

Öz

Sanayi Devrimi sonrası büyük bir hızla artan kentselleşme, artan enerji ihtiyacı ve kontrolsüz yapılaşma gibi faktörler kaynakların hızla tüketilmesine neden olmaktadır. Kontrolsüz tüketimin artması hava ve çevre kirliliğine, ekolojik ayak izinin artmasına ve iklimsel değişikliklere yol açmaktadır. Enerji kaynaklarını gelecek nesillere aktarabilmenin oldukça güç olduğu hatta mevcut ihtiyacı bile zaman geçtikçe karşılamakta zorluk çekileceği yapılan araştırmalarla gözler önüne serilmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı karşılaşılan bu tüketim karşısında kaynakların verimli kullanılması, gelecek nesillere aktarılabilmesi yönüyle önem kazanmış, farklı birçok disiplinin araştırma konusu haline gelmiştir. Mimarlık disiplini de sürdürülebilir bir dünya için atılması gereken adımların bir basamağı olarak sürdürülebilir mimarlık yaklaşımlarını benimsemektedir. Sürekli gündemde olan sürdürülebilir tasarım yaklaşımları, gelecek nesillere nasıl bir dünya bırakmak istediğimiz ile yakın ilişkili olup önemli bir konudur. Bu çalışmada, ekolojik bina ile enerji etkin bina kavramı ve ilkelerinin sürdürülebilir mimarlık kavramı ve ilkeleri içerisindeki yerini anlamaya çalışmak üzerine oluşturulmuştur. Ekolojik Bina ve Enerji Etkin Bina, Sürdürülebilir Mimarlık kapsamında "Kaynak Yönetimi", "Yaşam Döngüsü Tasarımı" ve "Yaşam Kalitesi İçin Tasarım" ana ilkeleri doğrultusunda Basit Toplamlı Ağırlıklandırma (SAW) Yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, ekolojik bina ve enerji etkin bina yaklaşımlarının sürdürülebilirlik temelli ilkeleri olan, ana omurga olarak sürdürülebilir mimarlığa dayanan bina yaklaşımlarıdır. Fakat enerji etkin binalar, ekolojik binalar kadar sürdürülebilir mimarlık ilkelerini karşılamamaktadır. Enerji verimliliğini öncelik olarak belirlenmiş enerji etkin binalar sürdürülebilir mimarlık yönüyle ekolojik binalara göre zayıf kalmaktadır. Çalışmanın sonuçları olarak görülen birçok kesişim ilkesi yönüyle birbirleri içerisine geçen kümeler olarak ele alınmasının mümkün olduğu enerji etkin bina, ekolojik binaların en kapsayıcı kümesi sürdürülebilir mimarlık olmuştur.

Anahtar Kelimeler: sürdürülebilirlik, sürdürülebilir mimarlık, ekolojik bina, enerji etkin bina, basit toplamli ağırlıklandırma yöntemi.

Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Ekolojik Bina ve Enerji Etkin Binanın Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi ile Karşılaştırılması

^{ID} Şafak Beşiroğlu

İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi (YL), İstanbul, Türkiye

^{ID} Ece Özmen

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Salihli MYO, Toptan ve Perakende Bölümü, Emlak Yönetimi Programı, Manisa, Türkiye

Başvuru tarihi/Received: 03.09.2021, Kabul tarihi/Final Acceptance: 22.01.2022

Extended Abstract

Factors such as rapidly increasing urbanization, increasing energy need and uncontrolled construction after the Industrial Revolution cause rapid consumption of resources. The increase in uncontrolled consumption leads to air and environmental pollution, an increase in ecological footprint and climatic changes. The consequences of global warming have begun to be seen tangibly. At the same time, it is revealed by the researches that it will be difficult to meet even the current need, which is very difficult to transfer energy resources to future generations. The concept of sustainability has gained importance in terms of efficient use of resources and transferring them to future generations in the face of this consumption, and has become a research topic of many different disciplines. Studies on sustainability, which has a wide scope from political-economic policies to energy resources, production, social structure and architecture, continue. The discipline of architecture also advances by adopting sustainable architecture approaches as a step in the steps to be taken for a sustainable world. This research study aims to contribute to the literature by considering the principles of ecological building and energy efficient building, from the concept of sustainability to sustainable architecture approaches. Basically, the aim is to try to understand the place of ecological building and energy efficient building concepts and principles within the concept and principles of sustainable architecture. Ecological Building and Energy Efficient Building were compared using the Simple Additive Weighting (SAW) Method in line with the main principles of "Resource Management", "Life Cycle Design" and "Design for Quality of Life" within the scope of Sustainable Architecture. While the weight values were found with the Simple Additive Weight Method, which is a preferred method because it is mathematically simple and gives objective results, the principles of "Resource Management", "Life Cycle Design" and "Design for Quality of Life" were given a fixed value. While giving this value, the number 12, which is the common multiple of these numbers, was determined since there were 4-3-3 strategies belonging to 3 principles. After determining the total score for each alternative, a value was obtained by dividing the criteria of each strategy by this fixed number.

Based on the principle of resource management, it is based on the effective use of resources and consists of strategies to reduce the consumption of non-renewable resources. Life cycle design is handled with the "cradle to grave" approach and covers all processes from obtaining resources to returning to nature. In other words, it is the adventure of transforming from one shape to another that can be useful. For this reason, it is examined in three different periods: pre-building, building and post-building. The principle of design for quality of life consists of the protection of natural conditions, urban design and planning, design for human health and comfort strategies and their design methods.

According to the results obtained from the SAW method, it was seen that the Ecological Building supplied 90%, while the Energy Efficient Building supplied 63% under the Resource Management heading. When the methods belonging to all periods within the life cycle design principles are examined, the Ecological Building meets the whole, while the Energy Efficient Building supplies only 34%. This is a serious difference. Energy efficient design cannot provide solutions to the problems created in the life cycle of buildings in order to present a sustainable structure. In the context of the design principle for quality of life, the Ecological Building can still cover the whole, while the Energy Efficient Building can cover half. All of these criteria primarily aim to increase the quality of life of humans and other living species.

When these three principles are evaluated together, the criteria (principles, strategies and methods) listed in the context of sustainable architecture supplied 97% of the Ecological Building and 49% of the Energy Efficient Building. The main conclusion reached in the light of these results is the relationship between the concepts of Sustainable Architecture, Ecological Building and Energy Efficient Building. All of the principles considered above (Resource Management, Life Cycle Design and Design for Quality of Life) interact with nature directly or indirectly, but Efficient Use of Energy, which is the intersection point of all these compared approaches (Sustainable Architecture, Ecological Building and Energy Efficient Building) stands in an effective place. As a result, it has been seen that ecological building and energy efficient building approaches are sustainability-based principles and are based on sustainable architecture as the main backbone. However, energy efficient buildings do not meet the principles of sustainable architecture as much as ecological buildings. A scheme has been put forward in which energy efficient building, ecological building and sustainable architecture as the most inclusive cluster are included as intertwined clusters.

