Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s.586-606
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1680905

İklim Değişikliği ile Mücadele Kapsamında Dirençli Bina Tasarım Ölçütlerinin Belirlenmesi *

Determination of Resilient Building Design Criteria for Dealing with Climate Change

Bircan Selma DELİBAŞ[1], Ayşen ÇOBAN [2]

Özet

Bu çalışma, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak için kentlerin bu sürece yaptığı etkileri analiz ederek, yeşil bina sertifikasyon sistemleri çerçevesinde iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, iklim değişikliğinin önlenmesinde kritik bir rol oynayan iklim değişikliğine dirençli kent göstergeleri, yeşil bina kavramları ve yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin kapsamları ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Farklı coğrafi bölgelerde uluslararası sertifikasyon sistemlerinin her zaman yeterli olmadığı ve yerel ihtiyaçların göz önünde bulundurulması gerektiği tespit edilmiştir. Çalışmada, BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Konut ve YeS-TR sertifikasyon sistemlerine ait ölçütler ve alt ölçütler detaylı bir şekilde analiz edilerek uzman (3 iç mimar, 3 inşaat mühendisi, 3 mimar ve 3 peyzaj mimarı) görüşleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Ana ölçütlerin önceliklendirilmesi Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle yapılmış, alt ölçütler ise 4'lü Likert ölçeği kullanılarak puanlanmıştır. Bu katsayı puanlaması sonucunda enerji verimliliği, su verimliliği, sürdürülebilir arazi kullanımı, malzeme, inovasyon ve iç mekân kalitesi öncelikli ölçekler olarak belirlenmiş ve bu doğrultuda iklim değişikliğine dirençli bina tasarımı için "Geçer", "İyi" ve "Dirençli" sonuçlarını veren bir puanlama sistemi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yeşil bina sertifikasyon sistemleri, iklim değişikliğine dirençli bina, AHS, 4'lü likert

Abstract

In This study aims to determine climate-resilient building design criteria within the framework of green building certification systems by analyzing the impacts of cities on mitigating the adverse effects of climate change. To this end, indicators of climate-resilient cities, which play a critical role in preventing climate change, along with the concepts of green buildings and the scope of green building certification systems, have been examined in detail. It has been identified that international certification systems are not always sufficient for different geographical regions and that local needs should be considered. In the study, the criteria and sub-criteria of certification systems such as BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Residential, and YeS-TR were analyzed in depth and evaluated based on expert opinions (3 interior architects, 3 civil engineers, 3 architects, and 3 landscape architects). The prioritization of main criteria was conducted using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, while sub-criteria were scored using a 4-point Likert scale. As a result of this scoring system, energy efficiency, water efficiency, sustainable land use, materials, innovation, and indoor environmental quality were identified as prioritized scales. Consequently, a scoring system was developed that yields "Acceptable," "Good," and "Resilient" outcomes for climate-resilient building design.

Keywords: Green building certification systems, climate change resilient building, AHS, 4-point Likert

Geliş Tarihi: 21.04.2025, Düzeltme Tarihi: 12.06.2025, Kabul Tarihi: 16.06.2025
Adres: [1] Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekansal Planlama ve Tasarım Anabilim Dalı, Burdur
[2]Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü,
E-mail: acoban@mehmetakif.edu.tr
*Bu çalışma, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekansal Planlama ve Tasarım Anabilim Dalı'nda "İklim Değişikliğine Dirençli Bina Tasarım Ölçütlerinin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Kapsamında Belirlenmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

İklim krizi, doğal ekosistemler üzerinde derinlemesine ve çok boyutlu etkiler oluşturmaktadır. Küresel sıcaklıkların artışı, buzulların erimesi ve deniz seviyelerinin yükselmesi gibi doğrudan sonuçlara neden olurken; aşırı hava olaylarının sıklığı ve şiddeti de belirgin bir şekilde artmaktadır. Böylelikle son yıllarda dünya genelinde artan çevresel ve toplumsal etkileriyle çözümlenmesi gereken bir kriz haline gelmiştir (IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021). Bu durum, ekosistemlerin dengesini bozmakta, biyolojik çeşitliliğin azalmasına yol açmakta ve özellikle hassas bölgelerde kuraklık, sel ve yangın gibi felaketlerin artmasına sebep olmaktadır. İklim krizi aynı zamanda tarım üretimini olumsuz etkileyerek gıda güvenliğini tehdit etmekte, su kaynaklarına erişimi zorlaştırmakta ve küresel ölçekte sosyo-ekonomik eşitsizlikleri derinleştirmektedir. Tüm bu etkiler; insan sağlığı, göç hareketleri ve toplumsal yapı üzerinde de kalıcı ve olumsuz sonuçlar doğurmaktadır (Mavi, 2021).

İklim krizine neden olan toplumsal unsurların başında nüfus artışının birlikte getirdiği göç ve kentleşmedir. Birleşmiş Milletler projeksiyonları, 15 yıl içinde 500 milyona yakın kentlinin, 2050 yılına kadar ise 2 milyar kentlinin dünyaya ekleneceğini göstermektedir (UNFPA- United Nations Population Fund, 2024).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki binalar, küresel ölçekte toplam enerji tüketiminin %40'tan fazlasını oluşturmakta ve bu ülkelerden kaynaklanan sera gazı emisyonları dünya genelinin üçte birine denk gelmektedir. Yüzey alanı olarak dünya üzerinde yalnızca %2 yer kaplayan kentler, dünya nüfusunun yarısını barındırmakta ve küresel enerji tüketiminin üçte ikisinden sorumludur (UCCRN- Urban Climate Change Research Network, 2011). Bu bilgiler kapsamında gerekli önemler alınmazsa kentlerin, iklim krizinin hem kaynağı hem de mağduru olması beklenmektedir. Dodman (2009), sera gazı salınımlarının yaklaşık %80'inden sorumlu olan kentlerin gerekli politikaların geliştirilip uygulanmaması durumunda, gelecekteki nüfus artışı ve kentleşme oranlarıyla birlikte çevresel sorunların daha da büyümesine yol açacağını vurgulamaktadır. Bu nedenle kent oluşumunun en küçük yapı taşı olan binaların inşaat, kullanım ve yıkım aşamalarında iklim krizine sebep olacak unsurlar dikkate alınarak işlem dizileri yönetilmelidir. Binaların iklim krizine karşı dirençli hale getirilmesinin, sürdürülebilir kentleşme süreçlerinin temel bir bileşeni olduğu vurgulanmakta; bu doğrultuda yeni tasarım ölçütlerinin geliştirilmesinin gerekliliği ön plana çıkmaktadır (Rockström ve ark., 2009).

Kentleşmenin hızla artmasıyla birlikte, inşaat sektöründe çevresel ve sosyal olumsuz etkilerin en aza indirilmesi, çevre ve ekonomiye olumlu katkılar sağlanması ve gelecek nesillerin yaşam kalitesinin artırılması amacıyla sürdürülebilir stratejilerin geliştirilmesi ve bu stratejilerin proje süreçlerine entegre edilmesi, iklim krizinin önlenmesi açısından büyük bir önem taşımaktadır (Steffen ve ark., 2015). Bu bağlamda, iklim krizinin yapı sektörü üzerindeki olumsuz etkilerini minimize etmek amacıyla yenilikçi ve iklime dirençli bina tasarım stratejileri büyük önem taşımaktadır (ÇŞİDB-Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024). Hamedani ve Huber (2012), yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin kentsel gelişme ve yenileme müdahaleleri açısından yerleşim ölçeğinde; bina düzeyinde ise mevcut ve yeni binalar, konutlar, oteller, sağlık ve eğitim yapıları gibi çeşitli alanları kapsayarak sürdürülebilir kentler oluşturma hedefi doğrultusunda bir referans ve çerçeve sunma çabası olarak değerlendirmektedirler. Bu sertifikalar ve kılavuzlar, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı amaçlayan kentsel planlama ve yapı inşaatı sektörlerinde iş birliği geliştiren bir model örneğidir.

