

■ İklim krizi, enerji güvenliği, sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik gibi çok yönlü etkileri ile dünya ülkelerinin kritik önceliği olarak kabul edilen enerji verimliliği ve yoğun enerji tüketim merkezleri haline gelen bugünün kentlerinin sürdürülebilir geleceği hususlarında mimarlık disiplini büyük bir potansiyele sahiptir. Günümüzde çoğunlukla işlev, maliyet ve estetik döngüsüne sıkışıp kalan mimarlık disiplininin bunlardan ödün vermeksizin enerji verimliliğini odağına alarak sürdürülebilirlik hedeflerini de önceliklendirmesi ve disiplinler arası işbirlikleri ile yenilikçi çözümler geliştirmesi önemli bir zarurettir.

6

■ İnşaat sektörü, küresel ısınmaya sebep olan karbon salımının hem doğrudan hem de dolaylı olarak en büyük sorumlularındandır. Karbon salımına sebep olan fosil yakıt kullanımı, enerji üretiminin en büyük kaynağıdır. Küresel ölçekte enerji tüketiminin %40'ı binalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla binalarda enerji tasarrufu ve verimliliğinin sağlanması, uluslararası ölçekte küresel ısınmaya yönelik atılan adımlar ve yerine getirilmesi gereken yükümlülükler bakımından elzemdir.

38

■ Küreselleşen bir dünyada yönetilen hiçbir projenin tesadüfen ilerleme şansı yoktur. Her projede ortaya çıkan karbon, su ve enerji emisyonları dünyanın doğal kaynaklarını tüketmektedir. Bunların önüne geçebilmek için son derece kontrollü ve güvenilir yöntemler kullanılmalıdır. Artan nüfus ve iklim değişikliği sorunlarının etkilerini azaltmanın ilk koşulu seçilen yöntemlerdeki hata payını en aza indirmek olmalıdır. Gerçek amaca ancak kullanılan yöntemlerin olumlu özelliklerinin devamlılığı ve olumsuz özelliklerinin olumlu yönde geliştirilmesi ile ulaşılabileceği görülmektedir.

49

dosya 55

TMMOB MİMARLAR ODASI ANKARA ŞUBESİ

2024

enerji verimliliği: Türkiye’de kentlerin rolü ve gelecek perspektifleri

3 GİRİŞ
EDİTÖRÜN SÖZÜ
FİGEN BEYHAN

9 ÜLKEMİZDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ KAPSAMINDA
BİNALARDA ENERJİ TASARRUFU VE BİNA ENERJİ
KİMLİKLERİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA
YELDA ALTINSOY

17 TÜRKİYE’NİN YEŞİL SATIN ALMA TUTUMUNA
MİMARİ BİR BAKIŞ
EBRU KILIÇ BAKIRHAN, MERVE TUNA KAYILI

25 YAPI KABUĞUNDA AKTİF GÜNEŞ SİSTEM UYGULAMALARI:
KENTLERİN ESTETİK VE GÖRSEL KİMLİĞİNİ ETKİLEYEN
BIPV SİSTEMLER
FİGEN BEYHAN, GEVHER NESİBE KAYA

35 KÜRESEL ISINMA İLE MÜCADELE KAPSAMINDA
BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN GEREKLİLİĞİ
ARZUHAN BURCU GÜLTEKİN, ALPEREN SARI

43 BLOK ZİNCİR KONSEPTİNİN AKILLI BİNALARDA
ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ
DUYGU SAVUR, ŞEYDA EMEKCİ

55 ENERJİ VERİMLİLİĞİ KONUSUNDA ÖRNEK HİZMET
BİNASIYLA ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURUMU
NURAN TANCAN

59 ÇÖLLEŞME VE EROZYONLA MÜCADELENİN
ŞEHİR İÇİ YEŞİL ALANLARIN ARTTIRILMASI VE
ENERJİ VERİMLİLİĞİNDEKİ ROLÜ
NURETTİN TAŞ

65 ÜNİVERSİTE KAMPÜSLERİNDE ENERJİ ANALİZ VE
YÖNETİM PRENSİPLERİ
BÜLENT YEŞİLATA

İÇİNDEKİLER

DOSYA 55 - ENERJİ VERİMLİLİĞİ: TÜRKİYE’DE KENTLERİN ROLÜ VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Dosya Editörü: Figen Beyhan

EDİTÖRÜN SÖZÜ

Figen Beyhan.....3

ÜLKEMİZDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ KAPSAMINDA BİNALARDA ENERJİ TASARRUFU VE BİNA ENERJİ KİMLİKLERİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

Yelda Altınsoy.....9

TÜRKİYE’NİN YEŞİL SATIN ALMA TUTUMUNA MİMARİ BİR BAKIŞ

Ebru Kılıç Bakırhan, Merve Tuna Kayılı.....17

YAPI KABUĞUNDA AKTİF GÜNEŞ SİSTEM UYGULAMALARI: KENTLERİN ESTETİK VE GÖRSEL KİMLİĞİNİ ETKİLEYEN BIPV SİSTEMLER

Figen Beyhan, Gevher Nesibe Kaya.....25

KÜRESEL ISINMA İLE MÜCADELE KAPSAMINDA BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN GEREKLİLİĞİ

Arzuhan Burcu Gültekin, Alperen Sarı.....35

BLOK ZİNCİR KONSEPTİNİN AKILLI BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

Duygu Savur, Şeyda Emekci.....43

ENERJİ VERİMLİLİĞİ KONUSUNDA ÖRNEK HİZMET BİNASIYLA ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURUMU

Nuran Tancan.....55

ÇÖLLEŞME VE EROZYONLA MÜCADELENİN ŞEHİR İÇİ YEŞİL ALANLARIN ARTTIRILMASI VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNDEKİ ROLÜ

Nurettin Taş.....59

ÜNİVERSİTE KAMPÜSLERİNDE ENERJİ ANALİZ VE YÖNETİM PRENSİPLERİ

Bülent Yeşilata.....65

ENERJİ VERİMLİLİĞİ: TÜRKİYE'DE KENTLERİN ROLÜ VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Dosya Editörü: Figen Beyhan, Prof. Dr.
Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi

Kentlerde Sürdürülebilir Gelecek için Tasarım: Enerji Verimliliği

Bugün tüm dünya ülkelerinin başat gündemi haline gelen iklim değişikliği ve çevresel sorunlar ile mücadelede yapılı çevrelerin sorumluluğu ve vahim etkisi kabul edilmiş bir gerçekliktir. Dünya nüfusunun büyük bir çoğunluğunu barındıran kentler ise, hızla artan nüfus yoğunluğu, değişen dinamikler, ekonomik faaliyetler, gelişen teknoloji, sınırsız beklentiler çerçevesinde çarpık, plansız ve dolayısıyla niteliksiz büyüme eğilimleri ile ilgili sorunun en önemli paydaşlarından.

Hızlı kentleşme süreçleri ile artan enerji talebi, fosil yakıtların daha fazla tüketimine bağlı olarak ortaya çıkan emisyon artışları ile karbon ayak izinin büyümesine ve çevresel kirliliğe neden olmakta, böylece iklim değişikliği üzerinde de olumsuz etkilere yol açmaktadır. Öte yandan ihtiyaç duyulan enerjinin üretim ve tüketim süreçlerinde kullanılan yöntemler de yoğun hava kirliliklerine sebebiyet verebilmekte, bu durum sürdürülebilir kalkınma hedefleri içerisinde yer alan kentsel alanlarda yaşam kalitesini artırmak ve sağlık sonuçlarını iyileştirmek konularında potansiyel zorluklar yaratmaktadır. Bunun felakete dönüşen en dikkat çekici örneği 1952 yılında kömür yakıtlı ısınma sistemlerinin hakim olduğu Londra'da yaşanan ağır hava kirliliğinin hava kalitesini ciddi boyutlarda tehlikeli noktalara taşıdığı ve binlerce insanın can kaybına neden olduğu büyük Londra duman felaketidir.

Ayrıca büyük ölçüde fosil yakıtlara dayanan enerji tüketimi, sürdürülebilir bir kullanım planı olmadığı için yoğun kullanım nedeniyle kaynakların tükenmesi riskini ortaya çıkarmaktadır ki bazı kaynaklara göre 50-60 yıl içerisinde enerji kaynaklarının büyük oranda tükeneceği öngörülmektedir. Aynı zamanda enerji üretimi amacıyla gerçekleştirilen enerji altyapıları (madencilik faaliyetleri, hidroelektrik santralleri vb.) doğal habitatların tahrip olmasına neden olmakta ve biyoçeşitliliğin azalması, su kaynaklarının tahrip olması gibi etkilerle ekosisteme zarar verebilmektedir. İlave, enerji arz güvenliği hususunda arzın karşılanamaması veya dengesizliği ile enerji kesintilerinin ve enerji fiyatlarında dalgalanmaların olmasına yol açabilmek-

dosya

TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi adına
Sahibi ve Yazı İşleri Müdürü
Derya Başyılmaz

YAYIN KURULU
**Demet Aykal, Figen Beyhan,
Ayşen Çelen Öztürk, Çiğdem Belgin Dikmen,
Şeyda Emekçi, Aslı Er Akan,
Gökhan Genç, Arzuhan Burcu Gültekin,
Esra Lakot Alemdağ, Berrin Zeytun Çakmaklı.**

Dosya Editörü
Figen Beyhan

Dosya Koordinatörü
**Şeyda Emekçi
Arzuhan Burcu Gültekin**

Yayına Hazırlayan
Yasemin Malkoç

Kapak Tasarım ve Uygulama
Yasemin Malkoç

Konur Sokak No:4/3 Kızılay Ankara
Telefon: 0312 417 86 65 Fax: 0312 417 18 04
e-posta: info@mimarlarodasiankara.org
http://www.mimarlarodasiankara.org

ISSN 1309-0704

TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi
tarafından yılda üç kez yayımlanmaktadır.
500 adet basılmıştır. Burada yer alan yazıların
içeriğinin sorumluluğu yazarına aittir.
Kaynak gösterilmek koşuluyla alıntı yapılabilir.
Baskı tarihi: Eylül 2024

Baskı
Desen Ofset A. Ş.
Birlik Mah. 448. Cad. 476.Sok. No: 2 Çankaya/Ankara
Telefon: 0 312 496 43 43 (pbx)
info@desenofset.com.tr

tedir. Enerji kesintileri ile ekonomik ve sosyal hayatın merkezleri olan kentlerde ekonomik büyümeye, sosyal refaha ve çevresel niteliğe dair hedeflere verilemeyen cevaplar daha sürdürülebilir bir geleceğe doğru ilerlenmesinin önünde büyük engeller oluşturabilmektedir. Yüksek enerji maliyetleri ise düşük gelir gruplarını zorlayabilmekte ve yaratacağı enerji fakirliği riski ile sosyal eşitsizliklerin derinleşmesine neden olabilmektedir.

Bu bağlamda sürdürülebilir kalkınma hedefleri içerisinde büyük öneme sahip olan enerji verimliliği, kentlerin sürdürülebilir gelecek vizyonunun merkezinde yer almalıdır. Enerji kullanımını optimize etmek, çevresel etkileri azaltmak ve enerji güvenliğini artırmak odaklı bir yaklaşımla binaların ve altyapının enerji verimliliğini artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yaparak enerji arzını çeşitlendirmek ve karbon ayak izini azaltmak, enerji politikaları geliştirerek enerji verimliliği ve sürdürülebilir enerji kullanımı için çerçeveler oluşturmak son derece önemlidir. Bu gerçekliğin kabulü ile TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi'nin 55. sayısı olan **“Enerji Verimliliği: Türkiye’de Kentlerin Rolü ve Gelecek Perspektifleri”** temalı bu Dosya sayımızda ilgili konu kapsamında farklı perspektifler açabilecek yazılara yer vermek amaçlanmıştır. Elbette ki konu tek bir sayı ile her açıdan ele alınarak kapsamlı bir şekilde tartışılması yeterli olamayacak kadar geniş, derin ve çok disiplinli bir konudur. Konuyu anlamak ve etkili çözümler üretmek için farklı disiplinlerden faydalanmak, değişen bakış açılarını hesaba katmak, ekonomik, sosyal ve politik etkileşimleri dikkate almak, teorik yaklaşımların yanı sıra uygulama ve inovasyon hususlarında değerlendirmek, uzun vadeli sürdürülebilirlik hedefleri ile daha fazla ilişkilendirmek gereklidir. Ancak konunun önemine ve sorumluluklarımıza dikkat çekmek üzere hazırlanan bu sayının özellikle farkındalık bağlamında önemli bir ilk adım olacağına dair kanaatimi belirtmek isterim. Bu amaçla davetimizi kabul ederek mimarlık disiplini çerçevesinde farklı çalışma alanlarında görev alan, fikir üreten, yöntem geliştiren, politika geliştirme süreçlerinde katkı koyan tüm yazarlarımıza kıymetli katkılarından dolayı teşekkür ediyorum.

Yazar sıralamasının ilk yazarın soyadı odaklı alfabetik olarak sıralandığı Dosya'nın 55. sayısı **“Ülkemizde Enerji Verimliliği Kapsamında Binalarda Enerji Tasarrufu ve Bina Enerji Kimliklerine Yönelik Bir Çalışma”** başlıklı yazısı ile Yelda Altınsoy ile başlıyor. Binaların özellikle ısıtma ve soğutma yüklerinde enerji verimliliğinin artırılması üzerine yapılmış bir örneği ele alan çalışmada, bina içi ısı kayıpları ve bu kayıpların neden olduğu konfor sorunlarının elektrik enerjisi tüketiminde yoğunluğa ve yüksek maliyetlere yol açtığına dikkat çekilmiştir. Enerji faturaları üzerinden enerji tüketimi ve maliyetler incelenmiş, TS 825 standardı hesaplamaları ile ısı kayıplarının önlenmesi amacıyla yapılan yalıtım ve enerji sistem uygulamalarının maliyet analizi hesaplanmıştır. Binalarda konfor koşullarının sağlanması esaslı enerji verimliliği açısından, özellikle ihtiyaç duyulan enerji miktarının azaltılması hususunda son derece önemlidir. Binalarda enerji tüketimi en fazla kullanım süreçlerinde konfor koşullarının sağlanması amacıyla gerçekleşmektedir. Bu nedenle ısı korunumu bağlamında yapı kabuğu performansının iyileştirilmesi enerji talep oranının belirleyicisidir ve bu konunun iyi anlaşılacak uygulamaya aktarılması etkili çözüm yöntemlerinden biri olacaktır.