Keywords: Sustainable architecture, ecological building, energy efficient building, simple additive weighting method.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

1. Giriş

Yaşanan küresel iklim değişikliğinin en önemli nedenlerinden biri sürekli artan enerji ihtiyacını karşılamaktır. Dünya genelinde enerji ihtiyacı uzun yıllardır kolaylıkla erişilebilen fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Yenilenemeyen kaynak olarak gösterilen fosil yakıtların kullanımı nedeniyle artan hava kirliliği, 1973'te yaşanan petrol krizi, 1970'ler sonu itibarıyla ozon tabakasının delinmesi, kutup buzullarının erimesi gibi birçok etmen küresel iklim krizine neden olmuştur. Son yıllarda yaşanan iklim değişikliğine bağlı ekstrem doğa olayları, dünyada yaşanabilir ve sürdürülebilir çevre için daha fazla çaba sarf edilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Kaynaklar tükenirken, beraberinde artan nüfus ve enerji ihtiyacı, daha da artması beklenen kentleşme dinamikleri yeni önlemler alınmasını gerektirmektedir.

Enerji, insanın varlığını sürdürebilmesi için en temel ihtiyaçlarından biridir. Geleceğin en büyük problemleri arasında gösterilen enerji ihtiyacını karşılayamama durumu, dünyayı enerjinin korunumu ve enerji tasarrufu gibi konulara yönlendirmiştir. Dünya ülkeleri toplam enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmekte ve geleceğe yönelik tüketimin büyük bir bölümünü yenilenebilir kaynaklardan üretilmesine yönelik hedefler koymuşlardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının gelecek için daha cazip hale gelmesiyle birlikte, enerji tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturan yapılarındaki enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla sürdürülebilir mimarlık kavramı benimsenmiştir (Serin, 2011). Yaşam mekânları olan binalar, Dünyadaki küresel enerjinin %40'ını kullanmaktadır (Özmen ve Beşiroğlu, 2020). Bu nedenle, binalarda tüketilen enerji miktarı oldukça önemli bir hal almaktadır. Binalardaki enerji etkinliği sürdürülebilir ilkelerin uygulanması için önemli bir adım olarak ele alınmaktadır. Özellikle inşaat sektöründe sürdürülebilirlik ilkelerinin ön plana çıkarılması, kaynakların korunması, daha az atık ve kirlilik oluşumu, enerji kullanımının azaltılması için bir fırsat olacaktır (İzmir Kalkınma Ajansı, 2021).

Kentleşme dinamikleri, kentler üzerinde baskı oluştururken bir yandan doğal çevrenin gözetilmesi ve ekolojik yaklaşımların dikkate alınması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Sanayi devriminden bu yana hızla kentleşen dünyada gelecekte yani 2050 yılında toplam nüfusun yaklaşık %68'inin kentsel alanlarda yaşaması beklenmektedir (UN-Habitat, 2020). Kentleşmenin artarak devam edeceğini gösteren verinin yanı sıra, Birleşmiş Milletlerin ortaya koyduğu Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 2030 içerisinde yer alan 11. Hedef yani "Sürdürülebilir Şehirler" ve Toplumlar, mimarlık alanında da sürdürülebilir yaklaşımların gündemde kalmasına neden olmaktadır. Bu kapsamda sürdürülebilir tasarım ilkelerini benimseyen yaklaşımların önemi giderek artış göstermektedir.

Mimarlık disiplini içinde sürdürülebilir mimarlığın "Enerji Etkin Bina" ve "Ekolojik Bina" kavramlarını içinde barındırması beklenen ve istenen bir sonuçtur. Aynı ayrı değerlendirildiğinde gerek enerji etkin bina ilkeleri gerekse ekolojik bina ilkeleri sürdürülebilir tasarım ilkelerinden parçalar barındırmaktadır. Bu araştırma çalışması, bahsi geçen kavramların birbiriyle ilişkilerini incelemiş ve çeşitli çıkarımlar yapmıştır. Çıkarımların eldesi için akademik çalışmalarda oldukça fazla tercih edilen matematik hesaplamalar temelli Basit Toplamlı Ağırlıklandırma (SAW- Simple Additive Weighting) Yöntemi kullanılarak sürdürülebilir mimarlık kapsamında "Kaynak Yönetimi", "Yaşam Döngüsü Tasarımı" ve "Yaşam Kalitesi İçin Tasarım" ana ilkeleri doğrultusunda karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuç olarak, temelde yer alan sürdürülebilir mimarlık hem enerji etkin bina hem ekolojik bina ilkelerini kapsayan en geniş evrensel kümeyi oluşturmuştur. Aynı zamanda bu çalışmada, literatür anlamında bu kavramların daha anlaşılır hale getirilerek sürdürülebilir mimarlık içerisindeki yerine dair çıkarım yapılmıştır.

2. Sürdürülebilir Mimarlık Kavramı

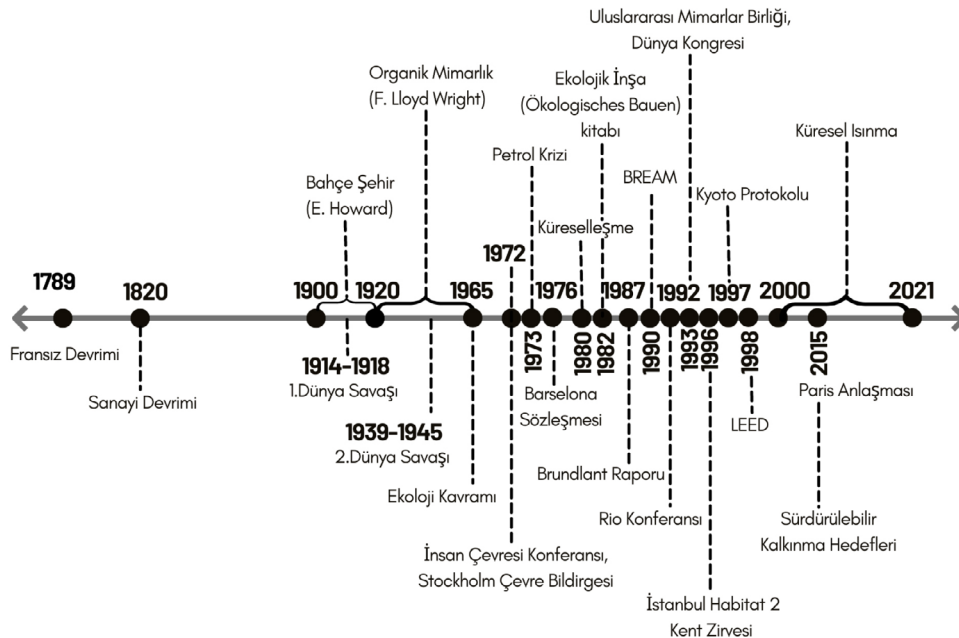
Sürdürülebilirlik kavramı sosyo-kültürel, ekoloji ve ekonomi gibi terimlerle birlikte düşünülmesi gereken önemli bir kavramdır. Siyasi-ekonomik politikalardan, enerji kaynaklarına, üretime, sosyal yapıdan mimarlık

