

## Küresel Isınmaya Karşı Karbon Ayak İzi Azaltılmış Yeşil Bina

Mahnaz Gümrükçüoğlu Yiğit, Merve Şeneren  
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Türkiye

### Özet:

Günümüzün en büyük afeti olan küresel ısınma, insan faaliyetleri ile daha da hızlanmış etkilerini arttırmıştır. Kentleşme ve kentlerin ana öğeleri olan binalar, seragazları ve özellikle karbon salınımlarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu olumsuz etkiler alınacak önlemler ve geliştirilecek teknoloji ile minimuma indirilebilir. Bu amaçla oluşturulan yeşil binalar, doğal kaynakların korunmasını sağlamakta ve karbon emisyonlarını azaltmaktadır.

Çalışmada, minimum maliyetle tek katlı bir yeşil bina tasarlanmıştır. Geleneksel bir bina ile yeşil bir binanın yapım ve tasarım maliyeti ve salınan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) miktarı kıyaslanarak karbon ayak izi ve maliyet farkları gösterilmiştir. Çalışmanın sonucunda, küçük bir binanın bile karbon salınımı azaltılmış yeşil bina olarak inşa edilebileceği, ilk yatırım maliyeti yüksek olsa bile zamanla bu maliyeti amorti edeceği görülmüştür. Altyapıya ihtiyacı azalmış, karbon üretmeyen ve enerji açısından kendine yeterli binalar, karbon salınımı azaltılmış yerleşim alanları oluşturacaktır. Böylece, küresel ısınmanın yavaşlatılması için önemli bir adım atılmış olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Küresel ısınma, yeşil bina, karbon emisyonu, maliyet

### Abstract

Global warming that the greatest disaster for last period is the effects increased and developed rapidly by human activity. Urbanization and buildings which are the main items of cities, constitute a important part of the greenhouse gasses and especially carbon emissions. These negative effects can be minimized by the measures and the high technology. Green buildings that built for this purpose provide protection of natural resources and reduce carbon emissions.

In this study, a small green building was designed with minimum cost. Carbon footprint and cost differences are shown by comparing the cost of construction -design and the carbon emissions in between a green building and traditional building. As a result of the work, it is seen that even a small building can be constructed as a green building, even if the initial investment cost is high, it will pay off the cost in near future. The buildings that decreased infrastructure, carbon-free and self sufficient for energy will create reduced carbon emissions settlements. Therefore, green buildings will be an important step for slowdown of global warming.

**Key Words:** Global warming, Green building, carbon emissions, cost

### 1. Giriş

Binalar, yapım süreçlerinde ve kullanımları sırasında gerek doğal kaynak ve enerjiyi kullanarak, gerek de yarattıkları emisyon ve atıklar ile ekolojik ortam üzerinde büyük bir etkiye neden olabilmektedir. Atmosferde sera etkisine neden olan gazların yaklaşık üçte biri binalardan kaynaklanmaktadır. Binalar, inşaat ve kullanım süreçlerinde, dünyadaki tatlı su kaynaklarının yaklaşık 16%'nı, ağaç kaynaklarının 25%'ni, malzeme kaynaklarının 30%'nu, enerji kaynaklarının 40%'nı tüketmektedir. Ayrıca, küresel ısınmaya neden olan CO<sub>2</sub>'in 35%'i

inşaat kaynaklıdır ve ozon tabakasını tahrip eden kimyasalların 50%'si geleneksel bina sektörü tarafından üretilmektedir [1]. Binaların yarattığı bu etkiyi azaltabilmek için yapı sektörü “çevre dostu” bina yapımına yönelmektedir. Yeşil binalar, insanların doğayla en verimli şekilde bütünleşmesini hedeflemek; suyu, enerjiyi ve diğer kaynakları verimli kullanmak ve olumsuz çevresel etkileri en aza indirmek amacıyla inşa edilmektedir.

