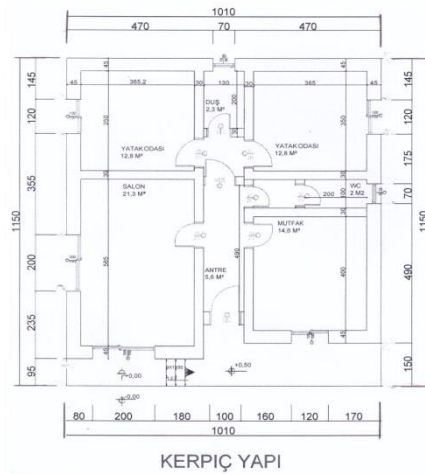
Çalışmada Şekil 1 ve 2'de verilen aynı net alana sahip (94.3 m<sup>2</sup>) biri betonarme karkas (oturma alanı 105 m<sup>2</sup>), diğeri kerpiç yığma yapı (oturma alanı 116 m<sup>2</sup>) olmak üzere iki ayrı konutun kat planlarından yararlanılmıştır. Konutlardan her ikisinde kullanılabilen ortak malzemeler hariç olmak üzere, betonarme konut için gerekli betonarme çeliği, çimento, tuğla, kireç ve yığma konut için gerekli olan çimento ve kerpiç miktarları dikkate alınmıştır. Konutlarda kat yükseklikleri 3m kerpiç yığma binada temel kotu -0.50m, su basman yüksekliği 0.50m olarak alınmıştır. Betonarme karkas binada ise temel kodu7 -0.80m, su basman kodu 0.50m olup, dış duvarlar 0.20 m, iç duvarlar 0.10m kalınlıktadır. Kerpiç yığma binada ise dış duvarlar 0.45m, iç duvarlar 0.30m ve temeldeki taş duvarı 0.60m kalınlıkta planlanmıştır. Söz konusu binalarda kullanılan beton ve harçlarda dozaj 300 kg/m<sup>3</sup>'tür.

### Yöntem

Şekil 1 ve 2'de kat planları verilen net alanları eşit, oturma alanları farklı olan biri betonarme karkas, diğeri kerpiçten inşa edilmiş iki adet tek katlı konutun yapımında kullanılan her bir yapı sistemine özgü malzemelerden, çimento ve beton çeliği, tuğla, miktarının saptanmasında Anonim (2017a)'dan; kerpiç yığma yapı için gerekli taş, çimento ve kerpiç miktarlarının saptanmasında ise Anonim (2017b)'den yararlanılmıştır. Belirlenen malzeme miktarları, birim malzeme miktarları için gerekli olan enerji miktarları ile çarpılarak yapılarda kullanılan malzemeler için gerekli toplam enerji miktarları bulunmuştur. Bulunan toplam enerji miktarları 0.4 ile çarpılarak üretilmesinde sırasında doğaya salınan CO<sub>2</sub> miktarı hesaplanmıştır.



Şekil 1. Betonarme yapıya ait kat planı krokisi



Şekil 2. Kerpiç yapıya ait kat planı krokisi

### **Bulgular ve Tartışma**

Materyal bölümünde konu edilen ve Şekil 1 ve Şekil 2’de kat planları verilen yapılarda ait malzeme miktarlarının, üretimleri için gereksinim duydukları enerji ile üretimleri sırasında doğaya salınan CO<sub>2</sub> miktarları Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1’in ikinci sütununda betonarme-karkas ve kerpiç-yığma yapılarda kullanılması planlanan faklı malzemeler, üçüncü sütununda konutlarda kullanılacak farklı malzemelerin miktarları, dördüncü sütunda ise söz konusu malzemelerin üretilebilmesi için gerekli enerji miktarları ve beşinci sütunda söz konusu malzemelerin üretimi sırasında doğaya salınacak olan CO<sub>2</sub> miktarların görülmektedir. Bu verilere göre: 94.00m<sup>2</sup> net alana sahip betonarme binada betonarme betonu için gerekli çimento miktarı 11 970 kg olup, bu miktarda çimentonun üretimi için gerekli enerji miktarı 13 167 kWh; gerekli yapı çeliği miktarı 3 570 kg ve bu miktarda çeliğin üretilebilmesi için gerekli enerji miktarı 24 990 kWh, ihtiyaç duyulan tuğla miktarı 9 450 kg ve belirtilen miktarda tuğlanın üretimi için gerekli enerji miktarı 5 339 kWh’dir. Tuğla duvarın inşasında kullanılacak harç için gerekli