ğa kadar geniş bir kapsamı bulunmaktadır. Sürdürülebilirlik tanım olarak kaynakların korunması ve gelecek nesillere aktarılması olarak açıklanabilir (Kilmer, 2007). Geçmişten günümüze dünyayı etkisi altına alan birçok olay ve durumun sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkmasında birer neden olduğunu söylemek mümkündür (Şekil 1). Sürdürülebilirlik kavramı ilk defa 1972 yılında, Stockholm’de yapılan İnsan Çevresi Konferansı sırasında kullanılmaya başlanmış, konferans sonunda Stockholm Çevre Bildirgesi yayımlanmıştır. Yine 1972 yılında Stockholm’de düzenlenen “1. Dünya Çevre Konferansı”, ekolojik bilincin yaygınlaştırılması için ilk uluslararası girişim olmuştur. Bunu 1976’daki Barselona Sözleşmesi izlemiştir. Sürdürülebilirlik kavramı ayrıca 1987 Brundlant Raporu ile literatürde karşılık bulmuş gibi görünse de tarihsel süreç içerisinde «kendi kendine yetebilme» düşüncesi mimarının ve kentlerin şekillenmesinde rol oynamıştır.

Sürdürülebilir anlamda alınan ortak küresel ilkeler 1992 Rio Zirvesi’nden 1996 İstanbul Habitat II Kent Zirvesi’ne, Birleşmiş Milletler konferansları ve diğer toplantılar sayesinde hükümetler arası kararların uluslararası dayanakları haline gelmiştir. Birleşmiş Milletler tarafından düzenlenen konferanslar sayesinde ortaya çıkan eylem

planları çevrenin korunması, sosyal refah ve ekonomik kalkınma kavramlarının sürdürülebilir kalkınma açısından birbirini destekleyen ve bağlantılı oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Kentsel sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir insan yerleşimlerini kapsayan sürdürülebilir mimarlık ve dolayısıyla sürdürülebilir yapım teknikleri, sürdürülebilir kalkınmaya erişmek için uluslararası toplantılarda vurgulanan önemli konular olmuştur (Hoşkara ve Sey, 2008).

Sev (2009) aktarımına göre Haziran 1993’de, Chicago’da yapılan Uluslararası Mimarlar Birliği Dünya Kongresi’nde ise yapı tasarımcılarının çalışmalarını sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde yürütülmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Birleşmiş Milletlerin 2015 yılında yayınladığı “Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 2030”un 11. Hedefi olan Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar ile sürdürülebilirlik kavramının şehirlerde ve mimari çözümlerde daha fazla rol oynayacağı beklendiği vurgulanmıştır. Özetle, Fransız devriminden, sanayi devrimine, dünya savaşlarına, petrol krizinden küreselleşmeye son olarak da iklim değişikliği ile yaşanan bütün bu süreç; kaynakların verimli kullanılmasının önemini ortaya koymuştur. Uluslararası nitelikteki bütün girişimler, düzenlenen konferanslar, yapılan anlaşmalar, koyulan



Şekil 1: Sürdürülebilirlik kavramı ile ilişkili tarihsel süreç (Beşiroğlu ve Özmen, 2022).

hedefler sürdürülebilir bir gelecek için çalışmaktadır.

Sürdürülebilir Mimarlık, fiziksel çevre koşullarını gözетerek, gelecek nesilleri dikkate alan, yenilenebilir enerji kaynaklarına öncelik veren, çevreye duyarlı, kaynaklarını etkin şekilde kullanan, canlıların konforunu koruyan bütün ilkeleri içermektedir. Sürdürülebilir mimarlık çok kapsamlı bir kavram olmakla birlikte kaynak yönetimi, yaşam döngüsü tasarımı ve yaşam kalitesi için tasarım ana ilkeleri etrafında ele alınabilmektedir. Bu ilkeler ve ilkelere ait strateji ve yöntemler Bölüm 5’te ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

3. Ekolojik Bina Kavramı

Ekoloji, kökeni Yunanca’dan gelen bir kavram olup “oikos (yaşanılan yer)” ve “logia (bilim)” kelimelerinden meydana gelmiştir. Ekoloji kavramının karşılığı Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğünde, “canlıların hem kendi aralarındaki hem de çevreleriyle olan ilişkilerini tek tek veya birlikte inceleyen bilim dalı” olarak açıklanmaktadır (Keleş ve Hamamcı, 2002). Bir kavram olarak Ekoloji, bulunduğu bölgeye ve kültüre bağlı değişiklik göstererek mimariye de yansımaktadır. Değişiklik göstermesine rağmen, temel ölçütler her bölge ve kültür için ortaktır.

Ekolojik mimarlık ise temel gereksinimlerimizi gerçekleştirirken, bu gereksinimlerimiz için gereken enerji ihtiyacını da minimuma indirmeyi amaçlamaktadır. Çevre verileri ve yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmanın yanında, yapının ekolojik sistem üzerinde etkisinin azaltılması, enerjinin, suyun ve malzemelerin etkin bir şekilde kullanılması, yapının yapım-kullanım-bakım-yıkım aşamalarının da tasarlanması ve insanların fiziksel ve ruhsal konfor koşullarının sağlanmasına kadar bir yapının yaşam döngüsünde bulunan bütün süreçleri kapsamaktadır (Eryıldız, 1995).

Ekolojik tasarım; ekoloji-çevre-enerji (3E: Ecology, Environmental, Energy) konusunda yaşanan sorunlara; “azaltmak”, “yeni-den kullanmak”, “geri dönüştürmek” ve “iyileştirmek” (4R: Reduce, Reuse, Recycling, Renovation) kavramlarıyla çözüm aramakta-

dır (Edwards, 2007). Bahsi geçen “Azaltma” kavramı, özellikle binalarda görülen enerji tüketiminin doğal kaynaklara ve çevreye olan negatif etkisini azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek olarak nitelendirilebilir.