“Türkiye’nin Yeşil Satın Alma Tutumuna Mimari Bir Bakış” başlığı ile sayımıza katkı koyan Ebru Kılıç Bakırhan ve Merve Tuna Kayılı, çevresel etkileri en aza indirmiş ürün ve hizmet alımlarını teşvik ederek çevresel duyarlılık oluşturmayı hedefleyen yeşil satın alma stratejilerini konu almıştır. Çalışmada çeşitli ülkelerde geliştirilen ekolojik etiketleme, çevresel denetim ve yaşam döngüsü maliyetlendirmesi gibi faaliyetler aracılığıyla karbon salımını azaltmayı, kaynak tüketimini kontrol altına almayı ve ekonomik faydayı sağlayan bu strateji ile yeşil kamu alımı stratejisi dünya üzerinden örneklerle incelenmiş, Türkiye özelinde durum değerlendirmesi yapılmıştır. Bugün geri dönüştürülebilir malzemelerin tercihi, sertifikalı orman ürünlerinin kullanılması gibi teşviklerle doğal kaynakların korunmasına, çevre dostu ürün kullanımı ile enerji ve su verimliliğine, ürünlerin yaşam döngüsü boyunca oluşan atık miktarını ve zararlı emisyonları azaltarak çevre kalitesinin yükseltilmesine, çevre dostu teknolojilerin ve yenilikçi iş modellerinin geliştirilmesini teşvik ederek şirketlerin rekabet gücünü artırması, yeşil ekonomiye olan geçişi hızlandırma ve yeni pazar fırsatları yaratma potansiyeli ile ekonomiye katkıları kabul görerek tartışılan yeşil satın alma stratejileri sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için önemli bir araç olarak görülmektedir. Bu nedenle bu metin konu alınan stratejilerin yaygınlaştırılması ve etkin bir şekilde uygulanması ile çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi ve ekonomik refahın artmasına katkı sağlayacak önemli ipuçları barındırmaktadır.

“Yapı Kabuğunda Aktif Güneş Sistem Uygulamaları: Kentlerin Estetik ve Görsel Kimliğini Etkileyen BIPV Sistemler” başlıklı yazıda Figen Beyhan ve Gevher Nesibe Kaya yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım

yapılarak enerji arzını çeşitlendirme gereğini ve özellikle bugünün teknolojisi ile güneş enerjisi sistemlerinin enerji üretimindeki potansiyelini tartışarak kentlerde yenilenebilir enerji kullanımının önemine dikkat çekmiş, yenilenebilir enerji üretimini yapı kabuğuna bütünleştirilen fotovoltaik (BIPV) panellerden karşılamaya yönelik yapılan akademik çalışmaları ve mevzuatları irdeleyerek, bu teknolojilerin kent duvarları olan yapı kabuğuna uygulama yöntemlerini analiz etmiştir. Güneş enerjisi sistemlerinin bütünleşik yapı tasarımı ilkeleriyle bina kabuğunda kullanımı hususunda büyük potansiyel barındıran yapı kabuğunda PV sistemlerin kullanımı, tükenmekte olan enerji kaynaklarının korunması ve karbon salımının azaltılması açısından etkili çözümler sunmakta, böylece büyük tehdit oluşturan iklim değişikliği ve çevresel sorunlar ile mücadelede yapı çevre etkisinin azaltılmasında etkin bir rol oynamaktadır. Ayrıca yenilenebilir ve sınırsız bir kaynak olarak güneş enerjisinin mevcut sistemler ile bina bütünleşik tasarım stratejileri kapsamında kullanımı enerji güvenliğinin artırılması ve enerji ithalatını azaltarak ülke ekonomilerine enerji bağımsızlığı sağlaması açısından da öne çıkmaktadır. Öte yandan kentlerin estetik ve görsel kimliğinde önemli bir değişim yaratarak, çevresel sürdürülebilirliği vurgulayan yeni bir estetik dilin oluşumuna katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda çalışma binayla bütünleşik fotovoltaik (BIPV) sistemlerin yapı kabuğunda verimli olarak çalışabilmesi için uygulama biçimleri hususunda farklı bir perspektif sunmaktadır.

Arzuhan Burcu Gültekin ve Alperen Sarı **“Küresel Isınma ile Mücadele Kapsamında Binalarda Enerji Verimliliğinin Gerekliliği”** başlıklı yazılarında, küresel ısınma ile mücadelede binalardaki enerji verimliliğinin önemini vurgulayarak uluslararası anlaşmaların bu hedefe ulaşılmasında nasıl bir rol oynadığını incelemiştir. Küresel ısınma ile mücadelede Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi uluslararası anlamda atılan kritik adımlar ortaya konularak, uluslararası düzeyde alınan kararların, bina sektörünün çevresel etkilerini azaltma çabalarında nasıl bir katalizör görevi gördüğüne ve ülkelerin bu anlaşmalardaki taahhütlerini nasıl yerine getirebilecekleri konusunda yol gösterici olduğuna işaret edilmiştir.

Duygu Savur ve Şeyda Emekci'nin **“Blok Zincir Konseptinin Akıllı Binalarda Enerji Verimliliğine Etkisi”** başlıklı yazıları ile *Dosya* dergimize katkıda bulunduğu çalışmada, gelişen teknolojinin sağladığı faydaların yanı sıra artan nüfusun yarattığı zorluklara değinilmiş ve blok zincir teknolojisinin akıllı binalarda nasıl yönetilebileceği tartışılmıştır. Bina yaşam döngüsü boyunca enerji ihtiyacının izlenebilmesinde şeffaf, merkezi olmayan ve sürekli bir sisteme olan ihtiyaca cevap veren blok zincir teknolojisinin enerji verimliliğine sağlayabileceği faydaları tartışmak üzere 2009-2024 yılları arasında yapılan öncü çalışmalar incelenmiş ve bulgular teorik olarak tartışılmıştır.

“Enerji Verimliliği Konusunda Örnek Hizmet Binasıyla Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu” başlıklı çalışmasıyla Nuran Tancan, küresel iklim krizi ve doğal kaynakların bilinçli kullanımının önemini konu alarak enerji verimli binaların bu bağlamda nasıl kritik rol oynadığını vurgulamış ve özellikle Türkiye'deki kamu binalarının enerji verimliliği konusunda büyük potansiyel taşıdığını ve bu potansiyelin nasıl değerlendirilebileceğini tartışmıştır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu hizmet binasının tasarımı ve inşası, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı, bina otomasyon sistemleri ve güneş panelleri ile enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından örnek teşkil ettiğini belirterek enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjiye geçişin önemini vurgulamıştır.

Nurettin Taş, **“Şehir İçi Yeşil Alanların ve Enerji Verimliliğinin Çölleşme ve Erezyonla Mücadeledeki Rolü”** başlıklı yazısında iklim değişikliği ile mücadelenin önemi ve bu mücadelede enerji verimliliğinin ve sürdürülebilir enerji kullanımının rolünü konu alarak karbon emisyonlarının azaltılması, enerji tüketiminin optimize edilmesi ve mevcut enerji kaynaklarının verimli kullanımının iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için kritik olduğu hususuna dikkat çekmiştir. Ayrıca, yapılaşma ve şehir planlamasında yeşil alanların homojen dağılımının önemi üzerinde durmuş, bu sayede azalan şehir ısı adası etkisi ile enerji tüketiminin ve karbon ayak izinin azaltılmasında sağlayacağı katkıları vurgulamıştır.

Ve son olarak **“Üniversite Kampüslerinde Enerji Analiz ve Yönetim Prensipleri”** başlıklı yazısıyla Bülent Yeşilata üniversite kampüslerinin bir şehrin enerji tüketim sektörlerinin küçük bir modelini temsil ettiğini ve bu nedenle enerji yönetimi açısından önemli bir rol üstlendiğini vurgulamış ve üniversite kampüslerinde uygulanan enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji stratejilerinin, genel olarak bina ve yapı sektörlerine nasıl uygulanabileceği üzerine odaklanmıştır.

*“Mimarlık, insanlık tarihini biçimlendiren en büyük disiplindir.”
Rem Koolhaas*

İklim krizi, enerji güvenliği, sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik gibi çok yönlü etkileri ile dünya ülkelerinin kritik önceliği olarak kabul edilen enerji verimliliği ve yoğun enerji tüketim merkezleri haline gelen bugünün kentlerinin sürdürülebilir geleceği hususlarında mimarlık disiplini büyük bir potansiyele sahiptir. Günümüzde çoğunlukla işlev, maliyet ve estetik döngüsüne sıkışıp kalan mimarlık disiplininin bunlardan ödün vermeksizin enerji verimliliğini odağına alarak sürdürülebilirlik hedeflerini de önceliklendirmesi ve disiplinler arası işbirlikleri ile yenilikçi çözümler geliştirmesi önemli bir zarurettir. Disiplinimizin doğası gereği sürdürülebilirlik bağlamında liderlik rolü üstlenebilecek olan biz mimarların sorumluluklarımızın farkındalığıyla bugünün yaşam kalitesini artırma ve gelecek nesillere daha yaşanabilir bir çevre bırakma misyonuna sahip çıkmamız ve zamanın ruhunu anlayarak geleceği inşa etmemiz, böylece daha iyi bir dünyaya dair umutları yine ve yeniden yeşertmemiz temel görevimiz olmalıdır. Aynı şeyleri tekrar ederek daha iyi bir dünya beklemek hatasına düşmeden “çareSİZ” olmadığımızı, çarenin “BİZ” olduğunu bir an önce anladığımız ve harekete geçtiğimiz yarınlara umuduyla...

Figen Beyhan

KTÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü'nde 1989 yılında lisans eğitimini tamamlamış, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'ndan "Türkiye briketlerinin ısı davranışları" başlıklı tezi ile 1994 yılında yüksek lisans ve "Yapıların projeleri üzerinden yangın güvenlik analizinin bilgisayar modeli ve programı" başlıklı tezi ile 1999 yılında doktora derecelerini almıştır. 1995-2000 yılları arasında KTÜ Mimarlık Bölümü'nde araştırma görevlisi, 2001-2002 yılları arasında KTÜ İç Mimarlık Bölümü'nde öğretim görevlisi, 2003-2008 yılları arasında KTÜ Mimarlık Bölümü'nde Yardımcı Doçent ve 2009-2011 yılları arasında Doçent olarak görev yapmıştır. 2003-2004 yıllarında University of New South Wales-The Faculty of Building Environment-Sydney'de misafir öğretim üyesi olarak araştırmalarını sürdürmüştür. 2008-2011 tarihleri arasında KTÜ Yapı Bilgisi Anabilim Dalı Başkanlığı ve 2009 yılında KTÜ Mimarlık Bölüm Başkan Yardımcılığı görevlerini yürütmüştür. Eylül 2010-Şubat 2011 tarihleri arasında Farabi Değişim Programı ile Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmıştır. Kasım 2011 tarihinden itibaren Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde Doçent olarak göreve başlamış, Ocak 2015 tarihinde ise Profesör unvanını almıştır. Aynı zamanda 2011-2016 yılları arasında Gazi Üniversitesi İç Mimarlık Bölüm Başkanlığı ve 2017-2020 yılları arasında Senato Üyeliği görevlerini yürütmüştür. Akademik görevlerinin yanı sıra Şubat 2024 tarihinden itibaren TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi 2. Başkanı olarak görev yapmaktadır. Yapı sektöründe yer alan firmalar, dernekler, vakıflar ve Bakanlıklar ile işbirliği çerçevesinde çok sayıda mesleki eğitimler vermiş, çalıştaylarda görev almış ve yarışma jürilerine katkılar sunmuştur. Çalışma alanları olan Mimari Tasarım ve Yapı Fiziği kapsamında yapılarda yangın güvenliği, enerji etkin yapı tasarımı, sürdürülebilir mimarlık, adli mimarlık konularında ulusal ve uluslararası makaleleri, araştırma projeleri, kitapları, bildirileri bulunmaktadır.

Kentlerde Sürdürülebilir Gelecek için Tasarım: Enerji Verimliliği

Bugün, iklim değişikliği ve çevresel sorunlar tüm dünya ülkelerinin öncelikli gündemi haline gelmiştir. Kentler, büyük nüfusları, hızlı büyümeleri, plansız gelişimleri ve artan enerji tüketimleri nedeniyle bu sorunların merkezindedir. Fosil yakıt tüketimine dayanan enerji kullanımı ile büyüyen karbon ayak izi, yoğun kullanım nedeniyle kaynakların tükenme riski, enerji üretimi amaçlı yürütülen altyapı projeleri ile doğal habitatların tahribatı ve enerji arzında yaşanan dengesizlikler ile fiyat dalgalanmalarının yarattığı sosyal eşitsizlikler sürdürülebilir kalkınma hedefleri içerisinde büyük öneme sahip olan enerji verimliliğini son derece önemli bir konu haline getirmiştir. Bu durum enerji kullanımını optimize etmek, çevresel etkileri azaltmak ve enerji güvenliğini artırmak odaklı bir yaklaşımla binaların ve altyapının enerji verimliliğini artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yaparak enerji arzını çeşitlendirmek ve karbon ayak izini azaltmak, enerji politikaları geliştirerek enerji verimliliği ve sürdürülebilir enerji kullanımı için çerçeveler oluşturmak hedeflerini kentlerin gelecek vizyonuna taşımayı zorunlu kılmaktadır. Bu gerçekliğin kabulü ile TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi'nin 55. sayısı olan **"Enerji Verimliliği: Türkiye'de Kentlerin Rolü ve Gelecek Perspektifleri"** temalı bu Dosya sayımızda ilgili konu kapsamında farklı perspektifler açabilecek yazılara yer vermek amaçlanmıştır.

Designing for a Sustainable Future in Cities: Energy Efficiency

Today, climate change and environmental problems have become the priority agenda of all countries around the world. Cities are at the center of these problems due to their large populations, rapid growth, unplanned development, and increasing energy consumption. The growing carbon footprint due to energy use based on fossil fuel consumption, the risk of resource depletion due to intensive use, the destruction of natural habitats with infrastructure projects carried out for energy production, and social inequalities caused by imbalances in energy supply and price fluctuations have made energy efficiency, which is of great importance in sustainable development goals, a crucial issue. This situation makes it imperative to bring the goals of increasing the energy efficiency of buildings and infrastructure, diversifying energy supply, and reducing carbon footprint by investing in renewable energy sources, developing energy policies, and creating frameworks for energy efficiency and sustainable energy use into the future vision of cities with an approach focused on optimizing energy use, reducing environmental impacts and increasing energy security. Recognizing this reality, UCTEA Chamber of Architects Ankara Branch's 55th issue, ***“Energy Efficiency: The Role of Cities in Turkey and Future Perspectives”*** is aimed to include articles that can open different perspectives within the scope of the relevant subject.

ÜLKEMİZDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ KAPSAMINDA BİNALARDA ENERJİ TASARRUFU VE BİNA ENERJİ KİMLİKLERİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

Yelda Altınsoy, Dr., T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

GİRİŞ

Enerji ihtiyacındaki artış özellikle buhar makine-lerinin icadı ile başlayan endüstri devrimi süreci ile birlikte oldukça hızlı bir ivmelenme göstermiştir. İnsanlığın enerji ihtiyacı antik çağlarda temel olarak ısınma iken bugün teknolojinin gelişmesi ile sürdürülebilir bir kalkınmanın da sağlanmasını yanında getirmektedir. Bu nedenle enerji ihtiyacındaki artış geçmişte tahmin edilemeyecek düzeylere gelmiştir. Burada dikkat çeken bir başka önemli konu ise, enerji ihtiyacında meydana gelen artışla birlikte fosil yakıtlara bağlı enerji üretiminden kaynaklı sera gazı emisyonlarıdır. Enerji üretiminin fosil yakıtlardan elde edilmesi ile birlikte iklim değişikliğine neden olan özellikle CO₂ emisyonları, enerji üretimini fosil yakıtlardan bağımsız yeni enerji üretim teknolojilerinin geliştirilmesine yönlendirmiştir.