çimento miktarı 397 kg, gerekli enerji miktarı 436 kWh, sıva harcında kullanılacak çimento miktarı ise 3 622 kg ve ihtiyaç duyulan enerji miktarı 3 984 kWh olarak saptanmıştır. Buna karşın, yığma binada çimento sadece taş duvarda söz konusudur. Bu miktarı 2 950 kg ve bu miktarda çimentonun üretimi için gerekli enerji miktarı 3 245 kWh’tir. Toplam 75m<sup>3</sup> kerpiç malzeme üretiminde gerekli enerji miktarı 255 kWh’tir. Betonarme betonu için gerekli çimentonun üretimi sürecinde doğaya salınan karbondioksit miktarı 5 925 kg; beton çeliğinin üretiminde 11 245 kg, duvarlar için gerekli tuğlanın üretiminde 2 402 kg, tuğla duvarın örülmesinde kullanılacak harç için gerekli çimentonun üretiminde 196 kg, duvarların sıvanmasında kullanılacak harca katılacak çimentonun üretimi için 1 1460 kg olmak üzere toplam 21 561 kg CO<sub>2</sub>’nin atmosfere salındığı; buna karşın kerpiç yığma yapıda su basman duvarında kullanılacak harç için gerekli çimentonun üretimi ile kerpiç üretiminde doğaya salınan CO<sub>2</sub> miktarının (1 460+115) 1 575 kg, olduğu saptanmıştır. Bu verilerden BA Karkas yapının inşasında kerpiç yapıya oranla 13 kat daha fazla CO<sub>2</sub>’in söz konusu olduğu görülür.

## Kerpiç ve Betonarme Konutlarda Kullanılan Bazı Yapı Malzemelerinin Üretiminde Enerji Gereksinimleri

Çizelge 1. Betonarme-Karkas Ve Kerpiç-Yığıma Konutlar İçin Gerekli Bazı Malzemelerin Enerji Gereksinimleri Ve Karbondioksit Salınımları

Sıra No	Malzemenin Adı:	Malzemenin Miktarı	Mal. Üre Gerek. Ene. Mik. (kWh)	Atmosfere Salınan CO <sub>2</sub> Miktarı (kg)
1	B. A. Beton (300 doz.) için çimento	105.00 x 0.38=39.9 m <sup>3</sup> 39.9 x 300=11.970	11.970 x 1100 =13 167	13 167x0.45=5925
2	Beton çeliği	105.00 x 0.034=3.570	3.570 x 7000 =24990	24990x0.45=11245
3	Tuğla	105.00 x 0.15=15.75 m <sup>3</sup> x 600=9.450	9.450 x 565 =5339	5339x0.45=2402
4	Tuğla duvar harcı için çimento <sup>1</sup>	15.75 m <sup>3</sup> x 25.2 kg 0.397	0.397x1100=436	436x0.45=196
5	Sıva harcı için çimento*	12.075 m <sup>3</sup> x 300 kg=3.622	3.622 x 1100=3984	3984x 0.45=1793
6	Taş duvar için çimento <sup>2</sup>	43.38 m <sup>3</sup> x 68kg=2.950	2.950x1100=3245	3245x0.45=1460
7	Kerpiç <sup>3</sup>	75 m <sup>3</sup>	75 x 3.4=255	247.5x0.45=115
8	Toplam emisyon miktarları	B. A. Bina (Bürüt: 105.00m <sup>2</sup> ) (Net:94 m <sup>2</sup> )	47916	21 561kg
		Kerpiç yığıma (Bürüt: 116m <sup>2</sup> ) (Net:94m <sup>2</sup> )	3500	1575 kg

1 Poz No: 18.0712'den alınmıştır.  
2 Poz No:17.0122den alınmıştır.  
3 1m<sup>3</sup> kerpiç için enerji miktarı (1 m<sup>3</sup> tuğla için gerekli enerjinin (1/100) 339 kWh/100=3.4 kWh  
\* 105x(2.4 (iç sıva), +1.3 (dış sıva), +0.90 (tavan sıvası)=483 m<sup>2</sup> x0.025=12.075 m<sup>3</sup>

### Sonuç ve Öneriler

Bu gün dünyamız, doğaya salınan sera gazları nedeniyle küresel ısınma ve iklim değişikliği gerçeği ile karşı karşıyadır. Ülkemizde doğaya salınan sera gazlarının önemli bir bölümü (%7-10) çimento üretiminden kaynaklanmaktadır. Aynı şekilde kireç, tuğla ve yapı çeliklerinin üretiminde de çok miktarda sera gazı salınımı söz konusudur. Sera gazlarının azaltılması konusundaki çalışmalar uluslararası düzeyde sürdürülürken, (İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (1992), Kyoto Protokolü (1997)) Türkiye bu çalışmalara katılmakta ve fosil yakıtlar yerine doğal gaza yönelerek CO<sub>2</sub> emisyonu hızını azaltma çabalarını sürdürmektedir. Bu bağlamda yapılan çalışmalara, Türkiye nüfusunun yaklaşık %15'nin yaşadığı kırsaldaki konutların inşasında yerel malzemelerin özellikle kerpicin kullanımı özendirilerek destek verilebilir. Böylece:

- Kırsal konutların projelendirilmesinde, malzeme seçiminde ve uygulamada

standartlara uyulması sağlanarak, ekonomi yanında, yapı güvenliği de olumlu yönde geliştirilebilir,

- Kerpiç konutlar yalıtım yetenekleri nedeniyle servis ömürleri boyunca yakıt ekonomisi ve geriye dönüşlerinde fazla miktarda enerjiye gereksinim duymadıklarından, aile ve ülke ekonomisine katkı sağlanabilir.
- Kerpiç konut inşası ile yerel işgücünün harekete geçirilmesi ve konutun işçilik giderlerinin azaltılması, böylece konut maliyetlerinin düşürülmesi mümkündür.
- Konut için gerekli malzemenin üretilmesinde ve konutun iklimlendirilmesi sırasında doğaya salınacak olan sera gazları azaltılarak, iklim değişikliğinin önlenmesine katkıda bulunulabilir.

