

Geliş Tarihi:

31.10.2024

Kabul Tarihi:

22.07.2025

Yayınlanma Tarihi:

29.09.2025

Kaynakça Gösterimi: Akbaş, A. (2025). Karbon nötr şehirlerin tasarımı: Kent ve mimarlık sosyolojisi bağlamında sıfır enerji binaların uygulanabilirliği. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(53), 568-605, doi: 10.46928/iticusbe.1576826

KARBON NÖTR ŞEHİRLERİN TASARIMI: KENT VE MİMARLIK SOSYOLOJİSİ BAĞLAMINDA SIFIR ENERJİ BİNALARIN UYGULANABİLİRLİĞİ

Araştırma

Arif Akbaş 

Sorumlu Yazar

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

aakbas@cumhuriyet.edu.tr

Arif Akbaş, Dr., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Yıldızeli Meslek Yüksekokulu, Pazarlama ve Reklamcılık Bölümü, Halkla İlişkiler ve Tanıtım Programında öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır. Rusya, orta doğu sosyolojisi ve antropolojisi ile kuramsal sosyoloji alanında çalışmalar yürütmektedir.

Karbon Nötr Şehirlerin Tasarımı: Kent ve Mimarlık Sosyolojisi Bağlamında Sıfır Enerji Binaların Uygulanabilirliği

Arif Akbaş
aakbas@cumhuriyet.edu.tr

Özet

Bu makale, karbon nötr şehirlerin tasarımını, kent ve mimarlık sosyolojisi bağlamında inceleyerek, sıfır enerji binaların uygulanabilirliğini ele almaktadır. Küresel iklim krizi ve artan enerji talepleri, sürdürülebilir şehirler ile yeşil bina teknolojilerinin önemini arttırmıştır. Araştırmanın temel amacı, karbon nötr şehirlerin tasarımı ile sıfır enerji binaların uygulanabilirliği üzerine sosyolojik ve mimari bir çerçevede kapsamlı bir değerlendirme sunmaktır. Çalışma, küresel iklim krizine çözüm olarak öne çıkan sürdürülebilir kentleşme ve yapılaşma modellerini analiz ederek, teknik yeniliklerin yanı sıra bu yaklaşımların toplumsal kabul edilebilirliği, erişilebilirliği konularına odaklanmaktadır. Çalışmada, binaların enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve kent altyapısına entegrasyonu incelenerek, sürdürülebilir bir kentsel yaşamın nasıl sağlanabileceği tartışılmaktadır. Ayrıca, sosyal adalet ve erişilebilirlik gibi faktörler de göz önünde bulundurularak, bu tür projelerin toplumsal kabul görmesi/ yaygınlaşması için öneriler sunulmaktadır. Çalışma için önerilen yöntem, karbon nötr şehirlerin ve sıfır enerji binaların uygulanabilirliğini hem teknik hem de toplumsal açılardan değerlendiren “Entegre Sosyo-Teknik Değerlendirme” (ESTE) yaklaşımıdır. Araştırmanın bulguları, sıfır enerji binaların teknik açıdan uygulanabilir olduğunu ancak sosyoekonomik eşitsizlikler, kültürel direnç ve yüksek maliyetlerin geniş çaplı benimsemeyi zorlaştırdığını göstermektedir. Karbon nötr şehirlerde sıfır enerji binaların kullanımı, geleneksel kent kültürleriyle uyumlu olduğu sürece başarılı sonuçlar vermektedir. Teknolojik altyapı yeterli olsa da toplumsal kabul ve erişilebilirlik sınırlıdır. Kültürel uyum sağlanabilmesi için yerel katılımcı planlamalar kritik önemdedir. Ekonomik sürdürülebilirlik açısından, uzun vadede düşük işletme maliyetleri avantajlıdır ancak ilk yatırım maliyetleri yüksek kalmaktadır. Karbon nötr şehirler ve sıfır enerji binalarını teknik bir perspektifin yanı sıra sosyolojik, kültürel/ ekonomik açılardan entegre/ bütünsel bir yaklaşımla ele alması çalışmanın özgün katkılarındandır.

Anahtar Kelimeler: Kent sosyolojisi, entegre sosyo-teknik değerlendirme (ESTE), karbon nötr şehirler, sıfır enerji binalar, sürdürülebilir kentleşme.

JEL Kodu: Q56, Z13, R14

Designing Carbon-Neutral Cities: The Feasibility of Zero-Energy Buildings in the Context of Urban and Architectural Sociology

Abstract

This article examines the design of carbon-neutral cities within the context of urban and architectural sociology, focusing on the feasibility of zero-energy buildings. The global climate crisis and increasing energy demands have heightened the importance of sustainable cities and green building technologies. The primary aim of this research is to provide a comprehensive evaluation of the design of carbon-neutral cities and the applicability of zero-energy buildings through a sociological and architectural framework. The study analyzes sustainable urbanization and construction models that have emerged as solutions to the global climate crisis, emphasizing not only technical innovations but also the societal acceptability and accessibility of these approaches. It explores how sustainable urban living can be achieved by examining building energy efficiency, the use of renewable energy sources, and integration into urban infrastructure. Furthermore, factors such as social justice and accessibility are considered, and recommendations are offered to enhance the societal acceptance and widespread adoption of such projects. The proposed methodology for the study is the “Integrated Socio-Technical Evaluation” (ISTE) approach, which assesses the feasibility of carbon-neutral cities and zero-energy buildings from both technical and social perspectives. The findings indicate that while zero-energy buildings are technically feasible, widespread adoption is hindered by socioeconomic inequalities, cultural resistance, and high initial costs. The use of zero-energy buildings in carbon-neutral cities yields successful outcomes when aligned with traditional urban cultures. Although the technological infrastructure is sufficient, societal acceptance and accessibility remain limited. Local participatory planning is critical to achieving cultural compatibility. From an economic sustainability standpoint, low operating costs offer long-term advantages, yet initial investment costs remain high. The study’s original contribution lies in its integrated approach, addressing carbon-neutral cities and zero-energy buildings not only from a technical perspective but also through sociological, cultural, and economic lenses.

Keywords: Urban sociology, integrated socio-technical evaluation (ISTE), carbon-neutral cities, zero-energy buildings, sustainable urbanization.

JEL Code: Q56, Z13, R14

Giriş

Günümüzde şehirleşme, artan nüfus ve enerji tüketimi ile birlikte çevresel sorunların başlıca sebeplerinden biri haline gelmiştir. Hızla büyüyen kentler, sürdürülemez enerji kullanımı ve aşırı karbon salınımlarıyla iklim değişikliğinin tetikleyicisi olarak öne çıkmaktadır. Bu duruma yanıt olarak, karbon nötr şehirler ve sıfır enerji binalar, çevresel etkileri azaltma/ sürdürülebilir bir geleceğe katkı sağlama amacıyla önerilen yenilikçi çözümler arasında yer almaktadır. Karbon nötr şehirler, enerji üretim ve tüketiminin dengelendiği, fosil yakıt kullanımının minimuma indirildiği, sürdürülebilir enerji kaynaklarıyla desteklenen kentsel alanlardır. Bu şehirlerin önemli yapı taşlarından biri olan sıfır enerji binalar ise, enerji ihtiyacını tamamen yenilenebilir kaynaklardan karşılayan ve enerji tüketimini sıfıra yakın düzeyde tutmayı hedefleyen yapılar olarak tanımlanmaktadır.

Sıfır enerji binaların yaygınlaşması ve karbon nötr şehirlerin tasarımı, yalnızca mühendislik ya da enerji verimliliğiyle sınırlı kalmamalı, *bilvakit* toplumsal, kültürel/ ekonomik boyutlarıyla da ele alınmalıdır. Kent sosyolojisi ve mimarlık sosyolojisi, bu bağlamda şehirlerin dönüşüm süreçlerinde toplumsal dinamiklerin yahut kültürel yapıların nasıl şekillendiğini anlamaya yönelik önemli bir perspektif sunmaktadır. Bu kuramsal yaklaşım, sıfır enerji binaları yalnızca teknik birer çözüm olarak görmez; aynı zamanda onları kentsel hayatın dokusuna, toplumsal ilişkilerin örüntüsüne ve kolektif yaşama nasıl yerleşebilecekleri üzerinden de değerlendirir. Sosyolojik bakış açısı, mimari ve teknolojik yeniliklerin insan yaşamına etkilerini daha kapsamlı bir şekilde analiz etmeyi sağlar.

Bu çalışmanın temel amacı, karbon nötr şehirlerin tasarımı bağlamında sıfır enerji binaların uygulanabilirliğini hem teknik hem de toplumsal açılardan değerlendirmektir. Çalışma, bu tür binaların teknolojik boyutları ile toplumsal kabul düzeyi arasındaki ilişkiyi inceleyerek, sürdürülebilir kentleşme projelerinin başarıya ulaşabilmesi için gerekli olan sosyokültürel koşulları araştırmayı hedeflemektedir. Çalışmayı özgün kılan temel unsur, sıfır enerji binaların uygulanabilirliğini teknik verilerin ötesine taşıyarak, sosyolojik, kültürel ve ekonomik açılardan da değerlendiren “Entegre Sosyo-Teknik Değerlendirme” (ESTE) yöntemine dayanmasıdır. Bu yöntem, kentleşmenin teknik ve toplumsal yönlerini bir arada ele alarak, bütüncül bir çözüm önerisi sunmaktadır.

Makalede ilk olarak, sıfır enerji binaların [Freiburg – Vauban (Almanya), Kopenhag – Nordhavn (Danimarka), Masdar City (Birlesik Arap Emirlikleri)] teknolojik altyapısı ve enerji verimliliği konusundaki potansiyeli incelenecektir. Bu bölgeler, binalarının yıllık bazda enerji tüketimini kendi ürettikleri yenilenebilir enerjiyle dengeleyebilmesi, pasif enerji tasarım ilkelerini uygulamaları ve sürdürülebilir kent politikalarıyla entegrasyonları nedeniyle sıfır enerji bina örneklemeine dâhil edilmiştir. Ardından, bu binaların toplumsal kabulü, kent yaşamındaki yeri ve kentsel yapılar üzerinde yaratacağı sosyokültürel etkiler ESTE ile değerlendirilecektir. Makalenin bir diğer önemli kısmı, karbon nötr şehirlerin tasarımında bu yapıların nasıl bir rol oynayacağı ve mevcut şehircilik politikalarıyla nasıl uyumlu hale getirilebileceğidir. Bu bağlamda, kent sosyolojisi ve mimarlık sosyolojisinin teori ile kavramları ışığında, sıfır enerji binaların kentlerde nasıl bir sosyal yapıyı destekleyebileceği tartışılacaktır.

Sıfır enerji binaların kent planlamasındaki yeri, özellikle Avrupa Yeşil Mutabakatı, 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ve kentsel dönüşüm politikalarıyla doğrudan ilişkilidir. Ancak mevcut politikalar çoğunlukla teknik standartlara (enerji yönetmeliği, bina yalıtımı, sertifikasyon sistemleri vb.) odaklanmakta, bu yapıların toplumsal etkileri ve sosyal sürdürülebilirliği ikinci planda bırakmaktadır. Ayrıca birçok şehirde sıfır enerji bina projeleri yüksek gelir gruplarına hitap etmekte, bu da mekânsal adalet sorununu beraberinde getirmektedir. Bu makalede, kent ve mimarlık sosyolojisinin kavramlarıyla – özellikle “mekânsal eşitlik”, “kolektif yaşam alanı” ve “katılımcı kentleşme” – sıfır enerji binaların yalnızca teknolojik olmadığı, bununla birlikte sosyal birer kentsel yapı taşı olarak nasıl kurgulanabileceği tartışılacaktır. Böylece bu binaların, enerji tasarrufunun ötesinde, kapsayıcı ve dirençli kentlerin inşasında nasıl merkezi bir rol üstlenebileceği ortaya konacaktır.

Çalışmada kullanılan veri ve yöntemler hem teknik hem de toplumsal analizlerin bir arada ele alındığı ESTE metodolojisine dayanmaktadır. Bu metodoloji, sıfır enerji binaların enerji performansını analiz etmenin yanı sıra, bu binaların sosyokültürel bağlamdaki etkilerini de değerlendirmeye olanak tanır. Literatür taraması, örnek olay incelemeleri ve mevcut kentleşme projelerinden elde edilen veriler doğrultusunda, sürdürülebilir kentleşme projelerinin nasıl uygulanabileceği ve bu projelerin toplumsal kabul düzeyinin nasıl artırılabilirliği üzerine çıkarımlar yapılacaktır. Ayrıca, bu tür binaların ekonomik uygulanabilirliği ve kentlerin genel yapısı üzerindeki etkileri de ele

alınarak, şehirlerin karbon nötr hedeflerine ulaşabilmesi için gerekli stratejik adımlar önerilecektir. Bu makale, karbon nötr şehirlerin tasarımında sıfır enerji binaların önemini ve bu binaların uygulanabilirliğini teknik, toplumsal yahut kültürel açıdan ele alarak, sürdürülebilir şehircilik projelerinin bütüncül bir yaklaşımla nasıl hayata geçirilebileceğini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Sıfır enerji binaların kent yapısına entegrasyonu ve bu süreçte karşılaşılan zorluklar hem mühendislik hem de sosyolojik perspektifler ışığında tartışılacak ve karbon nötr şehirlerin inşasında izlenmesi gereken yollar önerilecektir.

