

# ULUSLARARASI SOSYAL ARAŞTIRMALAR DERGİSİ THE JOURNAL OF INTERNATIONAL SOCIAL RESEARCH

Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi / The Journal of International Social Research  
Cilt: 13 Sayı: 73 Ekim 2020 & Volume: 13 Issue: 73 October 2020  
www.sosyalarastirmalar.com Issn: 1307-9581

## MİMARİDE KARBON AYAK İZİNİ AZALTMAYA YÖNELİK UYGULAMALI BİR DERS DENEYİMİ EXPERIENCE IN AN APPLIED COURSE TO REDUCE CARBON FOOTPRINT IN ARCHITECTURE

Neslihan KULÖZÜ UZUNBOY\*  
Serkan SİPAHİ\*\*

### Öz

Bu çalışmanın amacı mimari tasarım sürecinde bir yapının çevresel etkisinin, yapının yaşam döngüsünün üretim aşamasında, eko-tasarım stratejileri kullanılarak nasıl azaltılabileceğine ilişkin bir deneyim paylaşımıdır. Bu doğrultuda çalışma kapsamında Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Mimarlık Bölümünde verilen Ekolojik Mimarlık dersi kapsamında özgün bir biçimde kurgulanmış geri dönüşlü tasarım süreci; kullanılan yöntemler ve elde edilen temel bulgularla birlikte küçük ev tasarımları üzerinden ortaya konulmaktadır.

Mimarlık ve inşaat sektörünün çevresel etkileri göz önünde bulundurulduğunda, yapıların/yapı gruplarının çevresel etkilerini azaltmaya yönelik yaklaşım ve yöntemlerin mimar adayları tarafından eğitimleri süresince anlaşılması ve benimsenmesinin önemi görülmektedir. Buradan hareketle çalışmaya konu olan Ekolojik Mimarlık dersi mimar adaylarının yapıların çevresel etkilerini, çevresel etkileri azaltmakta kullanılabilecek eko-tasarım stratejilerini, çevresel etkisi fazla ve nispeten az olan yapı malzemelerini ve yapım tekniklerini küçük ev örneğinde deneyimleyerek öğrenmelerini sağlamak üzere kurgulanmıştır. Bu çalışmada eko-tasarım stratejilerinin kullanıldığı geri dönüşlü tasarım süreci ile öncü çıktıların sunulması yoluyla kurgulanacak benzer dersler ve uygulamalar için bir deneyim paylaşılmaktadır. Ayrıca izlenen tasarım yönteminin uygulanabilirliği ile nasıl uygulanabileceği ortaya konulacaktır. Bu bağlamda çalışmada yaygın olarak eko-tasarım kavramı ile anılan ve bir ürünün beşikten mezara metaforuyla açıklanan ömrü boyunca yarattığı çevresel etkileri inceleyen ve çevresel etkilerini azaltma yollarını değerlendirmek için geliştirilmiş olan Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) yönteminden yararlanılmaktadır. YDD yönteminin üretim aşamasına odaklanılan bu çalışmanın örneğini oluşturan küçük ev yapılarının çevresel etkileri Ccalc programı aracılığıyla belirlenmektedir. Çalışmanın sonucunda endüstriyel yapım teknikleri ile tasarlanmış küçük ev tasarımlarının eko-tasarım stratejileri yönlendiriciliğinde yeniden ele alınması ile karbon ayak izlerinde %86-60 aralığında azalma sağlandığı ortaya konulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** YDD, Eko-tasarım Stratejileri, Küçük Ev, Çevresel Etki, Karbon Ayak İzi.

### Abstract

The aim of this study is to share an experience on how the environmental impact of a building can be reduced in the architectural design process by using eco-design strategies. Accordingly, the reflective design process, which was originally designed within the scope of Ecological Architecture course given in the Department of Architecture at the Atatürk University Faculty of Architecture and Design; are presented together with the methods used in the process and the main findings obtained.

Considering the environmental impacts of the architecture and construction industry, it is important to understand and adopt the approaches and methods to reduce the environmental impacts of buildings and/or building groups by architect candidates during their education. From this point of view, Ecological Architecture course was designed to enable the candidates to experience the environmental impacts of buildings, eco-design strategies that can be used to reduce these effects, and the building materials and construction techniques that have relatively high and low environmental impact by experiencing them in the case of their small house designs. In this study, which focuses on the production phase of the Life Cycle Assessment (LCA) process, the environmental impacts of sample small house structures are determined through the Ccalc program. As a result of the study, it was revealed that small house designs designed with industrial construction techniques, which constitute the sample of the study, were handled again in the direction of eco-design strategies, thereby reducing the carbon footprints in the range of 86-60%.

**Keywords:** Life Cycle Assessment (LCA), Eco-design, Eco-design Strategies, Small Houses, Environmental Impact, Carbon Footprint.

\* Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, ORCID: 0000-0002-1945-2635, nkulozu@gmail.com,

\*\* Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, ORCID: 0000-0002-5684-8671, serkansipahi@hotmail.com,



## 1. GİRİŞ

Endüstri devrimini sonrasında artan ekonomik ve toplumsal faaliyetlerin sonucu olarak kabul edilen çevre sorunlarının ortaya çıkması anlamında 1850'ler kırılma noktası olmuştur. Ancak çevre sorunlarının toplumsal düzeyde kabul görmeye başlaması anlamında kırılma, 2. Dünya Savaşından sonra gerçekleşmiştir. Bu bağlamda 20. yy.'ın ikinci yarısında çevre ve çevre sorunları pek çok bilim dalının ortak ilgi alanı haline gelmiştir (Kulözü, 2016, 12482). Başlangıçta her disiplin çevreyi kendi sınırları içerisinde ele almış, kendi yöntem ve teknikleri ile incelemiş ve çevre sorunlarının çözümüne yönelik öneriler geliştirmiştir. Ancak bu yolla Keleş ve Hamamcı'nın da (1997, 30) ifade ettiği gibi; çevre ve çevre sorunları ile ilgili farklı disiplinlerde birbirinden bağımsız çalışmaların ortaya çıkmasından öteye gidilememiştir. Buradan hareketle, dünyada bilim alanında disiplin yaklaşımından disiplinler arası yaklaşıma doğru bir paradigma değişiminin deneyimlendiği dönemde çevre ve çevre sorunlarına yönelik yeni yaklaşım arayışlarının sonucunda ekoloji alanı ortaya çıkmıştır.