Yeşil binaların sürdürülebilirlik ve kaynak verimliliği ilkelerini esas alan; tasarım, uygulama, bakım, işletme ve yıkım süreçlerinde etkin, çevreye duyarlı ve sağlıklı yaşam alanları oluşturan bir model ortaya koyduğu ifade edilmektedir (Kömürlü ve Ceceloğlu, 2021). İlk olarak yeşil bina kavramı temellerinin 1970'lerde enerji verimliliği, sürdürülebilirlik ve çevresel kaygıların artmasıyla atıldığı görülmektedir. Kavramın tanımlanması ve standartlaştırılması binalar ve binaların kentler üzerindeki bu olumsuz etkilerini ortadan kaldırmayı amaçlayan uluslararası ve ulusal kapsamda yeşil bina sertifikasyon sistemleri geliştirilmiştir (Kömürlü ve Ceceloğlu, 2021). İlk olarak geliştirilen yeşil bina sertifikasyon sistemi; Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)-Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Yöntemi Sertifikasyon Sistemi 1990 yılında İngiltere'de geliştirilmiştir. 1996 yılında Kanada'da Sustainable Building Tool (SBTool)-Sürdürülebilir Yapı Aracı, 1998 yılında Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)-Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik sertifikasyon sistemleri geliştirilmiştir. Daha sonra geliştirilen yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin kronolojik sıralaması; 2003 yılında Green Star–Yeşil Yıldız, 2004 yılında Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE)- Yapılı Çevre Verimliliği için Kapsamlı Değerlendirme Sistemi, 2009 yılında German Sustainable Building Council (DGNB)- Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi' dir (Emel ve Şenyiğit, 2018). Türkiye'de ulusal yeşil bina sertifikasyon sistemleri bulunmaktadır. 2007 yılında Türkiye'de kurulan Çevre Dostu Yeşil Binalar

Derneği (ÇEDBİK) tarafından 2014 yılında ÇEDBİK-Konut ilk yeşil bina sertifikasyon sistemi olarak öne çıkmaktadır (Geçimli ve Yamaçlı, 2019). ÇEDBİK'in 2015 yılında "Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım" olarak adlandırdığı sertifika sistemi B.E.S.T-Konut sertifikasıdır. Bu sertifika, konut projelerinin sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak tasarlanmasını ve çevresel etkilerinin en aza indirilmesini hedeflemektedir (ÇEDBİK, 2022). ÇŞİDB tarafından 2022 yılında Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği ile yürürlüğe giren Yeşil Sertifika Türkiye (YeS-TR) olarak adlandırılan sertifika yürürlüğe girmiştir.

Yeşil bina sertifikasyon sistemleri, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda bina tasarım, inşaat ve işletim süreçlerini standartlaştıran ve iyileştiren sistemlerdir. Bu sertifikasyon sistemlerinin temel amaçları; enerji verimliliği, su tasarrufu, malzeme kullanımı, sağlıklı yaşam alanları oluşturmak ve karbon ayak izini azaltmaktır (USGBC-U.S. Green Building Council, 2020).

Sertifikasyon sistemleri sürdürülebilir bina tasarımını desteklese de yapılan araştırmalarda sertifikasyon sistemlerinin eksik yönleri de bulunmaktadır. Küresel ölçeklerle tasarlanan yeşil bina sertifikasyon sistemleri yerel bağlamdan uzak, farklı iklim ve coğrafi koşullara hizmet vermekte kısıtlıdır. Sertifikalı binaların başlangıç maliyetleri ve sertifikasyon süreciyle ilgili yüksek maliyetler nedeniyle, küçük ölçekli projelerin bu sistemlere dâhil olması genellikle zorlayıcı olmaktadır. Sertifika almış binaların ise uzun vadede bakım ve işletim zorlukları da mevcut ve yapılmaması halinde verimlilik kaybı yaşanacağı öngörülmektedir. Bir diğer unsur; proje, planlama ve tasarım hedeflerinin uygulama sonrasında beklenen performans sonuçlarını karşılamamasıdır. Sertifikasyon sistemlerinin çevreye olan katkılarının yanında sosyal sürdürülebilirlik, toplumsal fayda, yerel işbirliği çalışmaları üzerinde yeterince durmadığı da görülmektedir (Berardi, 2012).

Yukarıda belirtilen bilgiler ışığında; yeşil bina kavramının tüm amaç ve hedeflerinin ötesinde, iklim krizi ile mücadele göz önünde bulundurulduğunda, binaların iklim krizine dirençli hale getirilmesi bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda çalışmanın amacı; iklim değişikliğinin etkilerine karşı kentlerin, dirençli hale getirilebilmesi kapsamında bina tasarım ölçütlerinin belirlenmesi ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile ölçütlerin öncelik sıralaması belirlenerek bir puanlama sisteminin ortaya konulmasıdır. Bina tasarım ölçütlerinin ve alt ölçütlerinin belirlenmesinde yeşil bina sertifikasyon sistemlerinden BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Konut ve YeS-TR dayanak oluşturmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

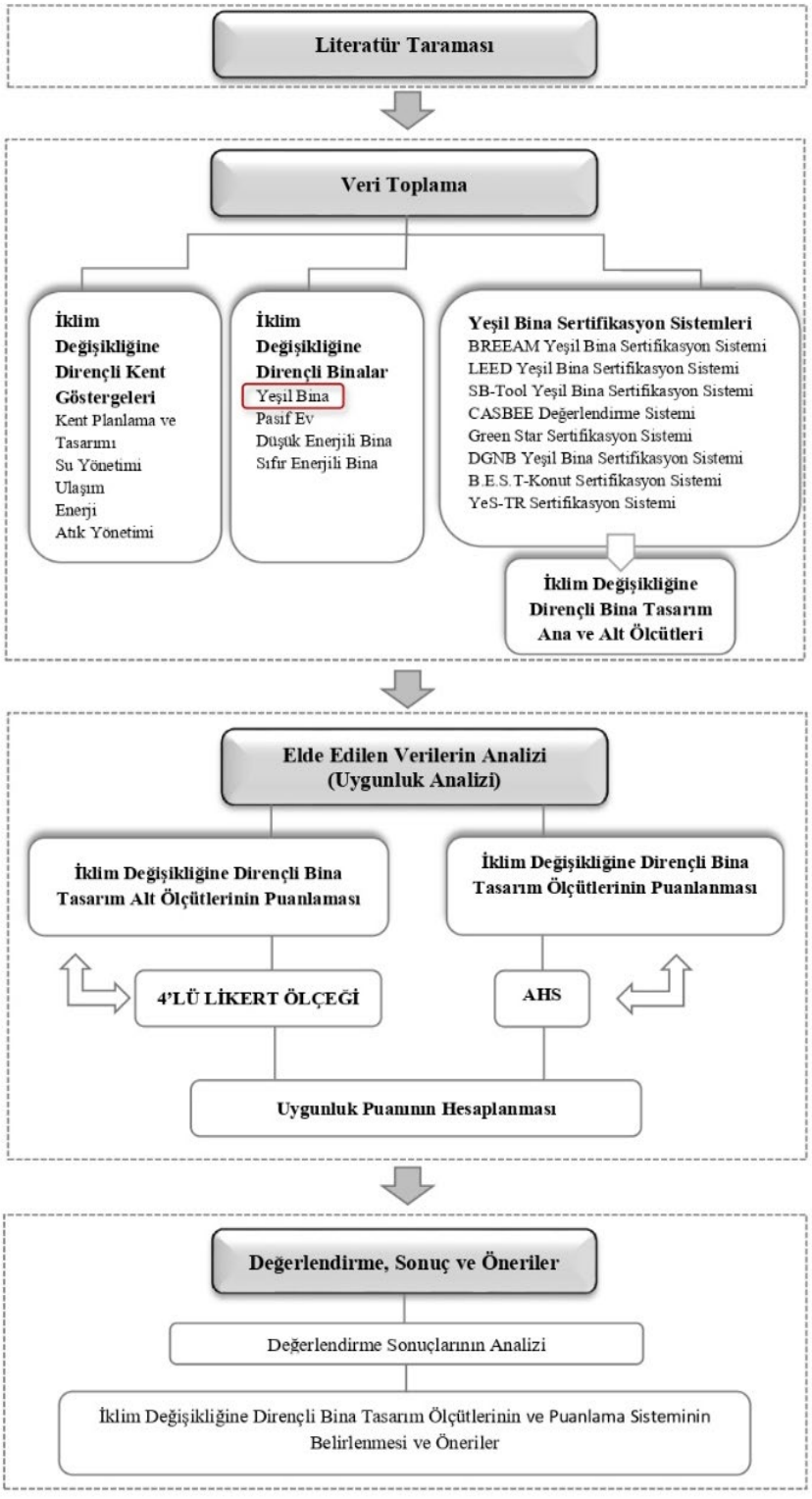
Yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde belirlenen ölçütler, puanlandırmalar, ortak noktalar ve farklılıklar; iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinin belirlenmesine katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda çalışmanın ana materyalini, ölçüt ve alt ölçütlerin belirlenmesine BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Konut ve YeS-TR sertifikasyon sistemleri dayanak oluşturmaktadır. Tüm ana ve alt ölçütlerin tasarım, inşaat ve uygulama aşamasını kurgulayan meslek dallarındaki uzman görüşlerine ihtiyaç duyulmuştur. Söz konusu uzmanların 3'ü iç mimar, 3'ü inşaat mühendisi, 3'ü mimar ve 3'ü ise peyzaj mimarıdır. Çalışmada belirlenen ana ölçütlere dair matrislerin hazırlanması ve hesaplanması; alt ölçütlere dair puanlamanın hazırlanması ve hesaplanması kapsamında Excel 2019 kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Bu çalışma, iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinin belirlenmesine yönelik bir çalışmadır. Bu bağlamda çalışma; literatür taraması ve yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin ana ve alt ölçütlerine ait veri toplama, elde edilen verilerin analizi, değerlendirme ve sonuç olmak üzere dört temel aşamadan oluşmaktadır (Şekil 1).