Ancak yeni üretim teknolojilerinin geliştirilmesinde Ar-Ge ve yatırım maliyetleri ekonomik açıdan başka bir sorun teşkil etmektedir. Bu durumda enerji üretiminin yanında enerji verimliliği de günümüzde oldukça önemli bir noktada durmaktadır. Ül-

kemizde enerjinin verimli kullanılması açısından önemli çalışmalar devlet öncülüğünde başlatılmıştır. Bununla birlikte endüstriyel işletmeler için hem emisyonlar hem de enerji maliyetlerinin özellikle ticari işletmeler üzerinde rekabet gücünü azaltıcı bir faktör olarak durduğu aşikardır. Bununla birlikte enerji verimliliğinin ticari işletmeler kadar insan yaşamında da hayatın sürdürülebilirliği anlamında önem kazandığı göz önüne alınmalıdır. Özellikle enerji maliyetleri, bireysel alanda binalardan kaynaklı enerji kayıpları açısından insanların sosyo-ekonomik refahını etkiler duruma gelmiştir.

Ülkemizde bu kapsamda alınan önemler ve sağlanan teşvikler ETKB ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bünyesinde yürütülmektedir. Özellikle ETKB enerjinin verimli kullanılabilmesi için ölçme, analiz etme ve tasarruf noktaları belirleme ile birlikte en önemli adımları oluşturmuştur. Bu kapsamda enerji etütleri endüstriyel işletmelerin ve binalarda enerjinin verimli kullanılması ve kayıpların önlenmesi adına dikkat çekici bir unsur olarak ele alınmaktadır. Yapılan etüt çalışmaları ile işletmeler için enerji sistemleri incelenmekte, enerji verimliliği projeleri, kayıp-kaçakların önlen-

mesine dair öneriler ortaya çıkmakta ve işletmelerin enerji yoğunluklarını azaltmaları hedeflenmektedir. Bu kapsamda binalarda enerji verimliliğinin sağlanması için tıpkı endüstriyel alanda olduğu gibi binalarda da Bina Enerji Etüdü için bilgi toplama, analiz ve ölçüm aşamaları yapılmaktadır.

Hem binalar hem de endüstriyel tesisler için hazırlanan enerji etütleri sonrasında ortaya çıkan projeler ve öneriler konusunda, işletmelerin yatırım bütçeleri ve binalarda enerji verimliliğinin sağlanabilmesi adına bina sakinlerinin ekonomik gücü göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle ETKB tarafından desteklenen Enerji Performans Modelleri, VAP (Verimlilik Artırıcı Proje) Desteği ve 5. Bölge Teşvikleri projelerin yapılabilmesi konusunda işletmelere finansal anlamda katkı sağlamaktadır. Ancak bu durum binalar için aynı kapsamda yer almamaktadır.

Özellikle eski binalarda, enerji verimli ekipman ve sistem kullanımı, yalıtım, rehabilitasyon gibi yollarla; gereksiz enerji kullanımının, enerji kayıp ve kaçaklarının önlenmesi veya en aza indirilmesi ile ilgili çözümleri kapsayan projelerdir.

Sosyal ve ekonomik kalkınmanın en önemli girdilerinden birisi olan enerjiye olan ihtiyaç, bu kaynakların sınırlı olması ve artan talep nedeniyle ülkelerin enerji politikalarını gözden geçirmelerine ve enerji verimliliği uygulamalarına ağırlık vermelerine neden olmuştur.

2 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe giren 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu [1] ile ülkemizde enerji verimliliği konusunda ilk adım atılmış ve devamında 27 Ekim 2011 tarihinde Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik [2] yürürlüğe girmiştir. Son olarak 25 Ocak 2020 tarihinde güncellenen bu yönetmelik kapsamında:

“Yıllık toplam enerji tüketimi 1000 TEP ve üzeri olan endüstriyel işletmeler, şirketlere etüt yaptırır” ibaresi yer almaktadır.

Bu ibare, binalar için toplam inşaat alanı 20.000 m² veya yıllık toplam enerji tüketimi 500 TEP’in üzerinde olan ticari binalar ve hizmet binalarının yönetimi, bina yönetimi bulunmaması durumunda bina sahibi ile toplam inşaat alanı en az 10.000 m² veya yıllık toplam enerji tüketimi 250 TEP ve üzeri olan kamu kesimi binalarının yönetimleri, söz konusu binalar için şirketlere etüt yaptırır şeklinde yer almaktadır.

MATERYAL VE METOD

Enerji verimliliği kapsamında örnek bir tesis üzerinde enerji etüt projesi ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında kayıp ve kaçakların analizi için binanın yalıtım, ısıtma, soğutma ve havalandırma durumları, pompa, motor, aydınlatma ve elektrikli cihazlar ile ilgili olarak gerekli test cihazları kullanılarak ölçümler alınmıştır. Bu ölçümler sonucunda yapıların mevcut enerji performans durumu, tüketimleri ve yıllara göre CO₂ emisyon değerleri elde edilmiştir.

Enerji verimliliğine yönelik olarak alınabilecek tedbirler, tasarruf miktarları ve bu tasarruflar için gerekli olan yatırımların geri ödeme süreleri, bugünkü değerleri ve iç kârlılık oranları çalışma içerisinde yer almaktadır.

Enerji etüdü çalışması kapsamında; 2021, 2022 ve 2023 olmak üzere son üç yıla ait enerji tüketim değerleri ve maliyetleri ile girdi profili analiz edilmiştir. Tüm tüketim değerleri birimin teknik yetkisi ve enerji yöneticisinden temin edilmiştir.

TESİSTE BULUNAN BİNALAR İÇİN ENERJİ TÜKETİM HESAPLARI

Tesiste bulunan söz konusu yapılarda analizler, toplam kullanım alanı ve binalardaki toplam çalışan sayısı verileri üzerinden enerji tüketim verileri dikkate alınarak yapılmıştır.

Binalarda soğutma ihtiyacı chiller sistemi ve bazı odalarda ek olarak split klima ile gerçekleştirilmektedir. Isıtma ihtiyacında ise kazanlar kullanılmaktadır. Ayrıca binalarda merkezi havalandırma sistemi bulunmaktadır. Ancak ilgili havalandırma sistemi aktif olarak çalışmamaktadır. Toplam 6 adet binada çalışan sayısı 223’tür.

Toplam tüketim verileri ise 2023 yılı için Tablo 1’de elektrik, Tablo 2’de doğalgaz tüketimleri ve Tablo 3’te 2023 yılı ısıtma ve soğutma derece gün sayısı olmak üzere verilmektedir. Tüm tüketim değerleri sorumlu birim yetkililerinden temin edilmiştir.

AY/2023	Tüketim		Maliyet (TL)
	KWh	TEP	
Ocak	80.335	6,90	403.775
Şubat	73.374	6,30	368.000
Mart	65.460	5,65	330.000
Nisan	54.265	4,70	238.250
Mayıs	47.418	4,10	208.192
Haziran	36.487	3,15	160.198
Temmuz	59.376	5,10	207.516
Ağustos	94.402	8,15	430.279
Eylül	40.225	3,45	182.920
Ekim	43.961	3,80	203.955
Kasım	57.794	5,00	268.130
Aralık	62.608	5,40	290.460

Tablo 1. 2023 yılı elektrik tüketimi.

AY/2023	Tüketim		Maliyet (TL)
	Sm ³	TEP	
Ocak	35.760	29,46	289.935
Şubat	37.860	31,23	307.405
Mart	26.000	21,38	211.950
Nisan	11.905	9,82	97.835
Mayıs	4.260	3,51	35.095
Haziran	1.180	0,98	9.765
Temmuz	1.650	1,38	13.645
Ağustos	780	0,65	6.507
Eylül	287	0,25	2.432
Ekim	3.175	2,62	31.790
Kasım	16.753	13,82	168.905
Aralık	28.240	23,71	291.213

Tablo 2. 2023 yılı doğalgaz tüketimi.

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Isıtma	438	477	304	205	51	-	-	-	-	50	207	343
Soğutma	-	-	-	-	-	7	101	195	18	-	-	-

Tablo 3. 2023 yılı ısıtma ve soğutma derece gün sayısı.

BİNALARDA MİMARİ DURUM

Tesis genelinde 6 farklı bina için yapılan değerlendirme ve analizleri içeren bu çalışmada binaların mimari yapıları ve metrekare alanları, ayrıca enerji kimlik sınıfları aşağıda Tablo 4’de gösterilmektedir.

Bina numarası/işletmeye alma yılı	Kullanım alanı (m ²) / Isı Tüketim (KWh/m ²) TS 825’e göre [2]	EKB Sınıfı
1-1996	2.460/26,88	E
2-1998	14.250/26,87	E
3-1996	1.625/-	D
4-1996	1.225/-	C
5-1996	500/-	Yok
6-1996	445/-	Yok

Tablo 4. Bina bilgileri.

Tesis içinde bulunan ve aynı ETB kategorisinde bulunan iki bina için metre-küp doğal gaz tüketimine göre mevcut ısı eldesi TS 825’e [3] göre hesaplandığında, binalardan işletmeye daha geç giren 2 numaralı binanın metrekare alanına göre daha az enerji kaybı yaşadığı görülmektedir. Bu amaçla tüm tesis için hesaplamalar yerine örnek hesaplamalar Bina 2 olarak ele alınıp bu çalışma-

da verilecektir. Bina 2 için mevcut durum analizi aşağıda Tablo 5’te verilmektedir.

Bina 2 için mevcut durumda Q_{yıl} değeri 3.335.582.340 kJ olarak bulunmuştur.

$$3.335.582.340 * 0,000278 = 927.291,89 \text{ kWh}$$

Denklem 1’den m³ hacim başına düşen kWh ısı enerjisi hesaplanmaktadır.

$$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} \quad (1)$$

$$Q = 927.291,89 / 34500$$

Burada Q = 26,87 kWh/m³ olarak elde edilmektedir.

Tablo 6’da aylık olarak ısı kayıpları ve ısıtma enerjisi ihtiyacının hesapsal tablosu verilmektedir. Burada bina toplam alan ve brüt bina hacmi hesaplamalarda önem arz etmektedir.

Tablo 6’da verilen veriler ve örnek hesaplamalar ile elde edilen Bina 2 için Q_{yıl} ısı kaybı değeri 1.746.711.297 kJ olarak bulunmuştur.

Metreküp hacim başına toplam ısı:

$$1.746.711.297 * 0,000278 = 485.586 \text{ kWh}$$

$$\text{Denklem 1’den, } Q = 485.586 / 34500$$

$$Q = 14,07 \text{ kWh/m}^3 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Isı kayıplarının deneysel analizinde binalarda termal kamera yardımıyla ısı kayıplarının değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Bu nedenle binalarda termal kamera ile yapılan ölçümler ve Bina 2 için görsel, Şekil 1’de verilmektedir.

ANA BİNA MEVCUT DURUM									
Aylar	Isı kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	TOPLAM			
	(W/K)	(K C)	(W)	(W)	(W)	(W)			
OCAK	17.038,94	19,3	328.852	55.200	23.973	43.173	0,36	0,94	705.478.781
ŞUBAT		18,9	322.036		29.606	48.806	0,39	0,92	673.212.072
MART		14,9	253.880		34.210	53.410	0,53	0,85	484.618.774
NISAN		8,9	151.647		38.286	57.486	0,92	0,66	209.064.187
MAYIS		4,6	78.379		42.449	61.649	1,87	0,41	8.364.481
HAZİRAN		0,5	8.519		44.316	63.516	17,49	0,00	0
TEMMUZ		0	0		43.265	62.465	0	0,00	0
AĞUSTOS		0	0		41.121	60.321	0	0,00	0
EYL OL		1,8	30.670		35.852	55.052	4,45	0,00	0
EKİM		7,4	126.088		29.826	49.026	1,01	0,63	164.745.108
KASIM		13,4	228.322		22.909	42.109	0,51	0,86	447.663.567
ARALIK		17,7	301.589		21.033	40.233	0,38	0,93	642.435.369
OYIL=									3.335.582.340

Tablo 5. Bina 2 mevcut durum.

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_1 + H_2$ (W/m²)	ΔT (K, °C)	$H_1 (\sum U_i \cdot A_i)$ (W)	I (W)	$Q_{g,ay}$ (W)	$T_i - T_e$ (°C)			
OCAK		19,3	219,572	55,200	23,973	79,173	0,36	0,94	376,227,867
ŞUBAT		18,9	215,022		26,606	84,806	0,39	0,92	365,104,052
MART		14,0	169,514		34,210	89,410	0,53	0,85	242,303,005
NİSAN		8,9	101,254		38,286	93,486	0,92	0,66	102,520,650
MAYIS		4,6	52,333		42,449	97,649	1,87	0,41	31,874,291
HAZİRAN	11,376,80	0,5	5,688		44,316	99,516	17,49	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		43,265	98,465	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		41,121	96,321	0,00	0,00	0
EYLÜL		1,8	20,478		35,852	91,052	4,45	0,00	0
EKİM		7,4	84,188		29,826	85,026	1,01	0,63	79,372,017
KASIM		13,4	152,449		22,909	78,109	0,51	0,86	221,033,889
ARALIK		17,7	201,369		21,033	76,233	0,38	0,93	338,185,135

$Q_{ay} = [H_1 (\sum U_i \cdot A_i) + (\sum Q_{g,ay} + \sum Q_{i,ay})] \cdot \Delta T$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$ $Q_{iy} = Q_{ay} = 1.746.711,297$

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 1.746.711,297 \text{ (kJ)} = 485.686 \text{ kWh}$

İç ısı Kazancı $\sum Q_{i,ay} = \sum Q_{i,ay} \cdot \Delta T$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $Q_{g,ay} = \sum Q_{g,ay} \cdot \Delta T$ (W)

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\sum Q_{g,ay} + \sum Q_{i,ay}) / H_1 (\sum U_i \cdot A_i)$

Kazanç kullanım faktörü $\eta = 1 - e^{-(KKO_{ay})}$

$A_{toplam} = 8.180 \text{ m}^2$

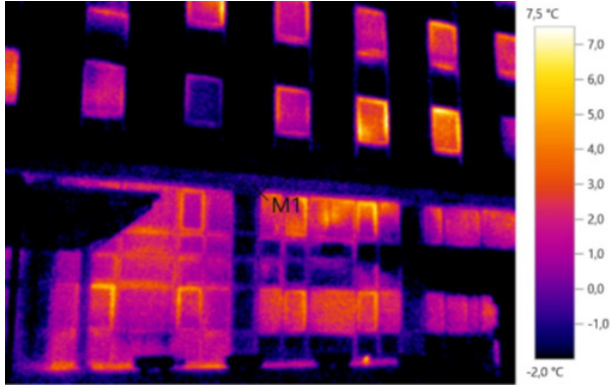
$V_{brüt} = 34500 \text{ m}^3$

Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi

$Q = Q_{iy} / V_{brüt} = 14,07 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 11,040 \text{ m}^2$

$A_{top} / V_{brüt} = 0,24$ oranı 3. bölge için EK A,2' den alınan $C^* = 24,4 \times A/V + 11,7$ formülünde yerine konduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q^* = 17,49 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.

Tablo 6. Bina 2 için aylara göre ısı kayıpları ve ısıtma enerji ihtiyacı hesaplamaları.



Şekil 1. Bina 2 Termal Kamera görüntüsü.

Şekil 1’de verilen görselden de analiz edildiği üzere termal kamera ile yapılan ısı ölçümlerinde ısı kayıplarının pencere ve pervazlardan kaynaklandığı dikkat çekmektedir. Özellikle pencere camları ısının en çok kaybedildiği alanlar olarak sıcaklık skalasında santigrat derece olarak belirlenmiştir. Tablo 7’de TSE 825 [3] standardına göre ısı geçirgenlik katsayıları verilmektedir.