Ekoloji alanının gelişmesi, çevre sorunlarının giderek artıyor olması ve sürdürülebilirlik kavramına artan ilgi pek çok bilim alanında olduğu gibi toplumun ihtiyaçları doğrultusunda yapıllı çevre geliştirme süreçlerinde önemli role sahip olan ve bu nedenle de çevresel etkisi yüksek olan mimarlık alanında da karşılık bulmuştur (Martek vd., 2018, 2). Bu bağlamda eko-tasarım kavramı; 1990'lı yılların başında sürdürülebilirlik kavramı ile mimarlık alanında kendisine yer edinmeye başlamıştır. Mimarlık alanında yeşil tasarım, sürdürülebilir tasarım ve çevre için tasarım gibi kavramlarla da anılan eko-tasarım yaklaşımına yönelik geliştirilmiş farklı tanımlar bulunmasına karşın bunların hepsinde ortak olarak eko-tasarımın binaların çevresel etkilerini en aza indirmeye amacına vurgu yapıldığı görülmektedir (Vale, Vale, 1991, 64; Crosbie, 1995, 86; De Oliveira vd., 2000, 19; Zabalza vd., 2013, 3901). Bu kavramsal çeşitlilik bu tasarım yaklaşımları paralelinde üretilen binalar için ekolojik bina, yeşil bina, sürdürülebilir bina ve yüksek performanslı bina gibi çeşitli kavramlar kullanılmaktadır (Harputlugil, 2011, 1-12). Ancak, düşük çevresel etki ve karbon ayak izi hedefine sahip bu mimari yaklaşımların ve yapıların, Çelebi vd.'nin de (2018) vurguladığı gibi, yeşil, çevresel, sürdürülebilir veya ekolojik kavramları ile ifade edilmesi önemli bir fark yaratmamaktadır.

Diğer taraftan, Tikul ve Srichandr'ın da (2007, 1-5) vurguladığı gibi, binalarda eko-tasarım kapsamında yapılan çalışmaların büyük bir kısmı enerji kullanımının azaltılmasına odaklanmaktadır. Bu durum enerji tüketiminin ve bu tüketimden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonunun bina sektöründe oldukça yüksek olması ile açıklanabilir. Bu bağlamda Türkiye örneğine bakıldığında 2015 yılı verilerine göre enerji tüketiminde binaların payının %32,8 ile sanayi sektörünün önüne geçtiği görülmektedir (Yıldız, 2019, 230-238). Dünyada ise toplam enerji tüketiminin yaklaşık %40'ı ve dünya atmosferine salınan toplam CO<sub>2</sub>'in %24'ü binalardan kaynaklanmaktadır (Doğu Marmara ABİGEM, 2012, 13). Bununla birlikte Avrupa Birliği ülkelerinde CO<sub>2</sub> emisyonunun 3'te 1'i; bazı ülkelerde ise daha fazlası bina sektöründen kaynaklanmaktadır (Gaglia vd., 2007, 1160-1175). Bu veriler, bina sektörü açısından enerji tüketimi ve buna bağlı CO<sub>2</sub> emisyonunun yanı sıra binanın diğer emisyon kaynaklarının da üzerinde durularak karbon ayak izlerinin, daha geniş bir ele alış ile çevresel etkilerinin, azaltılmasının gerekliliğini göstermektedir. Binaların çevresel etkilerini azaltabilmek için başta bütün CO<sub>2</sub> emisyon kaynakları olmak üzere, binanın yaşam döngüsü içerisinde çevresel etkilerini arttıran etkenlerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Bu yolla, yapıllı çevrenin ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirilebilecektir (Koç, Ekşi Akbulut, 2017, 647-657). Buradan hareketle, çevresel etkisi düşük projeler ve uygulamalar gerçekleştirilebilmesi için mimarlık ve inşaat sektörü gibi ilgili sektörlerin ve aktörlerin sürdürülebilirlik odaklı teknoloji ve yenilikleri benimsemeleri çeşitli politika ve düzenlemelerle sağlanmaya çalışılmaktadır (İlhan, Yaman, 2015, 440-448).

Ancak, binaların çevresel etkisinin azaltılması, yalnızca mimarlar ve mimari tasarım süreci ile mümkün olmamaktadır. Binanın yaşam döngüsü içerisinde yer alan mülk sahiplerinden kullanıcılara kadar tüm aktör gruplarının çaba göstermesi gerekmektedir (Mendler vd., 2000, 51). Ancak mimarlar binanın yaşam döngüsünün başlangıcı olan tasarım aşamasındaki rolleri nedeniyle, binanın çevresel etkisi üzerinde yaşam döngüsü bütününde belirleyici olmaktadır. Hak ve sorumluluk çerçevesinde ele alındığında, binanın yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki çevresel etkisi üzerinde belirleyici olma hakkına sahip olan mimarların, Bozkurt'un da (2016, 1-6) ifade ettiği gibi binanın çevresel etkisini azaltma konusunda da sorumluluğu büyüktür. Bu nedenle eko-tasarım yaklaşımının mimarlar tarafından benimsenerek tasarım aşamasında yönlendirici olarak kullanılması büyük önem taşımaktadır. Diğer taraftan Aksoy vd.'nin de (2016, 241-253) vurguladığı gibi düşük çevresel etkiye sahip yapıllı tasarım süreçleri geleneksel yapıllı tasarım süreçlerine göre karmaşık bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla eko-tasarım yaklaşımının mimarlar tarafından benimsenmesi için mimarlık eğitimi kapsamında eko-tasarım konusuna yer verilmesi ve yaklaşımın, mimar



adayları tarafından konunun uzmanlarının yönlendiriciliğinde deneyimlenmesi gerekmektedir (Alvarez vd., 2016, 1-32). Eğitim gereksinimleri ve yöntemlerinin dünyada yaşanan değişimler ve gelişmeler doğrultusunda güncellendiği mimarlık alanına, eko-tasarım ve diğer sürdürülebilirlik temelli yaklaşımların entegre edilmesi kaçınılmaz bir gerekliliktir (Sipahi ve Torun, 2019, 31-44).