Tönük, sürdürülebilirliğin bir bileşeni olan ekolojik mimarlığın ilkeleri olarak aşağıdaki maddeleri sıralamıştır (Tönük, 2001):

- Yapma çevrenin tasarımında ve kullanımında doğal kaynakların zarar görmesini en az seviyeye indirmek
- Çevre sistemlerini korumak, doğa ile uyum içinde tasarlamak ve yaşamak
- Mevcut topoğrafyaya uygun, toprağa, suya, havaya ve yeşil dokuya saygılı bir yaklaşım ile yapıyı konumlandırılmak
- İnsan ve doğaya saygılı olmak
- Kaynakları tutumlu kullanmak
- Planlamada ve uygulamada kullanılacak malzemeleri geri dönüşümlü malzemelerden seçmek
- Enerjiyi tutumlu kullanmak (Binanın yapım ve kullanım aşamalarında gerekli olan enerjinin akılcı kullanım ile minimize etmek)
- Güneş, su ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik vermek
- Yeni binaların yanında eski binaları da enerji ve ekoloji ilkeleri kapsamında iyileştirmek
- Yapıları esneklik ve değişiklik kriterlerine imkan sağlayabilecek ve aynı zamanda birden fazla fonksiyon için kullanılacak şekilde tasarlamak
- Enerji korunumlu yapı kabuğu oluşturmak
- Yapı kabuğunda güneş kolektörleri tercih etmek
- Gün ışığından maksimum düzeyde faydalanmak
- Doğal havalandırmayı mümkün olduğunca ön planda tutmak
- Yapım, kullanım, bakım ve yıkım aşamalarında doğaya en az zarar verecek malzemeleri seçmek

- Dayanıklı ve bakım maliyeti düşük malzemeleri kullanmak
- Geri dönüşümlü malzemeler kullanmak

Sözü geçen bu ilkeler tek tek sıralanmış olsalar dahi birbirleri ile sonsuz bir etkileşim içerisinde oldukları (Ayaz, 2002). Göz önünde bulundurulması gereken unsurların başında çevresel etki ve gelecekteki iklim değişikliği yer almaktadır. Bu ilkeler temel ölçüt olarak değerlendirilip, bulunduğu coğrafyaya ve ait olduğu kültür özelliklerine göre çeşitlendirilip, detaylandırılmalıdır. Tüm bu tasarım ilkeleri tekil görülmemeli; bina formu ve kabuğu, yapı fiziği elemanları, malzeme, yapı sistemleri bir bütün düşünülerek hayata geçirilmelidir.

4. Enerji Etkin Bina Kavramı

Enerji etkin tasarım; iklim, rüzgâr gibi bulunduğu bölgeye göre değişkenlik gösteren fiziksel çevre bilgilerinden faydalanarak enerjiyi verimli kullanmaya yönelik yapılması olarak tanımlanabilir (Dikmen, 2011). Enerji etkin bina tasarımı da sürdürülebilir mimarlıkta olduğu gibi enerji tüketimini minimize etmeyi amaçlamaktadır. Minimum aktif enerji kullanımı ve enerji etkinliği üzerinde verilen kararlar (pasif enerji kullanım kararları), enerji etkin bina yaklaşımının temelini oluşturmaktadır. Fiziksel çevre verilerine uygun olarak; binanın konumu, çevresiyle ilişkisi, formu, yapı malzemesi, enerji etkinliği gibi birçok parametre binanın enerji performansını etkilemektedir (Özmen ve Beşiroğlu, 2020). Bu yaklaşım ile tasarımdan inşa sürecine kadar alınan kararlar, binanın enerji etkinliği üzerinde etkin bir rol oynamaktadır.

İklimsel, görsel ve işitsel konfor koşullarını sağlayan, bununla birlikte doğal kaynaklardan maksimum faydalanarak ve minimum enerji tüketen, yani enerjinin sürdürülebilmesi için etkili olabilecek tüm pasif kararları etkileyen tasarım parametrelerini içermektedir. Bu ölçütler aşağıda sıralanmıştır (Lakot, 2007; Utkutuğ, 1999).

- Bina kabuğu ve formunun fiziksel çevre koşullarına uygun biçimlendirmek-konumlandırmak
- Binaya uygun denetim olanakları

yaratarak doğal havalandırmada konusunda binanın enerjini performansını destekleyen biçimlere yönelmek

- Güneş enerjisinden optimum yararlanacak biçimde enerji etkin sistemleri kullanmak
- Malzeme ve bileşenlerin yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan, enerji korunumu sağlayan, çevreye duyarlı ve az bakım-onarım gerektiren malzemelerden seçmek
- Yapının yer seçimi, diğer yapılara mesafesi ve konumlandırılması, yönü, formu gibi tüketimi doğrudan etkileyen parametrelere dikkat etmek
- Bina kabuğunun ısı geçişini etkileyen fiziksel özellikleri göz önünde bulundurarak seçimler yapmak
- Pencere ve cam gibi saydam elemanları boyutları ve yapısal özelliklerine uygun kullanmak
- Tüm aydınlatma sistemini oluşturan bileşenlerin özelliklerini bulunduğu konumun koşullarını destekleyen tasarımlar yapmak
- Güneş kontrolü ve doğal havalandırma sistemlerini kullanmak

Kısaca binalarda enerji verimliliği sağlamaya yönelik pasif ve aktif sistemlerin tümü olarak tanımlanabilir. Enerji etkin yaklaşım sayesinde, binaların daha sürdürülebilir, aktif sistemlere ihtiyacının azaltılmış bu sayede enerji tüketimi açısından verimliliği yüksek, kullanıcı ve çevre sağlığına katkısı olan binalar inşa etmek mümkündür.