	U_D (W/m²K)	U_T (W/m²K)	U_I (W/m²K)	U_{P^*} (W/m²K)
1. Bölge	0,7	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,6	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,5	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,35	0,40	2,4

Tablo 7. TS 825 bölgelere göre en yüksek sınır değer ısı geçirgenlik katsayıları [3].

Kampüsün bulunduğu bölge dikkate alındığında Tablo 7’de verilen değerlere göre binalarda ısı geçirgenlik katsayısı en yüksek 0,5 olması gerekirken

binalarda ısı geçirgenlik katsayısı (U) değerlerinin 1,785 W/m²K olduğu hesaplanmıştır. Tablo 8’de İZODER TS 825 hesap programı [4] ile Bina 2 için ısı kayıplarına yönelik hesaplamalar yapılmıştır.

Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği’nin ısı kayıplarının hesaplanması ve binalarda yalıtım hesaplamalarına yönelik programı yardımıyla yapılan Bina 2 için toplam kayıplar Tablo 8’de verilmektedir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada tesis içinde bulunan ana bina, başkanlık, kütüphane, sosyal tesis ve iki adet güvenlik binası hesaplamalara dahil edilmiştir. Söz konusu yapılarıdaki toplam kullanım alanı ve binalardaki toplam çalışan sayısı verileri üzerinden analizler yapılmıştır.

Söz konusu tesiste bulunan toplam 6 adet bina için 2023 yılına ait enerji tüketimleri yaklaşık olarak elektrik tüketimi için 716.000 kW/Yıl, doğal gaz tüketimi için 169.000 Sm³/yıl ve enerji maliyet oranları sırasıyla %69 ve %30 olarak gerçekleşmiştir. Bununla birlikte toplam ton eşdeğer petrol miktarı 200 olarak hesaplanmıştır. Buradan ısınma olarak sadece kış mevsimi göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle elektrik tüketimine göre daha az bir miktarda doğal gaz tüketimi meydana gelmesi doğaldır. Yapılan çalışmada ölçüm ve analiz sonuçları dikkate alındığında binalar için iyileştirme projeleri şu şekilde belirlenmiştir:

- Kış aylarında özellikle doğal gaz ihtiyacının azaltılması için dış cephe yalıtımının yetersiz olduğu ve bu nedenle yalıtım çalışmaları ile yıllık 520.000 TL tasarruf sağlanabilmektedir. Uygulamanın yatırım maliyeti 5204.155,75 TL’dir. Geri ödeme süresi ise 9,98 yıldır.
- Kapı-pencerelerin ısı iletim katsayılarının ve ısı kayıplarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapılacak yalıtım çalışması ile yıllık 388.658,00 TL tasarruf sağlanabilmektedir. Uygulamanın yatırım maliyeti 2187.600,00 TL’dir. Geri ödeme süresi ise 5,63 yıldır.
- Elektrik tüketen cihazların tamamen kapatılması yerine stand-by durumunda bırakıldığı görülmüştür. Cihazların stand-by elektrik kullanımları üzerinden ne kadar tasarruf yapılabileceği analiz edilmiş ve iyileştirme önerilmiştir. Kullanılan elektrikli cihazların stand-by modunda kullanılması yerine güç noktasından

kapatmak ya da fişlerinin çekilerek kullanılması sonucunda yıllık 291.471,80 TL tasarruf olacağı öngörülmüştür. Uygulamanın yatırım maliyeti bulunmamaktadır.

- Çatı GES uygulaması yapılması halinde yıllık 23.161,76\$ (708.750,00 TL) tasarruf sağlanabilmektedir. Uygulamanın yatırım maliyeti 150.000,00\$ (4590.000,00 TL) olup geri ödeme süresi 6,48 yıldır.

BİNANIN ÖZGÜL ISI KAYBI HESAPLAMA ÇİZELGESİ									
Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isı İletkenlik Hesap Değeri	Isı İletkenlik Dönüştürme	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybı	Isı Kaybı	Isı Kaybı
		d(m)	(W/mK)	R (m ² /W)	U (m ² /W)	A (m ²)	Q _U (W/K)	Q _U (W/K)	Q _U (W/K)
DUVAR:Dış Hava ile İç Hava Arası Dışarı 1.1	1/1 Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (q)				6,130				
	4.3 Alçı harç,kireçli alçı harç	0,02	0,7	0,029					
	7.1.3.3 TS EN 771-1 e uygun dolu veya	0,25	0,58	0,368					
	4.2 Çimento harç	0,01	1,6	0,160					
	10.3.2 Mineral ve bitümlü 100 mm yalıtım	0,17	0,04	4,250					
	4.2 Çimento harç	0,02	1,6	0,313					
1/1 q Yüzeysel ısı iletim katsayısı (qg)					6,340				
TOPLAM					6,847	6,306	1066,00	219,91	
DUVAR:Dış Hava ile İç Hava Arası Dışarı 1.2	1/1 Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (q)				6,130				
	4.3 Alçı harç,kireçli alçı harç	0,02	0,7	0,029					
	5.1.1 Donatı	0,3	2,5	0,120					
	4.3 Alçı harç,kireçli alçı harç	0,02	0,7	0,029					
	10.3.2 Mineral ve bitümlü 100 mm yalıtım	0,17	0,04	4,250					
	4.2 Çimento harç	0,02	1,6	0,313					
1/1 q Yüzeysel ısı iletim katsayısı (qg)					6,340				
TOPLAM					6,824	6,218	1840,00	397,92	
DUVAR:İç Hava ile İç Hava Arası Dışarı 2.1	1/1 Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (q)				6,130				
	4.2 Çimento harç	0,02	1,6	0,313					
	7.1.3.3 TS EN 771-1 e uygun dolu veya	0,25	0,58	0,368					
	4.2 Çimento harç	0,02	1,6	0,313					
	1/1 q Yüzeysel ısı iletim katsayısı (qg)					6,130			
TOPLAM					0,5 x A x U	6,06	1,978	1,00	0,99
DUVAR:İç Hava ile İç Hava Arası Dışarı 2.2	1/1 Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (q)				6,130				
	4.2 Çimento harç	0,02	1,6	0,313					
	5.1.1 Donatı	0,3	2,5	0,120					
	4.2 Çimento harç	0,02	1,6	0,313					
	1/1 q Yüzeysel ısı iletim katsayısı (qg)					6,130			
TOPLAM					0,5 x A x U	1,85	2,597	1,00	1,39
DUVAR:İç Hava ile İç Hava Arası Dışarı 3.1	1/1 Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (q)				6,130				
	4.2 Çimento harç	0,02	1,6	0,313					
	10.3.2 Mineral ve bitümlü 100 mm yalıtım	0,15	0,04	3,760					
	4.3 Alçı harç,kireçli alçı harç	0,02	0,7	0,029					
	5.1.1 Donatı	0,25	2,5	0,100					
	3.1 Kurum çimento harç (m ²)	0,4	0,7	0,371					
1/1 q Yüzeysel ısı iletim katsayısı (qg)					6,300				
TOPLAM					0,5 x A x U	4,593	6,218	349,00	37,02
TAVAN:Üstten Açık Tavan 1.1	1/1 Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (q)				6,130				
	4.3 Alçı harç,kireçli alçı harç	0,02	0,7	0,029					
	5.1.1 Donatı	0,12	2,5	0,348					
	5.1.2 Donatı	0,05	1,55	0,330					
	10.3.2.3 Polimer bitümlü su yalıtım örtüsü	0,003	0,19	0,316					
	10.3.2.3 Bitümlü polietilen köpüğü - Y6	0,2	0,035	0,154					
4.2 Çimento harç	0,02	1,6	0,313						
3.1 Kurum çimento harç (m ²)	0,15	0,7	0,214						
1/1 q Yüzeysel ısı iletim katsayısı (qg)					6,340				
TOPLAM					0,5 x A x U	4,593	6,218	349,00	37,02
Yapı Elemanı Kalınlığı Isı İletkenlik Hesap Değeri Isı İletkenlik Dönüştürme Isı Geçirgenlik Katsayısı Isı Geçirgenlik Katsayısı Isı Kaybı									
Binadaki Yapı Elemanları		d(m)	(W/mK)	R (m ² /W)	U (m ² /W)	A (m ²)	Q _U (W/K)	Q _U (W/K)	Q _U (W/K)
TOPLAM					6,257	6,160	1561,00	248,48	
TAVAN:Çatılı Bulunan Tavan 2.1	1/1 Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (q)				6,130				
	1/1 Polikarbon	0,016	0,0525	0,366					
	1/1 q Yüzeysel ısı iletim katsayısı (qg)				0,340				
TOPLAM					4,76	2,160	76,00	163,76	
TAVAN:Toprak Temalı Tavan 1.1	1/1 Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (q)				6,130				
	1.8 Yayıp Taşlar	0,036	1,3	0,364					
	6.1.2 Duvarlık	0,05	1,65	0,300					
	5.1.1 Donatı	0,2	2,5	0,240					
	3.1 Kurum çimento harç (m ²)	0,8	0,7	1,143					
	1/1 q Yüzeysel ısı iletim katsayısı (qg)				0,360				
TOPLAM					0,5 x A x U	1,427	8,701	946,00	331,46
TAVAN:İç Hava ile İç Hava Arası Dışarı 2.1	1/1 Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (q)				6,130				
	1.8 Yayıp Taşlar	0,036	1,3	0,364					
	5.1.1 Donatı	0,12	2,5	0,348					
	4.3 Alçı harç,kireçli alçı harç	0,02	0,7	0,029					
	10.3.2 Mineral ve bitümlü 100 mm yalıtım	0,12	0,04	3,200					
	4.3 Alçı harç,kireçli alçı harç	0,02	0,7	0,029					
1/1 q Yüzeysel ısı iletim katsayısı (qg)				6,130					
TOPLAM					0,5 x A x U	3,449	8,230	625,00	50,61
TAVAN:Açık Çatılı Üstten Tavan 3.1	1/1 Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (q)				6,130				
	4.6 Çimento harçlı çap	0,05	1,4	0,356					
	5.1.1 Donatı	0,2	2,5	0,240					
	10.3.2 Mineral ve bitümlü 100 mm yalıtım	0,12	0,04	3,200					
	4.2 Çimento harç	0,02	1,6	0,313					
	1/1 q Yüzeysel ısı iletim katsayısı (qg)				0,340				
TOPLAM					0,5 x A x U	3,338	8,340	249,00	74,29
Dış Pencere 1					1,7	1466	2436,8		
Dış Kapı 1					4	0	24		
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							4,996,6		
AU = U _{PA} × A _{PA} + U _{PA} × A _{PA} + 0,8 U _{TA} × A _{TA} + 0,5 U _{TA} × A _{TA} + ...							İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; HT = AU × ΔT		
Özgül ısı kaybı ; H = HT + H _v							Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı H _v = 0,33 × m _v × h _v = 7,286,4 W/K		
H = HT + H _v =11,278,3... W/K									

KAYNAKÇA

- 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, (2007) Resmi Gazete, Tarih: 02.05.2007, Sayı 26510.
- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik (2011). Resmi Gazete, Tarih: 27.10.2011, Sayı: 28097.
- TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, (2009). Türk Standartları Enstitüsü, ICS 91.120.10.
- İZODER 825 hesap programı, <https://www.izoder.org.tr/sayfa/30/ts-825-hesap-programi>.

Yelda Altınsoy

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı EVÇED Başkanlığı'nda başkan danışmanı olarak çalışmaktadır. İki farklı doktora programını tamamlamıştır. Bunlardan birincisi Mart 2022 yılında tamamladığı Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji ABD doktora programı, diğeri Ağustos 2022 yılında tamamladığı Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Proses ABD doktora programıdır. 2022-2024 yılları arasında Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nde lisans, yüksek lisans ve doktora dersleri vermiştir.

Uzmanlık konuları arasında; termodinamik, ısı transferi, akışkanlar mekaniği ve enerji bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği konularında 20 yılı aşkın deneyimi bulunmaktadır. Akışkan yataklı kazanlar, ısıtma soğutma sistemleri, bileşik ısı güç ve kojenerasyon uygulamaları olmak üzere model ve deneysel çalışmalar yanında hava kirliliği ve kontrolü konularında da çalışmaları bulunmaktadır.

Ülkemizde Enerji Verimliliği Kapsamında Binalarda Enerji Tasarrufu ve Bina Enerji Kimliklerine Yönelik Bir Çalışma

Bu çalışmada mimari yapılarda özellikle ısıtma-soğutma alanında enerji verimliliğinin kullanılmasına yönelik bir örnek bir çalışma yapılmıştır. Özellikle bina ısı kaybı ve ısı kaybından kaynaklı konfor alanında meydana gelen sorun yüzünden elektrik enerjisi kullanımında meydana gelen yoğunluk, binalar için enerjinin verimli kullanılmasına yönelik en büyük engellerden birisi olarak dikkat çekmektedir. Burada binalarda enerji kullanımı ve maliyetler enerji faturaları yoluyla incelenmiş ve sistemde meydana gelen restorasyon ve ekipman revizyonları ile gelecekte maliyetlerdeki düşüşler ile ilgili hesaplamalar TS 825 Standardında belirtilen hesaplamalar ile gösterilmiştir. Isı kayıplarına yönelik önlem alma faaliyetlerinde TS 825 Standardı hesaplamaları ile uygulanması öngörülen önlemlerde maliyet analizi hesaplanmıştır. Bu çalışmada ısı kayıplarının izolasyon uygulamaları ve enerji sistemi uygulaması ile geri dönüş süresi yıl bazında verilmiştir. Tesiste bulunan toplam 6 bina için öngörülen iyileştirme yöntemlerinden özellikle kış ayları için doğal gaz ihtiyacının azaltılması için dış cephe yalıtımının yıllık 520.000 TL, kapı-pencerelerin ısı iletim katsayılarının ve ısı kayıplarının yüksek olması sebebiyle yıllık 388.658 TL ve elektrik tüketen cihazların tamamen kapatılması yerine stand-by durumunda bırakıldığı görülmüştür. Cihazların stand-by elektrik kullanımları üzerinden ne kadar tasarruf yapılabileceği analiz edilmiş ve iyileştirme önerilmiştir. Kullanılan elektrikli cihazların stand-by modunda kullanılması yerine güç noktasından kapatmak ya da fişlerinin çekilerek kullanılması sonucunda yıllık 291.471 TL tasarruf olacağı öngörülmüştür.

Anahtar kelimeler: Enerji verimliliği, ısı yalıtımı, TS 825 Standardı, enerji tüketimi, maliyet analizi.

A Study on Energy Savings and Building Energy Identities in the Scope of Energy Efficiency in Our Country

In this research, a study was conducted on the use of energy efficiency in architectural structures, especially heating and cooling. The increase in the use of electrical energy, especially due to the problem of building heat loss and comfort caused by heat loss, draws attention as one of the biggest obstacles to the efficient use of energy in architectural structures. Here, energy use and costs in buildings are examined through energy bills, and calculations regarding restoration and equipment revisions in the system and calculations regarding the reduction of costs in the future are shown with the calculations specified in the TS 825 Standard. TS 825 Standard calculations and the measures planned to be implemented in the activities to take precautions against heat losses were determined by cost analysis. In this study, the return period of heat losses caused by insulation applications and energy system application is given on an annual basis. Exterior insulation, one of the improvement methods envisaged for a total of 6 buildings in the facility, will cost 520,000 TL annually to reduce the need for natural gas, especially in winter months, and 388,658 TL annually due to high heat transmission coefficients and heat. Doors and windows disappear and electricity-consuming devices are put on standby rather than completely turned off. It was seen that he remained in this situation. It was analyzed how much savings could be achieved by using stand-by electricity of the devices and suggestions for improvement were made. It is estimated that 291,471 TL will be saved annually as a result of turning off or unplugging the electrical devices used instead of using them in standby mode.