Çalışmayla ilgili literatür taraması yapılarak iklim değişikliği ve nedenleri, iklim değişikliğine dirençli kent ve bina göstergeleri ele alınmıştır. Yeşil bina kavramı ve yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin (BREEAM, LEED, SB-Tool, CASBEE, Green Star, DGNB, B.E.S.T-Konut ve YeS-TR) tüm ölçütleri incelenerek iklim değişikliğine dirençli bir binanın sahip olması gereken tasarım ölçütleri irdelenmiştir.

Veri toplama aşamasında; uluslararası yeşil bina sertifikasyon sistemlerinden en çok tercih edilen sertifikasyon sistemleri, tüm kavramları ve kapsamlarıyla irdelenmiştir. Bu sertifikasyon sistemlerinin süreçleri, ortak noktaları, sertifikalandırma sonuçları ve farklılıkları belirlenmiştir. Bu kapsamda çalışmada iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ana ve alt ölçütlerinin belirlenmesinde temel dayanak BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Konut ve YeS-TR'dir. BREEAM, LEED ve DGNB yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin tercih edilme nedeni uluslararası yaygın uygulama imkânları sağlamalarıdır. Bununla birlikte bu çalışmanın etki alanının Türkiye olduğu düşünülünce; Türkiye'de ortaya konulan iki önemli B.E.S.T.-Konut ve YeS-TR sertifikasyon sistemlerinin dayanak oluşturması da önem arz etmektedir.



Şekil 1. Yöntem akış şeması.

Elde edilen verilerin analizi aşaması; iklim değişikliğine dirençli bina tasarımına ait ana ölçütler; sürdürülebilir arazi kullanımı, su verimliliği, enerji verimliliği, malzeme, iç mekân kalitesi ve inovasyon olarak belirlenmiştir.

Ana ölçütlerin "Uygunluk Katsayısı (UK)"nı belirlemek amacıyla çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan AHS kapsamında ikili karşılaştırmalar yöntemi kullanılmıştır. Saaty (1987) tarafından geliştirilen AHS genel bir ölçüm teorisidir. Birkaç faktöre dayanarak hem tümdengelim hem de tümevarımsal düşünmeyi yürütmek için doğrusal olmayan bir çerçevedir (Saaty, 1980, Saaty,1987). AHS'nin uygulanması üç temel ilkeye dayanmaktadır: (i) Sorunu belirlemek ve bir hiyerarşi oluşturmak, (ii) karşılaştırmalı bir karar verme tercihi, matrisi oluşturmak ve (iii) faktör ağırlıklarını belirlemek. AHS'de, her faktör çiftler halinde karşılaştırma yöntemi kullanılarak çiftler halinde bir değer olarak karşılaştırılır ve göreceli değerler, kendi aralarındaki önem derecesine göre değerlendirilir. Son olarak, çiftler halinde bir karşılaştırma matrisi oluşturulur (Saaty, 1980, Karakuş ve Yıldız, 2022).

Adım 1: Ağırlıkların belirlenmesi.

Saaty yöntemi çerçevesinde, iki ana ölçüt arasındaki ikili karşılaştırmalarından elde edilen kare karşılıklı matrisin ana özvektörü, faktörlerin ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Çizelge 1, iki faktör arasındaki karşılaştırmaların açıklamasını dokuz dereceli bir ölçekle sunmaktadır (Drobne ve ark., 2009).

Çizelge 1. AHS tercihleri için kullanılan ikili karşılaştırmalar ölçeği (Saaty, 1980).

Sözel Tercih Hükmü	**Açıklama**	**Sayısal Değer**
Eşit Tercih Edilme	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur.	1
Kısmen Tercih Edilme	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre kısmen tercih ettiriyor.	3
Oldukça Tercih Edilme	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre oldukça tercih ettiriyor.	5
Kuvvetle Tercih Edilme	Bir faaliyet değerine göre kuvvetle tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görünüyor.	7
Kesinlikle Tercih Edilme	Bir faaliyetin değerine göre tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenirliğe sahip.	9
Orta Değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler.	2, 4, 6, 8
Ters (Karşıt) Değerler	Bir elemen başka bir elemanla karşılaştırıldığında yukarıdaki değerlerden birisi atanır. Bunlardan ikinci eleman birinci eleman ile karşılaştırıldığında ters değere sahip olur.	

Adım 2: Çiftler arası karşılaştırmaların tutarlılığı.

Çiftler arası karşılaştırma doğruluğu, her faktörün göreceli ağırlığını değerlendirmek için kullanılan tutarlılık oranının (CR) [1] hesaplanmasıyla ölçülür.

CR, Tutarlılık Endeksi (CI) ile Rastgele Endeks (RI) arasındaki bir orandır. CR %10'dan az olduğunda kriterler arasındaki karşılaştırma kabul edilebilir; aksi takdirde CR, karşılaştırmanın yeniden değerlendirilmesine olanak tanır (Karakuş ve Yıldız, 2022).

$$CR = CI/RI \quad [1]$$

Matris düzenine bağlı olarak RI değeri, karar matrisinin boyutuna göre belirlenen ve önceden hesaplanmış bir sabittir. Çizelge 2, faktör sayısına göre RI değerini gösterir. CI, [2] kullanılarak hesaplanır.

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \quad [2]$$

Çizelge 2. Rassallık indeksi tablosu (Saaty 1980).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Burada, $\lambda_{max} = (\text{Weight } 1 \times S1 + \text{Weight2} \times S2 + \text{Weiht3} \times S3 + \cdots)$; n = kriter sayısı.