Yeşil binalarda güneş ve rüzgar enerjisini kullanma, yağmur suyundan faydalanma, ısı yalıtımı, bitkilerin yeşil çatılarda kullanımı, aydınlatma veriminin yükseltilmesi, doğal ışıktan maksimum yararlanma ve atık ısı kazanım pompaları gibi öne çıkan özellikler bulunmaktadır. Bahçelerde suyu az tüketen bitkiler seçildiği gibi, arıtılan gri su ev içinde ve bahçe sulamasında kullanılarak önemli miktarda su tasarrufu sağlanmaktadır. Tasarruflu ampuller, harekete duyarlı sensörler, tasarruflu musluklar, duş başlıkları ve akıllı klozetler kullanılmakta olup; yapımında insan sağlığı açısından tehlikesi olmayan ve yakın mesafelerdeki kaynaklardan temin edilen malzemeler tercih edilmektedir. Kullanılan betonun 80%'i, tuğlanın 80%'i, çeliğin 65%'i, alüminyumun 79%'u, yalıtım malzemelerinin 80%'i, camın 21%'i geri dönüşüm süreçleri ile üretilmiş ürünlerden temin edilmesi gerekmektedir [2]. Geleneksel bir evin yapımında ise yalnızca 5% geri dönüşümlü malzeme kullanılır. Bu nedenle geleneksel binaların, Dünya ölçeğindeki bina ve yapı faaliyetlerinde, her sene 3 milyon ton işlenmemiş malzeme tüketimi vardır [1]. Bütün bu veriler binaların inşaat ve kullanım aşamalarında atmosfere verdikleri sera gazlarının özellikle CO<sub>2</sub>'nin ne kadar yüksek oranda olduğunu, dolayısıyla binaların dünya üzerindeki insan faaliyetlerinden kaynaklanan karbon ayak izini ne kadar büyüttüğünü göstermektedir. Binalarda tüketilen enerji ne kadar azaltılabilirse, o kadar emisyon azaltımı gerçekleştirilmiş olacak ve karbon ayak izi küçülecektir. Sadece enerji verimliliği çalışmalarıyla bile ticari binalarda %33'e, endüstriyel tesislerde %40'a varan oranda tasarruf potansiyeli bulunmaktadır [3]. Karbon ayak izi birim karbondioksit cinsinden ölçülen, kurum veya bireylerin ulaşım, ısınma, elektrik tüketimi vb. faaliyetlerinden kaynaklanan toplam sera gazı emisyon miktarıdır. Karbon ayak izinin, sera gazı emisyonu azaltımı için hesaplanması önemlidir. Bu bağlamda bu çalışmada, geleneksel bir bina ile yeşil bir binanın karbon ayak izi hesaplanmış, yapım ve kullanım aşamasında salınan karbon miktarı ile yapım ve tasarım maliyetleri kıyaslanarak ve maliyet farkları gösterilmiştir.

## 2. Materyal ve Metod

Tasarlanan 1000m<sup>2</sup>'lik bir alan üzerinde 100m<sup>2</sup>'lik, yeşil bir bina için öncelikle inşaat malzemeleri ve inşaatın genel maliyeti belirlenmiştir. Kullanılacak inşaat malzemeleri; kalıp, demir, beton, çatı malzemesi, iç sıva, elektrik ve su tesisat malzemesi, yer döşemesi, izolasyon, kapı ve pencere, banyo seramik, fayans, boya, ısıtma tesisatıdır. Yeşil bina tasarımı için; güneş enerjisi ile ev ısıtma sistemi, 1 adet 1000 watt rüzgar türbini, 1,2 kW güneş paneli sistemi, gri su sistemi, yağmur suyu sistemi, bahçe sulama sistemi kullanılacaktır (Tablo 1). İç tasarım için de; akıllı perde ve panjur sistemi, fotoselli musluk, harekete duyarlı led lamba, tasarruflu led ampul kullanılacaktır. Beton, tuğla, çelik, cam ve yalıtım malzemeleri için geri dönüşüm süreçleri ile üretilmiş ürünler kullanılacaktır.

Evin su tesisatı döşenirken gri suyun tekrar kullanımının sağlanması için banyo tesisatında atık su boru hattı kanalizasyon tesisatına bağlanmadan ayrı bir hat ile evin bahçesinde gömülü olan gri su toplama tankına bağlanacaktır. Çatıda güney kısma bakacak şekilde güneş enerjisi panelleri yerleştirilecektir. Güneş panelleri ile ısıtma sistemi için gerekli olan evin tabanından geçecek ısıtma boruları yerleştirilecektir. Akıllı panjur ve perde sistemi, bahçe sulama kontrol sisteminin su ve elektrik tesisatı döşenmesi sırasında gerekli bağlantıları yapılacaktır. Çatıya döşenecek yağmur oluklarının çıkış borusu bahçede yer alan yağmur suyu depolama tankına