Diğer taraftan, söylem düzeyinde her bir mimarın ve mimarlık eğitimi içerisinde yer alan her bir aktörün kolaylıkla kabul edebileceği sürdürülebilirliğin eğitim programlarında ne ölçüde yer bulduğu tartışma konusudur. Bu konu, 2008 yılında Avustralasya Mimarlık Okulları Birliği kapsamındaki okullar üzerine yapılan araştırma ile ortaya konulmuştur. Araştırmaya göre sürdürülebilirliğin bazı okulların müfredatlarını %15'in üzerinde etkilerken bazı okulların müfredatlarını hiç etkilemediği belirlenmiştir (Ostwald vd, 2008, 116). Avustralya'da 2008 yılında tespit edilen bu çalışmanın yanı sıra Avrupa'da; Mimarlık ve Kentsel Tasarım öğretim ve uygulamasında sürdürülebilirliğin entegrasyonunu teşvik etmek, rehberler geliştirmek ve müfredat geliştirme amacı ile Energy Europe programı kapsamında EDUCATE projesi<sup>1</sup> sürdürülmüştür. 6 ülke ve 60'tan fazla grup ve araştırmacı tarafından yürütülen proje kapsamında bina profesyonellerinin %95'inden fazlasının sürdürülebilirliğin mimari eğitim müfredatına dahil edilmesi gerektiğini kabul ettiği ortaya konulmuştur (Altomonte, vd., 2012, 143-154; Álvarez vd, 2016, 1-32). Diğer taraftan EDUCATE projesi örneğinde görüldüğü gibi Mimarlık ve Kentsel Tasarım eğitim müfredatlarının geliştirilmeye çalışılması, sürdürülebilirlik gündeminin, özellikle Birleşmiş Milletlerin 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini açıklamasının ardından yükseköğretim programlarında merkezi bir konum almaya başladığını göstermektedir. Bozkurt (2016, 1-6)'unda ifade ettiği gibi dünyada birçok mimari eğitim programı, teorik dersler ve tasarım stüdyolarında sürdürülebilirliği temel alan yaklaşımlar izlemeye başlamıştır. Bu bağlamda eko-tasarım odaklı dersler ile binanın yaşam döngüsü içerisinde bütün aşamaları ve dolayısıyla sürdürülebilirliğin toplumsal (binanın yaşam döngüsü içerisinde yer alan ve çevresel etkilerini değiştirme gücüne sahip aktörler), ekolojik (çevresel etkileri, eko-tasarım yaklaşımı, ekolojik malzeme ve yapım teknikleri vb.) ve ekonomik (yapım sürecinde malzemeler, kullanım sürecinde binanın ve kullanıcıların tüketimi azaltma) boyutlarını içerecek şekilde kurgulanarak öğrenciler tarafından deneyimlenmesi sağlanmalıdır. Bu noktada, Sipahi ve Torun (2019, 31-44) tarafından ortaya konulduğu gibi, Mimarlık eğitim programlarında günden güne daha da etkin kullanılan bilgisayar destekli tasarım programları ile yaşam döngüsü analiz programlarından yararlanılacaktır. Bu yolla, mimarlık öğrencileri sürdürülebilir tasarımları, binaların yapım ve yıkım aşamalarını Sev (2009, 46)'in ifadesiyle beşikten mezara tüm yaşam döngüsünü kapsayacak şekilde bütüncül ve kapsamlı bir yaklaşımla nasıl yapabilecekleri deneyimleyerek öğrenmeleri sağlanmış olacaktır. Öğrencilik süreçlerinde sürdürülebilirlik, yaşam döngüsü, eko-tasarım gibi kavram ve yaklaşımları benimseyerek deneyimleyen öğrenciler profesyonel yaşamlarında yapacakları tasarım ve uygulamalarda bu kavram ve yaklaşımları kullanacaklardır.

Ancak, mimarlık öğrencilerinin eğitim aşamasında eko-tasarım yöntemini aktif olarak deneyimlemeleri ve sürdürülebilirlik konusunun eğitimlerinde yer almasının önemine karşın literatürde mimarlık öğrencileri için eko-tasarım konusunda uygulamalı bir ders deneyimine yönelik çalışmanın bulunmadığı görülmüştür. Literatürdeki bu boşluğu doldurmaya yardımcı olmaya yönelik olarak hazırlanmış olan bu çalışma, mimarlık eğitimi ve literatüre mimarlık eğitiminde eko-tasarım sürecinin deneyimlendiği ilk çalışma olarak katkıda bulunacaktır.

Buradan hareketle, Atatürk Üniversitesi Mimarlık Bölümünde 2019-2020 güz döneminde sürdürülen Ekolojik Mimarlık dersi kapsamında deneyimlenen sürecin ortaya konulduğu bu çalışma ile, eko-tasarım literatüre katkı yapmak, ülkemizde mimarlık eğitim programlarında son yıllarda yer bulmaya başlayan eko-tasarım odaklı derslere yönelik özgün bir yöntem sunmak ve uygulamada eko-tasarım sürecinin nasıl sürdürülebileceğine yönelik örnek oluşturmak amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın izleyen bölümünde örnek olarak odaklanılan Ekolojik Mimarlık dersinin teorik çerçevesini oluşturan Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) yöntemi, eko-tasarım stratejileri ve deneyimlenen sürecin örneğini oluşturması nedeniyle küçük ev yaklaşımı sunulacaktır.

### **1.1. EKOLOJİK MİMARLIK DERSİ ÇERÇEVESİ: YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME (YDD) YÖNTEMİ, EKO-TASARIM STRATEJİLERİ VE KÜÇÜK EV YAKLAŞIMI**

Eko-tasarım kavramı yaygın olarak YDD kavramı ile kullanılmaktadır. YDD bir ürünün üretim, kullanım ve geri dönüşüm süreçlerinin tamamının çevresel etkilerini inceleyen ve çevresel etkilerini azaltma yollarını değerlendirmek için geliştirilmiş bir yöntemdir (Güngör vd., 2009, 197-205). Eko-tasarım yaklaşımında hedeflenen de ürünlerin yaşam döngüsü içerisindeki çevresel etkilerinin azaltılmasıdır. YDD,

<sup>1</sup> 2009 yılında Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilmiştir.



bilgisayar tabanlı analiz programları yardımı ile ürünü hammadde aşamasından doğaya geri dönüşümüne kadar geçen süre içerisinde her aşamada; MET matrisi (Material, Energy, Toxicology) ve Eko-Gösterge gibi diğer analiz yöntemlerine göre daha kapsamlı bir biçimde analiz etmektedir (IHOBE SPGA, 2000, 26).