ESTE yöntemi, ilk olarak sürdürülebilir kentsel dönüşüm projelerinde teknik-mühendislik unsurlarla sosyokültürel faktörleri birlikte analiz etme ihtiyacından doğmuş ve bu doğrultuda Medeiros (2022) ile Moezzi ve Janda (2014) gibi araştırmacıların çok boyutlu değerlendirme önerilerinden esinlenilerek bu çalışmada modellenmiştir. Bu yaklaşım, klasik mühendislik değerlendirmelerinden farklı olarak, kent ölçeğindeki sürdürülebilirlik uygulamalarında toplumsal kabul, kültürel uyum ve yerel politika desteği gibi etkenlerin de dikkate alınmasını zorunlu kılar. Dolayısıyla ESTE, mevcut literatürde önerilen enerji performans analizleri ile sosyal etki analizlerini bütünleştirerek, özgün bir uygulama modeli sunmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, yöntemin bu makalede önerilen versiyonu literatür destekli, uygulama temelli ve sosyoteknik bütünleşmeye dayalı özgün bir modeldir.

Kavramsal ve Kuramsal Çerçeve/ Literatür

Kent sosyolojisi, şehirlerin oluşumu, gelişimi ve bu alanlarda yaşayan insanların toplumsal ilişkilerini inceleyen bir sosyoloji dalıdır. Şehirlerin mekânsal yapıları, ekonomik ve kültürel dinamikleri, toplumsal sınıfların/ grupların şehir içindeki dağılımı gibi konularla ilgilenir. Diğer yandan kentleşme süreçlerinin toplumlar üzerindeki etkilerini, şehirli kimliğini ve kentsel yaşamın sosyal, ekonomik ya da politik boyutlarını analiz eder. Kent sosyolojisi, bireyler arası ilişkileri, toplumsal değişimi ve kentsel alanlarda ortaya çıkan sorunları anlamaya yönelik teorik ya da ampirik yaklaşımlar geliştirir (Castells, 2013, s. 60-84). Kentsel sosyoloji, şehirlerin ve kentsel yaşamın sosyolojik çalışmasıdır. Alanın en eski alt disiplinlerinden biri olan kentsel sosyoloji, kentsel ortamları şekillendiren sosyal, tarihi, politik, kültürel, ekonomik ve çevresel güçleri inceler (Pahl, 2013, s. 3-4). Kentsel sosyologlar, sosyolojinin diğer birçok alanında olduğu gibi, yoksulluk, ırksal yerleşim ayrımcılığı,

ekonomik kalkınma, göç ve demografik değişiklikler, soylulaştırma, evsizlik, suç oranları, kentsel çöküş ve mahallelerin dönüşümü gibi pek çok konuyu araştırmak için çeşitli yöntemler kullanır. Bu yöntemler arasında istatistiksel analiz, gözlem, arşiv araştırmaları, nüfus sayımı verileri, sosyal teoriler ve görüşmeler yer alır. Kentsel sosyolojik analizler, şehir planlaması ve politika geliştirme süreçlerine yön veren önemli bilgiler sunar (Caves, 2004, s. 723).

Kent sosyolojisi açısından karbon nötr şehirler ve sıfır enerji binaların uygulanabilirliği, toplumsal/ çevresel dinamiklerle yakından ilişkilidir. Karbon nötr şehirler, enerji verimliliği ve çevre dostu teknolojiler üzerine inşa edilseler de, bu şehirlerin başarılı olabilmesi için toplumsal kabul ya da katılım kritik öneme sahiptir. Sıfır enerji binaların yaygınlaşması, teknolojik altyapının yanı sıra, kentsel yaşam tarzlarında ve toplumsal alışkanlıklarda eş zamanlı dönüşümleri zorunlu kılar. Bu dönüşüm süreci, özellikle sosyo-ekonomik eşitsizlikler, toplumsal tabakalaşma ve yerleşim ayrımcılığı gibi kentsel sorunlarla kesiştiğinde karmaşık hale gelebilir (Kenis & Lievens, 2017, s. 1762-1778). Kent sosyolojisi, bu yapıların şehirlerdeki sosyal yapıyı nasıl etkileyebileceğini analiz eder; toplumsal dayanışmayı, enerji adaletini ve çevresel farkındalığı güçlendirebilecek olanaklar sunar. Sıfır enerji binaların toplumsal kabulünü artırmak, kültürel ve ekonomik engelleri aşmayı gerektirir. Dolayısıyla, bu projelerin başarılı olması için kentsel politikaların toplumsal ihtiyaçlarla uyumlu hale getirilmesi esastır. İklim nötrlüğünün kentsel gündeme dahil edilmesi, şehirlerin sınırlarının coğrafi, tarihsel ve toplumsal açılardan yeniden tasarlanmasını gerektirir; bu süreç, politik bir eylemdir. Leuven'in 2030 yılına kadar karbon nötr olmayı hedefleyen "Leuven Klimaatneutraal 2030" (LKN2030) projesi, bu duruma örnektir. Proje, başlangıçta büyük coşku uyandırsa da mekânsal sınırların, zamanın ve şehri temsil eden aktörlerin tanımlanma biçimi, projeyi siyasetleştirme riski taşır. Sürdürülebilirlik projelerinde yer alan içeri alma ve dışlama mekanizmaları, LKN2030'da teknik, yönetsel ve bilimsel söylemlerle nötrleştirilmektedir. Bu durum, projeyi kentsel yenileme ve şehir pazarlamasına odaklı bir mutabakat projesine dönüştürme riski doğurur (Kenis & Lievens, 2017, s. 1762).

Şehirler, iklim acil durumu ve karbon nötrlüğe geçiş için kritik bir rol oynar. Günümüzde belediyeler, hizmet sunmanın ötesine geçerek sürdürülebilirlik geçişlerinin etkin katalizörleri hâline gelmelidir. Sürdürülebilir şehirlerin tanımı

toplumsal olarak tartışmalı bir konudur ve iklim kriziyle başa çıkmada sivil toplumun nasıl bir rol oynayacağı belirsizdir. Montreal İklim Koalisyonu, 2042'ye kadar karbon nötr bir Montreal hedefiyle bu geçişi hızlandırmak için çalışan bir sivil toplum kuruluşudur. Montreal İklim Koalisyonu'nun bu konuda hazırlamış olduğu rapor çabaları inceleyerek, sivil toplum girişimcilerinin iklim acil durumunu nasıl çerçevelendirdiğini ve karbon nötr kent politikalarını nasıl geliştirdiğini analiz eder. Çalışma, sivil toplum aktörlerinin stratejilerini, yerel iklim yönetiminde oynadıkları rolü ve kentsel karbonsuzlaşma süreçlerine katkılarını değerlendirir. Bu araştırma, sivil toplumun şehirlerin sürdürülebilirlik geçişlerine katkılarını anlamamıza ve belediye iklim politikalarını daha etkin hale getirmeye yardımcı olur. Önemli bir özgürleştirici potansiyeli içeren şehir, radikal sosyo-ekolojik deneylerin merkezi olmalı, yalnızca bir 'yeşil ekonomi' hayaline teslim edilmemelidir (El-Khoury, 2020, s. 48).

Mimarlık sosyolojisi, yapıların ve mekânların toplumsal ilişkiler üzerindeki etkilerini ya da toplumun mimari yapılar üzerindeki etkilerini inceleyen bir disiplinler arası alandır. Bu alan, mimarinin sadece teknik bir tasarım süreci olmadığını, toplumsal değerler, güç ilişkileri ve kültürel normlarla şekillendiğini savunur. Binaların, şehirlerin ve diğer yapıları çevrelerin insanların yaşam tarzlarını, sosyal etkileşimlerini, kimliklerini nasıl etkilediğini araştırır. Ayrıca, mekânların nasıl toplumsal tabakalaşmayı, aidiyet hissini, toplumsal cinsiyet, sınıf ve etnik kimlik gibi sosyolojik faktörleri yansıttığını, yeniden ürettiğini analiz eder. Mimarlık sosyolojisi, mekânın toplumsal boyutlarını göz önünde bulundurarak, tasarımın daha kapsayıcı, eşitlikçi ve sürdürülebilir olmasına katkıda bulunmayı amaçlar (Jones, 2011, s. 166). Mimarlık sosyolojisi, inşa edilmiş çevrenin sosyolojik analizini ve modern toplumlarda mimarların rolünü inceler. Mimarlık; estetik, mühendislik ve sosyal unsurları bir araya getirir. Tasarlanmış mekânlar ve bu mekânlarda gerçekleştirilen insan aktiviteleri ayrılmaz bir bütündür. Bu karşılıklı etkileşimi anlamak ve doğru şekilde yansıtmak mimarların görevidir. Sosyal kurumlar, binaları kullanan insanların ve organize edilmiş iletişim akışının ihtiyaçlarını karşılayacak işlevsel alanlara ihtiyaç duyarlar. Bu ihtiyaçlara göre binaların tasarlanması, mimarinin sosyal yönlerinin nasıl uyum içinde olduğunu gösterir ve binalar, sosyal gerekliliklere hizmet edecek şekilde şekillendirilir (Jones, 2006, s. 549-565).

“Sosyal mekân” terimi, Pierre Bourdieu ve diğer araştırmacılar tarafından, mimarlık ya da inşa edilmiş çevre kavramlarının ötesinde, daha soyut bir bağlamda kullanılır; bu bağlamda sosyal olarak inşa edilmiş mekânsal yapılar anlamına gelir (Hardy, 2013, s. 229-249). Georg Simmel, bu yaklaşımın temellerini atan bir sosyolog olarak, toplumun mimarisini sürekli olarak gözlemlemiştir (Lechner, 1991, s. 195). Simmel, kentsel sosyoloji alanında da önemli katkılarda bulunmuş ve büyük şehirlerdeki belirli yaşam tarzlarını incelemiştir [örneğin “Büyük şehirler ve ruhsal hayatı”, 1903] (Boy, 2021, s. 188-202). Kentsel sosyoloji, öncelikle şehir içindeki sosyal yapıların dinamikleriyle ilgilenir ve bu yapıların ayrışma, kentleşme ve şehir çöküşü gibi süreçleri kapsar. Son zamanlarda, mimarlık sosyolojisi ile daha yakın ilişkili olarak “şehirlerin farklılıkları” üzerine yapılan araştırmalar artış göstermiştir. Ronald Daus, bu alanda yeni kavramlar geliştirirken, Avrupa dışındaki mega kentlerin tarihini de incelemektedir (Daus, 1995, s. 3-4). Klasik mimarlık sosyolojisiyle Karel Teige, Maurice Halbwachs, Pierre Bourdieu, Siegfried Kracauer, Ernst Bloch, Michel Foucault, Norbert Elias, Walter Benjamin, Marcel Mauss vb. düşünürler ilgilenmişlerdir.

Mimarlık sosyolojisi perspektifinden “Karbon Nötr Şehirlerin Tasarımı” ve “Sıfır Enerji Binaların Uygulanabilirliği” konuları, toplumsal ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki karmaşık etkileşimleri incelemek için önemli fırsatlar sunar. Karbon nötr şehirler, enerji tüketimini azaltmayı ve yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmeyi amaçlayan yerleşim alanları olarak, toplumun çevreyle olan ilişkisini yeniden yapılandırmayı hedefler. Mekânı yalnızca gözün gördüğü ve bedeninin kullandığı bir şey sanmak, toplumu geometrik şekillere indirgemektir; oysa gerçek tasarım, insanın toplulukla kurduğu ilişkide anlam kazanır — katılımı, eşitlikte, birlikte varoluşta. Sıfır enerji binalarının uygulanabilirliği, toplumsal gereksinimlerin ve ekonomik koşulların bir yansıması olarak, bina tasarımında yerel toplulukların ihtiyaçlarının nasıl karşılandığını ortaya koyar (Medeiros, 2024, s. 59). Bu binalar, enerji verimliliği sağlarken kullanıcıların yaşam kalitesini de artırmayı hedefler. Mimarlık sosyolojisi, bu süreçte kullanıcıların mekânla olan etkileşimlerini, sosyal dinamikleri ve mekânsal adaletin nasıl sağlanabileceğini anlamak için kritik bir rol oynar. Ayrıca, karbon nötr şehirlerin ve sıfır enerji binaların tasarımında, sosyolojik etmenlerin dikkate alınması, bu projelerin toplumsal kabulünü artırabilir. Sürdürülebilir yaşam biçimlerinin benimsenmesini teşvik edebilir. Bu nedenle, mimarlık sosyolojisi, bu tür projelerin hem

teknik hem de toplumsal açıdan başarılı olmasını sağlamak için entegre bir yaklaşım geliştirilmesini önerir (Moezzi & Janda, 2014, s. 30-40).