bağlanacaktır. Eve emniyetli bir mesafede bahçeye bir adet rüzgar türbini yerleştirilecektir. Rüzgâr türbini 360° kendi ekseninde dönebildiği için rüzgâr yönü hesabına gerek olmayacaktır. Hafriyat toprağı çevre düzenlemesinde kullanılacak ve az su tüketen bitkiler seçilecektir. Gün ışığından yararlanmak için evde büyük pencereler kullanılacak, bahçede ise güneye yapraklarını döken ağaçlar, kuzeye iğne yapraklı ağaçlar dikilecektir.

Tablo 1. Ev inşaatı ve tasarımı sırasında kullanılan malzemeler ve enerji sistemleri özellikleri ve kullanım alanları

Malzemeler	Malzeme/Adet	Güç	Kullanılacak yer
<b>Ev Isıtma Sistemi</b>	6 Adet Isı borulu güneş kollektörü	Heat-pipe KMPT 20	Tabandan ısıtma
<b>Rüzgar türbini</b>	4*6m gerdirme halatlı ve galvanizli montaj direği	Enerji Üretimi:5 kwh/Gün Rüzgar Jeneratörü: 1 kw.	Aydınlatma, TV, Küçük ev aletleri (matkap,mutfak robotu vs.)
<b>Güneş Paneli</b>	PanelAdedi: 8 Tip: 150W Polykristal,	1,2 kW.	Aydınlatma , TV, Buzdolabı, Çamaşır mak, Bulaşık mak. vs.
<b>Gri Su Sistemi</b>	Tutma tankı: 1 adet Arıtma filtre sistemi:1 adet Pompa: 1 adet	500 lt. tutma tankı	Gri su, sadece tuvalet sifonunda kullanılacaktır. Tutma tankı yere gömülecektir.
<b>Yağmur Suyu Sistemi</b>	Su deposu 1 adet	1000 lt.	Depolanan yağmur suyu; sadece bahçe sulama da kullanılacaktır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

**Kaba inşaat** için 2017 yılı birim fiyatı 900TL/m<sup>2</sup> dir. 100 m<sup>2</sup> lik ev için maliyet 90.000 TLdir.

**İzolasyon;** çatı için 100 m<sup>2</sup> x 7 TL = 700 TL, duvarlar için 140 m<sup>2</sup> x 45 TL = 6.300 TL

**Yer döşemesi** m<sup>2</sup> fiyatı şap için 20 TL üzerinden 2000 TL, laminent parke için 30 TL üzerinden 3.000 TL dir

2 işçi günlük 60 TL ücret ile 30 gün çalışacaktır. Toplam işçilik 3600 TL dir.

100 m<sup>2</sup> geleneksel bir konutun inşaat maliyeti 90.000 TL yeşil bina için oluşan maliyet 145.250 TL olarak hesaplanmıştır (Tablo 2).

Aradaki maliyet farkı 55.250 TL dir.

Tablo 2. Binanın genel maliyeti

	Tutarı (TL)
Kaba İnşaat ( kalıp,demir, beton, duvar )	36.000,00
Çatı yapılması	2.700,00
İç sıva yapılması	6.300,00
Elektrik Tesisatı	3.150,00
Su tesisatı (Vitrifiye malzeme)	5.850,00
Yer döşemesi	5.000,00
Kapı ve pencere doğrama yap.	7.200,00
Banyo seramik, fayans yap.	4.500,00
Boya yap.	4.500,00
Çevre düzenleme yap.	1.800,00
İzolasyon	7.000,00
Rüzgar Türbini	4.000,00
Gri su sistemi	2.450,00
Yağmur suyu sistemi	400,00
Güneş paneli ile ev ısıtma	40.000,00
Güneş paneli	10.000,00
Fotoselli Musluk (2 adet)	200,00
Tasarruf Led Ampül (5 adet)	50,00
Akıllı Perde ve Panjur	400,00
Harekete Duyarlı Led (3 adet)	150,00
İşçi maliyeti	3,600,00
<b>TOPLAM</b>	<b>145.250,00</b>

Evde 3 kişi yaşayacağı kabul edildiğinde;

**Elektrik faturası** aylık ortalama 120 TL olacağı kabul edilmiştir.

Elektrik birim fiyatı 41,2 kuruştur (Ekim 2017, EPDK).