YDD yöntemi International Standard Organization (ISO) 14040'a göre belirlenmiş ve standart olarak kabul edilmiştir. Yöntem, geri dönüşlü ve tekrarlanabilir özelliğe sahip aşamaları içeren bir süreçten oluşmaktadır (International Standard Organization, 1997). Bu bağlamda yaşam döngüsü genel olarak 5 aşamada incelenmektedir: (1) Üretim Öncesi Dönem, (2) Üretim Dönemi, (3) Paketleme ve Taşıma Dönemi, (4) Kullanım ve Bakım ve (5) Kullanım Sonu Dönemi (Schmidt vd., 2002, 63). Buna göre bir ürünün yaşam döngüsünün, hammaddelerin üretim malzemelerine dönüştürüldüğü, ilk aşamasında mevcut çevresel etkileri analiz edilmelidir. Bu analizler Ccalc, Simapro ve Ecoscan gibi yaşam döngüsü analizi yapmaya yönelik olarak geliştirilmiş bilgisayar programları ile gerçekleştirilmektedir. Bu programlar genel olarak ürünün yaşam döngüsü aşamalarındaki çevresel etkilerini ISO tarafından belirlenmiş etki değerlerine göre analiz etmektedirler. Bu bağlamda, çalışmada kullanılan Ccalc programı ana ölçüm olarak ürünlerin yaşam döngüleri içerisindeki karbon ayak izlerini hesaplamaktadır (URL 1, 2020).

YDD analizi sürecinde ürünün çevresel etkilerini arttıran malzeme ve ürün grupları belirlenmekte ve elde edilen bulgular doğrultusunda ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar eko-tasarım stratejilerinin yönlendiriciliğinde yapılmaktadır. Eko-tasarım stratejileri yaşam döngüsü içerisinde, tehlikeli maddelerin ortadan kaldırılması ya da azaltılması, enerji geri kazanımı için dönüştürülebilen malzeme tercih edilmesi, enerji tüketiminin azaltılması ve işlevselliğin artırılması ile ürün ömrünün uzatılması gibi konulara odaklanılarak geliştirilmektedir (Donnelly vd. 2006, 1357-1367). Bu bağlamda Schmidt vd. (2002,67), eko-tasarım stratejilerini; malzeme seçimi ve kullanımı, üretim, kullanım, kullanım sonu ve geri dönüşüm, yaşam döngüsü sürecinin artırılması ve atık başlıkları altında toplamıştır. Tasarımcılar bu stratejiler yardımı ile tasarımlarının çevresel etkilerini azaltarak daha sürdürülebilir hale getirebilmektedir.

Bu yolla, bu çalışma kapsamında da, çalışmanın örneğini oluşturan küçük ev tasarımları, çevresel etkilerini azaltmak üzere eko-tasarım stratejileri yönlendiriciliğinde yeniden ele alınacaktır. Küçük ev yaklaşımı 20. yy.'ın başından itibaren, özellikle 1980'li yılların sonunda Amerika'da popülerlik kazanmıştır. İlk örnekleri Amerika ve Avrupa ülkelerinde yüzyıllar öncesinde ortaya çıkmış olan küçük evlerin (Evans, 2018, 34-45) günümüz dünyasında günden güne ilginin arttığı bir harekete dönüşmesinde doğal kaynakların daha az kullanılması ve yapının çevresel etkisinin düşürülmesi amacı önemli rol oynamaktadır (Ford, Gomez-Lanier, 2017, 394-405). Küçük ev yaklaşımına artan ilgi, gezginler, evsizler ve yüksek yoğunluklu kentsel alanlar gibi sorunlara yönelik etkili bir tasarım alternatifi olması ve günümüz bilgi toplumu insanının günden güne artan yalınlaşma isteği ile de açıklanmaktadır (Yücel, Kariptaş, 2019, 103-112). Bu bağlamda, küçük evlerin genişlikleri için kabul edilen aralık 37-93 m<sup>2</sup> dir (Kilman, 2016, 1-12; Carlin, 2014, 35; URL 2, 2020).

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. MATERYAL

Yaşam döngüsü içerisinde çevresel etkisi ve bunun bir parçası olarak karbon ayak izi düşük olan küçük ev konsepti, bu çalışmaya konu olan Ekolojik Mimarlık dersinin amacı doğrultusunda örnek tasarım ürünü olarak belirlenmiştir. Bu seçimde öğrencilere konut sektöründe çevreci bir hareket olarak karşımıza çıkan küçük ev yaklaşımının anlatılması amacı kadar bu çevreci yaşam biriminin dahi eko-tasarım stratejilerinin kullanılmasyla karbon ayak izinin düşürülebileceğinin deneyimlenerek öğretilmesi amacı belirleyici olmuştur. Çalışmanın örneğini oluşturan küçük evler 37-46 m<sup>2</sup> arasında değişkenlik göstermektedir.

### 2.2 YÖNTEM

Çalışmaya konu olan Ekolojik Mimarlık dersi kapsamında izlenen geri dönüşlü tasarım sürecinde öncelikle öğrenciler 4'er kişilik gruplara ayrılarak, 7 tasarım grubu oluşturulmuştur. Grupların oluşturulmasının ardından, geri dönüşlü tasarım sürecine geçilmiştir.