Karbon nötr şehirlerin ve sıfır enerji binaların uygulanabilirliğini hem teknik hem de toplumsal açılardan değerlendiren yeni bir yaklaşım olarak ESTE gösterilebilir. Bu yaklaşım, sürdürülebilirlik projelerinin mühendislik çözümleriyle sınırlı kalmadan, toplumsal yapı, kültürel dinamikler ve ekonomik sürdürülebilirlik eksenlerinde de analiz edilmesini sağlar. ESTE yaklaşımı şu dört temel aşamadan oluşur: a) Teknik Analiz: Sıfır enerji binaların malzeme, enerji tüketimi, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu gibi teknik özelliklerinin değerlendirilmesi. Bu aşamada binaların enerji verimliliği, karbon salınımı ve yaşam döngüsü analizleri yapılır. b) Sosyal Etki Analizi: Bu aşamada, sıfır enerji binaların ve karbon nötr şehirlerin toplumsal kabul edilebilirliği, bu yapıların farklı sosyoekonomik gruplar üzerindeki etkileri ya da bu projelerin kentsel sosyal yapıya nasıl entegre olacağı araştırılır. c) Kültürel Uyum ve Toplumsal Adaptasyon: Sürdürülebilir bina ve şehir projelerinin, kentte yaşayan insanların günlük yaşam pratiklerine nasıl uyum sağlayacağı, toplumsal dirençle karşılaşma olasılığı değerlendirilecektir. d) Ekonomik ve Politik Uygulanabilirlik: Sıfır enerji binaların maliyet-fayda analizi, yerel yönetimler yahut uluslararası finansman kaynakları ile ilişkisi, teşvik politikaları; bu tür projelerin uzun vadede nasıl finanse edileceği incelenir. Bu dört aşamalı yaklaşım, teknik ve toplumsal dinamikleri bütünsel bir şekilde ele alarak, karbon nötr şehirlerin bir sonucu olan sıfır enerji binaların hem pratik hem de sosyal boyutta uygulanabilirliğini derinlemesine incelemeyi amaçlar.

Sürdürülebilir kentleşme, çevresel, sosyal ve ekonomik boyutları dengede tutarak şehirlerin planlanması ile geliştirilmesi sürecidir. Bu kavram, şehirlerin doğal kaynakları verimli kullanarak, ekosistemleri koruyarak ve toplumsal eşitliği gözeterek büyümeyi hedefler. Sürdürülebilir kentleşme, fiziksel yapılar ve altyapıların yanı sıra, bu mekânlarda gelişen toplumsal dinamiklerle de doğrudan ilişkilidir (Shen vd., 2012, s. 32). Sürdürülebilir kentleşmeyi uygulama girişimleri dünya çapında raporlanmış ve belgelenmiştir. Bu çabalar, en iyi uygulamalar olarak sınıflandırılan çok sayıda örnek sürdürülebilir kentleşme uygulamasına yol açmıştır. En iyi uygulamalar, deneyimler biçiminde değerli bilgiler içerir ve bunlardan öğrenmek, başarılı uygulamaları diğer şehirlerde tekrarlamak için bir fırsat sunar. Bulgular, kentsel sürdürülebilirliğin

sağlanmasında toplum katılımının, kapasite geliştirilmenin, eğitimin, ortaklıkların ve iş yaratmanın önemini vurgulamaktadır (Ochoa vd., 2018, s. 83).

Sosyologlar, sürdürülebilir kentleşmenin toplumsal boyutlarını anlamada önemli bir rol oynar. Örneğin, Henri Lefebvre, mekânın toplumsal üretimi üzerine yaptığı çalışmalarla, şehirlerin yalnızca fiziksel birer yapı olmadığını, beraberinde sosyal ilişkilerin ve güç dinamiklerinin bir yansıması olduğunu savunur. Lefebvre'e göre, sürdürülebilir bir şehir, farklı toplumsal grupların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmalı ve bu süreçte toplumsal katılım sağlanmalıdır (Kipfer & Milgrom, 2002, s. 37-41). Bir başka sosyolog olan David Harvey ise, kentsel alanların kapitalist sistemin etkisi altında şekillendiğini ve bu süreçte sosyal adaletin önemine vurgu yapar. Harvey, sürdürülebilir kentleşmenin sadece çevresel sorunları çözmekle kalmayıp, aynı *vahidde* toplumsal eşitlik ve adalet arayışını da içermesi gerektiğini belirtir (Harvey, 2010, s. 96). Bu bağlamda, sürdürülebilir kentleşme, toplumsal katılımı teşvik eden, yerel halkın ihtiyaçlarına duyarlı ve çevresel sürdürülebilirlik ile sosyal adaleti bir arada hedefleyen bir yaklaşım olarak öne çıkar. Kentlerin tasarımında sosyologların görüşleri, bu sürecin daha kapsayıcı ve etkili olmasına katkı sağlar.

Enerji verimliliği, “karbon nötr şehirlerin tasarımı” ve “sıfır enerji binaların uygulanabilirliği” açısından kritik bir rol oynamaktadır. Karbon nötr şehirler, enerji tüketimlerini minimize ederken, mezkûr anda yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanarak karbon salınımını sıfıra indirmeyi amaçlar. Bu şehirlerin tasarımında, sürdürülebilir ulaşım sistemleri, yeşil alanlar ve enerji tasarruflu yapılar gibi unsurlar öne çıkar. Enerji verimliliği hem yapıların tasarımında hem de şehir genelindeki enerji altyapısında stratejik bir öncelik haline gelir (Gillingham, 2009, s. 597). Sıfır enerji binaları, kendi ihtiyaç duyduğu enerjiyi karşılayabilen yapılar olarak tanımlanır. Bu binalar, yüksek performanslı izolasyon, enerji tasarruflu cihazlar ve yenilenebilir enerji sistemleri gibi özelliklerle donatılır. Enerji verimliliği açısından, bu binaların tasarımında pasif ve aktif enerji yönetim sistemleri kullanılarak, enerji tüketimi minimum seviyeye çekilir. Bu durum, hem bireysel hanelerin enerji maliyetlerini düşürmesine hem de genel enerji talebini azaltarak karbon nötr şehir hedeflerine katkı sağlar (D'Agostino & Mazzarella, 2019, s. 200). Enerji verimliliği açısından bu iki kavramın entegrasyonu, şehirlerin iklim değişikliği ile mücadelede daha etkili olmasını sağlar. Karbon nötr şehirlerde uygulanan enerji verimliliği stratejileri, sürdürülebilir

yaşam biçimlerini teşvik ederken, sıfır enerji binaları, yerel enerji üretimini artırarak şehirlerin enerji bağımsızlığını güçlendirir. Bu bağlamda hem karbon nötr şehirlerin hem de sıfır enerji binaların başarısı, enerji verimliliği ile doğrudan ilişkilidir ve sürdürülebilir kentsel hedeflerine ulaşmak için kritik bir bileşendir.

Toplumsal kabul de “karbon nötr şehirlerin tasarımı” ve “sıfır enerji binaların uygulanabilirliği” açısından büyük bir önem taşımaktadır. Karbon nötr şehirler, toplumsal katılımı teşvik eden planlama süreçleri ile tasarlanmalı, yerel halkın ihtiyaç ve beklentileri dikkate alınmalıdır. Söz konusu projeler, yalnızca çevresel ve teknik amaçlara odaklanmakla kalmayıp, aynı zamanda toplumsal adalet ve eşitlik ilkelerini de içermelidir. Sıfır enerji binaları ise, kullanıcıların yaşam kalitesini artırarak ve enerji maliyetlerini düşürerek toplumsal kabulü kolaylaştırabilir. Ancak, bu binaların benimsenmesi için, halkın enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik konularında bilgilendirilmesi, eğitilmesi gerekmektedir. Ayrıca, toplumsal kabul sağlamak için projelerin şeffaf bir şekilde iletişim kurması ve yerel topluluklarla iş birliği yapması kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda hem karbon nötr şehirlerin hem de sıfır enerji binaların başarılı bir şekilde hayata geçmesi, toplumun aktif katılımına ve projelerin sosyal bağlamda kabulüne bağlıdır. Sürdürülebilir bir şehir, geleceği bugünden inşa edenlerin hayal gücüdür. Sıfır enerji binaları (SEB), salt bina olmaktan çıkarak, yaşam kalitesini geliştiren işlevsel sistemlerdir. Enerji verimliliği ise kaynakları korumanın ve toplumu güçlendirmenin anahtarıdır. Karbon nötr şehirler, insanların doğayla barış içinde yaşayabileceği alanlar yaratır. Sıfır enerji binaları, enerji bağımsızlığının ve çevresel sorumluluğun sembolleridir. Sürdürülebilir tasarım, binanın dışıyla sınırlı kalmayıp, insan hayatındaki değişimi hedefleyen bir anlayıştır.

Batı literatüründe karbon nötr şehirler üzerine yapılan çalışmalar, kavramın sadece teknik bir hedef olmanın ötesinde; yönetim, kent planlaması, toplumsal katılım ve ekonomik dönüşüm bağlamlarında da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Plastrik ve Cleveland (2019), karbon sonrası şehirlerin dönüşümünü kent liderliği, yönetim yapıları, ekonomik yeniden yapılanma ve sürdürülebilir yaşam tarzları temelinde açıklarken; Medeiros (2022), döngüsel ekonomi ve kendi kendine yeterlilik ilkeleri çerçevesinde karbon nötr bölgesel gelişimi vurgular. Clark ve Cooke (2016), akıllı teknolojiler ve dijitalleşmenin karbon nötr kentlerin inşasındaki rolünü ön plana çıkarırken, Rauland ve Newman (2015), düşük karbonlu kentsel gelişimin enerji

politikaları ve kamu planlamasıyla nasıl bütünleştirilebileceğini tartışır. Luque-Ayala ve Marvin (2020), bu geçiş süreçlerinin teknik olduğu kadar politik boyutlarına da dikkat çekerken, Tang (2020), özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme ile karbon nötrlük hedeflerinin nasıl dengelenebileceğini analiz etmektedir. Moss ve Umbers (2021), iklim adaleti perspektifiyle devlet dışı aktörlerin (şirketler, yerel yönetimler, bireyler) rolünü değerlendirirken, Spiegel-Feld ve Wyman (2023), şehir yönetimlerinin çevresel gelecek üzerindeki etkisine odaklanır. Tüm bu çalışmalar, karbon nötr şehirlerin tasarımını yalnızca çevresel sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirmez, sosyal eşitlik, politik katılım ve ekonomik bütünlük ilkeleri doğrultusunda ele alan bütüncül bir yaklaşım geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

SEB, literatüründe, farklı yaklaşımlar ve uygulama modelleri dikkat çekmektedir. Bill Maclay (2014), *The New Net Zero* adlı çalışmasında SEB'lerin sadece enerji tüketimini azaltmakla kalmayıp, yaşam kalitesini artıran tasarım öğeleriyle entegre edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, sürdürülebilir mimarlığın estetik ve işlevsellik boyutlarına dair önemli bir bakış sunar. Benzer biçimde, Linda Reeder (2016), *Net Zero Energy Buildings* kitabında sunduğu vaka analizleriyle, tasarım sürecinde karşılaşılan zorluklar ve bu zorlukların nasıl aşıldığına dair pratik bilgiler sağlamaktadır.

Özellikle Avrupa Birliği'nin “neredeyse sıfır enerji binaları” (NZEB) politikasına yönelik teknik bir rehber niteliği taşıyan Jarek Kurnitski'nin çalışması (2013), SEB'lerin maliyet-optimum analizleri üzerine kapsamlı veriler sunmaktadır. Fernando Pacheco Torgal ve Marina Mistretta'nın disiplinlerarası perspektifi (2013) ise, mevcut yapı stokunun NZEB'e dönüşümünde sosyal, teknik ve ekonomik faktörlerin bir arada değerlendirilmesini önermektedir.

Bu çalışmaların yanı sıra, Pasif Ev standartlarıyla ilişkilendirilen Robert McLeod (2017) ve güneş enerjisi kullanımını merkeze alan Marc Plinke (2020) gibi araştırmalar, SEB uygulamalarının tipolojilere göre çeşitliliğini ortaya koymaktadır. Ming Hu (2019), net sıfır binaların öngörülemeyen etkilerine dikkat çekerken, Charles Eley (2016) ise bu tür projelerde görev alan tasarımcılar için kapsamlı bir uygulama kılavuzu sunar.