CI hesaplandıktan sonra, CR denklemi uygulanır. Sonuç %10'dan azsa, çiftler arası karşılaştırmaların kabul edilebilir olduğu söylenebilir. Bu değer %10'dan büyükse, çiftler arası karşılaştırmalar tutarsızdır. Bu durumda, tüm süreç en baştan tekrarlanmalıdır (Karakuş ve Yıldız, 2022).

Adım 3: Geometrik ortalama

Geometrik ortalama, sayıların değerlerden yüzdeler olarak çarpıldığı ve ardından kökünün sayılara denklem [3]'te açıklandığı gibi uygulandığı özel bir ortalama türüdür (Karakuş ve Yıldız, 2022).

$$\text{Geometrik Ortalama (G.M)} = \sqrt{(n\&X1 \times X2 \times X3 \times \ldots Xn)} \quad [3]$$

Burada n, serideki ana ölçüt sayısını temsil eder ve X bir değişkendir.

Ortaya konulan ana ölçütlere ait alt ölçütlerin "Uygunluk Değeri (UD)", "4'lü Likert Ölçeği" ile değerlendirilmiştir. Bu amaçla; Ortaçeşme (1996), Akten (2008) ve Erdoğan (2017)'ın yaptığı çalışmalar temel alınmıştır. Bu değerlendirmede; 4 (Çok Uygun), 3 (Uygun), 2 (Az Uygun) ve 1 (Uygun Değil) şeklinde sıralanmaktadır.

Her ana ölçütün UK değeri ile her bir alt ölçüt ait UD değeri çarpılması sonucunda "Uygunluk Puanı (UP)" ve puanların toplanmasıyla "Toplam Uygunluk Puanı (TUP)" elde edilmiştir.

Değerlendirme, sonuç ve öneriler aşamasında puan sınıfları belirlenmiştir. Bu puan sınıfları "Geçer, İyi, Dirençli" şeklindedir. Söz konusu puan aralıklarının belirlenmesinde

iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinin UK değerleri esas alınarak geliştirilmiştir. Bu kapsamda iklim değişikliğine dirençli bina tasarımında geçer puan almanın temeli; alt sınır olan binanın enerji ve su verimliliğini sağlamasıyla başlamaktadır. Sürdürülebilir arazi kullanımı ölçütlerinin gerekliliklerinin yapılması sonucunda geçer puanın üst sınırına ulaşılmaktadır. Geçer puana, malzeme ve inovasyon ölçütlerinin TUP'lerinin eklenmesiyle puan iyi sınıfına atlamaktadır. İyi puana, iç mekân kalite ölçütlerinin eklenmesiyle puan dirençli sınıfına yükselmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

İklim değişikliğine dirençli yeşil bina tasarım rehberine yönelik BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Konut ve Yes-TR sertifikasyon sistemleri esas alınarak sürdürülebilir arazi kullanımı, su verimliliği, enerji verimliliği, malzeme, iç mekân kalitesi ve inovasyon ana ölçütler olarak belirlenmiştir. Ana ölçütler için uygulanan AHS yöntemiyle elde edilen UK değerleri sırasıyla enerji verimliliği (0,30), su verimliliği (0,23), sürdürülebilir arazi kullanımı (0,17), malzeme (0,11), inovasyon (0,10) ve iç mekân kalitesi (0,09) şeklindedir. Her ana ölçüte ait alt ölçütlerin 4'lü likert yöntemi ile puanlaması sonucunda UD değerleri elde edilmiştir. Her ana ölçütün UK değeri ile her bir alt ölçüt ait UD değeri çarpılması sonucunda UP ve puanların toplanmasıyla TUP elde edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. İklim değişikliğine dirençli bina tasarım ana ve alt ölçütleri.

ÖLÇÜTLER	KOD	ALT ÖLÇÜTLER	UD	UK	UP
Enerji Verimliliği	3.1.	CO_2 emisyonlarının azaltılması	4	0,30	1,20
	3.2.	Yenilenebilir ve yeşil enerji	4		1,20
	3.3.	Enerji verimli ekipman talebi	4		1,20
				TUP	**3,60**
Su Verimliliği	2.1.	Su tüketimi miktarını azaltma	4	0,23	0,92
	2.2.	Su etkin peyzaj tasarımı	3		0,69
	2.3.1.	Dönüştürülebilir su kullanımı / Atık su arıtma	3		0,69
	2.3.2.	Yenilikçi atık su teknolojilerinden faydalanma	3		0,69
	2.4.1.	Yüzeysel su akışı	3		0,69
	2.4.2.	Yağmur suyu tasarımı	3		0,69
				TUP	**4,37**
Sürdürülebilir Arazi Kullanımı	1.1.	Arazinin ekolojik değeri ve ekolojik özelliklerinin korunması	4	0,17	0,68
	1.2.	Konum riskleri / Afet riskleri	3		0,51
	1.3.	Araziye yerleşim	3		0,51
	1.4.	Yapı çevresi yoğunluğu / yoğunluk ve konut yapısı ilişkisi	3		0,51
	1.5.	Arazinin yeniden kullanımı	3		0,51
	1.6.1.	Alternatif ulaşım-toplu taşıma	3		0,51
	1.6.2.	Alternatif ulaşım-yayalaştırma ve bisiklet yolları	3		0,51

	1.6.3.	Alternatif ulaşım-düşük salımlı ve yakıt verimli araçlar	3		0,51
	1.6.4.	Alternatif ulaşım-otopark kapasitesi	3		0,51
				TUP	**4,76**
Malzeme	4.1.	Yerel malzemeler	3	0,11	0,33
	4.2.	Geri dönüştürülmüş malzemeler	3		0,33
	4.3.	Malzemenin yeniden kullanımı	3		0,33
	4.4.	Mevcut bina elemanlarının yeniden kullanımı (duvar, döşeme, çatı vb.)	2		0,22
				TUP	**1,21**
İnovasyon	6.1.	Tasarımda inovasyon	3	0,10	0,30
				TUP	**0,30**
İç Mekân Kalitesi	51.1.	İç mekân hava kalitesi	3	0,09	0,27
	5.1.2.	İnşaat esnası iç hava kalitesi	2		0,18
	5.1.3.	İnşaat sonrası iç hava kalitesi	3		0,27
	5.2.	Doğal havalandırma imkânları	4		0,36
	5.3.	Gün ışığı	4		0,36
	5.4.	Görüş alanı	3		0,27
	5.5.	Kamaşma kontrolü	3		0,27
	5.6.	İç ve dış aydınlatma düzeyleri	3		0,27
	5.7.	Aydınlatma bölgeleri ve kontrolleri	3		0,27
	5.8.	Termal konfor	4		0,36
	5.9.	Akustik ve ses yalıtımı	3		0,27
	5.10.1.	Düşük salımlı malzemeler-yapıştırıcı ve astarlar	3		0,27
	5.10.2.	Düşük salımlı malzemeler-boya ve kaplamalar	3		0,27
	5.10.3.	Düşük salımlı malzemeler-zemin kaplamaları	3		0,27
	5.10.4.	Düşük salımlı malzemeler-kompozit ahşap ürünler	3		0,27
	5.11.	Kimyasal ve kirletici konforu	3		0,27
				TUP	**4,77**
				GENEL TOPLAM	**19.01**