5. Sürdürülebilir Mimarlık İlkeleri İçerisinde Ekolojik Bina ve Enerji Etkin Binanın Karşılaştırılması

Binaların yapım, kullanım, bakım ve yıkım aşamalarında gereken enerjiyi minimuma indirmek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının adaptasyonu ile ihtiyacın büyük bir bölümünü binanın kendinin üretebilmesi, sürdürülebilirlik için üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Bu bölümde sürdürülebilir mimarlık ilkeleri listelenerek, ilgili stratejiler ve yöntemleri içeren tablo oluşturulmuştur. Yapılan

bu çalışma, ekolojik bina ile enerji etkin bina kavram ve ilkelerinin sürdürülebilir mimarlık kavramı ve ilkeleri içerisinde yerini değerlendirmeye çalışmaktadır. Başlangıçta Sürdürülebilir Mimarlık başlığı altında tasarım ilkeleri stratejilere ve yöntemlere ayrılarak birer tablo oluşturulmuş, “Kaynak Yönetimi, Yaşam Döngüsü Tasarımı, Yaşam Kalitesi İçin Tasarım” olmak üzere üç ana başlık altında gruplandırılmıştır (Kim ve Rigdon, 1998). Bu ana ilkelerin altında enerjinin, suyun, malzemenin ve yapı alanlarının etkin kullanımı, yapım öncesi, yapım ve yapım sonrası dönem, doğa koşullarının korunması, kentsel tasarım ve arsa planlaması, insan sağlığı ve konforu için tasarım ilkeleri bütününde sürdürülebilir mimarlık etkinliğini gözlem-

lemek mümkündür. Sürdürülebilir mimarlık ve bu kapsamda ortaya çıkan ekolojik bina ve enerji etkin bina; binaların çevreye verdiği zararı azaltmaya, enerjiyi verimli kullanmaya, yaşam için gerekli konfor koşullarını karşılamaya, yaşanılabilir çevreler oluşturmaya ve kaynakları korumaya çalışan kavramlar olarak kabul görmektedir. Ekolojik Bina ve Enerji Etkin Bina için sürdürülebilirlik kriterleri karşılaştırılarak aşağıdaki tablolarda (Tablo 1-2-3) yer alan sonuçlara ulaşılmıştır.

5.1. Yöntem

Sürdürülebilir Mimarlık, kademeli olarak sırasıyla ilkeler, stratejiler ve yöntemlerden meydana gelen kavramsal bir çerçevede açıklanmıştır. Önem derecesine göre üç aşamalı olarak listelenmiştir. Örneğin;

Tablo: 1
Sürdürülebilir mimarlık ilkeleri içerisinde ekolojik bina ve enerji etkin binanın kaynak yönetimi ilkesi bağlamında karşılaştırılması.

Sürdürülebilir Mimarlık			Ekolojik Bina	Enerji Etkin Bina
KAYNAK YÖNETİMİ	Enerjinin Etkin Kullanımı	Enerji etkin kentsel tasarım	•	•
		Pasif ısıtma ve soğutma için arsaya göre yerleşim	•	•
		Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı	•	•
		Gömülü enerjisi düşük malzeme seçimi	•	•
		Enerji tasarrufu sağlayacak detaylandırma ve malzeme seçimi	•	•
		Aydınlatmada gün ışığından yararlanma	•	•
		Enerji etkin ekipman kullanımı	•	•
		Bina formunun iklimsel verilere göre biçimlenmesi	•	•
		Bina form oranlarının ısı kaybına etkileri		•
		Bina kabuğu ile güneş ilişkisi	•	•
		Bina kabuğunda güneş denetimi		•
		Güneş kullanımı ve güneşle tasarım	•	•
		Güneş ısıtımı ile pasif ısıtma	•	•
	Suyun Etkin Kullanımı	Düşük debili, basınçlı armatürler, vakumlu ve biyokompoze tuvaletler kullanma	•	
		Yağmur suyu toplama	•	
		Doğal peyzaj uygulamaları	•	
		Geri dönüşüm ve yeniden kullanma	•	
	Malzemenin Etkin Kullanımı	Malzeme tasarrufu sağlayan tasarım ve yapım	•	•
		Yapının uygun boyutlandırılması uygulamaları	•	•
		Mevcut yapıların rehabilitasyonu		
		Geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı	•	
	Yapı Alanlarının Etkin Kullanımı	Mevcut yapı alanlarının kullanımı	•	•
		Doğal topografya ile uyum uygulamaları	•	•
		Yapı alanlarının genişlemesinin engellenmesi	•	•

(Bourdeau, 1999; Çelebi, 2008; Kim & Rigdon, 1998; Sakıncı, 2006; Sev, 2009; UNCED, 1992).

Kaynak Yönetimi bir ilke, Suyun Etkin Kullanımı bir strateji, Yağmur Suyu Toplama bir yöntemdir ve bunların önem sıralaması şu şekildedir: Kaynak Yönetimi > Suyun Etkin Kullanımı > Yağmur Suyu Toplama.

Bu kriterler ortaya konulduktan sonra karşılaştırırken optimum çözümün bulunması için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Basit Toplamlı Ağırlıklandırma (SAW- Simple Additive Weighting) Yöntemi tercih edilmiştir.

Bu yöntemin tercih edilmesinin sebebi literatürde en çok kullanılan yöntemlerden

biri olması, bununla birlikte matematiksel olarak basit olması ve objektif sonuçlar vermesidir (Churchman ve Ackoff, 1954).

Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yönteminde bütün kriterlerinde katkılarını içeren tablolar oluşturulmalıdır. Farklı başlıklar altında listelenen kriterler toplanamayacağı için, veriler SAW metoduna göre tek bir karşılaştırma formatına indirgenmiştir. SAW yöntemiyle elde edilen sayısal karşılaştırma değerleri aşağıdaki Tablo 4'te belirtilmiştir.

Ağırlık değerleri bulunurken Kaynak Yönetimi, Yaşam Döngüsü Tasarımı ve

Sürdürülebilir Mimarlık			Ekolojik Bina	Enerji Etkin Bina
YAŞAM DÖNGÜSÜ TASARIMI	Yapım Öncesi Dönem	Arsa seçimi	•	•
		Diğer binalara göre bina konumu ve yapı aralığı	•	•
		Bina yönü	•	•
		Bina formu	•	•
		Bina kabuğu	•	•
		Esnek tasarım ve uzun ömürlü yapılar yapmak	•	•
		Dayanıklı ve bakım maliyeti düşük malzemelerin kullanmak	•	•
		Malzeme olarak: yenilenebilir kaynaklarına yönelen	•	•
		Kaynağından çıkarılırken çevre ekolojisine zarar vermeyen	•	•
		Geri dönüşümlü	•	
		Uzun ömürlü az bakım, onarım gerektiren	•	
		Yerel veya yakın çevreden elde edilenleri seçmek.	•	•
		Tasarımların esneklik ve değişkenlik kriterlerine imkân sağlaması	•	
	Yapım Dönemi	Şantiye işlerinin ve ekipmanlarının çevreye etkisini azaltmak	•	•
		Atık yönetimi,	•	
		Kirliliği önleme,	•	
		Yapımda çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak,	•	
		Toksik olmayan bakım ve onarım maddeleri kullanmak.	•	•
		Yapı malzemeleri ve bileşenlerini yeniden kullanmak	•	
		Yapı malzemeleri ve bileşenlerini geri dönüştürmek	•	
		Arsayı ve mevcut altyapıyı yeniden kullanmak	•	
	Yapım Sonrası Dönem	Yapı malzemelerini ve bileşenlerini yeniden kullanıma uygun hale getirmek	•	
		Yapı sonrası döneme ait yapı malzemelerini geri dönüştürmek	•	

Tablo: 2

Sürdürülebilir mimarlık ilkeleri içerisinde ekolojik bina ve enerji etkin binanın yaşam döngüsü tasarımı ilkesi bağlamında karşılaştırılması.