Bu çalışmanın amacı doğrultusunda bu bölümde Ekolojik Mimarlık Dersi kapsamında izlenen sürecin aşamaları, her bir aşamanın amacına açıklık getirecek şekilde kısaca sunulacaktır. Bulgular ve tartışma bölümünde detayları ile sunulacak olan süreç temel olarak 4 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar ve izlenen süreç aşağıdaki gibidir:





- Birinci Aşama: Küçük evlerin tasarlanması ile malzeme ve yapım tekniklerinin belirlenmesi aşaması sürecin tasarım grupları tarafından küçük evlerin tasarlandığı ve yapım tekniklerinin belirlendiği bölümdür.
- İkinci Aşama: Önceki aşamada tasarım grupları tarafından yapılan yapılan küçük ev tasarımlarının ve seçilen malzemelerin karbon ayak izlerinin hesaplandığı bölümdür. Bu aşamanın amacı tasarımlar ve malzemelerin karbon ayak izleri Ccalc programı kullanılarak belirlenmesidir.
- Üçüncü Aşama: Birinci aşamada tasarlanan küçük evlerin eko-tasarım stratejileri yönlendiriciliğinde yeniden ele alındığı aşamasıdır. Bu aşamada tasarım gruplarının belirlenen eko-tasarım stratejileri çerçevesinde tasarımlarını çevresel etkilerini azaltmak için revize etmeleri amaçlanmıştır.
- Dördüncü Aşama: Sürecin son aşamasının amacı, bir önceki aşamada çevresel etkisi azaltılan tasarımların karbon ayak izleri belirlenmesi ve ilk tasarımlar ile revize tasarımların karbon ayak izlerindeki değişimler ortaya konulmasıdır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Birinci Aşama: Küçük Evlerin Tasarlanması ile Malzeme ve Yapım Tekniklerinin Belirlenmesi

Geri dönüşlü tasarım sürecinin ilk aşamasında tasarım gruplarından günümüzde uygulanmakta olan endüstriyel yapım teknikleri ile malzemelerini kullanarak 37 m<sup>2</sup> civarında, ancak 37 m<sup>2</sup>'den küçük olmayacak; mutfak alanı, yaşam alanı, yatma bölümü ve ıslak hacim barındıracak şekilde küçük ev tasarımları istenmiştir. Küçük evler öğrenci grupları tarafından 37-46 m<sup>2</sup> aralığında ders yürütücüsü tarafından verilen kritikler ile tasarlanmıştır (Tablo 1). Mimari tasarımların tamamlanmasının ardından tasarımlar için malzemeler ve yapı uygulama teknikleri belirlenmiştir. Bu aşamada üretilen tasarımlar incelendiğinde genel olarak betonarme yapım teknikleri kullanılarak küçük evlerin kolon giriş sistemi ile oluşturulduğu ve mekânların duvarlar ile ayrıldığı görülmektedir. Ayrıca, altıgen (1. tasarım) ve dairesel (7. tasarım) planlı tasarımlar bulunmasına karşın, genel eğilimin dörtgen plan şeması tercih etme yönünde olduğu da anlaşılmaktadır.

#### 3.2. İkinci Aşama: Tasarımların ve Malzemelerin Karbon Ayak İzlerinin Hesaplanması

Sürecin ikinci aşamasında, öğrencilere öncelikli olarak Ccalc programı öğretilmiştir. Program seçiminde Ccalc programının ücretsiz ve öğrenciler tarafından kolay erişilebilen bir program olması etkili olmuştur. Tasarım grupları tarafından önceki aşamada tamamlanan tasarımların ve tasarımlar için seçilen malzemelerin karbon ayak izleri Ccalc yaşam döngüsü analiz programı kullanılarak ortaya konulmuştur (Tablo 1). Bu çalışmada yalnızca mimari açıdan bir irdeleme yapılması amaçlandığından, çalışmada mimari yapının çevresel etkisi, yapının mimari yapı öğeleri üzerinden LCA evrelerinden yalnızca hammadde evresine odaklanılarak analiz edilmiştir. Bu nedenle, küçük ev tasarımlarının karbon ayak izi hesaplanırken elektrik ve mekanik tesisat (havalandırma, sıhhi tesisat, vb.) ile yapı içerisindeki donatı grubu malzemeler analiz sürecine dâhil edilmemiştir. Ayrıca, mimari tasarımların yapım süreci insan gücüne dayandığından ve depolama aşaması mimari yapılarda bulunmadığından LCA analizinin yapım ve depolama aşamaları analize dâhil edilmemiştir. Kullanım evresinde ortaya çıkan enerji tüketiminin elektrik ve mekanik tesisat ile donatı grubunda kullanılması nedeni ile LCA analizinin bu aşaması da çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır.

Tasarımların karbon ayak izlerinin hesaplanması için öncelikle malzeme metrajları hesaplanmış; hesaplanan metrajlar ile malzemelerin öz kütleleri yardımı ile ağırlıkları hesaplanarak Ccalc programına veri girişi yapılmıştır. Elde edilen verilere göre küçük ev tasarımlarının karbon ayak izlerinin 20062-35752 Kg CO<sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim arasında değişkenlik gösterdiği, 1. tasarımın 35678 Kg CO<sub>2</sub> eq./Fonksiyonel Birim ile en yüksek, 2. tasarımın ise 20062 Kg CO<sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim ile en düşük karbon ayak izine sahip olduğu görülmüştür. Her biri 37-46 m<sup>2</sup> alana sahip tasarımların karbon ayak izleri arasında %44'e varan farkın olması, tasarımların çevresel etkilerinin önemli ölçüde farklılaştığını göstermektedir.

Bu aşamada ayrıca her bir tasarımda kullanılan malzemelerin çevresel etkileri bir matris oluşturularak karşılaştırılmalı bir biçimde ortaya konulmuştur. Oluşturulan matris içerisinde çevresel etkisi diğer malzemelere kıyasla yüksek ve düşük malzemeler gruplandırılmıştır. Bu bağlamda her bir tasarım kendi içerisinde değerlendirilirken, tasarımı oluşturan malzemelerin karbon ayak izleri toplanarak malzeme sayısına bölünmüş böylece malzemelerin ortalama çevresel etki değeri, her bir tasarım için ayrı ayrı, bulunmuştur. Bunun sonucunda, tasarımlarda ortalama çevresel etki değeri üzerinde kalan malzemeler yapının çevresel etki değerini yükselten malzemeler olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda çalışmanın izleyen



aşamalarında yapının çevresel etki değerini diğer malzemelere kıyasla daha fazla yükselten bu malzemeler çevresel etki değeri yüksek, ortalamanın altında değere sahip olan malzemeler ise çevresel etki değeri düşük malzemeler olarak ifade edilmektedir. Bu kapsamda yapılan analizler sonucunda küçük ev tasarımlarında kullanılan malzemelerden beton ve demirin karbon ayak izinin diğer malzemelere kıyasla bütün tasarımlarda yüksek olduğu görülmüştür. Beton ve demir dışında pencere ve kapı profilleri olarak kullanılan alüminyumun (2., 6. ve 7. tasarımlarda), duvarlarda kullanılan tuğlanın (1., 2., 3., 4. ve 5. tasarımlarda), su bazlı boyanın (1. tasarımda) ve seramiğin (2. tasarımda) karbon ayak izi yüksek malzemeler oldukları görülmüştür.