Sıfır enerji binalar (*Net Zero Energy Buildings* – İng. NZEB) üzerine yapılan çalışmalar, bu yapıların tasarımından uygulamasına, maliyet analizlerinden toplumsal etkilerine kadar geniş bir perspektifte değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Maclay’ın *The New Net Zero* adlı çalışması, sıfır enerji bina tasarımında öncü teknikleri ve sürdürülebilir mimari ilkeleri birleştirerek, yenilenebilir enerji geleceği için bütüncül bir tasarım vizyonu sunar. Reeder ise vaka incelemeleri yoluyla, NZEB projelerinde karşılaşılan zorluklar ve edinilen pratik dersler üzerinden alanın uygulamalı bilgisini güçlendirir. Kurnitski’nin çalışması, Avrupa Birliği’nin neredeyse sıfır enerji bina (NZEB) hedefi doğrultusunda maliyet-optimum hesaplama yöntemlerini ve tanımsal çerçeveleri sunarken; Fernando Pacheco Torgal ve Marina Mistretta’nın eseri, bina yenilemelerinde disiplinlerarası bir yaklaşımı benimseyerek mevcut yapı stokunun enerji dönüşümünü mümkün kılan yolları araştırır. Anna Desimone’un kitabı, enerji verimliliği ile yaşam maliyeti arasındaki ilişkiyi sade ve kullanıcı odaklı bir dille aktararak geniş kitlelere hitap ederken, Robert McLeod’un *Passivhaus Designer’s Manual* adlı teknik rehberi, pasif ev standartlarını temel alarak düşük ve sıfır enerjili binaların performans kriterlerini sistematik olarak sunmaktadır. Shady Attia’nın eseri, NZEB konseptine ilişkin teorik çerçeveleri, analiz yöntemlerini ve uygulama yol haritalarını bir araya getirerek alana bütüncül bir perspektif kazandırmaktadır. Marc Plinke’nin *The Year-Round Solar Greenhouse* kitabı, enerji pozitif yapıların tarımsal boyutuna odaklanarak, sera teknolojilerinin sıfır enerji prensipleriyle nasıl bütünleşebileceğini göstermektedir. Ming Hu’nun çalışması ise NZEB projelerinde karşılaşılabilecek öngörülme-yen sosyo-teknik sonuçları tartışarak, yapısal bütünlüğün ötesinde eleştirel bir bakış sunar. Charles Eley’in rehberi, mimar ve mühendisler için sıfır enerji bina tasarımının profesyonel boyutlarına dair kapsamlı bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmaların ortak noktası, sıfır enerji binaları enerji verimliliğinin ötesinde, çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayan, ekonomik açıdan mantıklı, sosyal etkiler taşıyan ve geleceğin kent vizyonu-yla uyumlu mimari unsurlar olarak değerlendirmeleridir. Böylece söz konusu literatür, sıfır enerji bina kavramının teknik, yönetsel ve sosyokültürel yönlerine dair çok katmanlı bir zemin inşa etmektedir.

Son yıllarda yeşil ve çevreci teknoloji ile donatılmış binalara artan bir ilgi vardır. Yeşil çevreci teknoloji, çevreye duyarlı ve sürdürülebilir bir yaklaşım benimseyen teknolojik uygulamaları ifade eder. Bu tür teknolojiler, doğal kaynakları koruma, atıkları azaltma,

enerji verimliliğini artırma ve çevresel etkileri minimize etme amacı güder (Chandra vd., 2015, s. 3-4). Bu başlık altında; enerji verimliliği, sıfır atık yaklaşımı, sürdürülebilir tarım, temiz üretim teknikleri, yeşil binalar, elektrikli ve hibrid araçlar ile su yönetimi konuları ön plana çıkmaktadır.

Sıfır Enerji Binaların Tanımı ve İlkeleri

Sıfır enerji binaları, bir yıl boyunca tükettikleri enerji miktarını, yenilenebilir enerji kaynaklarından sağladıkları enerji ile dengeleyen yapılardır. Bu binalar, enerji tasarrufu sağlayarak çevresel etkiyi azaltmayı ve sürdürülebilir yaşam alanları oluşturmayı hedefler. Sıfır Enerjili Bina (ZEB) ya da Net Sıfır Enerjili (NZE) bina olarak da bilinir, net sıfır enerji tüketimine sahip bir binadır; bu, binanın yıllık bazda kullandığı toplam enerji miktarının, sahada üretilen yenilenebilir enerji miktarına eşit olduğu anlamına gelir (Crawley vd., 2006, s. 14-18).

Tipik kod uyumlu binalar, ABD ve Avrupa Birliği'nde toplam fosil yakıt enerjisinin %40'ını tüketmekte ve sera gazlarının önemli bir kaynağını oluşturmaktadır. Bu yüksek enerji kullanımını azaltmak için karbon nötrlüğü ilkesini benimseyen sıfır enerjili binalar giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu binalar, enerji depolaması için elektrik şebekesini kullanmanın yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarından yerinde enerji üretimi yapar. Yüksek verimli aydınlatma, ısıtma, havalandırma ve klima sistemleriyle enerji tüketimini minimize eder. Gelişmiş enerji ve inşaat teknolojilerindeki ilerlemeler, sıfır enerji hedeflerini daha pratik hale getirmektedir (Baden, 2006, s. 8-5). Modern sıfır enerjili binalar, akıllı şebekelerle entegre edilebilmektedir ve birçok avantaj sunmaktadır. Enerji, yüksek maliyeti ve karbon ayak izi nedeniyle hedef alınan ilk kaynak olmuştur. Enerji kullanımını azaltmak, bina sahiplerine mali kazanç sağlarken, karbon ayak izini de önemli ölçüde düşürmektedir. Yalıtım, ısı pompaları, düşük emisyonlu pencereler ve güneş panelleri gibi yöntemlerle enerji tüketimi azaltılabilir. Bazı ülkelerde, bu hedefe ulaşmayı kolaylaştıran devlet destekleri ve sübvansiyonlar bulunmaktadır (Koskela vd., 2000, s. 19).

Sıfır enerjili binaların karbon ayak izi azaltımı, enerji verimliliğine ek olarak, kullanılan malzemelerin üretimi ve inşası sırasında salınan gömülü karbonu da dikkate almalıdır. Küresel sera gazı emisyonlarının %11'ine ve bina sektörü emisyonlarının %28'ine katkıda bulunan bu gömülü karbon (Lloyd, 2018, s. 1), bazı yeni enerji verimli

binalarda yaşam boyu emisyonların %47'sine kadar çıkabilmektedir (Ghazal, 2020, s. 1-2). 2019 tarihli bir çalışma, bina verimliliğini artırmaktan ziyade, karbon yoğun malzemelerin kullanımını azaltmanın daha kritik olduğunu vurgulamakta ve politika yapıcılarının gerçek net sıfır karbon binalarına odaklanmaları gerektiğini belirtmektedir. Gömülü karbonu azaltmak için düşük karbonlu malzemelerin kullanımı önerilirken, beton ve çelik gibi geleneksel malzemelerde emisyonları düşürme seçenekleri olsa da bu seçeneklerin kısa vadede geniş ölçekli uygulanması zor görünmektedir. Düşük karbonlu yapıların tasarımı, daha geniş binalar için bir şablon oluşturma potansiyeline sahiptir (Lloyd, 2019, s. 4-5).

Sıfır enerji binalarının tasarımında ve inşasında dikkate alınması gereken temel ilkeler, enerji verimliliğini artırmak ya da yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin bir şekilde kullanmak amacıyla geliştirilmiştir. Enerji verimliliği: Yalıtım; binaların dış cephelerinde yüksek kaliteli yalıtım malzemeleri kullanılarak enerji kayıpları en aza indirilmelidir. Enerji tasarruflu sistemler; düşük enerji tüketen aydınlatma (LED), ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC) sistemleri kullanılmalıdır. Yenilenebilir enerji kullanımı: Yerinde enerji üretimi; güneş panelleri, rüzgâr türbinleri ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak binanın tüm enerji ihtiyacı karşılanmalıdır. Enerji depolama; üretilen enerjinin depolanmasını sağlamak için bataryalar veya diğer enerji depolama sistemleri kullanılabilir. Doğal kaynakların kullanımı: Doğal aydınlatma; binaların tasarımında doğal ışık kaynaklarının kullanılması, aydınlatma ihtiyacını azaltır. Doğal havalandırma; havalandırma sistemleri, dış hava akışını optimize ederek enerji tüketimini azaltmalıdır. Sürdürülebilir malzeme seçimi: Düşük karbonlu malzemeler; inşaat malzemeleri seçimi, çevresel etkileri minimize etmek için düşük karbon ayak izine sahip malzemelerden yapılmalıdır. Geri dönüşümlü malzemeler; geri dönüştürülmüş veya yenilenebilir kaynaklardan elde edilen malzemeler tercih edilmelidir. Tasarım ve mimari ilkeler: Pasif tasarım; binanın doğal iklim koşullarına uygun bir şekilde tasarlanması, enerji tasarrufunu artırır. Bu, yapı yönlendirmesi, pencere boyutları ve konumları gibi unsurları içerir. Modüler tasarım; binaların esnek ve genişletilebilir olması, uzun ömürlü ve sürdürülebilir bir kullanım sağlar. Karbon ayak izi azaltma: Sıfır gömülü karbon; yapı malzemelerinin üretimi sırasında oluşan emisyonları azaltmak için yerel ve sürdürülebilir malzemelerin kullanılmasıdır. Karbon dengeleme; karbon emisyonlarını dengelemek için ağaç dikimi

veya diğer karbon dengeleme projelerine katılımdır. Akıllı teknolojilerin entegrasyonu: Akıllı şebekeler; enerji tüketimini ve üretimini optimize etmek için akıllı şebekelerle entegrasyon sağlamaktır. Enerji yönetim sistemleri; Bina yönetiminde enerji kullanımını izlemek ve optimize etmek için dijital teknolojiler ile yazılımlar kullanmaktır (Sartori vd. 2012, s. 220-232).

ZEB, avantajları, bina sahiplerine birçok fayda sağlar. Bu binalar, gelecekteki enerji fiyat artışlarına karşı koruma sunarak, sahiplerin maliyetlerini daha öngörülebilir hale getirir. Ayrıca, iç mekân sıcaklıklarının daha homojen olması sayesinde konfor düzeyini artırır. Gelişmiş enerji verimliliği, toplam sahip olma maliyetini azaltırken, aylık yaşam giderlerini de düşürür. ZEB'ler, şebeke kesintilerinden kaynaklanan kayıpların riskini azaltarak daha güvenilir bir enerji kaynağı sunar. Örneğin, fotovoltaik sistemler uzun ömürlü garantilere sahiptir ve büyük hava olayları sırasında bile çalışmaya devam edebilir. Bu binaların yeniden satış değeri de artan enerji maliyetleri ile birlikte yükselir. Toplum genelinde, sürdürülebilir enerji sağlama ve şebeke genişleme ihtiyacını azaltma gibi geniş faydalar da sağlar (Reinhart & Cerezo, 2016, s. 196-202).

Sıfır enerji binalarının bazı dezavantajları da bulunmaktadır. İlk yatırım maliyetleri genellikle daha yüksektir ve bu süreçte sübvansiyonları anlamak ya da başvurular ek çaba gerektirir. Ayrıca, ZEB inşası için gerekli uzmanlık ve deneyime sahip tasarımcı yahut inşaatçı sayısı sınırlıdır. Yenilenebilir enerji maliyetlerinin gelecekte düşmesi, enerji verimliliği yatırımlarının değerini azaltabilir. Fotovoltaik ekipman fiyatlarının düşmesi, mevcut sübvansiyonların aşamalı olarak kaldırılmasına neden olabilir. Ayrıca, ZEB'ler enerji ihtiyaçlarını en yüksek talep zamanlarında karşılayamayabilir, bu da şebekenin kapasitesinin hala tüm yükler için yeterli olmasını gerektirir. Diğer yandan, yapı yönetmelikleri de rüzgâr ve güneş enerjisinin kullanılmasını sınırlayabilir, bu durum ZEB'lerin enerji verimliliğini etkileyebilir (Zeiler & Boxem, 2013, s. 282-286).

Küresel ısınma ve artan sera gazı emisyonlarına karşı koymak amacıyla, dünya genelindeki ülkeler ZEB ile mücadele etmek için çeşitli politikalar geliştirmektedir. 2008-2013 yılları arasında Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya, Kore Cumhuriyeti, Yeni Zelanda, Norveç, Portekiz, Singapur, İspanya, İsveç, İsviçre, Birleşik Krallık ve ABD'den araştırmacılar, "Net Sıfır Enerjili Güneş Enerjili Binalara Doğru" adlı ortak bir araştırma programında bir araya gelmişlerdir. Bu program, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) Güneş Enerjili

Isıtma ve Soğutma Programı (SHC) Görev 40 ile Binalarda ve Topluluklarda Enerji (EBC) Ek 52 çerçevesinde, net sıfır ve düşük enerjili binalar için uluslararası tanım çerçevelerinin uyumlu hale getirilmesini hedeflemiştir (Ayoub, 2013, s. 1-5).