Enerji verimliliğinin UK'si 0,30'dur. Diğer ölçütlerle karşılaştırıldığında birinci sırada yer almaktadır. Bu ölçüte ait alt ölçütler; CO_2 emisyonlarının azaltılması, yenilenebilir ve yeşil enerji, enerji verimli ekipman kullanımıdır (Çizelge 3). Bu alt ölçütlerin tümü 4 değerini diğer bir ifadeyle "çok uygun" değerini alarak TUP 3,60 olarak hesaplanmıştır. Enerji verimliliği, hem yeşil binaların sürdürülebilirliği hem de iklim değişikliğine dirençli binaların uzun vadeli dayanıklılığı açısından ciddi öneme sahip bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Ürük ve İslamoğlu (2019), yeşil binalarda tüketilen enerjinin mevcut yapıların enerji tüketimiyle karşılaştırıldığında, yeşil binaların enerji tasarrufu ve korunumu açısından büyük önem taşıdığını belirtmektedir. Yeşil binaların temel hedeflerinden biri, enerji tüketimini minimize etmek ve bu sayede karbon emisyonlarını azaltmaktır. Enerji verimliliği, binaların iklim değişikliğine olan olumsuz etkilerini azaltırken, küresel ısınmaya neden olan sera gazı emisyonlarını düşürmenin en etkili yollarından biri olarak kabul edilmektedir (Perez Lombard ve ark., 2008). Alt ölçütlerden biri olan CO_2 emisyonlarının

azaltılması, enerji verimliliğinin doğrudan bir sonucudur. Ürge Vorsatz ve ark. (2007) binalarda enerji verimliliği sağlanarak küresel karbon emisyonlarının %30 oranında azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Özellikle enerji verimli ısıtma, soğutma, aydınlatma ve havalandırma sistemlerinin kullanımı, bina performansını artırırken karbon ayak izini önemli ölçüde düşürmektedir. Chow Li ve Lin (2010) yeşil binalarda yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanmasının, hem enerji bağımsızlığını artırarak enerji maliyetlerini düşürdüğünü hem de çevresel etkileri en aza indirdiğini belirtmişlerdir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji entegrasyonu, binaların hem çevreye duyarlı hem de enerji açısından verimli olmasını sağlayan bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Diğer bir alt ölçüt olan enerji verimli ekipman kullanımı da yeşil binaların enerji tasarrufuna katkı sağlayan önemli bir faktördür. Enerji verimli ısıtma havalandırma ve klima, aydınlatma ve beyaz eşyalar gibi sistemlerin kullanımı, binaların enerji tüketimini optimize ederek enerji kayıplarını azaltmaktadır (Yılmaz, 2006). Cabeza ve ark. (2014) binalarda kullanılan enerji verimli ekipmanların, enerji tüketimini %40'a kadar azaltabildiğini ve bu tür uygulamaların sürdürülebilir bina tasarımı için gerekli olduğunu vurgulamışlardır. İncelenen çalışmalarda enerji verimliliğine ait tüm alt ölçütlerin büyük öneme sahip olduğunu, kaynak tüketiminde fayda sağladığını ve çevreye olan olumlu katkısı ortaya konulmuştur.

Su verimliliğinin UK'si 0,23'tür. Diğer ölçütlerle karşılaştırıldığında ikinci sırada yer almaktadır. Bu ölçüte ait alt ölçütler; su tüketimi miktarını azaltma, su etkin peyzaj tasarımı, dönüştürülebilir su kullanımı / atık su arıtma, yenilikçi atık su teknolojilerinden faydalanma, yüzeysel su akışı, yağmur suyu tasarımıdır (Çizelge 3). Bu ölçütler arasından su tüketim miktarını azaltma 4 "çok uygun", diğer alt ölçütler ise 3 "uygun" olarak değerlendirilmiştir. TUP 4,37 olarak hesaplanmıştır. Su verimliliği, yeşil bina tasarımı ve iklim değişikliğine dirençli binaların geliştirilmesinde kritik bir unsurdur. Bu kavram, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimini desteklemekle kalmaz, aynı zamanda iklim değişikliğinin neden olduğu su kıtlığı ve aşırı hava olaylarına karşı binaların dirençli olmasını sağlamaktadır. Cole (2000), yeşil binaların su tüketimini optimize ederek yerel su döngülerine olan olumsuz etkisini azaltabileceğini ve bu binaların doğal kaynaklara daha az bağımlı hale geleceğini belirtmektedir. Erdede ve ark. (2014) çalışmalarında su verimliliği ölçütünün binaların uzun vadede çevresel etkilerini nasıl azalttığını detaylı bir şekilde belirtmişlerdir. Örneğin; su verimliliği sağlayan tasarım unsurları kapsamında yeşil binalarda kullanılan düşük akışlı su armatürleri, yağmur suyu hasadı ve gri su geri dönüşüm sistemleri gibi yenilikçi çözümleri kapsamaktadır. Bu tür sistemler, su tüketimini azaltmanın yanı sıra bina kullanıcılarına da ekonomik açıdan katkı sağlamaktadır (Melville ve ark., 2006). Vörösmarty ve ark. (2000)

suyun sürdürülebilir yönetiminin iklim değişikliğine dirençli bina ve kentsel altyapılar geliştirmede merkezi bir rol oynadığını ve bu tür stratejilerin küresel su krizine karşı etkili çözümler sunduğunu belirtmişlerdir. Kolokotsa ve ark. (2009) iklim değişikliği senaryoları göz önüne alındığında, su verimliliğinin binaların enerji verimliliği ile yakından ilişkili olduğunu ve bu iki alanın birlikte değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadırlar. BREEAM, LEED vb. uluslararası sertifikasyon sistemleri, binaların su tüketimini azaltmak, su geri dönüşüm sistemleri uygulamak ve yağmur suyunu toplamak gibi stratejilerle su verimliliğini teşvik ettiğine vurgu yapmaktadır (Ding, 2008). Sonuç olarak su verimliliği, yeşil binalar ve iklim değişikliğine dirençli binalar için hem çevresel sürdürülebilirliği hem de su kaynaklarının korunmasını sağlayan kilit bir tasarım ölçütüdür. Bu bağlamda, su yönetim stratejilerinin binaların iklim değişikliğine karşı adaptasyon kapasitesini artırdığı ortaya konulmuştur (IPCC, 2014).

Sürdürülebilir arazi kullanımının UK'si 0,17'dir. Diğer ölçütlerle karşılaştırıldığında üçüncü sırada yer almaktadır. Bu ölçüte ait alt ölçütler; arazinin ekolojik değeri ve ekolojik özelliklerinin korunması, konum riskleri / afet riskleri, araziye yerleşim, yapı çevresi yoğunluğu / yoğunluk ve konut yapısı ilişkisi, arazinin yeniden kullanımı, alternatif ulaşım-toplu taşıma, alternatif ulaşım-yayalaştırma ve bisiklet yolları, alternatif ulaşım-düşük salınımlı ve yakıt verimli araçlar, alternatif ulaşım-otopark kapasitesidir (Çizelge 3). Sürdürülebilir arazi kullanımının alt ölçütlerinden arazinin ekolojik değeri ve ekolojik özelliklerinin korunması için 4 "çok uygun", diğer alt ölçütler ise 3 "uygun" değerini almıştır. TUP 4,76 olarak hesaplanmıştır. Sürdürülebilir arazi kullanımı, yeşil binalar için kritik bir öneme sahiptir. Çünkü bu yaklaşım hem çevresel hem de toplumsal sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasını sağlamaktadır. Sürdürülebilir arazi kullanımı; doğal kaynakların korunması, ekosistem dengesinin sağlanması ve arazi üzerindeki insan faaliyetlerinin çevresel etkilerinin en aza indirilmesi için oldukça önemlidir. Yeşil binalar, yalnızca enerji verimliliği ve su tasarrufu ile sınırlı kalmayıp, arazi seçiminden itibaren ekolojik dengenin korunmasını amaçlamaktadır. Sürdürülebilir arazi kullanımı, yeşil binalar üzerinde hem çevresel hem de toplumsal açıdan geniş kapsamlı etkiler yaratmaktadır. Berke ve Conroy (2000) çalışmalarında sürdürülebilir arazi kullanımının kentsel gelişim planlarında çevresel sürdürülebilirliği destekleyerek doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı azalttığını vurgulamaktadırlar. Bu tür planlamaların, yeşil binaların çevresel etkilerini en aza indirirken, yerel ekosistemlerle uyumlu yapılar oluşturulmasını sağlamaktadır. Foley ve ark. (2005) ise sürdürülebilir arazi kullanımının, binaların inşa edildiği arazinin doğal ekosistemler üzerindeki etkisini azaltmak için gerekli olduğunu belirtmektedirler. Aynı

zamanda sürdürülebilir arazi kullanımı, karbon salınımını azaltmak ve enerji tüketimini düşürmek amacıyla binaların toplu taşıma ve diğer sürdürülebilir altyapı sistemleri ile entegrasyonunu da kolaylaştırdığını vurgulamaktadır (Newman ve Kenworthy, 1999).