Keywords: Energy efficiency, thermal insulation, TS 825 Standard, energy consumption, cost analysis.

TÜRKİYE’NİN YEŞİL SATIN ALMA TUTUMUNA MİMARİ BİR BAKIŞ

Ebru Kılıç Bakırhan, Arş. Gör., Merve Tuna Kayılı, Doç. Dr.,
Karabük Üniversitesi Başak Cengiz Mimarlık Bölümü

1. Giriş

Yeşil Satın Alım Projesi (YSA), Türkiye’nin AB’ye uyum sürecinde 2011 yılında başlatılmıştır. İngiltere Büyükelçiliği Refah Fonu tarafından desteklenen bu proje, Kamu İhale Kurumu ve REC Türkiye tarafından yürütülmektedir (Kamu İhale Kurumu, 2022). Bu aşamada, Türkiye’deki kamu idarecilerinin satın alımlarda sergiledikleri tutumları gözden geçirmek ve gerekli çıkarımlarda bulunmak, sürdürülebilir kalkınma açısından faydalı olacaktır.

Yeşil kamu alımlarının çevresel, sosyal, ekonomik ve politik birçok yararı bulunmaktadır. Çevresel açıdan, atık kullanımını teşvik etmesi, su ve enerji verimliliğini önceleme, ormansızlaşma ile mücadele etmesi, sera gazı emisyonlarını azaltması, hava, toprak ve su kirliliğini sınırlaması ve sürdürülebilir tarıma yönelmesi gibi olumlu etkileri vardır. Sosyal ve insan sağlığı açısından, yaşam kalitesini artırması, yüksek kalite standartlarını hedeflemesi ve genel standartları iyileştirmesi önemlidir. Ekonomik olarak ise, para ve kaynakların etkin kullanımını sağlaması, endüstriyel yenilikleri teşvik etmesi ve rekabet yoluyla fiyatları düşürmesi gibi pozitif etkileri bulunmaktadır. Politik açıdan, ürün ve hizmetlerin yeşile dönüşmesi fikri, hükümetin po-

litikaları üzerinde olumlu bir algı yaratarak kamu güvenini tazeleyebilir (Eroğlu, 2021, s. 161-162).

YSA’ya uygun adımlar atılırken, büyük pay sahibi olan sektörler için öncelikli sektörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu sektörler arasında inşaat, bilişim ve ulaşım başı çekmektedir. Bu bağlamda, çalışmanın konusu inşaat sektöründeki iyileştirmeler ve politikalar olacaktır.

2. YSA El Kitabı

YSA’ya yönelik yayınlanan el kitabının ana hedefi Avrupa’nın ana tüketicilerinden olan kamu idarelerinin sürdürülebilir satın almaya teşvik edilmesi yoluyla mal, hizmet ve yapım işlerinden kaynaklı çevresel etkilerin küresel ölçekte düşürülmesine katkı sağlamaktır. Bu mal, hizmet ve yapım işleri; enerji performansı yüksek bilgisayarlar, binalar ve araçlar olabileceği gibi geri kazanılmış malzemeler, çevre dostu ürünler ve yenilenebilir enerji kaynakları da olabilmektedir. YSA ile ilgili olarak binaların enerji performansına dair 2010/31/EC sayılı AB Direktifi’nde 2019 yılından itibaren kamu idarelerinin kullandığı mevcut olan veya kullanacağı yeni binaların neredeyse sıfır enerjili bina olması zorunluluğu getirilmiştir.

Yeşil Satın Alım el kitabında, tedarik sürecinin bir parçası olarak yeşil satın alma veya yeşil kamu alımları için çeşitli adımlar ve dikkat edilmesi gereken hususlar özetlenmektedir. Bunlar piyasa danışmanlığı, çevresel kriterlere uyulması, ticari öncesi satın alma, ortak satın alma, yaşam döngüsü maliyetlendirmesi ve iş vakası oluşturma şeklinde sıralanabilir.

Piyasa Danışmanlığı: Şeffaflık ve ayrımcı olmayan uygulamalar sağlayarak ihale prosedürünün hazırlanması için tavsiye almak üzere tedarikçilerle ön piyasa istişaresine katılmalıdır.

Çevresel Kriterlerin Kullanımı: Yaklaşan ihaleler için çevresel kriterler geliştirilmeli ve bunlar seminerlerde veya bilgilendirme günlerinde tedarikçilere sunulmalı ve tartışılmalıdır.

Ticari Öncesi Satın Alma: Mevcut piyasa çözümlerinin gereksinimleri karşılamadığı durumlarda, uygun çözümlerin belirlenmesi için araştırma ve geliştirme hizmetlerinin tedarik edilmesi önerilir. Bu satın alma süreci, 2014/24/AB sayılı Direktifin 14. Maddesindeki koşulları takip etmelidir.

Ortak Satın Alma: Tasarruf elde etmek ve çevresel, teknik ve piyasa bilgisini paylaşmak için bir grup kamu kurumu arasında tedarik faaliyetleri birleştirilmelidir.

Yaşam Döngüsü Maliyetlendirmesi: Sadece satın alma fiyatının değil, aynı zamanda enerji tüketimi ve bakım gibi kullanım ve bertaraf sırasında ortaya çıkan maliyetlerin de dikkate alınması gerekir.

Yeşil Kamu Alımları İçin İş Vakası Oluşturma: Finansal verimliliğe katkıda bulunan ve daha yüksek çevresel standartlar uygulayan satın alma araçlarından yararlanılabilir.

Bu adımların hepsi, mali verimliliğin yanı sıra ekolojik faydalar elde etmek için çevresel hususları kamu alım süreçlerine dahil etmeye yönelik metodik bir yaklaşımın parçasıdır (Avrupa Birliği 2016). Bu adımların YSA politikaları kapsamında uygulanması gerekir. El kitabından hareketle planlama, eğitim ve rehberlik, kıstasların belirlenmesi, denetleme ve paylaşma ve iş birliği başlıkları altında özetlenen bu aşamalarda ekonomik, çevresel ve sosyal faydanın gözetilmesi temel hedeftir (Görsel 1).

3. Uluslararası Sahada Yapılan Çevresel Hamleler ve Etkileri

Dünya genelinde Yeşil Satın Alma (YSA) stratejilerinin uygulanması, enerji tüketimi ve karbon salımlarında kayda değer azalmalar sağlamış; yerel kaynakların daha verimli kullanımı ile önemli tasarruf imkanları ortaya koymuştur. Kamu idarele-

Yeşil Satın Alma Politikası



Planlama Aşaması:

YSA'nın kapsamının, önceliklerin, mevcut kaynakların, hedeflerin belirlenmesi; siyasi destek sağlanması



Eğitim ve Rehberlik Aşaması:

Bilgi, eğitim, ağ oluşturma ve izleme faaliyetlerinin yürütülmesi, Yasal yükümlülükler kapsamında yeşil alımın sürecinin değerlendirilmesi, Yaşam döngüsü maliyetlendirmesi (YDM)



Kıstasların belirlenmesi:

Sözleşme konusu ve teknik şartnamenin çevresel etkiler kapsamında tanımlanması
Çevresel şartları ihlal eden seçeneklerin saf dışı bırakılması
Teşvik edici ihale kıstaslarının belirlenmesi ve YDM'lerin kıyaslanması



Denetleme Aşaması:

Çevresel duyarlılığa uygun hükümlerin belirlenmesi ve denetleme sisteminin oluşturulması



Paylaşma ve İşbirliği Aşaması:

Yüksek çevresel etkiye sahip sektörlerin ihalelerine özel yaklaşımların tanımlanması

Görsel 1. YSA politikasına dair aşamalar. Kaynak: AB (2016)'deki bilgiler özetlenerek görsellerle desteklenmiştir. AB (2016), *Buying Green! A handbook on green public procurement*, 3. Baskı, European Commission, doi: 10.2779/04621.

rinin geniş çaplı alımlarında yeşil kriterlere yönelmesi durumunda, çeşitli şehirlerde ve ülkelerde dikkate değer sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, Viyana’da karbon salımlarında yalnızca üç yıl içinde 100.000 tondan fazla azalma kaydedilmiştir. Hollanda’da ise bu azalma 3 milyon tona ulaşmakta ve kamu sektörüne ait enerji tüketimi %10 oranında düşürülebilmektedir. İngiltere’de tüm resmi kurumların YSA’ya uygun hareket etmesi durumunda yaklaşık 47 milyon avro tasarruf sağlanabileceği öngörülmektedir. Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde sadece aydınlatma ve ofis cihazlarının YSA’ya uygun seçilmesi durumunda, elektrik tüketiminde %50 oranında bir azalma ve karbon salımlarında 15 milyon tonluk bir düşüş mümkün olabilecektir (Avrupa Birliği, 2016, s. 5). Bu veriler, YSA stratejilerinin enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Çeşitli ülkelerde gerçekleştirilen çevre denetimleri, hükümet politikalarının izlenmesi, çevresel etkilerin değerlendirilmesi, uluslararası çevre anlaşmaları ile uyumun gözetilmesi ve mali çerçevenin çizilmesi açısından büyük bir önem taşımaktadır. Son dönemde Maldivler (2023), Birleşik Krallık (2023), Letonya (2023), Mısır (2022), Kanada (2022), Hindistan (2022), Avusturya (2022) ve Estonya (2022)’da mali denetimlerin yanı sıra uygunluk, performans ve önceliğe dayalı çeşitli çevresel denetimler gerçekleştirilmiştir. Bu denetimler, ulusal düzeyde çevresel duyarlılığın artırılmasının yanı sıra küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi küresel sorunların olumsuz etkilerinin azaltılmasında rehberlik edici bir rol oynamaktadır (Küçükaycan, 2023, s. 12).

Uluslararası çapta çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden bir diğer önemli uygulama ise eko-etiketlerin kullanımıdır. Eko-etiketler, tüketicilerin çevre dostu ürün ve hizmetleri tercih edebilmelerini sağlamak amacıyla oluşturulmuş, gönüllülük esasına dayalı sertifika sistemleridir (Şişman-Aydın, 2019). Üçüncü taraflarca verilen eko-etiketler, kamu kaynaklarının verimli kullanımı ve yeşil ihalelerin kapsamının genişletilmesini amaçlayan AB 2014 direktifleri çerçevesinde kullanılabilmektedir (AB, 2014). Bu etiketler, tüm ilgililerin erişimine açık, objektif ve teknik özellikleri içeren, şeffaf bir yapıya sahiptir. Danimarka, eko-etiketlerin kapsamlı kullanımında öncü bir rol üstlenmiş olup, bu etiketlerin kriterlerini teknik şartnameler ve ödül kriterlerine ekleyerek ürünlerin satın alma stratejilerine dahil etmektedir. Çevresel etiketlere önem veren bir diğer ülke olan Çek Cumhuriyeti’nde ise

bakanlıklar tarafından yıllık 20 milyon avronun eko-etiketli ürünlere harcandığı bilinmektedir (Avrupa Birliği, 2016).

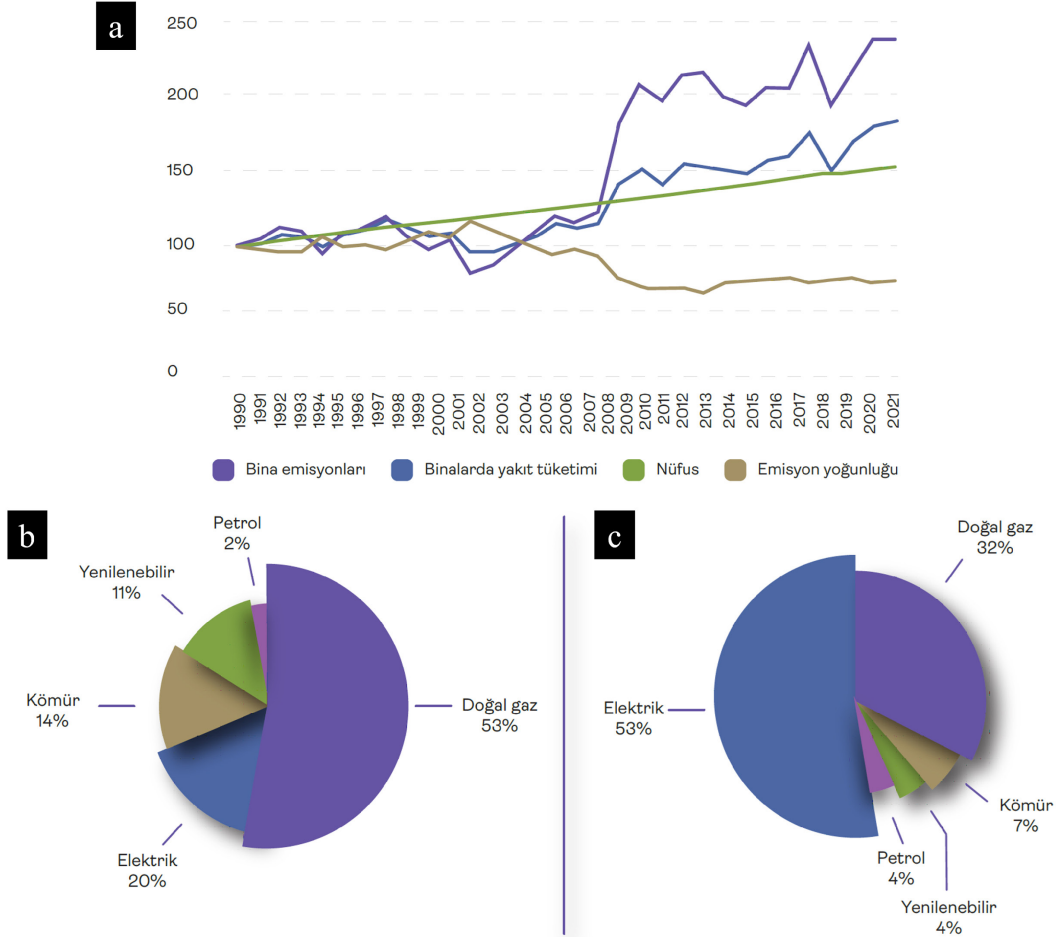
Bu bilgiler, çevresel denetimlerin ve eko-etiketlerin, sürdürülebilirlik ve çevresel koruma alanlarında etkili araçlar olduğunu göstermektedir. Bu stratejiler, hem yerel hem de uluslararası düzeyde çevresel farkındalığı artırmakta ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemektedir.

4. Türkiye Yeşilin Hangi Tonunda?

Türkiye’nin inşaat sektörü için uyguladığı yeşil satın alma politikaları, sürdürülebilir kalkınma yaklaşımlarıyla uyumlu olarak geliştirilmelidir. Bu politikalar, çevresel hususlar ile sürdürülebilir kalkınma arasındaki dengeyi sağlamak, idarelerin yeşil ürünlere yönelik pazar payını teşvik etmek ve kamu alım prosedürleri yoluyla çevre bilincini artırmak açısından kritik bir öneme sahiptir. Özellikle diğer Avrupa Birliği üyesi ülkelerle rekabet etmeyi hedefleyen Türkiye’nin, çevresel konularda kamu bilincini geliştirmesi ve yeşil ürünler için bir pazar yaratması gerekmektedir (Sevinç, 2013).