(Bourdeau, 1999; Çelebi, 2008; Kim & Rigdon, 1998; Sakınc, 2006; Sev, 2009; UNCED, 1992).

Tablo: 3

Sürdürülebilir mimarlık ilkeleri içerisinde ekolojik bina ve enerji etkin binanın yaşam kalitesi için tasarım ilkesi bağlamında karşılaştırılması.

Sürdürülebilir Mimarlık			Ekolojik Bina	Enerji Etkin Bina
YAŞAM KALİTESİ İÇİN TASARIM	Doğa Koşullarının Korunması	Çevre sistemlerini korumak, doğa ile uyum içinde tasarlamak ve yaşamak	•	•
		Yapay çevrenin doğal sistemler üzerindeki etkisini azaltma	•	•
		Yeraltı su seviyesine uyum sağlama	•	
		Mevcut flora ve faunayı koruma	•	
	Kentsel Tasarım ve Arsa Planlaması	Karma kullanımlı kalkınmayı destekleme azaltma	•	
		Toplu taşıma ve yaya ulaşımını destekleme	•	
	İnsan Sağlığı ve Konforu için Tasarım	Isısal konfor sağlama	•	•
		Doğal aydınlatma	•	•
		Doğal havalandırma	•	•
		Bina kabuğunda rüzgâr ve doğal havalandırma denetimi	•	•
		Dış mekânla görsel ilişki sağlama	•	•
		Açılabilir pencereler kullanmak	•	•
		Farklı fiziksel özelliklere sahip kullanıcıları ve fiziksel engelleri destekleme	•	•
		Toksik olmayan, zehirli gaz yaymayan malzeme kullanma	•	•

(Bourdeau, 1999; Çelebi, 2008; Kim & Rigdon, 1998; Sakınc, 2006; Sev, 2009; UNCED, 1992).

Tablo: 4

Sürdürülebilir mimarlık parametrelerinin SAW yöntemine göre ağırlıklarının bulunması.

Sürdürülebilir Mimarlık Tasarım İlkeleri	Stratejiler	Strateji Katsayısı	Yöntem Sayısı	Yöntem Katsayısı	Toplam Ağırlık
Kaynak Yönetimi	Enerjinin Etkin Kullanımı	3	13	0.230	12
	Suyun Etkin Kullanımı	3	4	0.750	
	Malzemenin Etkin Kullanımı	3	4	0.750	
	Yapı Alanlarının Etkin Kullanımı	3	3	1	
Yaşam Döngüsü Tasarımı	Yapım Öncesi Dönem	4	13	0.307	12
	Yapım Dönemi	4	8	0.500	
	Yapım Sonrası Dönem	4	2	2	
Yaşam Kalitesi İçin Tasarım	Doğa Koşullarının Korunması	4	4	1	12
	Kentsel Tasarım ve Arsa Planlaması	4	2	2	
	İnsan Sağlığı ve Konforu için Tasarım	4	8	0.500	

Yaşam Kalitesi için Tasarım ilkelerine sabit bir değer verildi. Bu değer verilirken 3 ilkeye ait 4-3-3 strateji bulunduğundan bu sayıların ortak katı olan 12 sayısı

belirlendi. Her alternatife ait toplam skor belirlendikten sonra, her stratejiye ait kriterler bu sabit sayıya bölünerek bir değer elde edildi.

5.2. Karşılaştırma Sonuçları

Tablo 4'ten elde edilen ağırlık katsayıları kriter sayısı ile çarpıldıktan sonra ilkelere bağlı olarak toplanıp toplam skor elde edilmiştir. SAW yöntemi ile, her kriterin puana olan katkısı birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş ve bu kriterler birbirlerini etkilemeden değerlendirme sonuçlarına ulaşılmıştır. Tablo 5'te Sürdürülebilir Mimarlık ilkeleri bağlamında Ekolojik Bina ve Enerji Etkin Bina'nın SAW yöntemiyle elde edilen sayısal karşılaştırma değerleri belirtilmiştir. Edinilen sonuçlara göre, Sürdürülebilir Mimarlık İçerisinde Ekolojik Bina ve Enerji Etkin Bina'nın Yeri verileri ortaya koyulmuştur. SAW yöntemi ile ulaşılan verilerin yüzdesel karşılıkları Şekil 2'de ilkeler özelinde ve toplam olmak üzere gösterilmektedir.

Bu sınıflandırmaya bağlı olarak geliştirilmiş SAW yönteminden elde edilen sonuçlara göre, Kaynak Yönetimi başlığı altında Ekolojik Bina %90 oranında karşılarken, Enerji Etkin Bina %63'ünü karşılamıştır. Kaynak yönetimi ilkesi

temelinde kaynakların etkin kullanımına dayanır ve yenilenemeyen kaynakların tüketimini azaltmaya yönelik stratejilerden oluşmaktadır. Bu amaçla uygulanan stratejiler enerji, su, malzeme ve yapı alanlarının etkin kullanımını belirleyen yöntemler değerlendirildiğinde Ekolojik Bina'nın (%90) Enerji Etkin Bina'ya (%63) oranla kaynakları daha verimli kullandığı görülmektedir.