Malzeme kullanımının UK'si 0,11'dir. Diğer ölçütlerle karşılaştırıldığında dördüncü sırada yer almaktadır. Bu ölçüte ait alt ölçütler; yerel malzemeler, geri dönüştürülmüş malzemeler, malzemenin yeniden kullanımı, mevcut bina elemanlarının yeniden kullanımıdır (duvar, döşeme, çatı vb.) (Çizelge 3). Bu alt ölçütlerden mevcut bina elemanlarının yeniden kullanımı (duvar, döşeme, çatı vb.) ölçütü 2 "az uygun", diğer alt ölçütler ise 3 "uygun" değerini alarak TUP'si 1,21 olarak hesaplanmıştır. Malzeme kullanımı yerel, geri dönüştürülmüş ve yeniden kullanılabilir malzemelerin tercih edilmesi, binaların karbon ayak izini azaltırken aynı zamanda çevresel etkilerini minimize etmektedir. Bu bağlamda, malzeme seçimi, yeşil bina tasarımının temel unsurlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Yerel malzeme kullanımı, yeşil bina tasarımında kaynak tüketimini ve lojistikten kaynaklanan enerji kullanımını azaltan önemli bir stratejidir. Roodman ve Lenssen (1995), yapı malzemelerinin taşınmasından kaynaklanan enerji tüketiminin, toplam bina karbon salınımlarının önemli bir kısmını oluşturduğunu ve yerel malzemelerin kullanılmasının bu emisyonları azaltmada etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yerel malzemeler, yerel ekonomiyi desteklemekte ve çevresel maliyetleri düşürmektedir. Bu da hem sürdürülebilir hem de iklim değişikliğine dirençli binaların inşasında önemli bir katkı sağlamaktadır. Geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı da yeşil binaların çevresel etkileri ve dolayısıyla hammadde talebini azaltarak, doğal kaynakların korunmasına katkıda bulunmaktadır. Pacheco Torgal ve Jalali (2012) geri dönüştürülmüş malzemelerin yapı sektöründe kullanımıyla enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarının önemli ölçüde azaltılabileceğini, bu tür malzemelerin hem ekonomik hem de çevresel açıdan avantajlar sunduğunu vurgulamışlardır. Bu tür malzemeler özellikle beton, çelik, cam ve ahşap gibi yapı malzemelerinin yeniden işlenmesiyle elde edilerek, döngüsel ekonomi ve kaynak verimliliğini sağlamaktadır. Malzemelerin yeniden kullanımı ise binaların ömrünü uzatan ve atık miktarını azaltan bir başka stratejidir. Binaların yıkımından elde edilen malzemelerin yeniden kullanılması, yeni malzeme üretimi için gerekli enerji tüketimini ve çevresel yükleri azaltmaktadır (Sev, 2009). Thormark (2002), çalışmasında yeniden kullanılan malzemelerin, özellikle bina restorasyon ve renovasyon projelerinde önemli bir enerji tasarrufu sağladığını ve bu malzemelerin inşaat sürecinde kaynak kullanımını minimuma indirdiğini belirtmiştir.

İnovasyonun UK'si 0,10'dur. Diğer ölçütlerle karşılaştırıldığında beşinci sırada yer almaktadır. Bu ölçüte ait alt ölçüt tasarımda inovasyon, uzmanlardan 3 "uygun" değerini

alarak TUP'si 0,30 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). İnovasyon ölçütü diğer bir ifadeyle yenilikçi yaklaşımlar, hem çevresel sürdürülebilirliği artırmak hem de binaların değişen iklim koşullarına uyum sağlamasına yardımcı olmak için kritik çözümler sunmaktadır. İnovasyon, özellikle enerji verimliliği, malzeme kullanımı, su yönetimi ve yenilenebilir enerji entegrasyonu gibi alanlarda yeşil bina tasarımında devrim niteliğinde yenilikler sağlamaktadır. İnovasyonun tasarıma entegrasyonu, binaların karbon ayak izini düşürerek enerji tasarrufunu artırmaktadır. Magrini ve ark. (2020) inovatif malzeme kullanımı ve yeni yapı teknolojilerinin binaların enerji performansını optimize ederek sürdürülebilirliği artırdığını vurgulamaktadırlar. Bu bağlamda, enerji verimliliğini artırmak amacıyla kullanılan akıllı bina sistemleri, yeşil binaların enerji tüketimini önemli ölçüde azaltarak iklim değişikliğiyle mücadeleye katkı sağlamaktadır. Ayrıca, inovatif güneş panelleri, akıllı enerji yönetim sistemleri ve bina kabuklarının termal performansını iyileştiren malzemeler, binaların enerji bağımsızlığını güçlendiren yenilikler arasında yer almaktadır. İnovasyonun bir diğer önemli katkısı da su verimliliği ve su kaynaklarının yönetimi alanında ortaya çıkmaktadır. Tilley ve ark. (2014), çalışmasında yenilikçi su yönetim sistemlerinin, binalarda su tüketimini azaltarak sürdürülebilirliğe katkıda bulunduğunu ve özellikle su kıtlığı yaşanan bölgelerde iklim değişikliğine karşı dayanıklılığı artırdığını belirtmişlerdir. Gri su geri dönüşüm sistemleri ve yağmur suyu hasadı gibi inovatif su yönetim çözümleri, yeşil binaların çevresel etkisini minimuma indirir ve su kaynaklarının korunmasına yardımcı olmaktadır. Akadiri ve ark. (2012) yerel, geri dönüştürülmüş ve düşük karbon ayak izine sahip malzemelerin kullanılmasının, hem çevresel etkileri azalttığını hem de binaların iklim değişikliğine karşı dirençli hale gelmesine yardımcı olduğunu vurgulamaktadırlar. İnovasyon yaklaşımı sayesinde diğer tüm ölçeklerle uyumlu çalışan ve bu ölçeklerin gelişerek güncel teknik ve yöntemler ile günümüz teknolojisini buluşturan her unsur için vazgeçilmez bir ölçüttür.

İç mekân kalitesinin UK'si 0,09'dur. Diğer ölçütlerle karşılaştırıldığında altıncı sırada yer almaktadır. Bu ölçüte ait alt ölçütler; iç mekân hava kalitesi, inşaat esnası iç hava kalitesi, inşaat sonrası iç hava kalitesi, doğal havalandırma imkânları, gün ışığı, görüş alanı, kamaşma kontrolü, iç ve dış aydınlatma düzeyleri, aydınlatma bölgeleri ve kontrolleri, termal konfor, akustik ve ses yalıtımı, düşük salınımlı malzemeler-yapıştırıcı ve astarlar, düşük salınımlı malzemeler-boya ve kaplamalar, düşük salınımlı malzemeler-zemin kaplamaları, düşük salınımlı malzemeler-kompozit ahşap ürünler, kimyasal ve kirletici konforudur (Çizelge 3). Bu ölçütler arasından doğal havalandırma imkânları, gün ışığı ve termal konfor alt ölçütleri 4 "çok uygun"; iç mekân hava kalitesi, kamaşma kontrolü, iç ve dış aydınlatma düzeyleri,