Bu bağlamda, Türkiye dahil olmak üzere birçok AB ülkesinde Ulusal Eylem Planları hazırlanmıştır. Türkiye’nin en güncel eylem planı, 2024-2030 yıllarını kapsayan “İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı”dır. Bu planda belirtildiği üzere, Türkiye’de yaklaşık 9,5 milyon konut ve konut dışı bina bulunmakta olup, bunların toplam taban alanı 3,6 milyar metrekareye tekabül etmektedir. 1990 yılından itibaren yaklaşık 30 yıl içinde bina kaynaklı enerji tüketimi %82, emisyon üretimi ise %136 oranında artmıştır (ÇŞİDB, 2024, s. 94). 2021 yılı verilerine göre, konutlarda tüketilen enerjinin %53’ü doğalgazdan, %20’si elektrikten ve %14’ü kömürden elde edilmektedir. Konut dışı binalarda ise ilk sırayı %53 ile elektrik, %32 ile doğalgaz ve %7 ile kömür almaktadır (ÇŞİDB, 2024, s. 94) (Görsel 2). Bu veriler, yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketiminin azaltılarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin çevresel sürdürülebilirlik açısından elzem olduğunu göstermektedir.

Yeşil sözleşmelerin kapsamına yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin kullanılması da dahildir. 2023 yılı itibarıyla Türkiye’de elektrik üretiminde en fazla payın yaklaşık %36 ile kömüre ait olduğu, yenilenebilir kaynaklar arasında ise en fazla payın yaklaşık %20 ile hidrolik enerjiye ait olduğu bilinmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kay-



Görsel 2. Türkiye’de 1990-2021 yılları arasındaki bina kaynaklı emisyon ve yakıt değişimleri (a) 2021 yılındaki konut (b) ve konut dışı (c) binaların enerji kaynakları (ÇŞİDB, 2024). Kaynak: ÇŞİDB (2024). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı 2024-2030.

naklar Bakanlığı, 2023). Bu durum, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Türkiye’nin yeşil satın alma politikaları ve enerji stratejileri, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda önemli bir rol oynamakta ve bu doğrultuda daha kapsamlı ve entegre yaklaşımlar geliştirilmesi gerekmektedir.

Türkiye, birçok AB ülkesi gibi Ulusal Eylem Planları hazırlamıştır. En güncel plan, 2024-2030 yıllarını kapsayan “İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı”dır. Bu plan, bina sektöründe uygulanması düşünülen stratejileri şu şekilde sıralamaktadır (ÇŞİDB, 2024):

- Enerji verimliliğinin artırılması amacıyla mevcut binalarda iyileştirmeler yapılması.
- Yeni binaların enerji tasarrufu sağlayacak şekilde inşa edilmesi.
- Elektrikli cihazların kullanımında enerji tasarrufunun sağlanması.
- Bölgesel ölçekte ısıtma ve soğutma sistemlerinin yaygınlaştırılması ve desteklenmesi.
- Ulusal Yeşil Sertifika Sistemi (YeS-TR) ile çevre dostu malzemelerin kullanımının teşvik edilmesi.

- İnşaat sektöründe dijital dönüşüm için Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) araçlarının kullanımı- nın teşvik edilmesi.

Bu stratejilere ek olarak, dünya çapında uygulanan karbon fiyatlandırma sisteminin Türkiye’de de kurulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, Elektronik Ticaret Sistemi (ETS)’nin 2053 Net Sıfır Emisyon hedefi ile Ulusal Katkı Beyanı önderliğinde kurulması, karbon maliyetlendirme çalışmaları için altyapının oluşturulması, gönüllü karbon piyasası ve Paris Anlaşması kapsamında Türkiye’nin rolünün değerlendirilmesi gibi stratejiler geliştirilmiştir (ÇŞİDB, 2024).

Türkiye’de kamu kurumları ve kamu ihalelerinde çevresel etkiyi azaltmaya yönelik çeşitli yeşil satın alma uygulamaları mevcuttur. Bu uygulamalar çerçevesinde kullanılan çevresel denetim mekanizmalarından bazıları şunlardır:

Yeşil İhale Kılavuzu: Kamu kurumları, yeşil satın alma süreçlerini yönlendirmek için Yeşil İhale Kılavuzu’nu kullanmaktadır. Bu kılavuz, çevresel kriterlerin belirlenmesi ve yeşil ürünlerin nasıl iha-

le edileceği konularında rehberlik sağlar (Avrupa Birliği, 2011).

Yeşil Etiket ve Sertifikalar: Kamu kurumları, çevresel etkileri azaltan ürünleri belirlemek ve teşvik etmek amacıyla yeşil etiketler ve sertifikaları dikte almaktadır. 2018 yılı itibarıyla 35 ürün grubuna çevre etiketi verilmiştir (Şişman-Aydın, 2019).

Çevresel Performans Kriterleri: Türkiye, enerji ihtiyacındaki artış bakımından Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkeleri arasında ilk sıralardadır (OECD, 2019). Bu nedenle, kamu ihalelerinde çevresel performans kriterleri, çevre dostu ürünlerin tercih edilmesine olanak sağlar. Bu kriterler, ürünlerin enerji verimliliği, atık yönetimi ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi çevresel etkilerini değerlendirir.

Çevresel Denetimler ve Raporlama: Kamu kurumları, yeşil satın alma politikalarının uygulanmasını denetlemek ve etkinliğini ölçmek için çevresel denetimler ve raporlama mekanizmalarını kullanır. Bu denetimler, satın alınan ürünlerin çevresel performansını değerlendirebilir ve iyileştirme alanlarını belirleyebilir. Çevre Denetimi Yönetmeliği 2021 yılında Resmî Gazete’de yayınlanmıştır (Resmî Gazete 2021).

5. Sonuç ve Değerlendirme

Yeşil satın alma politikası, çevre sorumluluğunu gözetken ve sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen bir yaklaşım olarak kamu kurumları ve özel sektör tarafından benimsenmelidir. Bu politika, çevre dostu ürün ve hizmetlerin tercih edilmesini teşvik ederek, doğal kaynakların korunmasını, enerji verimliliğinin artırılmasını ve atık yönetiminin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini hedefler. Yeşil satın alma politikası, çevre sorunlarına duyarlılık gösterme ve çevre dostu ürünlerin tercih edilmesi konusunda önemli bir adım olup, ekonomik açıdan da avantajlar sunmaktadır. Yeşil ürünlerin tercih edilmesi, kaynak kullanımında tasarruf sağlar ve enerji verimliliğini artırır. Ayrıca, bu politika, şirketlere rekabet avantajı sağlayarak, çevre dostu üretim süreçleri ve sürdürülebilir ürünler geliştirme konusunda teşvik edici bir rol oynar.

Toplum ve tüketiciler açısından da büyük öneme sahip olan yeşil satın alma politikası, çevre dostu ürünlerin tercih edilmesiyle toplumun sağlığını korur ve yaşam alanlarının iyileştirilmesine katkıda bulunur. Bu politikanın etkili bir şekilde uygulanabilmesi için çevresel kriterlerin belirlenmesi

ve bu kriterlerin satın alma sürecine entegre edilmesi gereklidir. Ayrıca, çevrenin değerlendirilmesi ve takip edilmesini sağlayacak mekanizmaların kurulması da önem taşımaktadır.

Uluslararası düzeyde, eko-etiketler, çevresel denetimler ve yaşam döngüsü maliyetlendirmeleri gibi stratejiler, ürün, hizmet ve yapım işlerinin çevresel etkilerini azaltmayı amaçlayan yöntemler olarak öne çıkmaktadır. Bu tür faaliyetler sayesinde bina sektöründe sürdürülebilir mimarinin yakalanması mümkün hale gelmektedir. Türkiye, güncel eylem planları ve yönetmeliklerle AB’ye uyum sağlamayı hedeflemekte olup, yeşil satın alma ve kamu ihalelerinin yaygınlaştırılması konusunda önemli adımlar atmaktadır.

Türkiye’deki yeşil satın alma stratejileri, hükümet girişimleri, özel sektör katılımı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının bir kombinasyonunu içermelidir. Potansiyel stratejiler arasında, Türkiye’nin rüzgâr ve güneş enerjisini destekleyen Vizyon 2023 enerji hedefleri doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden hükümet politikaları; iklim değişikliği konusundaki çalışmaları sentezlemek için araştırmacılar, ulusal bakanlıklar, özel sektör temsilcileri ve STK’lar arasında iş birliği; yeşil teknoloji ve çevre dostu üretim yöntemlerine vurgu yapılması; enerji verimliliğinin artırılması ve sürdürülebilir kalkınma uygulamalarının teşvik edilmesi bulunmaktadır.

İşletmelerin ve tüketicilerin çevresel etkisi daha düşük olan ürün ve hizmetleri tercih etmesi, güçlü sürdürülebilirlik uygulamalarına sahip şirketlerin desteklenmesi ve çevresel yönetimin önemi konusunda farkındalığın artırılması ile yeşil satın alma uygulamalarına katkı sağlanabilir. Bu çerçevede, yeşil satın alma politikalarının yaygınlaştırılması, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik faydalar açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Avrupa Birliği. “Yeşil Alım! Yeşil Satın Alım El Kitabı”, Avrupa Komisyonu Yayın Ofisi, (2011).

Avrupa Birliği. Kamu alımlarına ilişkin ve 2004/18/EC sayılı Direktifi yürürlükten kaldıran 26 Şubat 2014 tarihli ve 2014/24/EU sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi (2014).

Avrupa Birliği. “Buying Green!: A handbook on green public procurement”, 3. Baskı, European Commission, (2016), doi: 10.2779/04621.

Aydın-Şişman, Gökür. “EkoEtiketleme ve Türkiye çevre etiketi”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4, no. 1 (2019):40-47.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. “İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı 2024-2030”, (2024).

Eroğlu, Erdal. “Yeşil kamu alımları uygulaması faydaları ve uygulama sürecinde karşılaşılan zorluklar”, *Vergi Raporu* 265, (Ekim 2021): 156-174.

Kamu İhale Kurumu, “Yeşil Alım Projesi”
https://www.ihale.gov.tr/yesil_alim_projesi-114-1.html
(ET: 14.04.2024).

Küçükaycan, Durdane. “Yüksek denetim kurumları ve çevre denetimi: Ülke uygulamalarının incelenmesi” *Kamu Maliye Politikaları Perspektifinden Çevresel Sürdürülebilir Kalkınma içinde*, Sayıştay Başkanlığı, 1-32, Ankara, 2023.

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü. “Çevresel performans incelemeleri: Türkiye”, çev. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2019).

Resmî Gazete, “Çevre Denetimi Yönetmeliği”
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/06/20210612-5.htm> (ET: 24.05.2024).

Sevinç, Ayşen. “Yeşil satın alma kriterleri ve yaklaşımı”, Mali hizmetler uzmanlığı araştırma raporu, Ankara, (2013).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Elektrik”
<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>
(ET: 24.05.2024).

Ebru Kılıç Bakırhan

Yüksek mimar, Yapı Bilimi alanında doktora araştırmacısı ve Karabük Üniversitesi'nde araştırma görevlisidir. Enerji verimliliği, çevresel etkiler, sürdürülebilir mimarlık, yapı fiziği ve termal enerji depolama konularında çalışmaları bulunmaktadır. Birtakım çalışmaları bilimsel dergilerde yayınlanmış olup bir kısmı da uluslararası konferanslarda sunulmuştur. Şu anda 2211-TÜBİTAK Yurtiçi Doktora Burs Programı tarafından desteklenen atık bazlı, faz değiştiren bir yapı malzemesinin üretimi ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi konusunda doktora çalışmasını yürütmektedir. Araştırma alanları arasında pasif sistemler, sıfır enerjili bina tasarımı, tarihi binaların enerji iyileştirmeleri, bina biyolojisi, döngüsel ekonomi ve çevresel sürdürülebilirlik yer almaktadır.

Merve Tuna Kayılı

15 yıldır yüksek mimar ve Karabük Üniversitesi'nde Doçent olarak görev yapmaktadır. Sürdürülebilir yapı malzemeleri, çevresel etkiler, döngüsel ekonomi ve tarihi mimari için yenilikçi malzemeler üzerine çalışmaktadır. Hollanda'da Delft Teknoloji Üniversitesi'nde doktora araştırma bursu kazanarak cam yapıların doğru yıkım ilkeleri ile atık ve emisyonlarının azaltılması konularında araştırmalar yapan Kayılı'nın 50'nin üzerinde akademik yayını bulunmaktadır. Ayrıca 10'dan fazla bilimsel araştırma projesinde yer almıştır. Erasmus personel hareketliliği programı kapsamında Riga ve Rijeka'da seminerler vermiştir. 2020 yılından bu yana Karabük Üniversitesi'nde Mimarlık Bölüm Başkanı olarak görev yapmaktadır. Ayrıca, sürdürülebilir bina tasarımı ve karbon ayak izi hesaplama ve raporlama konusunda uzmanlaşmış bir şirket olan S-DesignArchitecture'ın kurucusudur.

Türkiye'nin Yeşil Satın Alma Tutumuna Mimari Bir Bakış

Yeşil satın alım stratejisi çevresel etkileri asgari düzeyde olan ürün ve hizmet alımlarını teşvik ederek çevresel açıdan duyarlılık oluşturmayı amaçlamaktadır. Çeşitli ülkelerde geliştirilen eko-etiket, çevresel denetim, yaşam döngüsü maliyetlendirmesi gibi faaliyetler sayesinde karbon salınımları düşürülebilmekte, kaynak tüketimi kontrol altına alınabilmekte ve ekonomik açıdan fayda gözetilebilmektedir. İzlenen bu politika doğal ve yapılı çevrenin birbirine zarar vermeden bir arada var olabilmesi açısından son derece önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın amacı yeşil satın alma ve yeşil kamu alımı stratejilerinin dünyadan çeşitli örnekler kapsamında incelenmesi ve Türkiye özelinde durum tespiti yapılımasıdır. En son yayınlanan Ulusal Eylem Planı'nda kararlaştırılan stratejilerin, yeşil satın alım kapsamında ve bina sektörü özelinde değerlendirilmesi, ülkemizin sürdürülebilir mimari alanında kat ettiği mesafe hakkında bilgi verecek ve uluslararası çapta geniş yankı bulan yeşil satın alım politikalarının ulusal çerçevede değerlendirilmesine yardımcı olacaktır.

Anahtar kelimeler: Yeşil satın alım, eko-etiket, çevresel denetimler, sürdürülebilir mimari, çevresel duyarlılık.

An Architectural Perspective on Turkey's Green Purchasing Behavior

The green buying strategy aims to create environmental awareness by encouraging the purchase of products and services with minimal environmental impact. Activities such as eco-labels, environmental audits and life cycle costing developed in various countries can reduce carbon emissions, manage resource consumption and provide economic benefits. This policy is extremely important for the natural and built environment to coexist without harming each other.