## Kerpiç ve Betonarme Konutlarda Kullanılan Bazı Yapı Malzemelerinin Üretiminde Enerji Gereksinimleri

- Malzeme üretimi için gerekli olan enerji miktarı azaltılabilir. Böylece konut maliyeti düşürülür.
- Tarımda sürdürülebilirliğe ortam hazırlanabilir.
- Kişi başına CO<sub>2</sub> salınımı azaltılarak yaşanılabilir bir dünya beklentisine katkı sağlanabilir.
- Kerpiçin ısı iletim katsayısının (0.4 kcal/mh°C) betonarmenin 1/3'ü; taşın 1/5'i düzeyinde ve delikli tuğlaya eşit olması nedeniyle, kerpicingin (duvar kalınlığı nedeniyle) yapının servis ömrün boyunca da yakıttan tasarrufu sağlayacağı ortadadır.

### Kaynaklar

- Acun, S. ve Gürdal, E. (2003). Yenilenebilir Bir Malzeme Kerpiç Ve Alçılı Kerpiç, TMH – Türkiye Mühendislik Haberleri. Sayı, 427.
- Anonim (2017). TMMOB Türkiye Çimento Sektörünün Toplam CO<sub>2</sub> Emisyonuna Etkisi. (Erişim Tarihi 02.08.2017) [www.betonvecimento.com/cimento/cimento-CO2-emisyonu](http://www.betonvecimento.com/cimento/cimento-CO2-emisyonu),
- Anonim (2017a). TMMOB Yapı Yaklaşık Maliyet Hesapları.
- Anonim (2017b). Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri.
- Çavuş. M., Dayı. M., Uluşu H. ve Aruntaş, Y. (2015). Sürdürülebilir Bir Yapı Malzemesi Olarak Kerpiç. 2. International Sustainable Buildings Symposium 28-30 Mayıs Ankara.
- Çiçek, T. (1999). Kireç ve Kullanımı 3. Endüstriyel Hammadde Sempozyumu. İzmir.
- Engin, Y. (2015). Türkiye Çimento Sektörünün Toplam CO<sub>2</sub> Emisyonuna Etkisi. [www.betonvecimento.com/cimento/cimento-CO2-emisyonu](http://www.betonvecimento.com/cimento/cimento-CO2-emisyonu)
- Ertem, M., E. (1999). Entegre Demir Çelik Tesislerinde Enerji Tasarrufu Potansiyeli, 1. Demir Çelik Sempozyumu Bildirileri.
- Gülen, Ş. ve Yalpan, H. (2003). Çimento Sektörüne Genel Bir Bakış [www.maden.org.tr/resimler/ekler](http://www.maden.org.tr/resimler/ekler)

- Gürsel, A. P. ve Meral, Ç. (2012). Türkiye'de Çimento Üretimine Karşılaştırmalı Yaşam Döngüsü Analizi
- Koçu, N., Korkmaz S. Z. (Erişim Tarihi 2017). Kerpiç Malzeme İle Üretilen Yapılarda Deprem Etkilerinin Tespiti [www.yapkat.com/imges/malzeme/dosya](http://www.yapkat.com/imges/malzeme/dosya)
- Koçu, N.; Dereli, M. (2010). Dış Duvarlarda Isı Yalıtımı İle Enerji Tasarrufu Sağlanması ve Detaylarda Karşılaşılan Sorunlar. 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 15-16 Nisan 2010 Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe yerleşkesi Buca-İzmir.
- Küçükada, K., Mahcuhan, E. (Erişim Tarihi 2017). Düşük Kaliteli Kömür Katkılı Tuğla Üreten Bir Tünel Fırında Kullanılan Yakıtların Optimizasyonu,
- Olgun, M. (2011). Tarımsal Yapılar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı.Yayın No: 529, Ankara.
- Özorhan, G. (2013). Sürdürülebilir Mimarlık Yarınının Binaları ve Bir Örnek, 11. Tesisat Mühendisliği Kongresi 17-20 Nisan 2013 İZMİR.
- Tanrıverdi, E. (2003). Isı Yalıtımı Ve Tasarruf, TMH–Türkiye Mühendislik Haberleri. Sayı: 427.
- TÜİK (2015). Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni (Sera Emisyon Envanteri) Sayı 18744
- Yumurtacı, Z., Dönmez, A., H. (2013). Konutlarda Enerji Verimliliği Mühendis Makine cilt 54-Sayı 637
- Yüksek, İ. ve Mıhlayan, E. (2015). Yaşam Döngüsü Sürecinde Yapı Malzemesi Çevre Etkileşimi. 2. International sustainable Buildings Symposium 28-30 Mayıs, Ankara.