aydınlatma bölgeleri ve kontrolleri, akustik ve ses yalıtımı, düşük salınımlı malzemeler-yapıştırıcı ve astarlar, düşük salınımlı malzemeler-boya ve kaplamalar, düşük salınımlı malzemeler-zemin kaplamaları, düşük salınımlı malzemeler-kompozit ahşap ürünler, kimyasal ve kirletici konforu alt ölçütleri 3 "uygun"; inşaat esnası iç hava kalitesi ölçütü ise uzmanlar tarafından 2 "az uygun" değerini alarak TUP'si 4,77 olarak hesaplanmıştır. İç mekân kalitesi ölçütünü oluşturan termal konfor, doğal havalandırma, aydınlatma ve gün ışığı gibi unsurlar, sadece kullanıcıların yaşam kalitesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da kritik rol oynamaktadır. Termal konforun binalarda enerji tüketimini etkileyen başlıca faktörlerden biri olduğu belirlenmektedir. Kim ve Dear (2012), çalışmalarında enerji verimli binalarda termal konforun sağlanmasının iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir adım olduğunu ve binalarda enerji tasarrufunu artırdığını belirtmişlerdir. Özellikle termal konforun optimize edilmesi; ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin enerji tüketimini minimize ettiğini ve aynı zamanda bina kullanıcılarının konfor seviyesini artırdığını vurgulamışlardır. Zhai ve Zhang (2009), çalışmasında doğal havalandırma sistemlerinin enerji tüketimini önemli ölçüde azaltabileceğini ve bununla birlikte iç mekân hava kalitesini artırarak bina kullanıcılarının sağlığını iyileştirdiğini vurgulamışlardır. Doğal havalandırma tüm bunlarla birlikte enerji tüketen mekânik sistemlere duyulan ihtiyacı azaltarak, binaların karbon ayak izini düşmesine böylelikle iklim değişikliğine uyumlu bir çözüm sunmaktadır. Aydınlatma ve gün ışığı kullanımı ise yeşil binalarda hem enerji tasarrufu hem de iç mekân kullanıcılarının sağlık ve konforu açısından önem arz etmektedir. Heschong (2002), çalışmasında doğal gün ışığının binalarda enerji kullanımını azaltmanın yanı sıra, çalışan verimliliğini artırdığını ve dolayısıyla genel yaşam kalitesini iyileştirdiğini vurgulamaktadır. Tregenza ve Wilson (2011), çalışmasında gün ışığı aydınlatmasının doğru yapıldığı takdirde enerji maliyetlerini düşürdüğünü ve elektrikli aydınlatma sistemlerine ve doğal kaynaklara olan ihtiyacı azalttığını belirtmişlerdir.

Her bir ana ölçüte ait UK değerlerinin her bir alt ölçüte ait UD ile çarpımı sonucunda UP değeri elde edilmiştir. Her alt ölçüte ait UP değerlerinin toplamıyla ana ölçüte ait TUP ortaya konulmuştur. Ana ölçütlere ait TUP'lerden elde edilen genel toplam ise 19,01'dir. Değerlendirme sonucunda; iklim değişikliğine dirençli bina tasarımında elde edilen TUP'lerin yüzdelik cinsinden hesaplanmasıyla 3 farklı puan sınıfı elde edilmiştir. Bu puan sınıfları %41,92-66,96 Geçer, %66,97-74,91 İyi, %74,92-100 Dirençli şeklindedir. Söz konusu puan aralıklarının belirlenmesinde iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinin UK değerleri esas alınarak geliştirilmiştir. Bu kapsamda iklim değişikliğine

dirençli bina tasarımında geçer puan almanın temeli; alt sınır olan binanın enerji ve su verimliliğini sağlamasıyla başlamaktadır. Sürdürülebilir arazi kullanımı ölçütlerinin gerekliliklerinin yapılması sonucunda geçer puanın üst sınırına ulaşılmaktadır. Geçer puana, malzeme ve inovasyon ölçütlerinin TUP'lerinin eklenmesiyle puan iyi sınıfına atlamaktadır. İyi puana, iç mekân kalite ölçütlerinin eklenmesiyle puan dirençli sınıfına yükselmektedir.

4. Sonuçlar

İklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinde BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Konut ve YeS-TR sertifikasyon sistemleri esas alınarak; sürdürülebilir arazi kullanımı, su verimliliği, enerji verimliliği, malzeme, iç mekân kalitesi ve inovasyon gibi ana ölçütler belirlenmiştir. AHS yöntemiyle bu ana ölçütlerin önceliklendirilmesi yapılmıştır. Bu katsayı puanlaması ile oluşturulan sistemde, öncelik sıralaması enerji verimliliği, su verimliliği, sürdürülebilir arazi kullanımı, malzeme, inovasyon ve iç mekân kalitesi şeklinde belirlenmiştir. Tüm bu ana ölçütlerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesinde farklı uzman gruplarının değerlendirmeleri etkili olmuştur. Uzmanlar tarafından AHS yöntemi ile değerlendirilen ana ölçütler ve alt ölçütlerin puanlanması sonucunda bir puanlama sistemi ortaya konulmuştur.

AHS yöntemi, iklim değişikliğine dirençli bina tasarımı ölçütlerinin önem sırasına göre önceliklendirilmesinde etkili bir araç olarak kullanılabilmektedir. AHS yöntemiyle ortaya konulan ölçütlerin öncelik sıralaması uzman gruplarına göre farklılıklar içermektedir. Bu farklılıkların uzmanlık perspektifinde daha kapsamlı ve sürdürülebilir bir yaklaşıma sahip olabilmesi disiplinler arası çalışmalarla mümkün olabilmektedir. Ayrıca iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinin yeşil bina sertifikasyon sistemleri dışında ele alınması gereken önemli ve gerekli konulardan biridir.

Türkiye'deki çevre politikalarında ve yönetmeliklerde, iklim değişikliğiyle mücadele için yapılan düzenlemeler olsa da, bu alanlarda hâlâ iyileştirme ve uygulama eksikliği bulunmaktadır. Yerel iklim koşulları ve afet risklerini daha kapsamlı şekilde ele alan; İklim ve Afetlere Dirençli Şehirler Projesi, İklim Değişikliği Eylem Planı (İDEP), Country Climate and Development Report (CCDR)- Ülke İklim ve Kalkınma Raporu gibi düzenlemeler, bu eksikliklerin giderilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (ÇŞB-Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011; WB-World Bank, 2021; ÇŞİDB, 2023). İklim değişikliğinin önlenmesine yönelik alınacak önleyici tedbirlerin öncelikli olması gerekirken, dirençli kentlerin oluşumu genellikle ikinci planda kalmaktadır. Bu durum, iklim değişikliğiyle mücadelede önleyici stratejilerin daha fazla vurgulanması, güçlendirilmesi ve uygulama desteğine ihtiyaç olduğu

gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yeşil bina sertifikasyon sistemleri esas alınarak; yerel iklim koşulları, doğal afet riskleri ve coğrafi farklılıkları daha iyi kapsayacak şekilde yeniden gözden geçirilmesi ve iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerine öncelik tanınması gerektiği ortaya konmuştur. Bu ölçütlerin geliştirilmesi, yapı ölçeğinden mahallelere ve kentlere kadar sürdürülebilir sonuçların elde edilmesine katkı sağlayacak ve geleceğe yönelik önemli bir adım teşkil edecektir. Oluşturulan puanlama sisteminin yerel koşullara göre özelleştirilmesi ve bölgesel veri toplama çalışmalarının artırılması, yerel yönetimler, duyarlı tasarımcılar ve bireysel kullanıcılar ile uygulayıcılara gerekli fikir desteği sunarken devletin de bu süreçleri teşvik etmesi kritik önem taşımaktadır. Aynı zamanda belirlenen bu ölçütler ilerleyen çalışmalarda iklim değişikliğine dirençli bina tasarım rehberleri, iklime dirençli bina sertifikasyon sistemleri oluşumuna katkı sağlayacaktır. Önerilen bu oluşumlar, ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında planlama ve tasarım aşamalarında ele alınması ve geliştirilmesi gereken sistemler olarak şekillendirilmelidir. Bununla birlikte bu çalışmanın iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinin belirlenmesi ve geliştirilmesi konusunda önemli bir rehber olması beklenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma “İklim Değişikliğine Dirençli Bina Tasarım Ölçütlerinin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Kapsamında Belirlenmesi” adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Akten, M. (2008). 'Isparta Ovasının optimal alan kullanım planlaması üzerine bir araştırma'. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Berardi, U. (2012). Sustainability assessment in the construction sector: Rating systems and rated buildings. *Sustainable Development, 20*(6), 411–424.