1kwh elektrik eldesi için atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı ortalama 0,43ton'dur.

Yıllık 3.500 kwh elektrik tüketimi karşılığı aylık ortalama 120 TL elektrik faturası ödeyen konut için atmosfere 1505 ton CO<sub>2</sub> atmosfere salınacaktır.

**Su faturası** : yağmur suyu, gri su ve fotoselli musluklar (%50 ile % 70 daha az su tüketir) kullanılacağı için şebeke suyu kullanımını ortalama %50 oranında azalacaktır.

Bir kişi ortalama 150 L/kişi-gün su tüketir.

3 kişilik konut için =450L/gün = 164 m<sup>3</sup> %50 tasarruf = 82 m<sup>3</sup>

Suyun birim fiyatı 3 TL alındığında

Yıllık su harcaması= 492TL , %50 tasarruf ile=246TL/yıl olacaktır.

1 m<sup>3</sup> su kullanımında salınan karbon emisyonu 0,0014kg olduğuna göre 0,1148kg/yıl karbon azaltılmış olacaktır.

**Doğalgaz faturası** birim fiyatı ortalama 1TL/m<sup>3</sup> olarak kabul edilmiştir. Hane başına ortalama kullanım miktarı 956 m<sup>3</sup>/yıl dır. Yıllık fatura 956 TL, aylık fatura yaklaşık 80 TL olacaktır.

1 m<sup>3</sup> doğalgazın yanmasıyla 1 m<sup>3</sup> = 0,96 ton CO<sub>2</sub> açığa çıkmaktadır [4]

Bu durumda kullanım miktarına göre 917,7 ton/yıl CO<sub>2</sub> atmosfere veriliyor demektir. Isınma için doğalgaz kullanılmadığında bu miktar karbon azaltılmış olacaktır.

**Güneş enerjisi sistemleri** kullanıldığında; yıllık 3.500 kwh elektrik tüketimi karşılığı aylık ortalama 120 TL elektrik faturası ödeyen konutun enerji tüketimi için CO<sub>2</sub> emisyonu 81 kg/yıl olmaktadır [5].

1.2 kwh (150 wat lık 8 panel) olan güneş paneli sisteminin günlük ortalama 9 kwh arasında enerji ürettiği kabul edildiğinde;

Yıllık toplam 3285 kwh/yıl enerji üretimi sonunda 76 kg=0,076ton CO<sub>2</sub> atmosfere verilmiş olacaktır.

**Rüzgar enerjisi sistemleri** kullanıldığında; yıllık 3.500 kwh elektrik tüketimi karşılığı aylık ortalama 120 TL elektrik faturası ödeyen konutun enerji tüketimi için CO<sub>2</sub> emisyonu 35 kg/yıl olmaktadır [5].

Rüzgar tribünü günlük 5 kwh enerji üretecektir.

Yıllık toplam 1825 kwh/yıl enerji üretimi sonunda 18,25kg=0,018 ton CO<sub>2</sub> atmosfere verilmiş olacaktır.

**Ağaçların** türüne ve yaşına göre emisyon tutma miktarı farklı olmakla birlikte bir ağaç yıllık 12 kg CO<sub>2</sub> [6] emisyonu tuttuğu ve yeşil binanın bahçesine ortalama 20 ağaç dikileceği kabul edildiğinde 240 kg/yıl=0,24 ton/yıl CO<sub>2</sub> emisyonu azaltılmış olacaktır.

Geleneksel ev için sadece elektrik, su ve doğalgaz tüketimi üzerinden basit bir karbon emisyon hesabı yapılmıştır. Yeşil binanın bu değerler üzerinden güneş ve rüzgar enerjisi ile sağladığı karbon azaltım miktarı hesaplanmış ve buna doğalgaz kullanılmaması, su tasarrufu ve dikilecek ağaçların yaratacağı karbon azaltımı eklenmiştir. Buna göre;

Yeşil bina inşası ile tasarruf edilecek yıllık CO<sub>2</sub> miktarı toplam 2422,1 ton olacaktır.