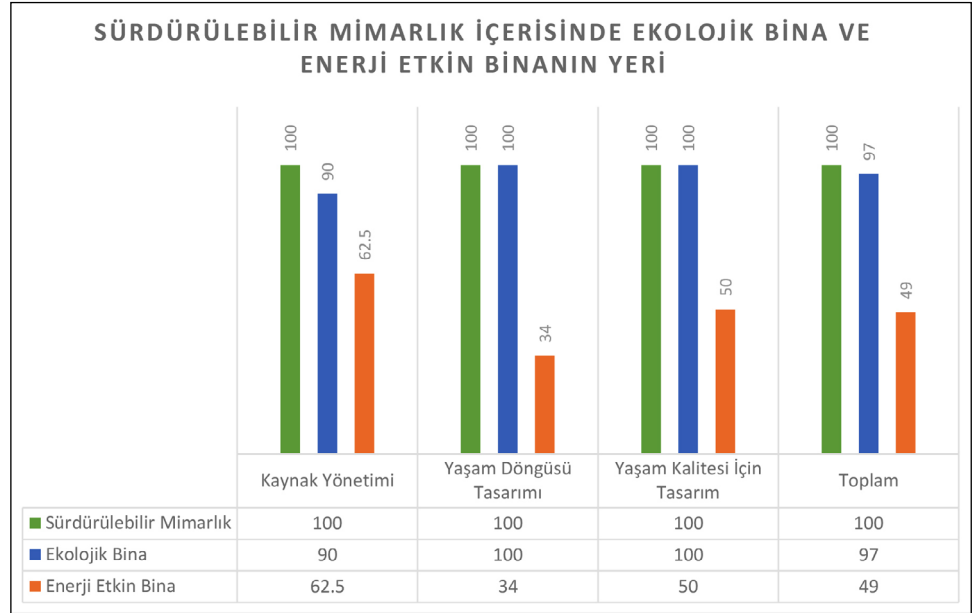
Yaşam Döngüsü Tasarımı, “beşikten mezara” yaklaşımı ile ele alınıp kaynakların elde edilmesinden doğaya dönene kadar tüm süreçleri kapsamaktadır. Başka bir deyişle bir şekilde yararlı olabileceği diğer bir şekle dönüşme serüvenidir. Bu nedenle yapım öncesi, yapım ve yapım sonrası olmak üzere üç ayrı dönemde incelenmektedir. Tüm bu dönemlere ait yöntemler incelendiğinde Ekolojik Bina tamamını karşılarken, Enerji Etkin Bina sadece %34'ünü karşılamaktadır. Bu ciddi bir farktır. Enerji etkin tasarım sürdürülebilir bir yapı ortaya koymak için yapıların yaşam döngüsünde oluşturduğu sorunlara çözüm getirememektedir.

Tablo: 5
Sürdürülebilir mimarlık içerisinde ekolojik bina ve enerji etkin bina parametrelerinin SAW yöntemine göre karşılaştırılması.

SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW) METHOD		Kaynak Yönetimi				Yaşam Döngüsü Tasarımı			Yaşam Kalitesi İçin Tasarım			TOPLAM
		Enerjinin Etkin Kullanımı	Suyun Etkin Kullanımı	Malzemenin Etkin Kullanımı	Yapı Alanlarının Etkin Kullanımı	Yapım Öncesi Dönem	Yapım Dönemi	Yapım Sonrası Dönem	Doğa Koşullarının Korunması	Kentsel Tasarım ve Arsa Planlaması	İnsan Sağlığı ve Konforu için Tasarım	
Sürdürülebilir Tasarım Kriterleri	Parametreler	13	4	4	3	13	8	2	4	2	8	61
	Parametrelerin Sayısal Karşılığı	0.230	0.750	0.750	1	0.307	0.500	2	1	2	0.500	36
		12				12			12			
Ekolojik Bina	Parametreler	11	4	3	3	13	8	2	4	2	8	58
	Parametrelerin Sayısal Karşılığı	2.53	3	2.25	3	4	4	4	4	4	4	34.78
		10.78				12			12			
	Toplam Yüzdesel Karşılık	%90				%100			%100			%97
Enerji Etkin Bina	Parametreler	13	0	2	3	10	2	0	2	0	8	40
	Parametrelerin Sayısal Karşılığı	3	0	1.5	3	3.07	1	0	2	0	4	17.57
		7.5				4.07			6			
	Toplam Yüzdesel Karşılık	%62,5				%34			%50			%49

Şekil: 2

Sürdürülebilir mimarlık içerisinde ekolojik bina ve enerji etkin bina parametrelerinin yüzdesel olarak karşılaştırılması.



Şekil: 3

Sürdürülebilir mimarlık içerisinde ekolojik bina ve enerji etkin binanın yeri.

Yaşam kalitesi için tasarım ilkesi bağlamında Ekolojik Bina yine tamamını karşılarken Enerji Etkin Bina yarı yarıya karşılayabilmektedir. Bu ilke Doğa Koşullarının Korunması, Kentsel Tasarım ve Planlama, İnsan Sağlığı ve Konforu için Tasarım stratejilerinden ve bunlara ait tasarım yöntemlerinden oluşmaktadır. Bu kriterlerin hepsi ilk olarak insanların ve beraberinde diğer canlı türlerinin yaşam kalitesini arttırmayı hedeflemektedir.

Bu üç ilke beraber değerlendirildiğinde Sürdürülebilir Mimarlık bağlamında listelenen kriterleri (ilkeler, stratejiler ve yöntemler) Ekolojik Bina %97'sini, Enerji Etkin Bina ise %49'unu karşılamıştır. Bu sonuçlar ışığında varılan temel sonuç ise Sürdürülebilir Mimarlık, Ekolojik Bina ve Enerji Etkin Bina kavramlarının ilişkisidir. Yukarıda değerlendirilen ilkelerin hepsi (Kaynak Yönetimi, Yaşam Döngüsü Tasarımı ve Yaşam Kalitesi için Tasarım) doğa ile doğrudan veya dolaylı olarak etkileşim halindedir fakat tüm bu karşılaştırılan yaklaşımların (Sürdürülebilir Mimarlık, Ekolojik Bina ve Enerji Etkin Bina) kesiştiği nokta olan Enerjinin Etkin Kullanımı diğerlerine oranla daha etkili bir yerde durmaktadır. Sürdürülebilir Mimarlık, Ekolojik Bina ve Enerji Etkin Bina kavramlarının birbirleriyle olan ilişkisi yapılan değerlendirmeler sonucunda Şekil 3 ile ifade edilebilir.