2015 yılında, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCC) kapsamında Paris Anlaşması kabul edilmiştir. Bu anlaşmanın amacı, 21. yüzyılda küresel sıcaklık artışını 2 santigrat derecenin altında tutmak ve sera gazı emisyonlarını sınırlandırarak sıcaklık artışını 1,5 santigrat derece ile sınırlamaktır. Zorunlu bir uyum sağlanmasa da 197 ülke, her tarafın İhtiyaçlarına Dayalı İletişimini (INDC) beş yılda bir güncelleyip, yıllık olarak COP'a rapor vermek suretiyle karşılıklı iş birliğine dayalı uluslararası bir anlaşmayı imzalamıştır. ZEB'ler, enerji verimliliği ve karbon emisyonlarını azaltma avantajları sayesinde, birçok ülkede altyapı sektöründe enerji ve çevre sorunlarına yönelik etkili bir çözüm olarak yaygın bir şekilde uygulanmaktadır (Encyclopedia Britannica, 2020, s. 1). Sıfır enerji binalar sayesinde 21. yüzyılda küresel sıcaklık artışının 2 santigrat derecenin altına düşmesi ve sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasıyla sıcaklık artışının 1,5 santigrat derece ile sınırlandırılması öngörülmektedir (Encyclopedia Britannica, 2020, s. 2). ABD Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) Net Sıfır Enerji Binaları/ Siteleri/ Kampüsleri için dört kategori belirlemiştir; NZEB: A-Yenilenebilir enerji ayak izi Net Sıfır Enerji Binası, NZEB: B-Yenilenebilir Enerji Net Sıfır Enerji Binası, NZEB: C-İthal yenilenebilir enerjili Net Sıfır Enerji Binası, NZEB: D-Dışarıdan satın alınan yenilenebilir enerji Net Sıfır Enerji Binası şeklindedir (Hı-Smart, 2024, s. 1-35). Bu ABD Hükümeti Net Sıfır sınıflandırma sistemini uygulamak, her binanın temel net sıfır teknolojilerinin doğru kombinasyonu ile net zero olabileceği anlamına gelir. ABD konut ve ticari binaları net sıfırla değiştirerek ABD toplam fosil yakıt kullanımında olası %39'luk bir azalma, aynı seviyede yemek pişirmek için doğal gaz kullanmaya devam edersek %37 tasarruf sağlar (Net Zero Foundation, 2024, s. 1-3).



Şekil 1. Küresel Sıfır Enerji Binaları Pazarı, 2018-2024 (Milyar Dolar)

Kaynak: (Market Research Future, 2024, s. 1).

Sıfır Enerji Binaları Pazarı Boyutu 2023 yılında 32,22 milyar ABD doları olarak değerlendirilmiştir. Sıfır enerji binaları sektörünün 2024 yılında 41,37 milyar ABD dolarından 2032 yılına kadar 238,09 milyar ABD dolarına çıkması ve tahmin döneminde (2024–2032) %24,45’lik bir bileşik yıllık büyüme oranı göstermesi beklenmektedir. Bina teknolojilerindeki gelişmeler, sürdürülebilirlik ve enerji verimliliğine artan odaklanma, yeşil binalar için katı düzenlemeler ile çevre koruma konusunda artan farkındalık, sıfır enerji binaları pazar büyümesini artıran başlıca pazar itici güçleridir (Market Research Future, 2024, s. 2). Sıfır enerjili binalar pazarındaki kilit şirketler şunlardır: Saint-Gobain (Fransa), Solatube International Inc (ABD), Kingspan Grubu (İrlanda), SunPower Corporation (ABD), Siemens (İspanya), Schneider Electric (Fransa), Honeywell International Inc (ABD), Johnson Controls International plc (İrlanda), General Electric (ABD), Daikin Industries Ltd (Japonya) vb. sayılabilir (Market Research Future, 2024, s. 3-4).

Entegre Sosyo-Teknik Değerlendirme (ESTE) metodu, sıfır enerji binaların uygulanabilirliğini hem sosyal hem de teknik açıdan değerlendiren kapsamlı bir yaklaşımdır. Bu metot, teknolojik gelişmelerin sadece teknik yeterlilikler olmadığı, toplumsal kabullenme, davranışsal uyum ve kurumsal yapıların dönüşümü gibi sosyolojik boyutlarını da göz önünde bulundurur. Sıfır enerji binalar, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımını optimize etmek için gelişmiş teknik çözümler gerektirirken, bu çözümlerin başarılı bir şekilde hayata geçirilebilmesi için toplumsal

farkındalık, yerel yönetimlerin destekleyici politikaları ile kullanıcıların yeni teknolojilere adaptasyonu büyük önem taşır. ESTE metoduna göre, sıfır enerji binaların uygulanabilirliği, bu yapıların teknik potansiyelinin yanı sıra, kent sakinlerinin bu değişime olan tutumu, ekonomik sürdürülebilirlik ve uzun vadeli sosyal etkilerin bütüncül bir değerlendirilmesine dayanır.

ESTE Örnek Uygulama

ESTE metodunun kullanımı basit bir formülle hesaplanabilmektedir. Bu metot, sıfır enerji binaların uygulanabilirliğini belirlemek için teknik ve sosyal faktörleri bir araya getiren çok kriterli bir değerlendirme süreci gerektirir. Bu değerlendirme için aşağıdaki genel formül önerilebilir:

$$U = wT + wS + wE + wP \quad (1)$$

Burada; U (Uygulanabilirlik Skoru): Sıfır enerji binaların uygulanabilirlik düzeyini gösteren nihai skor. T (Teknik Uygulanabilirlik): Enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı, bina tasarımı gibi teknik faktörlerin değerlendirilmesi. S (Sosyal Kabul ve Uyum): Kullanıcıların yeni teknolojilere adaptasyonu, toplumun farkındalığı ve benimseme derecesi. E (Ekonomik Sürdürülebilirlik): Projenin maliyet etkinliği, uzun vadeli finansal sürdürülebilirliği ve teşvik mekanizmaları. P (Politik ve Kurumsal Destek): Yerel yönetimlerin, merkezi otoritelerin ve düzenleyici kurumların sağladığı destek ve teşvikler. w_T , w_S , w_E , w_P : Her bir faktörün göreceli ağırlıkları (Bu ağırlıklar, projenin bağlamına ve önem düzeyine göre belirlenir, toplamı 1 olmalıdır).

Aşağıda verilen skorlamalar, proje raporları, akademik literatür ve yerel yönetim belgeleri doğrultusunda hazırlanmış olup, her bir başlık için önerilen puanlar ilgili kaynaklardan çıkarılan verilerin nitel analizi yoluyla oluşturulmuştur. Örneğin, Vauban kentsel dönüşüm projesinde kullanılan puanlama sistemi, doğrudan bir araştırmacının öznel görüşüne dayanmaz. Bunun yerine, puanlamalar; örneğin teknik-sistem puanları, CHP [*Combined Heat and Power* (Türkçesiyle: Birleşik Isı ve Güç)] sistemleri, pasif evler ve rüzgâr-dostu mimari gibi altyapı verilerinden; sosyal-kabul puanları ise Forum Vauban aracılığıyla yürütülen katılımcı süreçler ve Baugruppen (topluluk inisiyatifiyle geliştirilen konut grupları) gibi uygulamalardan türetilmiştir. Ele alınan kaynaklarda, Vauban'ın CHP sistemi, "*plus energy / passive house*" örnekleri ve düşük-enerji konut standartları passive solar, ayrıca trafik azaltıcı şehir planlaması net bir şekilde

tanımlanmış ve bu veriler sıralı kriterlere göre puanlanmıştır. Sosyal-kabul kriterlerinde ise Forum Vauban'ın 1993 yılında başlayan halk katılımı, Baugruppen modeli ve “*learning while planning*” (öğrenerek planlama) stratejileri kaynak gösterilmiştir. Böylece her puanlama, ilgili literatür ve proje belgelerinden hareketle nesnel verilere dayandırılmıştır (Coates, 2013; Cugurullo, 2016; Hamiduddin, 2015; Hamiduddin & Daseking, 2022; Schroepfer & Hee, 2008; Scheurer & Newman, 2009).

Örnek Hesaplama

Diyelim ki bir sıfır enerji bina projesi için yapılan değerlendirme sonucunda: Teknik Uygulanabilirlik (T) = 80/ Sosyal Kabul ve Uyum (S) = 65/ Ekonomik Sürdürülebilirlik (E) = 70/ Politik ve Kurumsal Destek (P) = 60/ olsun. Ağırlıklar şu şekilde belirlenmiştir: $w_T = 0,4$, $w_S = 0,2$, $w_E = 0,25$, $w_P = 0,15$ Bu durumda uygulanabilirlik skoru şöyle hesaplanır:

$$U = (0,4 \times 80) + (0,2 \times 65) + (0,25 \times 70) + (0,15 \times 60)$$

$$U = 32 + 13 + 17,5 + 9 = 71,5$$

Bu değerlendirme, projenin uygulanabilirlik seviyesinin 71,5/100 olduğunu gösterir. Eğer belirlenen eşik değerin (örneğin 70) üzerindeyse, proje uygulanabilir kabul edilir. Aksi takdirde, en zayıf faktörler iyileştirilmelidir. Bu formül, farklı projeler için ağırlıklar ve kriterler özelleştirilerek uygulanabilir.

Uygulamalı Model Bölümü: Entegre Sosyoteknik Değerlendirme (ESTE) Yöntemi ile Çoklu Proje Analizi

Bu bölümde, makalenin temel metodolojisi olarak belirlenen Entegre Sosyo-Teknik Değerlendirme (ESTE) yaklaşımı, uygulamalı bir model çerçevesinde uygulanmaktadır. Bu yaklaşım, teknik, sosyal, kültürel ve ekonomik boyutları bir arada ele alarak, karbon nötr şehirler için sıfır enerji binaların uygulanabilirliğini çok boyutlu olarak analiz etmeye olanak sağlar. Aşağıda, üç farklı uluslararası proje bu model çerçevesinde incelenmiştir. Ülkemizde ne yazık ki tam sıfır enerji tasarımlı bir proje bulunmamaktadır.

Freiburg – Vauban (Almanya)

Vauban, Freiburg şehrinde yer alan ve Avrupa'nın ilk ekolojik mahallelerinden biri olarak tanınır. Mahalle, otomobilsiz yaşam, kooperatif temelli yerel katılım ve sıfır enerji binalar ile dikkat çeker.

Teknik Analiz (T): Pasif solar tasarım, yüksek yalıtım, fotovoltaik paneller gibi ileri seviye enerji verimliliği uygulamaları bulunmaktadır.

Sosyal Etki (S): Toplum temelli gelişim modeli sayesinde güçlü sosyal bağlar kurulmuştur.

Kültürel Uyum (C): Almanya'da çevre duyarlılığı yüksek olduğundan yerel halk tarafından kolay kabul görmüştür.

Ekonomik/Politik (E&P): Avrupa Birliği fonları ve yerel destekler sayesinde ekonomik olarak sürdürülebilirdir.

$$T = 90 / S = 85 / C = 80 / E+P = 75$$

$$\text{Ağırlıklar: } wT = 0,4, wS = 0,2, wC = 0,2, wEP = 0,2$$

$$U = (0,4 \times 90) + (0,2 \times 85) + (0,2 \times 80) + (0,2 \times 75) = 36 + 17 + 16 + 15 = 84$$

$$\text{Uygulanabilirlik Skoru (U): } 84/100$$

Kopenhag – Nordhavn (Danimarka)

Nordhavn, Kopenhag'ın 2025 karbon nötr hedefleri doğrultusunda planlanan yeni yerleşim alanıdır. Akıllı şebekeler, bisiklet altyapısı ve yeşil binalarla dikkat çeker.

Teknik Analiz (T): Yenilenebilir enerji sistemleri ve akıllı altyapılar ile donatılmıştır.

Sosyal Etki (S): Yurttaş katılımı güçlü, kamuoyu desteklidir.

Kültürel Uyum (C): Doğayla bütünleşik yaşam anlayışına uygundur.

Ekonomik/Politik (E&P): AB destekli, kapsamlı yerel stratejiler vardır.

$$T = 88 / S = 80 / C = 85 / E+P = 78$$

$$U = (0,4 \times 88) + (0,2 \times 80) + (0,2 \times 85) + (0,2 \times 78) = 35,2 + 16 + 17 + 15,6 = 83,8$$

$$\text{Uygulanabilirlik Skoru (U): } 83,8/100$$

Masdar City (Birleşik Arap Emirlikleri)

Masdar City, teknolojik olarak gelişmiş ancak toplumsal olarak sınırlı etkili bir projedir. Enerji verimliliği üst düzeyde olsa da halktan kopuk planlanmıştır.

Teknik Analiz (T): En üst düzeyde teknolojik donanıma sahiptir.

Sosyal Etki (S): Kullanıcı katılımı ve toplumsal etkileşim zayıftır.

Kültürel Uyum (C): Yerel toplumsal dinamiklere uymakta zorluk çekmektedir.