The aim of this study is to examine green procurement and green public procurement strategies in the context of various examples from all over the world and to determine the status in Turkey. The evaluation of the strategies decided in the most recently published National Action Plan within the scope of green procurement and the building sector will provide information about the distance our country has progressed in the field of sustainable architecture and will help to evaluate the green procurement policies, which have a wide resonance internationally, in the national framework.

Keywords: Green procurement, eco-label, environmental audits, sustainable architecture, environmental sensitivity.

YAPI KABUĞUNDA AKTİF GÜNEŞ SİSTEM UYGULAMALARI: KENTLERİN ESTETİK VE GÖRSEL KİMLİĞİNİ ETKİLEYEN BIPV SİSTEMLER

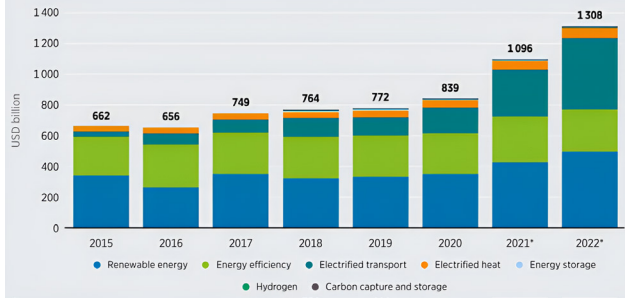
Figen Beyhan, Prof. Dr., Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
Gevher Nesibe Kaya, Arş. Gör., Siirt Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi

GİRİŞ

Son yıllarda enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve Endüstri 4.0 ile birlikte teknolojik olarak mekanikleşen kentlerin enerjiye yönelik ihtiyaçlarının artması küresel ölçekte büyük bir problem teşkil etmektedir. International Renewable Energy Agency (IRENA), 2023'e göre kaynak tüketiminin artmasında büyük paya sahip olan yapı sektörü küresel enerji tüketiminin %37'sini oluşturmaktadır. Özellikle Covid-19 sonrası yapılardaki enerji talebi 2021 yılında yaklaşık %4 artarak son 20 yılın en yüksek artışını göstermiştir (IEA, 2022). Hızla artan bu enerji talebi, neden olduğu çevresel problemler ve kaynakların tükenmesinin sonucu olarak ülkeler, yapılarda enerji tüketiminin azaltılmasını hedefleyen çalışmalara ek olarak temiz, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaya yönelik araştırmalara ağırlık vermiştir. Bu bağlamda ortaya çıkan ortak kaygılara çözüm getirmek amacıyla ulusal ve uluslararası ölçekte standart ve yönetmeliklerle yapıları çevrenin enerji ihtiyacının en azından bir kısmının yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi zorunlu tutulmuştur. İlgili süreç-

te ülkelerin kendi içerisinde 2030-2050 yıllarında yapılarda enerji ihtiyacını minimuma indirme ve kaynak çeşitliliğini artırarak yenilenebilir kaynaklardan maksimum enerji üretimi elde etme üzerine hedefleri de ortaya çıkmıştır. Tüm bu durumlar sonucunda Neredeyse Sıfır Enerjili Bina (NSEB), Pozitif Enerjili Bina (Positive Energy Building-PEB) gibi bina kavramları tanımlanmış olup son yıllarda kendi enerjisini üretebilen bina hedeflerine yönelik akademik ve sektörel bazda ortaklaşa yapılan çalışmalar artış göstermiştir.

IRENA'nın 2023 yılındaki raporuna göre küresel ölçekte enerji dönüşüm teknolojilerine (yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, elektrikli ulaşım, karbon yakalama gibi) yapılan yatırımlar artış göstermiştir (Görsel 1). Küresel yatırımlar 2021 seviyesine göre %19, Covid-19 öncesi 2019'a göre ise yaklaşık %70 oranında artmıştır. Bu eğilimler fosil yakıtlara bağımlılıkla ilişkili iklim krizi ve enerji güvenliği risklerinin giderek daha fazla kabul gördüğünü ve yenilenebilir enerji kullanımının ön plana çıktığını göstermektedir (IRENA&CPI, 2023).

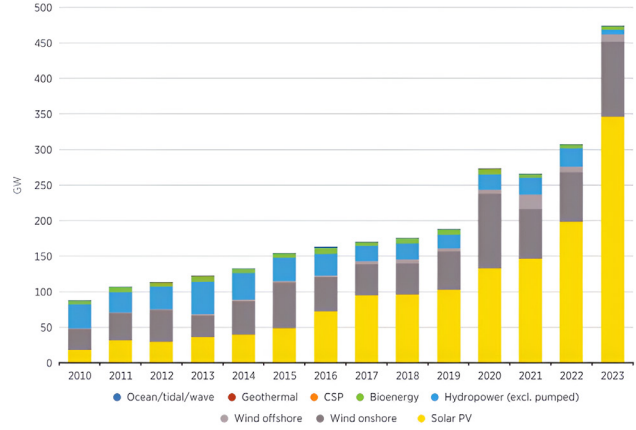


Görsel 1. Yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve diğer teknolojilere yönelik finansal yatırım oranları 2023 (IRENA & CPI, 2023).

Yapılar özelinde yenilenebilir enerji; fosil yakıtlara ve geleneksel enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmak, çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmek ve iklim değişikliğini hafifletmek için güneş, rüzgâr, jeotermal ve biokütle gibi sürdürülebilir enerji kaynaklarının tasarım, inşaat, işletme ve bakım gibi tüm yapı yaşam döngüsüne entegre edilmesini ifade etmektedir. Özellikle yapı sektöründe ortaya çıkan NSEB kavramı ile birlikte yenilenebilir enerjinin yapılarda kullanım zorunluluğu artmıştır. Aynı zamanda çevre koruma bilincinin artmasıyla da modern binalarda yenilenebilir enerji teknolojilerinin uygulaması yenilikçi bir ivme kazanmıştır (Chen et al., 2024). Tüm bu sebepler sonucunda 2010-2020 yılları arasında binalarda yenilenebilir enerji kullanımı %6'dan %10'a yükselmiştir¹.

Yenilenebilir enerji sistemlerine yönelik yatırımlar hızla artmasına rağmen 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi'ndeki (Sustainable Development Goal) hedefler için halen gereken hızda değildir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında ise en büyük yatırım güneş ve rüzgâr enerjisine yapılmaktadır. Özellikle güneş enerjisine yapılan yatırım oranı son yıllarda büyük artış göstererek 2019 yılında %38 iken, 2022 yılında %60'a çıkmış, 2023 yılında ise %73'e ulaşmıştır (Görsel 2). Güneş enerjisi teknolojilerinde ise şebekeden bağımsız fotovoltaik (PV) paneller 2010-2021 yılları arasında toplam yatırımın %92'sini oluşturarak büyük bir hâkimiyet göstermiştir. Bunun sebebi modüler özellikleri ile çeşitli uygulamaların yapılabilir olmasıdır. Şebekeden bağımsız PV sistemler yapı sektöründe büyük ölçüde (%89) konut binaları için finanse edilmektedir (IRENA&CPI, 2023), (IRENA, 2024).

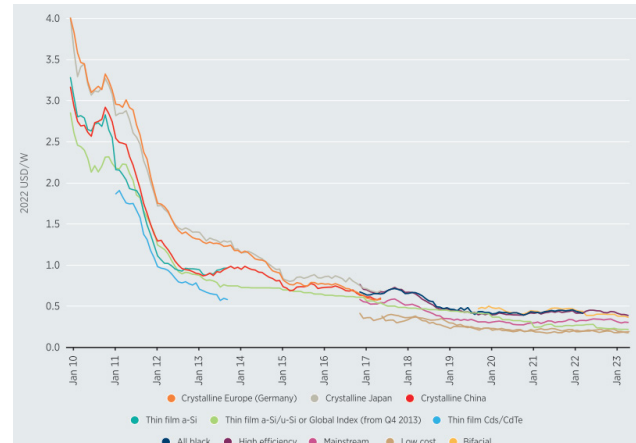
PV sistemler en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji teknolojilerinden biri olmakla birlikte küresel enerji dönüşümünde giderek daha önemli bir role sahip olmaktadır². Küresel bazdaki PV sistem kurulumunun artmasıyla enerji geri dönüşüm potan-



Görsel 2. Yenilenebilir enerjilere yönelik yıllık finansal yatırım oranları 2010-2023 (IRENA, 2024).

siyeli (Energy Payback Time-EPBT) ve kullanım oranı artmış, bu durum çevre ekosisteme pozitif bir etki oluşturmıştır.

Finansal açıdan bakıldığında küresel bazda PV sistemlerin modül fiyatları 10 yıllık süreçteki hızlı düşüşünün ardından 2021 yılında tedarik zincirindeki aksaklıklara ve daha yüksek malzeme maliyetlerine sahip olmasına rağmen %4-7 arasında görece küçük bir yükseliş göstermiştir. Ancak 2022 yılı ile birlikte tedarik sorununun çözülmesi sonucu fiyatlarda tekrar düşüş görülmüş olup bu durumun son dönemlerdeki geçici maliyet artışını fazlasıyla telafi edebileceği beklenmektedir. Kristal silikon PV sistem maliyetleri 2010-2022 yılları arasında %88 ile %94 oranında düşmüştür (Görsel 3). 2018-2022 yılları arasında ise maliyetlerde ortalama %43, modül ve invertör maliyetlerinde %36 azalma görülmüştür. Yıllar içerisindeki maliyet düşüşüne ek olarak kristal modüllerin ortalama hücre verimliliği 2010 yılında %14,7 iken 2021 yılında %20,9'a yükselmiş, 2022 yılında ise ortalama verimliliğin %21,1 olduğu bildirilmiştir (IRENA, 2023).

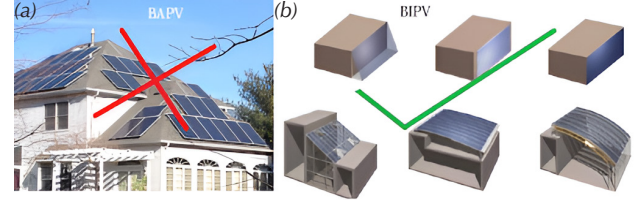


Görsel 3. Avrupa'da satılan teknoloji ve üreticiye göre ortalama aylık güneş PV modül fiyatları 2010-2022.

Türkiye ölçeğinde sürdürülebilir, çevre dostu kaynakların ve enerji üretim teknolojilerinin kullanıldığı bir market segmentini kapsamakta olan yenilenebilir enerjinin 2023-2027 yılları arasında enerji sektörünün önemli bir bölümünü oluşturacağı tahmin edilmektedir. Türkiye yenilenebilir enerji kaynak kapasitesini 2027 yılına kadar %50 oranında arttırmayı hedeflemektedir (Reportlinker, 2023). Yenilenebilir enerji üretimini artırma hedefleri dahilinde son yıllarda özellikle yüksek güneş potansiyeline sahip bir konumda yer alan Türkiye’de güneş enerjisinin kullanımı önem kazanmakta ve güneş enerjisi teknolojilerinin farklı alanlarda kullanılmasına yönelik çalışmalar hızla artış göstermektedir. IRENA, 2023’ün raporuna göre Türkiye’de PV kapasitesi bir önceki yıla göre %40’lık bir büyüme göstermiş, bu durum 2021-2022 yılları arasında toplam yatırım için maliyetlerinin beşte bir oranında artmasını sağlamış ve ülke üst üste ikinci kez 1 GW’lık net ilaveyi aşmıştır. Kurulum maliyetlerinde de %20 oranında düşüş görülmüştür.

Bu bağlamda karbon, sera gazı salımını azaltma ve yüksek enerji üretimini gerçekleştirmede son yıllarda etkin rol oynayan güneş enerjisinin yapılarda kullanımına yönelik çalışmalar önem arz etmektedir. Yapılarda güneş enerjisi ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımlarındaki verimlilik durumlarının incelendiği bir çalışmada (Chen et al., 2024), rüzgâr enerjisinin bina enerji ihtiyacının yaklaşık %15’ini karşılayabildiği, ancak güneş enerjisinin uygulanması durumunda bu oranın %83’e çıkabileceği belirtilmiştir. Bu durum güneş enerjisi uygulamaları ile yapı enerji ihtiyacının büyük bir bölümünün karşılanabileceğini göstermektedir. Yapılarda güneş enerjisinin kullanımı, yapı yakın çevresine ve/veya yapı kabuğuna uygulanan PV sistemler ile gerçekleştirilmektedir. Böylece PV sistemler güneşten gelen radyasyonu elektriğe çevirerek yapı için gerekli enerjinin üretilmesini sağlamaktadır.

Fiziksel çevreye yarattıkları etki ile kentlerin kimliğini, işlevselliğini ve yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyen yapı kabuğuna uygulanan PV sistemlerin yapıya doğru eklenmemesi durumunda öncelikle kentsel bütünlük ve estetik konfor bozulmakta olup bu durum problemlerin oluşmasına neden olabilmektedir (Görsel 4). Bu sebeple son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte hem yapı kabuğu görevi gören hem de enerji üretimini sağlayan çok fonksiyonlu Binaya Entegre Fotovoltaik Sistemler (Building Integrated PV - BIPV) kullanılmaktadır. BIPV panellerin kullanılmasıyla birlikte



Görsel 4. (a) Kentsel bütünlüğü bozan PV, (b) kent ve bina ile uyumlu BIPV sistemler (SRNE, 2021).

yapı kabuğunun doğru tasarlanması enerji performansı açısından da önem taşımaktadır.

Bu bağlamda çalışmanın amacı kentlerde yenilenebilir enerji kullanımının önemine dikkat çekmek, yenilenebilir enerji üretimini yapı kabuğuna bütünleştirilen fotovoltaik (BIPV) panellerden karışımaya yönelik yapılan çalışmaları, mevzuatları irdelemek ve bu teknolojilerin kent duvarları olan yapı kabuğuna uygulamalarını analiz etmektir.

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERE DAİR ULUSAL VE ULUSLARARASI MEVZUAT

Binalarda fotovoltaik sistemlerin uygulanması üzerine birçok ulusal ve uluslararası standart yayınlanmıştır. Elektrikli bir cihazın ve bir bina bileşeninin özelliklerini aynı anda birleştirme konusundaki işlevleri dikkate alındığında, BIPV sistemlerinin yaygın yönetmelikler dahil olmak üzere bina ile ilgili kod ve standartlar ile elektroteknik yükümlülükleri yerine getirmesi gereğini dikkate almak gerekmektedir (Kaya, 2022). Binalarda aktif güneş sistemleri kullanılması üzerine uluslararası mevzuat temelde, “ISO/ TS 18178: Binada Cam - Binalarda kullanım için lamine solar fotovoltaik cam” ve “Pr IEC PT 63092 Standardı: Binalarda Fotovoltaik standartları” kapsamı içindedir (SUPSI, 2019). Doğrudan BIPV sistemlerine yönelik standart olarak ise EN 50583 Standardı bulunmaktadır.

EN 50583, binalarda fotovoltaikler standardı yapı malzemesi olarak kullanılan BIPV sistemlerin modül özelliklerinin ve yapıda farklı kullanım biçimlerinin sınıflandırmasının ele alındığı iki bölümden oluşmaktadır (Kaya, 2022). “EN 50583-I: BIPV Modüler” başlıklı birinci kısımda PV sistemlerin modül özellikleri açıklanmaktadır. “EN 50583-II: BIPV Sistemler” başlıklı ikinci kısımda ise BIPV bütünleşme sistemleri A’dan E’ye 5 kategoride ele alınmıştır.