**Tablo 1:** Küçük ev tasarımları ile eko-tasarım stratejileri yönlendiriciliğinde karbon ayak izi azaltılan tasarımlar

Tasarım	İlk tasarım		Karbon ayak izi azaltılan tasarım		Karbon ayak izindeki değişim
	Plan	Karbon ayak izi	Plan	Karbon ayak izi	
1		35678 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim		7747 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim	%78
2		20061 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim		6232 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim	%69
3		23498 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim		9397 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim	%60
4		24863 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim		7143 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim	%71
5		28523 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim		8674 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim	%70
6		22544 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim		6838 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim	%70
7		35752 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim		5106 Kg CO <sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim	%86



### 3.3. Üçüncü Aşama: Eko-Tasarım Stratejileri Yönlendiriciliğinde Tasarımların Yeniden Ele Alınması

Bu aşamada küçük ev tasarımları, ilk tasarımlara biçimsel olarak sadık kalınarak, eko-tasarım stratejileri yönlendiriciliğinde yenilenmiştir. Bu çalışma kapsamında, çalışmanın amacına ve örneğine uygun olarak kullanılan 3 eko-tasarım stratejisi; enerji tüketiminin azaltılması ve işlevselliğin artırılmasına yönelik olarak “Yeni fonksiyonel çözümler geliştirilmesi”, tehlikeli maddelerin ortadan kaldırılması ya da azaltılmasıyla ilgili olarak “Kullanılan malzeme miktarının azaltılması” ile enerji geri kazanımı için dönüştürülebilir malzeme tercih edilmesi ile ilgili olarak “Düşük çevresel etkiye sahip malzeme seçimi” olmuştur.

Bu bağlamda yeni fonksiyonel çözümler geliştirilmesi ve kullanılan malzeme miktarının azaltılması stratejileri öğrenci gruplarının dersin koordinatörü ile birebir görüşmeleri ve aldıkları kritikler doğrultusunda kullanılmıştır. Düşük çevresel etkiye sahip malzeme seçimi stratejisinin öğrencilere benimsetilmesi ve tasarımlarda kullanılması için ise beyin fırtınası yapılmıştır. Bu kapsamda, ilk tasarımlar için seçilen malzemelere alternatif olarak kullanılacak malzemelere yönelik olarak sınıf ortamında beyin fırtınası gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan alternatif malzeme fikirleri listelenmiştir. Liste oluşturulurken ilk tercih edilen ve revizyon kapsamında önerilen malzemelerin olumlu ve olumsuz yönleri de ortaya konulmuştur. Bunun ardından hazırlanan listeden yararlanılarak tasarımlar için malzeme seçimleri tasarım grupları tarafından yapılmıştır.

Bu aşamanın sonucunda eko-tasarım stratejilerinin kullanılmasıyla öğrenci gruplarının genel olarak ilk aşamada seçmiş oldukları yapımların üretim tekniklerini değiştirerek geleneksel yapımların üretim tekniklerine geçtikleri, ilk tasarımlarında belirledikleri iç mekândaki fonksiyonları duvarların kaldırılması yoluyla birleştirdikleri ve işlevi engellemeyecek şekilde mekânların küçültülmesi yoluna gittikleri görülmüştür (Tablo 1).

Bu süreçte küçük evler için literatürde kabul edilen 37 m<sup>2</sup> alt sınırı sabit tutulmuştur. Bu nedenle tasarımların alanlarında yapılan değişiklikler 1-2 m<sup>2</sup> ile sınırlı olmuş ve her bir tasarım 37-46 m<sup>2</sup> aralığında kalmıştır. Diğer taraftan çevresel etkisi ortalamanın üzerinde olduğu tespit edilen demir ve tuğla malzemeler, ahşap, doğal taş, gaz beton, çelik, alçı ve saman paneli ile değiştirilirken beton malzemenin kullanım ömrü göz önünde bulundurularak bu malzemeler ile değiştirilmiş ya da azaltılarak bu malzemeler ile kullanılmıştır. Ayrıca, alüminyum; ahşap ve PVC ile, su bazlı; boya kireç ve bitkisel kök boya ile, seramik; ahşap, lambri, laminant ve doğal taş ile değiştirilmiştir.

### 3.4. Dördüncü Aşama: Çevresel Etkisi Azaltılan Tasarımların Karbon Ayak İzlerinin Belirlenmesi ve Karbon Ayak İzlerindeki Değişimin Ortaya Konulması

Geri dönüşlü tasarım sürecinin son aşamasında eko-tasarım stratejileri yönlendiriciliğinde revize edilen tasarımların karbon ayak izleri Ccalc programı kullanılarak hesaplanmış ve çevresel etki değerlerinin 5106 - 9397 Kg CO<sub>2</sub> eq./ Fonksiyonel Birim arasında olduğu görülmüştür (Tablo 1). Ayrıca elde edilen sonuçlar ilk tasarımların karbon ayak izleri ile karşılaştırılmış ve endüstriyel yapımların teknikleri ile gerçekleştirilmiş tasarımların eko-tasarım stratejileri yönlendiriciliğinde yeniden ele alınması ile karbon ayak izlerinde %86- %60 aralığında azalma sağlandığı görülmüştür.