Ekonomik/Politik (E&P): Yatırım güçlü ama kamusal erişim sınırlıdır.

$$T = 95 / S = 50 / C = 40 / E+P = 65$$

$$U = (0,4 \times 95) + (0,2 \times 50) + (0,2 \times 40) + (0,2 \times 65) = 38 + 10 + 8 + 13 = 69$$

Uygulanabilirlik Skoru (U): 69/100

Tablo 1. ESTE Skor Karşılaştırması (2025)

Proje	Teknik (T)	Sosyal (S)	Kültürel (C)	Eko./Pol. (E&P)	U Skoru
<i>Freiburg Vauban</i>	90	85	80	75	84
<i>Kopenhag Nordhavn</i>	88	80	85	78	83,8
<i>Masdar City</i>	95	50	40	65	69

Kaynak: Makale yazarı tarafından oluşturulmuştur.

Bu uygulamalı model, teknik gelişmişliğin yanı sıra toplumsal katılım, kültürel uyum ve ekonomik-politik desteklerin de sıfır enerji binaların başarısında belirleyici olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, karbon nötr şehirlerin inşasında toplumsal ve teknik yaklaşımların entegre bir şekilde uygulanması zorunludur.

Karbon Nötr Şehirlerin Sosyolojik Boyutları

Sıfır ya da nötr karbonlu şehirler, şehir planıcılarının enerji üretimi ve kullanımı ile sera gazı emisyonlarını yönetme hedefidir. Bu şehirler, kullandıkları kadar veya daha fazla karbonsuz enerji üreterek, karbon ayak izini en aza indirir ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak emisyonları sıfırlar. Ayrıca, verimli kentsel tasarım, teknoloji kullanımı ve yaşam tarzı değişiklikleri ile karbon emisyonlarını azaltırken, karbon *sekestrasyonu*¹ ile kalan emisyonları dengelemeye çalışırlar. Şehirlerin enerji tüketimi,

¹ Sekestrasyon, özellikle çevre bilimleri ve iklim değişikliği bağlamında kullanılan bir terimdir. Genel anlamıyla bir maddenin yakalanması, tutulması ve izole edilmesi sürecini ifade eder. En yaygın kullanımı ise karbon sekestrasyonu şeklindedir.

iklim değişikliğiyle yakından ilişkilidir; 2019 itibarıyla şehirler enerjiyle ilgili sera gazı emisyonlarının %70'ini üretmektedir (Elgendy, 2021, s. 1-2). Dünya nüfusunun yarısından fazlası şehirlerde yaşamakta olup, bu oran 2050'de %70'e çıkacaktır (Clark & Knight, 2019, s. 4). Karbon azaltımına odaklanan şehirler, sürdürülebilir kentsel gelişimde kritik bir role sahiptir. 2022 itibarıyla 1000'den fazla şehir, Birleşmiş Milletler'in "Şehirler Yarışı Sıfır" kampanyası kapsamında iklim değişikliğiyle mücadele için adımlar atmıştır (Wray, 2021, s. 1-2). Net sıfır şehirler, enerji, ulaşım, gıda, inşaat malzemeleri ve atık yönetimi gibi temel tedarik sistemlerini değerlendirmelidir. Geliştirilen stratejiler arasında yenilenebilir enerji kullanımı, enerji verimliliği ve yeşil altyapı bulunmaktadır. KNŞ arasında yer almayı taahhüt eden Rio de Janeiro, New York, Paris, Oslo, Meksiko, Melbourne, Londra, Milano, Cape Town, Buenos Aires, Karakas, Kopenhag, Vancouver (Brown, 2021, s. 1-2) ve Hong Kong gibi şehirler vardır. Amerika Birleşik Devletleri'nde 100'den fazla şehir karbon nötr olma sözü vermiştir (C40 Cities, 2021, s. 3).

Net/ nötr sıfır, iklim değişikliğini ele almak için bilimsel olarak tanımlanabilen ve ölçülebilir hedefler içeren bir kavramdır. Bu hedefler, sosyal, politik ve ekonomik sistemlerin parçası olarak uygulanmalı yahut izlenmelidir. Net sıfır hedeflerine ulaşmak, uzun vadeli planlama ve sürekli çaba gerektirir. Karbon emisyonlarının azaltılması, karar vericiler tarafından ulusal ve yerel düzeylerde tanımlanmalıdır. Ancak net sıfır hedeflerinin belirlenmesi genellikle gönüllü kampanyalar aracılığıyla gerçekleşir ve etkili yönetim, izleme, raporlama süreçleriyle desteklenmelidir. Şehirler, ölçekleri ve altyapılarına yönelik talepler nedeniyle bu süreçte önemli bir role sahiptir. İklim eylemlerinde "erken hareket etmenin" maliyet etkinliği ve kapsamlı emisyon azaltımlarına odaklanmak kritik önemdedir. Sürdürülebilir kalkınma ilkeleri ve doğa temelli çözümler de bu süreçte önem taşır. Net sıfır şehirlerin geliştirilmesi, eko-şehir kavramıyla örtüşür ve sürdürülebilir topluluklar ile çevre dostu ulaşım gibi unsurlar bu iki yaklaşımın ortak hedeflerindendir (Fankhauser vd., 2022, s. 15-21). Nötr karbon salınlımlı şehirlere ulaşmak için özellikle altyapı, enerji, taşımacılık, ısıtma, soğutma, pişirme, yiyecek, yeşil ve yeni yapılar oluşturma, atık ya da enerji değişimi vb. konularda değişim ve dönüşüm gerekmektedir.

15 dakikalık şehir (FMC veya 15mC), iş, alışveriş, eğitim, sağlık hizmetleri ve eğlence gibi günlük ihtiyaçların, şehrin herhangi bir noktasından 15 dakika içinde yürüyerek,

bisikletle veya toplu taşımayla erişilebilir olmasını hedefleyen bir kentsel planlama yaklaşımıdır. Bu konsept, otomobile olan bağımlılığı azaltmayı, sağlıklı ve sürdürülebilir yaşam tarzlarını teşvik etmeyi, şehirde yaşayan bireylerin refahını, yaşam kalitesini artırmayı amaçlar (Weng vd., 2019, s. 259). İngiliz Standartları Enstitüsü, karbon nötrlüğü iddialarının şeffaflığını, karbon nötr statüsüne ulaşmak için ortak bir tanım ve tanınan bir yöntem sağlayarak artırma amacıyla Ekim 2009'da PAS 2060 Karbon Nötrlüğü Standardının geliştirildiğini duyurmuştur (BSİ, 2009, s. 2). Beyond Zero Emissions (BZE), Avustralya merkezli, uluslararası alanda tanınan bir iklim değişikliği çözümleri düşünce kuruluşudur. Kuruluş, gelişmiş ekonomilerin sıfır emisyon modeline geçişi hakkında bağımsız ekonomik ve kamu politikası araştırmaları üretmektedir (BZE, 2024, s. 1). C40 Şehirler İklim Liderliği Grubu, dünya nüfusunun on ikide birini ve küresel ekonominin dörtte birini temsil eden, dünyanın dört bir yanındaki 96 şehirden oluşan bir gruptur. Şehirler tarafından oluşturulan ve yönetilen C40, iklim kriziyle mücadelede, sera gazı emisyonlarını ya da iklim risklerini azaltırken, kent sakinlerinin sağlık, refah yahut ekonomik fırsatlarını artıran kentsel eylemleri yönlendirmeye odaklanmıştır (Acuto & Ghojeh, 2019, s. 709). Dünya genelinde çevre ve mimarlık sosyologları yeşil şehirler hakkında; araçsız şehir, kompakt şehir, ekoloji hareketi, elektrikli araç ağı, çevre hareketi, çevre koruma, çevrecilik, jeotermal ısı, habitat koruma, sağlıklı şehir, partikül madde konsantrasyonuna göre en kirli şehirler, akıllı şehirler, doğal çevre, yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilir şehir, sürdürülebilir kalkınma, ayaklı dikişli metal çatılarda ince film güneş enerjisi, kentsel canlılık, sıfır emisyonlu araçlar vb. konularıyla yakından ilgilenmektedir.

İklim değişikliği, küresel ölçekte acil bir sorun olarak karşımıza çıkarken, şehirlerin sürdürülebilir gelişimi bu mücadelenin merkezinde yer almaktadır. Şehirler, enerji tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturmakla birlikte sera gazı emisyonlarının da önemli bir kaynağıdır. Bu bağlamda karbon nötr şehirler, emisyonları sıfırlama ve hatta negatif karbon düzeyine ulaşma hedefiyle geleceğin kentsel planlama yaklaşımlarını şekillendirmektedir. Ancak bu hedefin yalnızca teknik çözümlerle kalmaz, sosyolojik bir perspektifle ele alınması gerekmektedir. Çünkü karbon nötr şehirlerin gerçekleşmesi, enerji ve teknolojiye ek olarak, toplumsal yapılar ve kent yaşamındaki pratik dönüşümleri gerektirir (Huovila vd., 2022, s. 1-18).

Karbon nötr şehirler, bireylerin günlük yaşam alışkanlıklarında köklü değişiklikler gerektirir. Bu değişimlerin başında enerji tüketimi, ulaşım tercihleri ve tüketim alışkanlıkları gelir. Örneğin, toplu taşımayı tercih etmek, enerji verimli evlerde yaşamak veya geri dönüşüm süreçlerine katılmak gibi davranışlar, karbon nötr şehirlerin sosyolojik boyutunda kritik rol oynar. Bu değişikliklerin gerçekleşmesi için bireysel tercihlerin yanı sıra, toplumsal farkındalık kampanyaları ve devlet politikaları da önemli rol oynamaktadır. Örneğin, Kopenhag'ın 2025 yılına kadar karbon nötr olma hedefi, halkın bisiklet kullanımını artırmak amacıyla yürütülen bilinçlendirme kampanyaları ve bisiklet altyapısına yapılan büyük yatırımlarla desteklenmiştir (Damsø vd., 2017, s. 406-415). Kopenhag örneği, karbon nötr şehirlerin sosyolojik boyutlarının sadece teknik düzenlemelerle yapılmadığı, toplumsal katılımı da şekillendiğini göstermektedir.

Karbon nötr şehirler oluşturulurken sosyal adalet ve erişim eşitliği gibi kavramlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Sürdürülebilir şehirlerin getirdiği yeniliklerin herkes için erişilebilir olması, sosyal adalet açısından kritik bir meseledir. Örneğin, düşük gelirli bireyler veya dezavantajlı gruplar, enerji verimli teknolojilere erişimde sorunlar yaşayabilir. Yenilenebilir enerjiye geçiş, ekonomik olarak daha güçlü kesimlerin avantaj sağlayabileceği bir süreç olabilir. Bu nedenle karbon nötr şehirler tasarlanırken, enerjiye erişimde eşitlik, toplu taşımanın yaygınlaştırılması ve sosyal konut projelerinin sürdürülebilir yapılarda inşa edilmesi gibi politikalar geliştirilmelidir. Bu bağlamda, Almanya'nın Freiburg şehri, çevresel sürdürülebilirliği sosyal eşitlikle birleştiren bir örnek sunmaktadır. Şehir, düşük maliyetli enerji verimli konut projeleri ve geniş bir bisiklet ağı sayesinde hem çevresel hem de toplumsal açıdan sürdürülebilir bir şehir modeli oluşturmaktadır (Mössner, 2015, s. 189).

Karbon nötr şehirler, sadece devlet politikaları ve büyük yatırım projeleriyle olmaz, topluluk temelli planlama süreçleriyle hayata geçirilebilir. Sosyolojik açıdan, halkın kentsel planlamaya katılımı, bu projelerin başarısı için hayati önem taşır. Yerel yönetimlerin ve sivil toplum kuruluşlarının katılımcı süreçler oluşturması, şehir sakinlerinin bu süreçlere aktif katılımını sağlayabilir. Örneğin, Paris'teki "Réinventer Paris" adlı sürdürülebilir kentsel dönüşüm projesi, halkın fikirlerini ve ihtiyaçlarını dikkate alarak şekillendirilmiş bir projedir. Bu tür katılımcı süreçler, karbon nötr

şehirlerde topluluk temelli bir aidiyet hissi yaratmakta ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı kolaylaştırmaktadır (Machline vd., 2023, s. 39-55).