Yeşil bina da yapılması gereken atık geri dönüşümünden kaynaklanacak karbon azaltımı ki mesela 100 kg kağıdın geri dönüştürülmesi ile 3.6 ton CO<sub>2</sub> emisyonu atmosfere salınmamış olacağı hesaba katılmamıştır. Bunun dışında geleneksel bir bina yapımında 1 m<sup>3</sup> beton üretimi için atmosfere 240 kg CO<sub>2</sub> verilirken yeşil binalarda %80 oranında geri dönüşümlü malzeme kullanılacağı için yeşil binada kaba inşaat bölümünden kaynaklanan karbon emisyonu da azalacaktır [7].

Ayrıca, bu karbon azaltımını gönüllü karbon piyasasında maddi kazanca dönüştürmek mümkündür. Gönüllü karbon piyasasındaki 1 ton CO<sub>2</sub>' nin ederi ortalama 3 € dur [8].

2422,1 ton CO<sub>2</sub> x 3 € = 7266€ = 35.603 TL (1€=4.9 TL)

Bu kazanca yeşil bina dönüşümü ile minimuma incek olan geleneksel binanın yıllık toplam elektrik, su ve doğalgaz fatura bedeli olan 2892 TL eklendiğinde

35.603 + 2892 = 38.495 TL yıllık kazanç sağlanabilecektir.

Yatırım maliyeti geleneksel binadan yüksek olan yeşil bina yıllık tasarrufla aradaki maliyet farkını kapatacaktır. Dolayısıyla 55.250 TL olan fark 1,4 yıl içinde amorti edilmiş olacaktır.

#### 4. Sonuç

İnşa ettiğimiz ve yaşadığımız binalarımızın karbon ayak izi hızlı bir şekilde büyümektedir. Buna karşılık yeşil binalar, yenilenebilir enerji kaynakları kullanan, verim ve tasarruf arttıran özellikleri ile bu ayak izini düşürmektedir. Bugünkü teknoloji ile yeşil bir evin maliyeti, sıradan

teknik ve malzemelerin kullanıldığı bir evin maliyetinden daha fazla olsa bile kısa sürede yatırımı amorti etmesi yanında uzun vadede binalardan kaynaklı karbon salınımının sıfırlanabileceği gerçeği bile küresel ısınmanın önlenmesi açısından umut teşkil etmektedir. Bu nedenle, yeşil binalar teşvik edilmeli ve yaygınlaşmalıdır. Eğer yeşil bina teşvikleri artırılıp, uygulanırsa maliyet daha çok düşecektir. Yeşil binaların karbon salınımını düşürdüğünü çok açık olduğuna göre maddi kazancın yanında, yaşadığımız dünyayı korumak adına büyük ve kalıcı bir adım atılmış olacaktır. Küresel ısınmanın durdurulması, doğal kaynakların dengeli bir şekilde tüketilmesi ve dünya üzerindeki yaşamı sağlıklı bir şekilde sürdürebilmemiz açısından çevresel etkisi daha az, yeşil ya da ekolojik olarak adlandırılan bu yapıların inşa edilmesi bu nedenle son derece önemlidir.

## Kaynaklar

- [1] Kıncay, O.,2009, Sürdürülebilir Yeşil Binalar, <http://www.yildiz.edu.tr/okincay/dersnotu/pdf>.
- [2] Seven, A., Topbaşı, B., Dursun, B., Yeşil Yapı Konseptine Genel Bir Bakış, Electronic Journal of Vocational Colleges, Mayıs 2014, 99-109
- [3] [http://www.emo.org.tr/ekler/49c17cab08ed10e\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/49c17cab08ed10e_ek.pdf) (Son bağlantı tarihi: 28.02.2018)
- [4] <http://www.gazmer.com.tr/bilgi-bankasi>
- [5] <http://www.enerjiatlasi.com/haber/elektrik-uretiminde-karbon-salinimi> (Son bağlantı tarihi: 09.03.2018)
- [6] Öztürk, N.C., <http://www.epy.com.tr> (Son bağlantı tarihi: 09.03.2018)
- [7] Yang, J., Environmental Management in Mega Construction Project. Springer; 2017, s.269.
- [8] [http://www.solar-academy.com/menuis/Karbon-Ayak-Izi-Nedir-Neden-Nasil\\_Hesaplanir.015820.pdf](http://www.solar-academy.com/menuis/Karbon-Ayak-Izi-Nedir-Neden-Nasil_Hesaplanir.015820.pdf) (Son bağlantı tarihi: 03.03.2018)