## SONUÇ

Bu çalışmaya konu olan Ekolojik Mimarlık dersi kapsamında YDD yöntemi, eko-tasarım stratejileri, küçük ev yaklaşımı ve Ccalc programından yararlanılarak Mimarlık bölümü öğrencilerinin, eko-tasarım yapma becerilerini geliştirmek, bunun için gerekli kavramsal çerçeveyi öğrenmelerini sağlamak ve edindikleri bilgi ve becerileri ders kapsamında ürün-çevresel etki ilişkisi içerisinde deneyime dönüştürerek eko-tasarım yaklaşımını benimsemelerini sağlamak amaçlanmıştır. Yapının yaşam döngüsü içerisinde tasarım aşamasına odaklanılarak deneyimlenen sürecin sonucunda yapıların her birinin karbon ayak izinde %60'ın üzerinde bir azalma sağlanmış olması kullanılan eko-tasarım stratejilerinin ve bu doğrultuda yapılar yapımların sistemi, yapı elemanları ve malzeme seçiminin yapının çevresel etkileri üzerinde ne kadar etkili olduğunu göstermiştir. Bunun için yapıların mimari tasarım süreçlerinin geri dönüşlü bir kurguya sahip olması, yapımların sürecine geçmeden önce tasarımın karbon ayak izinin hesaplanması ve karbon ayak izini düşürmek için eko-tasarım stratejilerinin yönlendiriciliğinde müdahaleler yapılabilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu nedenle ders kapsamında öğrencilerin mimari yapılar çevresel etkilerini azaltmak için yapabilecekleri müdahaleler anlatılırken; yapıların çevresel etkilerini analiz ederken yararlanabilecekleri Ccalc programı öğretilmiştir. Ccalc programı aracılığıyla analiz edilen yapılar geliştirilmesi gereken



yönlerin tespit edilmesi ve belirlenen stratejilerin bu amaç doğrultusunda etkin olarak kullanılması becerisi geliştirilmiştir. Eko-tasarım stratejileri yönlendiriciliğinde yapılan ve yapılmayan tasarımlar arasındaki farkın öğrenciler tarafından deneyimlenerek anlaşılması sağlanmıştır. Bu sayede bir sürdürülebilirlik yöntemi olarak eko-tasarım kullanılarak en küçük binaların dahi çevresel etkilerinin ne denli azaltılabileceğinin öğrenciler tarafından daha iyi kavranmasına yardımcı olunmuştur.

Ders kapsamında deneyimlenen eko-tasarım yönteminin gerçek yaşamda deneyimlenen süreçlerde binanın yaşam döngüsü içerisinde yer alan bütün aktörlerin katılımını sağlayacak şekilde kurgulanması, karbon ayak izini düşürmek için atılması gereken adımların tasarımcı, müteahhit, kullanıcı gibi ilgili bütün aktörlerce anlaşılması, üretilecek kararların sahiplenilmesi, ortak akıl ve ortak anlam üretilmesi ile uygulamada da başarıya ulaşılabilmesi için kaçınılmaz bir gerekliliktir. Diğer taraftan mimarlar yapının yaşam döngüsünün tüm aşamalarındaki çevresel etkisi üzerinde belirleyici olmaları nedeniyle diğer aktörlere göre farklı bir pozisyona sahiptir. Bu nedenle, eko-tasarım yaklaşımının ve stratejilerinin mimari uygulamalarda daha fazla kullanılması için eko-tasarım yaklaşıma mimarlık eğitim programlarında yer verilmesi, yaklaşımın mimarlık bölümü öğrencileri tarafından deneyimlenerek öğrenilmesi ve benimsenmesi gerekmektedir.

Bu yolla, insanlığı tehdit eder noktaya ulaşan çevre sorunları ile mücadele edilen günümüz dünyasında mimarlık bölümü öğrencilerinin kendilerine düşen görevlerin farkına varmaları sağlanacaktır. Bu farkındalık ile yetişen mimarlar profesyonel hayatlarında gerçekleştirecekleri tasarımların çevresel etkilerini azaltarak insanlığın sürdürülebilir bir gelecek hayaline ulaşmasında kendilerine düşen sorumlulukları yerine getirebileceklerdir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Mimarlık Bölümünde 2019-2020 Güz Döneminde sürdürülen Ekolojik Mimarlık Dersi ve dersin sonucunda ortaya konulan ürünlerden yola çıkılarak hazırlanmıştır. Dersi alan öğrencilere çalışmalarını ile derse ve bu çalışmaya yapmış oldukları katkılardan dolayı teşekkürü borç biliriz.