Karbon nötr şehirlerin gerçekleşmesi, altyapı değişikliklerinin ötesinde kentsel yaşam tarzı ve kültürel normların da dönüşümüne bağlıdır. Kent sakinlerinin tüketim alışkanlıklarından ulaşım tercihlerine kadar birçok boyutta değişiklik yapması beklenir. Bu da kent yaşamının sosyolojik dinamiklerini yeniden şekillendirir. Örneğin, Barcelona’da uygulanan süperbloklar (*superilles*) projesi, otomobil kullanımını azaltarak yayaalara ve bisikletlilere öncelik vermektedir (Nieuwenhuijsen vd., 2024, s. 1-11). Bu uygulama, şehir sakinlerinin yaşam tarzlarını değiştirmelerini teşvik etmekle kalmamış, kent kültürünü de dönüştürmüştür. Daha yeşil ve yürünebilir bir kent vizyonu, karbon nötr şehirlerin kültürel boyutlarının da önemli bir parçası olarak öne çıkmaktadır. Karbon nötr şehirler, yüksek teknoloji çözümleriyle enerji tüketimini azaltmaya çalışırken, bu teknolojilerin toplumsal kabulü de önemlidir. Yenilenebilir enerji sistemleri, akıllı şehir altyapıları ve enerji verimli binalar gibi teknolojik yeniliklerin şehir sakinleri tarafından benimsenmesi, sosyolojik uyumun sağlanmasıyla mümkündür. Ancak, teknolojik değişimlerin toplumsal eşitsizlikleri derinleştirme riski de vardır. Özellikle dijital uçurumun derin olduğu toplumlarda, akıllı şehir uygulamaları daha varlıklı kesimlerin lehine işleyebilir. Bu bağlamda, Şanghay’da uygulanan akıllı enerji yönetim sistemleri, tüm şehir sakinlerinin bu teknolojiye erişimini sağlayarak sosyal uyumu desteklemeyi amaçlayan bir örnektir (Zhang vd., 2016, s. 4-26).

Karbon nötr şehirlerin çevre sosyolojisi ve mimarlık sosyolojisi açısından değerlendirilmesi, şehir planlamasının hem toplumsal hem de ekolojik yönleriyle ele alınmasını gerektirir. Bu bağlamda, çevre sosyolojisi doğal kaynakların tüketimi, çevresel adalet, sürdürülebilir kalkınma gibi meseleleri incelerken, mimarlık sosyolojisi ise yapıların toplumsal işlevlerini, estetik değerlerini ve şehir dokusuyla ilişkilerini ele alır. Çevre sosyolojisi karbon nötr şehirleri, ekosistemle insan toplulukları arasındaki etkileşimleri ve bu şehirlerin çevresel sürdürülebilirliğini değerlendirir. Burada birkaç temel kavram öne çıkar: Ekolojik modernleşme; bu teori, teknolojik gelişmelerin ve çevre dostu politikaların çevreyi koruyarak ekonomik büyüme sağlayabileceğini savunur. Karbon nötr şehirler bu teoriye dayanarak yenilenebilir enerji, atık yönetimi ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerine yatırım yaparak

karbon salınımını sıfırlamayı hedefler (Buttel, 2000, s. 57). Çevresel adalet; karbon nötr şehirler oluşturulurken, çevresel adaletin sağlanması büyük önem taşır. Çevre sosyolojisi bu bağlamda şehirlerin yalnızca ekonomik olarak güçlü bölgelerde bulunmadığını, dezavantajlı kesimlerin yaşadığı alanlarda da çevresel iyileştirmeler yapması gerektiğini vurgular. Yeşil alanların, temiz hava ve su kaynaklarının eşit şekilde dağıtılması gerekir (Mohai vd., 2009, s. 405). Sürdürülebilir toplumlar; çevre sosyolojisinin temel hedeflerinden biri, çevreyle uyumlu bir yaşam biçiminin toplumsal yapıya entegre edilmesidir. Karbon nötr şehirler, toplumsal farkındalığı artırarak sürdürülebilir alışkanlıkları günlük hayatın bir parçası haline getirmeyi hedefler (Saijo, 2020, s. 64-67).

Mimarlık sosyolojisi, karbon nötr şehirlerde mimarinin sosyal ve kültürel boyutlarına odaklanır. Bu yaklaşımda karbon nötr şehirlerde yapıların, kamusal alanların ve altyapının toplumsal ilişkiler, kültürel dinamiklerle uyumlu olması gereklidir. Toplumsal katılım; sürdürülebilir mimari projelerde halkın katılımı, hem yapıların toplumsal ihtiyaçlara uygunluğunu artırır hem de bu projelerin benimsenmesini sağlar. Karbon nötr şehirler inşa edilirken, halkın projelere katılımı sağlanmalı ve şehirlerin teknolojik olduğu kadar toplumsal açıdan da sürdürülebilirliği garanti altına alınmalıdır (Boeri vd., 2022, s. 1-14). Kamusal alanların dönüşümü; karbon nötr şehirlerde yeşil alanların, bisiklet yollarının ve yaya yollarının artırılması, toplumsal etkileşim alanlarını da dönüştürür. Mimarlık sosyolojisi, bu yeni alanların toplulukların sosyal hayatına nasıl etki ettiğini, sosyal bağları nasıl güçlendirdiğini inceler. Karbon nötr binaların şehir silüetine ve estetik algıya olan etkilerini de gözlemler (Komninos, 2022, s. 25). Yeni yaşam biçimleri ve mimarinin rolü; sıfır enerji binalar, enerji verimliliği sağlayarak sadece ekolojik fayda yaratmakla kalmaz, günlük yaşamı yeniden şekillendirir. İnsanların enerji kullanım alışkanlıklarını değiştirir ve daha kolektif, paylaşımcı yaşam biçimlerini destekleyebilir. Mimarlık sosyolojisi, bu dönüşümlerin toplumsal yapılar üzerindeki etkisini analiz eder.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu çalışma, karbon nötr şehirlerin tasarımında sıfır enerji binalarının uygulanabilirliğini kent ve mimarlık sosyolojisi perspektifinden ele almış; bu yapıların teknik boyutlarının yanı sıra toplumsal dönüşüm aracı olarak da değerlendirilmesi gerektiğini göstermiştir. Sıfır enerji binaları, çevresel sürdürülebilirliğe katkı sunarken,

diğer yandan kentsel mekânlarda enerji adaleti, erişilebilirlik ve yaşam kalitesi gibi sosyolojik meseleleri de gündeme getirmektedir. Ancak bu yapıların yaygınlaştırılması, yalnızca teknolojik gelişmelerle değişmez, toplumsal kabul, yerel halkın katılımı ve sosyal bütünlük ile mümkündür.

Çalışma, karbon nötr şehir tasarımıında sıfır enerji binalarının uygulanabilirliğini kent ve mimarlık sosyolojisi bağlamında inceleyerek, bu yapıların teknik özelliklerin ötesinde toplumsal bir dönüşüm işlevi gördüğünü göstermiştir. ESTE yöntemi ile değerlendirilen Freiburg-Vauban, Kopenhag-Nordhavn ve Masdar City örnekleri, sıfır enerji binaların başarısının teknik altyapı kadar toplumsal kabul ve katılımı da doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Örneğin, Freiburg-Vauban'ın 84/100'lük yüksek uygulanabilirlik skoru, enerji verimliliği ve sosyal katılımın dengeli bir şekilde entegre edildiğini kanıtlamıştır. Buna karşılık, Masdar City'nin düşük sosyal kabul puanı (50/100), teknolojik üstünlüğün tek başına yeterli olmadığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, karbon nötr şehirlerin tasarımıında ESTE yönteminin dört bileşeninin (teknik, sosyal, kültürel, ekonomik-politik) bütüncül bir şekilde ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

ESTE analizinden çıkan bir diğer kritik sonuç, karbon nötr projelerin yerel kültür ve ihtiyaçlarla uyumlu olmasının başarıyı artırdığıdır. Kopenhag-Nordhavn örneğinde, bisiklet kültürü ve yeşil alanlara verilen önemin projenin toplumsal kabulünü (85/100) yükselttiği görülmüştür. Bu da gösteriyor ki, sıfır enerji binalar ve karbon nötr şehir politikaları, evrensel standartlar kadar yerel dinamiklere de duyarlı olmalıdır. ESTE yöntemi, bu dengenin sağlanmasında kılavuz bir rol üstlenebilir. Özellikle yerel yönetimlerin, projelerin teknik tasarımıını sosyal etki analizleriyle desteklemesi ve katılımcı planlama süreçlerini teşvik etmesi, sürdürülebilir kentleşme hedeflerine ulaşmada kilit öneme sahiptir.

Karbon nötr şehir vizyonunun hayata geçirilmesinde, sıfır enerji binalarına ilişkin politikaların enerji tasarrufu hedeflerinin yanı sıra, toplumsal eşitsizlikleri azaltmaya yönelik etkiler yaratacak şekilde yapılandırılması gerekmektedir. Bu bağlamda, düşük gelirli kesimlerin enerji verimli konutlara erişimini sağlayacak kamu destekli programlar ve teşvik sistemleri oluşturulmalıdır. Aynı zamanda yerel yönetimlerin, yeşil bina sertifikaları ve sosyoteknik altyapılar aracılığıyla halkla sürdürülebilir mimarlık arasında bağ kurması önemlidir.

Kentsel planlamada, yalnızca mimari yeniliklerle sağlanmaz, bu yapıların sosyal dokuyla bütünleşmesine de öncelik verilmelidir. Toplumun ihtiyaçlarını gözeten, iklim adaletini merkezine alan ve katılımcı süreçlerle inşa edilen sıfır enerji yapılar hem karbon salınımını azaltacak hem de sürdürülebilir yaşam biçimlerinin kentlerde yaygınlaşmasına katkı sağlayacaktır.

Gelecekte yapılacak araştırmalarda, sıfır enerji binalarının farklı sosyo-ekonomik gruplar tarafından nasıl algılandığı, bu yapıların kentsel mekânda nasıl bir sınıfsal veya kültürel ayrışma yarattığı gibi konulara odaklanılması önerilmektedir. Ayrıca, yerel yönetimlerin teşvik stratejilerinin ve halkla ilişkiler politikalarının bu süreçteki etkisi daha detaylı biçimde araştırılmalıdır. Bu kapsamda, sıfır enerji binaları çevresel etkilerin ötesinde sosyal sürdürülebilirlik açısından da kritik roller üstlenmeli ve kent politikaları çok boyutlu bir yaklaşımla düzenlenmelidir. Daha az enerji tüketmenin yanında, şehirlerin adil, kapsayıcı ve dirençli mekânlara dönüşmesi yeşil bir geleceğin temel koşuludur. Karbon nötr kentler, ancak insan merkezli ve sosyolojik gerçekliği göz ardı etmeyen bütüncül yaklaşımlarla mümkündür.

Bir kenti sürdürülebilir kılan şey teknoloji kadar, onu kullanan toplumun tahayyül gücüdür. Sıfır enerji binalar, bir mühendislik ürünü olmanın ötesinde, yaşam biçimimizin ve değer sistemimizin yeniden tasarlanmasını zorunlu kılar. Zira bir bina, yalnızca enerji tükettiği kadar açılanmaz; anlam ürettiği kadar da sorumludur. Karbon nötr şehirler, sadece fiziksel bir dönüşümle olmaz, bilakis kültürel bir devrimdir. Kentler, betonla kurulmaz; fikirle kurulur. Bu nedenle sürdürülebilirlik, yalnızca çevresel bir kaygı sayılmaz; sosyolojik bir niyet ve mimari bir eylemdir.

Toplumsal yapının desteğini almayan hiçbir yapı, ne kadar enerji verimli olursa olsun sürdürülebilir kabul edilemez. Teknoloji duvar örer; toplum ise bu duvara pencere açar. Bu bağlamda önerimiz açıktır: Yeşil bina, yeşil düşünceyle başlar. Enerji verimliliği sadece bir mühendislik metriği olarak anılamaz; sosyal adalet, ortak yaşam ve kent estetiğiyle bütünleşen bir yaşam ideali olarak okumalıyız. Çünkü nihayetinde, sıfır enerjiye ulaşmak, sıfır duyarlılıkla mümkün değildir.

Sorumluluk Beyanı

Araştırmada tüm akademik etik kurallara riayet edilmiştir. Makale için etik kurul izni geremektedir. Destek veya sponsor bulunmamaktadır. Kurumsal bir destek alınmamıştır. Makale tek yazarlıdır ve çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Acuto, M., & Ghojeh, M. (2019). C40 cities inside out. *Global Policy*, 10(4), 709–711. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12760>
- Ayoub, J. (2013). *Towards net zero energy solar buildings*. Net-Zeb. https://natural-resources.canada.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/canmetenergy/files/pubs/2011-118_PM-FAC_411-IEAT40_ayoub_e.pdf adresinden 28.10.2024 tarihinde erişilmiştir.
- Baden, S. (2006). Hurdling financial barriers to lower energy buildings: Experiences from the USA and Europe on financial incentives and monetizing building energy savings in private investment decisions. *Proceedings of 2006 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, American Council for an Energy Efficient Economy.
- Boeri, A., Longo, D., Orlandi, S., Roversi, R., & Turci, G. (2022). Community engagement and greening strategies as enabling practices for inclusive and resilient cities. *International Journal of Environmental Impacts*, 5(1), 1–14. DOI:10.2495/EI-V5-N1-1-14
- Boy, J. D. (2021). ‘The metropolis and the life of spirit’by Georg Simmel: A new translation. *Journal of Classical Sociology*, 21(2), 188–202. <https://doi.org/10.1177/1468795X20980638>
- Brown, J. (2021). *How cities are going carbon neutral*. BBC. <https://www.bbc.com/future/article/20211115-how-cities-are-going-carbon-neutral> adresinden 27.10.2024 tarihinde erişilmiştir.
- BSİ. (2009). *High Street sets standard for demonstration of carbon neutrality*. <http://www.bsigroup.com/en/About-BSI/News-Room/BSI-News-Content/Disciplines/Sustainability/PAS-2060-release/> adresinden 29.10.2024 tarihinde erişilmiştir.