Berke, P.R., ve Conroy, M.M. (2000). Are we planning for sustainable development? An evaluation of 30 comprehensive plans. *Journal of the American Planning Association, 66*(1), 21-33.

Cabeza, L.F., Castell, A., Medrano, M., Leppers, R., & Zubillaga, O. (2014). Use of phase change materials in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(3), 1675-1695.

Chow, T.T., Li, C., & Lin, Z. (2010). Innovative solar windows for cooling-demand climate. *Energy and Buildings, 42*(1), 59-63.

Cole, R.J. (2000). Building environmental assessment methods: Redefining intentions and roles. *Building Research and Information, 28*(5-6), 455-467.

ÇEDBİK (2019). B.E.S.T. - Konut Sertifika Kılavuzu: Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım Sertifikası. Erişim Adresi https://static.cedbik.org. Erişim Tarihi: 10.08.2024

ÇŞB (2011). İklim Değişikliği Eylem Planı (2011-2023). Erişim Adresi: https://www.csb.gov.tr/projeler/iklim. Erişim Tarihi: 06.06.2024

ÇŞİDB (2024). İklim Değişikliği Azaltım ve Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yayını. Erişim adresi: https://www.iklim.gov.tr/eylem-planlari-i-19. Erişim Tarihi: 10.06.2024

Ding, G.K.C. (2008). Sustainable construction-The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management, 86*(3), 451-464.

Dodman, D. (2009). Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environment and Urbanization, 21*(1), 185-201.

Drobne, S., & Lisec, A. (2009). Multi-attribute decision analysis in GIS: weighted linear combination and ordered weighted averaging. *Informatica, 33*(4), 459-474.

Emel, P., ve Şenyiğit, Ö. (2018). Ekolojik ve sürdürülebilir mimaride ekolojik değerlendirme yöntemleri. *Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 36*(7), 41-54.

Erdede, S.B., Erdede, B., ve Bektaş, S. (2014). *Sürdürülebilir yeşil binalar ve sertifika sistemlerinin değerlendirilmesi.* 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, İstanbul.

Erişim Adresi: https://www.kongresistemi.com/root/dosyalar/uzalcbs2014/221.pdf. Erişim Tarihi: 07.06.2024

Erdoğan, Ö. (2017). 'Ekolojik kullanım kararlarının imar planlarına uygunluğunun Kütahya kenti örneğinde irdelenmesi'. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., & Snyder, P.K. (2005). Global consequences of land use. *Science, 309*(5734), 570-574.

Geçimli, M., ve Yamaçlı, R. (2019). Sürdürülebilir tasarım bağlamında değerlendirme sistemleri: ÇEDBİK-Konut örneği. In L.Y. Tokman ve R. Yamaçlı (Eds.), *Sürdürülebilir Kalkınma Rolüyle Mimarlık* Eskişehir Teknik Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, 41-47.

Hamedani, A.Z., & Huber, F. (2012). A comparative study of DGNB, LEED and BREEAM certificate systems in urban sustainability. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, *155*, 121-132.

Heschong, L. (2002). Daylighting and human performance. *ASHRAE Journal, 44*(6), 65-67.

IPCC (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press.

IPCC (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press. Erişim adresi https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/

Karakuş, C.B., & Yıldız, S. (2022). Gis-multi criteria decision analysis-based land suitability assessment for dam site selection. International *Journal of Environmental Science and Technology, 19:*12561–12580. https://doi.org/10.1007/s13762-022-04323-4

Kim, J., & Dear, R. (2012). Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction. *Building and Environment*, *49*, 33-40.

Kolokotsa, D., Rovas, D., Kosmatopoulos, E., & Kalaitzakis, K. (2009). A roadmap towards intelligent net zero- and positive-energy buildings. *Solar Energy,* 85(12), 3067-3084.

Kömürlü, R., ve Ceceloğlu, D. (2021). Yeşil bina üretiminde proje yönetimi kapsamında yaşanılan zorluklar ve çözüm önerileri. *Artium, 9*(2), 98-104.

Magrini, A., Lolli, N., & Rosato, A. (2020). Optimized energy performance of buildings by using innovative technologies: A case study. *Energy and Buildings,* 208, 109616.

Mavi, İ. (2021). Küresel iklim değişikliği bağlamında yeni toplumsal hareket örneği olarak küresel çevreci hareketler. *Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 9*(2), 116-126.

Melville, S., Clarke, J., & Pitts, A. (2006). The role of grey water recycling and rainwater harvesting in sustainable housing. *International Journal of Water Resources Development,* 22(3), 625-635.

Newman, P., & Kenworthy, J. (1999). *Sustainability and cities: Overcoming automobile dependence.* Island Press.

Ortaçeşme, V. (1996). 'Adana İli Akdeniz Kıyı Kesiminin Ekolojik Peyzaj Planlama İlkeleri Çerçevesinde Değerlendirilmesi ve Optimal Alan Kullanım Önerileri'. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Pacheco Torgal, F., & Jalali, S. (2012). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials, 29,* 512-519.

Perez Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings, 40(3),* 394-398.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E., & Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature, 461*(7263), 472-475.

Roodman, D.M., & Lenssen, N. (1995). *A building revolution: How ecology and health concerns are transforming construction.* Washington DC, Worldwatch Institute.

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill International, New York.

Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process: What it is and how it is used. *Mathematical Modelling, 9*(3-5), 161-176.

Sev, A. (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık.* 1. Baskı, Yem Yayınları.

Thormark, C. (2002). A low energy building in a life cycle: Its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. *Building and Environment, 37(4)*, 429-435.

Tregenza, P., & Wilson, M. (2011). *Daylighting: Architecture and lighting design.* Routledge.

UCCRN (2011). *First UCCRN assessment report on climate change and cities (ARC3)*. Cambridge University Press. Erişim adresi https://uccrn.ei.columbia.edu/first-uccrn-assessment-report-climate-change-and-cities-arc3-2011-0. Erişim Tarihi: 06.06.2024

UNFPA (2024). Urbanization. Erişim Adresi: https://www.unfpa.org/urbanization#readmore-expand. Erişim Tarihi: 13.06.2025

USGBC (2020). *What is LEED?*, Erişim adresi https://www.usgbc.org/leed. Erişim Tarihi: 10.06.2024

ÜrgeVorsatz, D., Harvey, L.D.D., Mirasgedis, S., & Levine, M.D. (2007). Mitigating CO_2 emissions from energy use in the world's buildings. *Building Research ve Information, 35(4),* 379-398.

Ürük, Z. F., ve İslamoğlu, A.K.K. (2019). BREEAM, LEED ve DGNB yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin standart bir konutta karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 15,* 143-154.

Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J., & Lammers, R. B. (2000). Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth. *Science, 289(5477),* 284-288.

WB (2021). Türkiye Ülke İklim ve Kalkınma Raporu. Erişim adresi: https://www.worldbank.org. Erişim Tarihi: 12.06.2024

Yılmaz, Z. (2006). Akıllı binalar ve yenilenebilir enerji. *Tesisat Muhendisligi Dergisi,(91),* 7-15.

Zhai, Z.J., & Zhang, Z. (2009). Natural ventilation in buildings: Measurement in a wind tunnel and numerical simulation with large-eddy simulation. *Energy and Buildings, 41(10),* 1116-1126.