6. Sonuç ve Değerlendirme

Sürdürülebilirlik, günümüzde hemen her disiplin tarafından kullanılan, yapılan çalışmalar ile önemi her geçen yıl daha da artan bir kavramdır. Hızla kentleşen ve kentleşmeye devam eden dünya, kaynakların tüketiminin bilinçsizliği, ekolojik ayak izinin artışı gibi canlı yaşamını etkileyen olaylar, sürdürülebilirlik yaklaşım ve ilkeleri ile daha fazla ilgilenmemiz gerekliliğini ortaya koymaktadır. Artan tüketimin büyük bir çoğunluğu yaşam mekânlarımız olan binalarda gerçekleştiğinden sürdürülebilir bir gelecek için negatif etkiyi arttıran bütün konularda mimarlık disiplini de kapsayan bir dönüşümün gerekliliği gün geçtikçe zorunlu hale gelmektedir. Gerek binalarda-

ki enerji etkinliği gerekse ekolojik tasarım ilkelerinin tamamı sürdürülebilir mimarlık tasarım için önemli yapı taşları olarak görülmektedir. Çözümün temelini oluşturabilecek tasarım ve yapım anlayışı, sürdürülebilir mimarlık ilkeleri ile yaklaşımlar olmalıdır. Mimarlık disiplini içerisinde sürdürülebilir mimarlık tasarım ilkeleri altında tanımlanan Kaynak Yönetimi, Yaşam Döngüsü Tasarımı ve Yaşam Kalitesi için Tasarım ilkeleri birer rehber niteliği taşımaktadır. Bu çalışmada “Ekolojik Bina” ile “Enerji Etkin Bina” kavram ve ilkelerinin “Sürdürülebilir Mimarlık” kavramı ve ilkeleri içerisindeki yeri ele alınmıştır. Ekolojik Bina ve Enerji Etkin Bina, Sürdürülebilir Mimarlık ilkeleri doğrultusunda “Basit Toplamlı Ağırlıklandırma (SAW)” yöntemi kullanılarak karşılaştırılmış; elde edilen verilere göre enerji etkin binaların, ekolojik binalar kadar sürdürülebilir mimarlık ilkelerini karşılamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Ekolojik binalar ve enerji etkin binalar sürdürülebilir mimarlık ilkelerini;

- Kaynak Yönetiminde, Ekolojik Binalar %90 oranında, Enerji Etkin Binalar %63 oranında karşılamaktadır.
- Yaşam Döngüsü Tasarımında, Ekolojik Binalar tamamını, Enerji etkin binalar ise %34 oranında karşılamaktadır.
- Yaşam Kalitesi İçin Tasarım bağlamında ise Ekolojik binalar tamamını, Enerji etkin binalar yarısını karşılamaktadır.

Genel toplamda ise sürdürülebilir mimarlık ilkelerini, ekolojik binalar %97 oranında, enerji etkin binalar ise %49 oranında karşılayabilmektedir. Bu yaklaşımlar ana omurga olarak sürdürülebilir mimarlığa dayansalar da gözlenen farklılık enerji etkin binanın ana odağının enerji verimliliği olmasından kaynaklanmaktadır. Enerjinin etkin kullanımı sürdürülebilir mimarlık için ayrı bir önem taşısa da tek başına yeterli olmadığı sayısal verilerde gözlenmektedir. Sonuç olarak bu çalışma, kaynakları daha az tüketerek verim sağlayacak, çevreyi koruyarak gelecek nesillere aktaracak yani

sürdürülebilirliği sağlayacak çözüm yolları arayışında mimarlara, şehir plancılarına, mühendislere ve bu alanda çalışmalar yapan profesyonellere daha bütüncül bir bakışla yaklaşımlarına yardımcı olabilecek ve sürdürülebilirlik bilincinin oluşturulmasında katkı sağlayabilecek niteliktedir●

Kaynakça

- Ayaz, E. (2002). *Yapılarda Sürdürülebilirlik Kriterlerinin Uygulanabilirliği*, Mimarist Dergisi, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Şubesi, İstanbul.
- Bourdeau, L. (1999). *National Report: Sustainable Development and Future of Construction in France*, France: Centre Scientifique Et Technique Du Bâtiment.
- Churchman, C. W. & Ackoff, R. L. (1954). *An Approximate Measure of Value*, Operations Research, 2, issue 2.
- Çelebi, G. Ü. (2008). *Yapı-Çevre İlişkileri*, TMMOB Mimarlar Odası Sürekli Mesleki Gelişim Merkezi Yayınları, SMGM Eğitim Notları.
- Dikmen, Ç. B. (2011). *Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi*, Politeknik Dergisi Cilt:14 Sayı: 2.
- Edwards, B. (2007). *Sürdürülebilirlik kültürü ve mimari tasarımın önündeki güçler*, Ekolojik Mimarlık ve Planlama Ulusal Sempozyumu, Antalya.
- Eryıldız, S. (1995). *Eko kent: Çevreyi Geliştirici Kentleşme*, (1. Baskı). İstanbul: Gece Yayınları.
- Hoşkara, E. & Sey, Y. (2008). *Ülkesel koşullar bağlamında sürdürülebilir yapı*, İTÜ Dergisi, Cilt 7, Sayı 1, 50-61.
- İzmir Kalkınma Ajansı. (2021). *İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Yeşil Bina Uygulamaları*, İzmir. <https://izka.org.tr/wp-content/uploads/2021/06/Insaat-Sektorunde-Surdurulebilirlik-ve-Yesil-Bina-.pdf>
- Kim, J. J. & Rigdon, B. (1998). *Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design*, The University of Michigan, National Pollution Prevention Center for Higher Education.
- Keles, R. & Hamamcı, C. (2002). *Çevrebilim*, (2. Baskı). İstanbul: İmge Kitap Evi.
- Kilmer, R. & Kilmer, L. (2007). *Teaching Beyond Sustainable Awareness: Graduating Leed-Accredited Professionals*, American Society for Engineering Education.
- Lakot, E. (2007). *Ekolojik Ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri Ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması*, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ.
- Özmen, E. & Beşiroğlu, Ş. (2020). *Aynı İklim Sınıfında Farklı İki Ülkenin Enerji Etkin Bina Kavramı Bağlamında Ele Alınması: İspanya ve Türkiye*, MSTAS 2020 XIV. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu, KTÜ.
- Sakıncı, E. (2006). *Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimaride Güneş Enerjili Etkin Sistemlerin Tasarım Ögesi Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım*, YTÜ FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programı Doktora Tezi, İstanbul.
- Serin, E. (2011). *Ekolojik Konut Tasarımı Kriterlerinin Araştırılması Ve İzmir İli İçin Bir Tasarım Modeli Önerisi*, DEÜ, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Sev, A. (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık*, (1. Baskı). İstanbul: Yem Yayın.
- Tönük, S. (2001). *Bina Tasarımında Ekoloji*, YTÜ Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.
- Türk Dil Kurumu. (TDK) sözlüğü, <https://sozluk.gov.tr/>
- UN-Habitat. (2020). *World Cities Report 2020: The value of sustainable urbanization*, UN-Habitat, Nairobi.
- UNCED. (1992). *Report of The United Nations Conference on Environment and Development*, Rio

Declaration on Environment and Development,
3-14 June, Rio de Janeiro.

Utkuğ, G. (1999). *Binayı Oluşturan Sistemler Arasındaki Etkileşim ve Ekip Çalışmasının Önemi*, 4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.