- Buttel, F. H. (2000). Ecological modernization as social theory. *Geoforum*, 31(1), 57–65. [https://doi.org/10.1016/S0016-7185\(99\)00044-5](https://doi.org/10.1016/S0016-7185(99)00044-5)
- BZE. (2024). *About us*. Beyond Zero Emissions. <https://www.bze.org.au/about-us> adresinden 29.10.2024 tarihinde erişilmiştir.
- C40 Cities. (2021). *More than 100 American cities make historic pledge to accelerate net-zero emissions, deliver action needed to meet national climate goals*. <https://www.c40.org/news/american-cities-net-zero-climate-goals/> adresinden 28.10.2024 tarihinde erişilmiştir.
- Castells, M. (2013). Theory and ideology in urban sociology. In C. G. Pickvance (Ed.), *Urban sociology* (pp. 60–84). Routledge.
- Caves, R. W. (2004). *Encyclopedia of the City*. Routledge.
- Chandra, R., Saxena, G., & Kumar, V. (2015). Phytoremediation of environmental pollutants: an eco-sustainable green technology to environmental management. *Advances in Biodegradation and Bioremediation of Industrial Waste*, 1–29. CRC Press.
- Clark, G. & Knight, Z. (2019). *Towards the zero-carbon city*. HSBC Centre of Sustainable Finance.
- Coates, G. J. (2013). The sustainable urban district of Vauban in Freiburg, Germany. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 8(4), 265–286. <https://doi.org/10.2495/DNE-V8-N4-265-286>.
- Crawley, D., Torcellini, P., Pless, S. & Deru, M. (2006). *Zero energy buildings: A critical look at the definition*. U.S. Department of Energy.
- Cugurullo, F. (2016). Urban eco-modernisation and the policy context of new eco-city projects: Where Masdar City fails and why. *Urban Studies*, 53(11), 2417–2433. <https://doi.org/10.1177/0042098015588727>
- D’Agostino, D., & Mazzarella, L. (2019). What is a Nearly zero energy building? Overview, implementation and comparison of definitions. *Journal of Building Engineering*, 21, 200–212. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2018.10.019>

- Damsø, T., Kjær, T., & Christensen, T. B. (2017). Implementation of local climate action plans: Copenhagen–Towards a carbon-neutral capital. *Journal of cleaner production*, 167, 406–415. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.156>
- Daus, R. (1995). *Large extra-European cities. The construction of nationalities* (Großstädte Außereuropas. Die Konstruktion des Nationalen). Vol.2, Ursula Opitz Verlag, Babylon Metropolis Studies.
- Eley, C. (2016). *Design professional's guide to zero net energy buildings*. Island Press.
- Elgendy, K. (2021). *Carbon neutral cities: Can we fight climate change without them?* Climate Champions. <https://climatechampions.unfccc.int/carbon-neutral-cities-can-we-fight-climate-change-without-them/> adresinden 27.10.2024 tarihinde erişilmiştir.
- El-Khoury, J. (2020). *Urban carbon politics: civil society, policymaking and the transition to carbon-neutral cities*. [Doktora tezi, Universite de Montreal] <http://hdl.handle.net/1866/26238>
- Encyclopedia Britannica. (2020). *Paris Agreement*. <https://www.britannica.com/topic/Paris-Agreement-2015> adresinden 31.10.2024 tarihinde erişilmiştir.
- Fankhauser, S., Smith, S. M., Allen, M. *et al.* (2022). The meaning of net zero and how to get it right. *Nat. Clim. Chang.* 12, 15–21. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01245-w>
- Ghazal, E. (2020). *Embodied carbon and deep retrofits*. Pembina Institute. <http://www.jstor.org/stable/resrep25464>. Adresinden 25.10.2024 tarihinde erişilmiştir.
- Gillingham, K., Newell, R. G., & Palmer, K. (2009). Energy efficiency economics and policy. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, 1(1), 597–620. <https://doi.org/10.1146/annurev.resource.102308.124234>
- Hamiduddin, I. (2015). Social sustainability, residential design and demographic balance: Neighbourhood planning strategies in Freiburg, Germany. *Town Planning Review*, 86(1), 29–52. <https://doi.org/10.3828/tpr.2015.3>.

- Hamiduddin, I., & Daseking, W. (2022). Community-based planning in Freiburg, Germany: The case of Vauban. N. Gallent & D. Ciaffi (Ed.). *Community action and planning: Contexts, drivers and outcomes* (s. 237–258) içinde. Bristol University Press.
- Hardy, C. (2013). Social space. M. Grenfell (Ed.). *Pierre Bourdieu: Key concepts*. (s. 229-249) içinde. Routledge.
- Harvey, D. (2010). *Social justice and the city* (Vol. 1). University of Georgia Press.
- Hı-Smart. (2024). *Concepts of nZEB buildings*. https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/48ff898e-a503-414a-b112-fba01dd2976e/HI-SMART_1.2_nZEB_definition_presentation.pdf adresinden 25.10.2024 tarihinde erişilmiştir.
- Hu, M. (2019). *Net zero energy building: Predicted and unintended consequences*. Routledge.
- Huovila, A., Siikavirta, H., Rozado, C. A., Rökman, J., Tuominen, P., Paiho, S., ... & Ylén, P. (2022). Carbon-neutral cities: Critical review of theory and practice. *Journal of Cleaner Production*, 341, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130912>
- Jones, P. (2011). *The sociology of architecture: Constructing identities*. Liverpool University Press.
- Jones, P. R. (2006). The sociology of architecture and the politics of building: The discursive construction of Ground Zero. *Sociology*, 40(3), 549–565. <https://doi.org/10.1177/003803850663674>
- Kenis, A., & Lievens, M. (2017). Imagining the carbon neutral city: The (post) politics of time and space. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 49(8), 1762–1778. <https://doi.org/10.1177/0308518X16680617>
- Kipfer, S., & Milgrom, R. (2002). Henri Lefebvre-urbanization, space and nature: Editors' preface. *Capitalism Nature Socialism*, 13(2), 37–41. <https://www.cnsjournal.org/wp-content/uploads/2019/01/Henri-Lefebvre-Urbanization-Space-and-Nature-Editors-Preface.pdf>

- Komninos, N. (2022). Net Zero Energy districts: Connected intelligence for carbon-neutral cities. *Land*, 11(2), 1–29. <https://doi.org/10.3390/land11020210>
- Koskela, E., Sinn, H. W., & Schöb, R. (2000). Green tax reform and competitiveness. *German Economic Review*, 2(1), 19–30. https://www.wiwiss.fu-berlin.de/fachbereich/vwl/schoeb/forschung/forschung_dateien/greenTaxReformAndComp.pdf
- Kurnitski, J. (2013). *Cost optimal and nearly zero-energy buildings (nZEB): Definitions, calculation principles and case studies*. Springer.
- Lechner, F. J. (1991). Simmel on social space. *Theory, Culture & Society*, 8(3), 195–201. <https://doi.org/10.1177/026327691008003013>
- Lloyd, A. (2018). *Architecture 2030 goes after embodied carbon and this is a very big deal*. Treehugger Voices. <https://www.treehugger.com/architecture-goes-after-embodied-carbon-and-very-big-deal-4852211> adresinden 30.10.2024 tarihinde erişilmiştir.
- Lloyd, A. (2019). *Landmark Study Shows How to Change the Building Sector From a Major Carbon Emitter to a Major Carbon Sink*. Treehugger Voices. <https://www.treehugger.com/study-shows-how-to-change-building-sector-to-cut-carbon-4854259> adresinden 27.10.2024 tarihinde erişilmiştir.
- Machline, E., Pearlmutter, D., Cohen, C., & Schwartz, M. (2023). COVID-19: A catalyst for revitalizing mixed-use urban centers? The case of Paris. *Building Research & Information*, 51(1), 39–55. <https://doi.org/10.1080/09613218.2022.2149451>
- Maclay, B. (2014). *The new net zero: Leading-edge design and construction of homes and buildings for a renewable energy future*. Chelsea Green Publishing.
- Market Research Future.(2024). Zero energy Buildings Market Size, Share, Growth/ Report, 2032. <https://www.marketresearchfuture.com/reports/zero-energy-buildings-market> 26.10.2024 tarihinde erişilmiştir.
- McLeod, R. (2017). *The Passivhaus designer's manual: A technical guide to low and zero energy buildings*. Routledge.

- Medeiros, E. (Ed.). (2024). *Self-Sufficiency and Sustainable Cities and Regions: Planning for Sustainable, Circular and Carbon-Neutral Development*. Taylor & Francis.
- Moezzi, M., & Janda, K. B. (2014). From “if only” to “social potential” in schemes to reduce building energy use. *Energy Research & Social Science*, 1, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.03.014>
- Mohai, P., Pellow, D., & Roberts, J. T. (2009). Environmental justice. *Annual Review of Environment and Resources*, 34(1), 405–430. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-082508-094348>
- Mössner, S. (2015). Urban development in Freiburg, Germany–sustainable and neoliberal? *DIE ERDE–Journal of the Geographical Society of Berlin*, 146(2–3), 189–193. <https://doi.org/10.12854/erde-146-16>
- Net Zero Foundation. (2024). *Understanding Clean Energy Economics*. <https://netzerofoundation.org/> adresinden 30.10.2024 tarihinde erişilmiştir.
- Nieuwenhuijsen, M., de Nazelle, A., Pradas, M. C., Daher, C., Dzhambov, A. M., Echave, C., ... & Mueller, N. (2024). The Superblock model: A review of an innovative urban model for sustainability, liveability, health and well-being. *Environmental Research*, 251, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118550>
- Ochoa, J. J., Tan, Y., Qian, Q. K., Shen, L., & Moreno, E. L. (2018). Learning from best practices in sustainable urbanization. *Habitat International*, 78, 83–95. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.05.013>
- Pacheco Torgal, F., & Mistretta, M. (Ed.). (2013). *Nearly zero energy building refurbishment: A multidisciplinary approach*. Springer.
- Pahl, R. E. (2013). A perspective on urban sociology. *Readings in urban sociology: Readings in sociology*, 3. Pergamon Press.
- Plinke, M. (2020). *The year-round solar greenhouse: How to design and build a net-zero energy greenhouse*. New Society Publishers.

- Reeder, L. (2016). *Net zero energy buildings: Case studies and lessons learned*. Routledge.
- Reinhart, C. F. & Cerezo, D. C. (2016). Urban building energy modeling – A review of a nascent field. *Building and Environment*, 97, 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.12.001>
- Saijo, T. (2020). Future design: Bequeathing sustainable natural environments and sustainable societies to future generations. *Sustainability*, 12(16), 64–67. <https://doi.org/10.3390/su12166467>
- Sartori, I., Napolitano, A. & Karsten, V. (2012) Net zero energy buildings: A consistent definition framework. *Energy and Buildings* (48), 220–232. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.032>
- Scheurer, J., & Newman, P. (2009). Vauban: A European model bridging the green and brown agendas. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 2(2), 75–92. <https://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/GRHS2009CaseStudyChapter06Vauban.pdf>.
- Schroepfer, T. & Hee, L. (2008). Emerging forms of sustainable urbanism: Case studies of Vauban Freiburg and solarCity Linz. *Journal of Green Building*, 3(2), 65–76. <https://doi.org/10.3992/jgb.3.2.65>.
- Shen, L., Peng, Y., Zhang, X., & Wu, Y. (2012). An alternative model for evaluating sustainable urbanization. *Cities*, 29(1), 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.06.008>
- Weng, M., Ding, N., Li, J., Jin, X., Xiao, H., He, Z. & Su, S., (2019). The 15-minute walkable neighborhoods: Measurement, social inequalities and implications for building healthy communities in urban China. *Journal of Transport & Health*. 13, 259–273. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.05.005>
- Wray, S. (2021). *We need to do more: COP26 city highlights*. Cities Today. <https://cities-today.com/we-need-to-do-more-cop26-city-highlights-november-2/> adresinden 28.10.2024 tarihinde erişilmiştir.

- Zeiler, W., & Boxem, G. (2013). Net-zero energy building schools. *Renewable Energy*, 49, 282–286. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.01.013>
- Zhang, X., Shen, J., Yang, T., Tang, L., Wang, L., Liu, Y., & Xu, P. (2016). Smart meter and in-home display for energy savings in residential buildings: a pilot investigation in Shanghai, China. *Intelligent Buildings International*, 11(1), 4–26. <https://doi.org/10.1080/17508975.2016.1213694>