#### KAYNAKÇA

- Aksoy, Y. Badem, Çağdaş, Gülen, Balaban, Özgün (2016). Sürdürülebilir Toplu Konut Yerleşmesi Tasarımı İçin Pareto Genetik Algoritmaya Dayalı Bir Model Önerisi: SSPM. *Megaron*, Cilt: 11, S. 2, s. 241-253.
- Altomonte, Sergio, Rutherford, Peter, Wilson, Robin (2012). Mapping the Way Forward: Education for Sustainability in Architecture and Urban Design. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, S. 154, s. 143-154.
- Álvarez, S. Porras, Lee, Kyungsun, Park, Jiyoung, Rieh, S. Young (2016). A Comparative Study on Sustainability in Architectural Education in Asia – with a Focus on Professional Degree Curricula. *Sustainability*, Cilt: 8, S. 3, s. 1-32.
- Bozkurt, Eray (2016). Integration Of Theory Courses and Design Studio in Architectural Education Using Sustainable Development. *SHS Web of Conferences*, S. 26, s. 1-6.
- Carlin, T. Michael (2014). *Tiny Homes: Improving Carbon Footprint and the American Lifestyle on a Large Scale*. Celebrating Scholarship & Creativity Day, College of Saint Benedict and Saint John's University, s. 35.
- Crosbie, J. Michael (1995). *Green Architecture: A Guide To Sustainable Design*. Washington: The American Institute of Architects.
- Çelebi, Gülser, Gültekin, A. Burcu, Harputlugil, Gülsu, Bedir, Merve, Tereci, Ayşegül (2008). *Yapı Çevre İlişkileri*. İstanbul: Çizgi Basım Yayın Ltd. Şti.
- De Oliveira, A. Rosa, Cheviakoff, Sofia, Bahamon, Alejandro, Asensio, Paco (2000). *Eco-Tecture: Bioclimatic Trends and Landscape Architecture in the Year 2001*. Barcelona: Loft Publications.
- Doğu Marmara ABİGEM (2012). *Yapı ve Yapı Malzemeleri Sektör Raporu*.  
[http://www.prismenvironment.eu/reports\\_prism/Turkey\\_PRISM\\_Environment\\_Report\\_TR.pdf](http://www.prismenvironment.eu/reports_prism/Turkey_PRISM_Environment_Report_TR.pdf) [Erişim: 15.04.2020].
- Donnelly, Kathleen, Beckett-Furnell, Zoe, Traeger, Siegfried, Okrasinski, Thomas, Holman, Susan (2006). Eco-design Implemented Through a Product-based Environmental Management System. *Journal of Cleaner Production*, Cilt: 14, S. 15,16, s. 1357-1367.
- Evans, Krista (2018). Integrating Tiny and Small Homes into the Urban Landscape: History, Land Use Barriers and Potential Solutions. *Journal of Geography and Regional Planning*, Cilt: 11, S. 3, s. 34-45.
- Ford, Jasmine, Gomez-Lanier, Lilia (2017). Are Tiny Homes Here to Stay? A Review of Literature on the Tiny House Movement. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, Cilt: 45, S. 4, s. 394-405.
- Gaglia, G. Athina, Balaras, A. Constantinos, Mirasgedis, Sevastianos, Georgopoulou, Elena, Sarafidis, Yiannis, Lalas, P. Dimitris (2007). Empirical Assessment Of The Hellenic Non-Residential Building Stock, Energy Consumption, Emissions And Potential Energy Savings. *Energy Conversion and Management*, Cilt: 48, S. 4, s. 1160-1175.
- Güngör, Aşkın, Palamutçu, Sema, İkiz, Yüksel (2009). Pamuklu Tekstiller ve Çevre: Bir Bornozun Yaşam Döngü Değerlendirmesi. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, Cilt: 19, S. 3, s. 197-205.
- Harputlugil, U. Gülsu (2011). Enerji Performansına Dayalı Tasarımda Analiz ve Simülasyon. *Megaron*, Cilt: 6, S. 1, s.1-12.
- IHOBE SPGA (Sociedad Publica Gestion Ambiental) (2000). *Manual Práctico de Ecodiseño, Operativa de Implantación en siete pasos*. İspanya.
- International Standard Organization (ISO) (1997) *ISO 14040: Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and Framework*.ISO, Cenevre.
- İlhan, Bahriye, Yaman, Hakan (2015). BIM ve Sürdürülebilir Yapım Bütünleşme: IFC-Tabanlı Bir Model Öneri. *Megaron*, Cilt: 10, S. 3, s. 440-448.
- Keleş, Ruşen, Hamamcı, Can (1997). *Çevrebilim*. (2. Baskı), Ankara: İmge Kitabevi.
- Kilman, Charlie (2016). Small House, Big Impact: The Effect of Tiny Houses on Community and Environment. *Undergraduate Journal of Humanistic Studies*, Cilt: 2, S. Winter 2016, s. 1-12.
- Koç, G. Zehra, Ekşi, A. Dilek (2017). Ekolojik Tasarım Kapsamında Dünyada ve Türkiye'de Toprak Yapı Standart ve Yönetmeliklerinin Değerlendirilmesi. *Megaron*, Cilt: 12, S.4, s. 647-657.





- Kulözü, Neslihan (2016). Youths' perception and knowledge towards environmental problems in a developing country: in the case of Atatürk University, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, Cilt: 23, S. 12, s. 12482-12490.
- Martek, Igor, Hosseini, M. Reza, Shrestha, Asheem, Zavadskas, K. Edmundas, Seaton, Stewart (2018). The Sustainability Narrative in Contemporary Architecture: Falling Short of Building a Sustainable Future. *Sustainability*, Cilt: 10, S. 4, s. 1-18.
- Mendler, F. Sandra, Odell, William, Lazarus, A. Mary (2000). *The HOK Guidebook to Sustainable Design*. New York: The American Institute of Architects (AIA).
- Ostwald, M.J.; Williams, A.; Learning, A.; Council, T. (2008). *Understanding Architectural Education in Australasia; Australian Learning and Teaching Council: Sydney*. Australia.
- Schmidt, Kirsten, Christensen, M. Frans, Juul, Lotte, Øllgaard, Henriette, Nielsen, B. Charlotte (2002). *Manual on Product-Oriented Environmental Work*. Kopenhagen: Danish Environmental Protection Agency.
- Sev, Aysin (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık*. İstanbul: YEM Yayın.
- Sipahi, Serkan, Torun, Alper (2019). İç Mimarlık Lisans Eğitimi, Dersler ve Sürdürülebilirlik. *Neşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, cilt: 8, S. Enar Özel Sayısı, s. 31-44.
- Tikul, Doolwit, Srichandr, Panya (2007). Status of Ecodesign in Architecture in Thailand. *Proceedings of the International Conference on Life Cycle Management (LCM)*, s. 1-5.
- URL 1 (2020). <http://www.ccalc.org.uk/software.php> [Erişim: 12.05.2020].
- URL 2 (2020). <https://smallhousesociety.net/about/> [Erişim: 17.05.2020].
- Vale, Brenda, Vale, Robert (1991). *Green Architecture: Design for a Sustainable Future*. London: Thames and Hudson.
- Yıldız, Yusuf (2019). Impediments to Application of Energy Efficient Measures in Buildings: A Survey Study of Balıkesir, Turkey// Binalarda Enerji Etkin Önlemlerin Uygulanmasındaki Engeller: Balıkesir İçin Bir Alan Çalışması. *Megaron*, Cilt:14, S. 2, s. 230.
- Yücel, Sevgi, Seçer Kariptaş, Füsün (2019). Mikro Hacimlerde Mobilya Sistemleri. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt:2 S. 1, s. 103-112.
- Zabalza, Ignacio, Scarpellini, Sabina, Aranda, Alfonso, Llera, Eva, Jáñez, Alberto (2013). Use of LCA as a Tool for Building Ecodesign. A Case Study of a Low Energy Building in Spain. *Energies*, Cilt: 6, S. 8, s. 3901-3921.