Standartlara ek olarak AB Politikaları arasında yer alan Yenilenebilir Enerji Direktifi (Renewable Energy Directive - RED-II), yenilenebilir enerji kullanımını arttırmaya yönelik bir direktif olup binalarda yenilenebilir enerji kullanımına yönelik teşviklerde bulunmaktadır.

Fotovoltaik sistemler üzerine en temel ulusal mevzuat ise;

- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği,
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik

Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği

Yönetmelik 2019 yılında yürürlüğe girmiş, 2022 yılında değişikliğe uğramıştır. Yönetmelikte amaç genel olarak tarıma elverişli alanları elektrik üretimine kapatmaktır.

“Elektrik piyasasında, tüketicilerin elektrik ihtiyaçlarını tüketim noktasına en yakın kendi üretim tesisinden karşılaması, arz güvenliğinin sağlanmasında küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve küçük ölçekli üretim kaynaklarının etkin kullanımının sağlanması ile elektrik şebekesinde meydana gelen kayıp miktarlarının düşürülmesi amacıyla, lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın, elektrik enerjisi üretebilecek, gerçek veya tüzel kişilere uygulanacak usul ve esasların belirlenmesidir.” (Resmî Gazete, 2019). Bu durum yapılar üzerinde elektrik üretiminin gerçekleştirilmesini teşvik etmektedir.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik

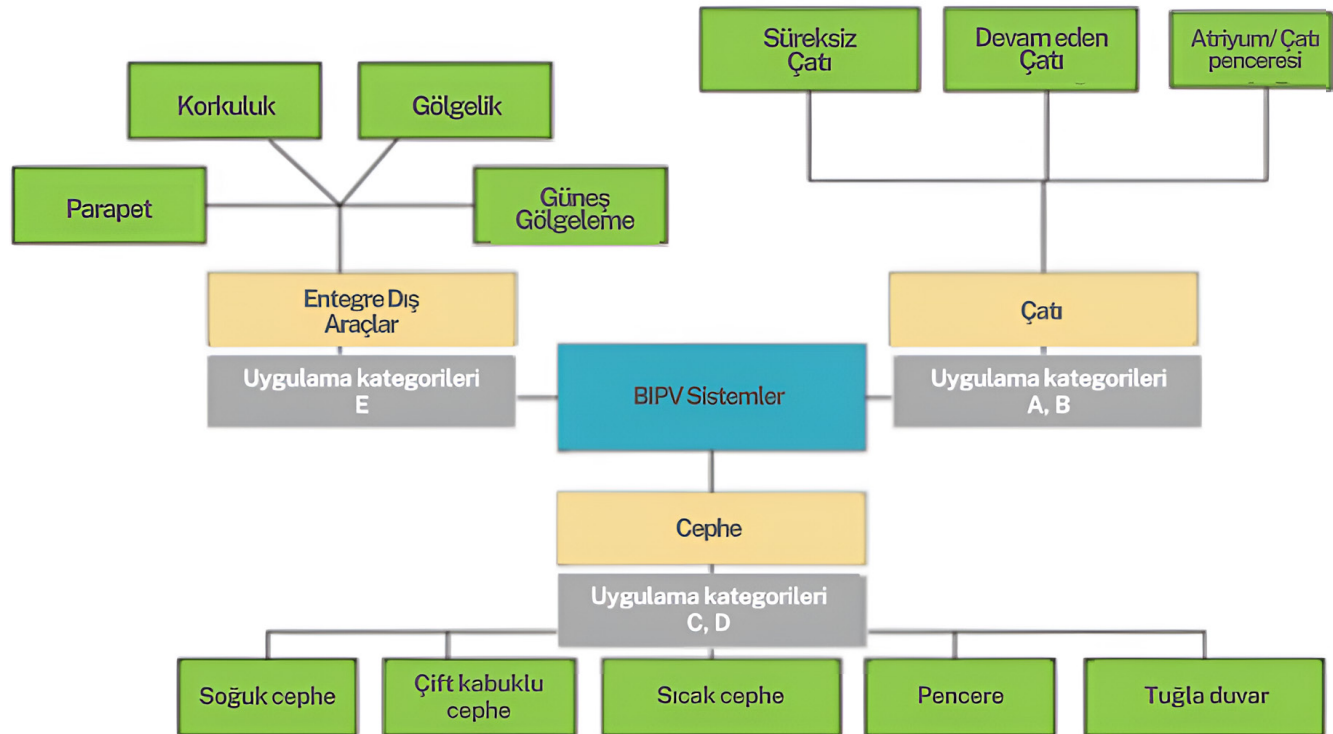
BEP Yönetmeliği üzerinde 2022 yılında değişiklik yapılması sonucu NSEB binalarında belirli bir oranın üstünde yenilenebilir enerji kullanılmasına dair zorunluluk getirilmiştir. Bu doğrultuda;

“NSEB niteliğindeki binaların Enerji Kimlik Belgesindeki enerji performans sınıfının B veya daha iyi olması ve aynı zamanda binanın birincil enerji ihtiyacının en az %10’u oranında yenilenebilir enerji kullanımına sahip olması zorunludur.” (Resmî Gazete, 2022).

“Toplam yapı inşaat alanı 2000 m² ve üzeri olan binaların NSEB olarak inşa edilmesi zorunludur.” (Resmî Gazete, 2022). Maddeleri eklenerek binalarda yenilenebilir enerjiye yönelimin artırılması hedeflenmiştir.

BIPV SİSTEMLERİN UYGULAMA BİÇİMLERİ

BIPV sistem binanın bir bileşeni olmak üzere tasarlanmış bir PV modülü ve yapı ürünüdür. PV modüllerini harici alternatif akım (AC) veya doğrudan akım (DC) devrelerine bağlamak için gereken elektrikli bileşenleri ve BIPV ürünlerini binaya entegre etmek için gereken mekanik montaj sistemlerini içermektedir (IEA-PVPS, 2023). BIPV sistemle-



Görsel 5. BIPV sistem uygulama biçimleri (IEA-PVPS, 2023).

rin tasarımı, mühendisliği, inşaatı ve yönetimi çok disiplinli paydaşların ilgi alanlarını ve BIPV proje yaşam döngüsünün farklı aşamalarını kapsayan karmaşık bir süreci gerektirmektedir (IEA-PVPS, 2022). Bu sebeple BIPV sistemler kentsel bağlamlar dikkate alınarak mimari estetik, teknik ve görsel açıdan da maksimum performans gösterebilmesi için disiplinlerarası bir çalışmayla yapı kabuğuna bütünleşik tasarım yöntemleri çerçevesinde uygulanmalıdır. BIPV sistemlerin Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'na göre yapı kabuğuna farklı uygulanma biçimleri Görsel 5'te ifade edilmiştir.

BIPV sistemler cephelerde gölgeleme elemanı, soğuk cephe sistemi, sıcak cephe sistemi, çift kabuklu cephe sistemi ve pencere olarak uygulanmaktadır. Çatılarda; atrium, gökyüzü pencereleri ve çatı bileşeni, bina aksesuarında ise; parapet, korkuluk, güneş gölgelemesi olarak gruplandırılabilir. Sistem uygulamalarının iyi anlaşılması ve yapı kabuğuna doğru entegre edilmesi, yüksek enerji üretiminin yanı sıra kentsel çevrede estetik değerlerin sağlanmasına ve farklı mimari tarzların bütünlüğü bozmadan kentsel kimlik kazanımına da katkıda bulunmaktadır (Görsel 6).



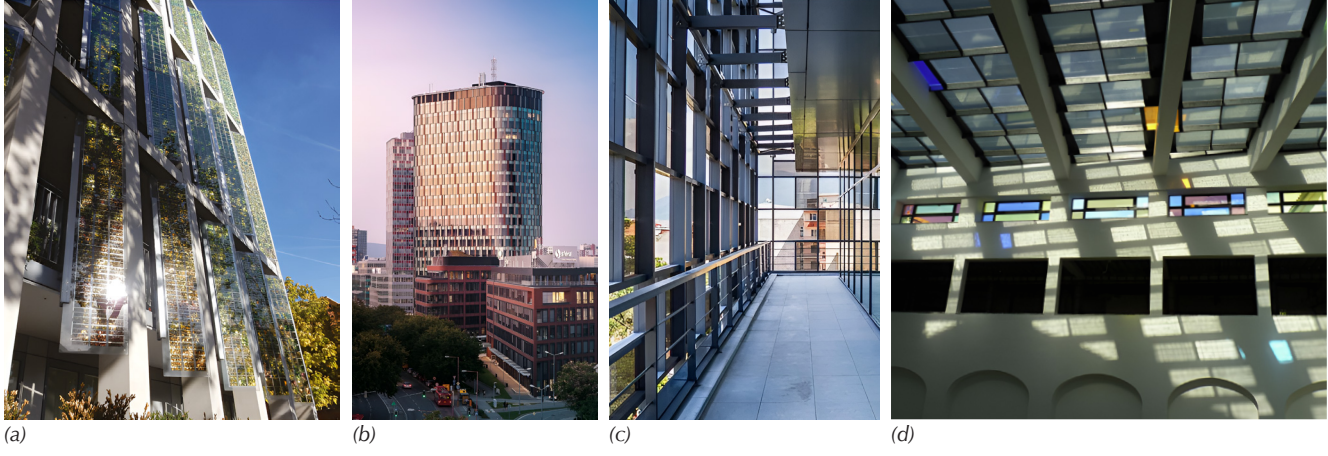
Görsel 6. Binalarla bütünleştirilen fotovoltaik panel uygulamaları (Kaya, 2022).



Görsel 7. Yapılarda BIPV sistemlerin yapı kabuğuna uygulama biçimleri (Tabakovic, Fechner, & Knoeb, 2016).

Yapı kabuğu kent silüetine doğrudan etki gösteren, duvar, pencere ve çatıları kapsayan yapının tüm alt sistemlerinde baskın bir sistemdir. Yapı kabuğunun tasarımı çok karmaşık olmakla birlikte güvenlik, estetik, erişilebilirlik, termal, akustik, ışık ve görsel konfor seviyelerini sağlamak için birçok faktörün değerlendirilmesini gerektirmektedir. Yapı kabuğu ve yapı elemanlarının karmaşıklığı göz önüne alındığında BIPV sistemlerin teknolojik sınıflandırması yapı kabuğu alt bileşenlerine göre yapılmaktadır (IEA-PVPS, 2021). Temelde BIPV sistemlerin yapı kabuğuna bütünleşmesini çatı, cephe ve cepheyle bağlantılı bina aksesuarları olmak üzere üç grupta incelemek mümkündür. Bu gruplandırma EN 50583 standardı kapsamında uygulamalarına bağlı olarak A-E arasında kategorilere ayrılmaktadır (Görsel 7).

Atrium ve tavan penceresi olarak uygulanan BIPV sistem (A, B Kategorisi) uygulamalarında saydam PV sistemler kullanılmaktadır. Bu uygulamalar, güneş ışınlarının doğrudan PV sistemlere ulaşabilmesinden dolayı yüksek enerji performansı gösterebilmektedir. Ancak konumu sebebiyle ulaşımının zor olması PV sistem üzerinde toz birikimine neden olmakta ve bu durum sistem verimliliğini düşürmektedir. Bir diğer uygulama soğuk cephe PV sistemleridir (C Kategorisi). Yapı kabuğu ile PV panel arasında hava boşluğu bulunan bu uygulama biçimi çift kabuklu PV cephe özelliği de gösterebilmektedir. Soğuk cephe sistemlerinde PV paneller cephelere düz olarak yerleştirildiği için yüksek verimliliğe sahip değildir. Yapı kabuğuna sonradan bütünleştirilebilmektedir. Çift kabuklu PV cephe (C Kategorisi) uygulamalarında ise PV'ler dış kabukta uygulanmakta ve genellikle saydam PV elemanlar kullanılmaktadır. Bu sayede dış ve iç ortam arasında görsel ilişki kurulabilmektedir. Çift kabuk PV sistemlerin opak bileşen uygulamaları da mevcuttur. Çift kabuklu PV sistem uygulamalarında cephede bulunan boşluk sayesinde termal konfor sağlanırken hava akışı ile PV sistemlerin aşırı ısınması engellenmektedir. Soğuk cephe PV sistemleri ile benzer verimliliğe sahiptir. Bu uygulamalarında tasarım aşamasında planlan-



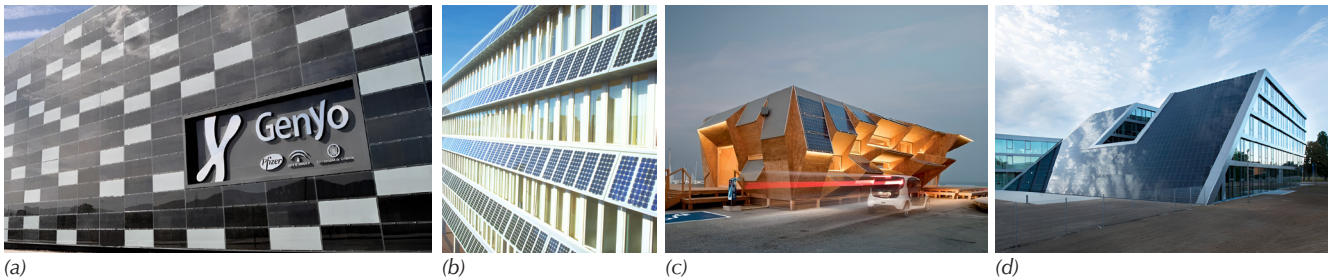
Görsel 8. Yapılarda BIPV sistemlerin tasarım konseptine göre; (a) gölgeleme elemanı, (b) sıcak cephe, (c) çift kabuklu cephe, (d) tavan penceresi, (Kaya, 2022).

ması gerektiği için cephede özgün ve estetik değeri yüksek tasarımlara ulaşılabilir. Soğuk cephe sistemleri gibi düşey olarak entegre edilen sıcak cephe PV sistemlerin (D Kategorisi) soğuk cephe PV uygulamalarından farkı bu sistemlerde arkada hava boşluğu bulunmasıdır. Bu durum PV panellerin daha düşük verimde çalışmasına sebep olmaktadır. Ancak sistemin kendisi yapının bir parçası olduğu için bu uygulamanın tasarım sürecinde planlanması gerektiğinden estetik beklentiler açısından daha yüksek performansa sahiptir. Son olarak yapı kabuğunda gölgeleme elemanı amacıyla uygun açıyla uygulanan BIPV sistemler hem yapıya gölgeleme sağlamakta hem de optimum düzeyde enerji üretebilmektedir. Gölgeleme elemanı olarak kullanılan PV'lerde (E Kategori) iç ve dış görsel konforun sağlanması, dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur. Bu sistemlerin dinamik tasarımları da mevcut olup güneş açısına göre hareket edebilmekte ve bu sayede daha yüksek verime ulaşılabilir (Görsel 8).

BIPV sistemlerin cephe uygulamalarında; kentin görsel estetiği ve dış etkenlerdeki bazı durumlardan (güneş radyasyonu, yönü, gölgelenme gibi) kaynaklı farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar Dabbagh'a göre temelde dört farklı cephe konseptini ortaya çıkarmıştır (Görsel 9), (Dabbagh, 2015).

Cephe konseptlerinden ilki enerji verimliliği düşük ve binanın kabuk yapısında görsel bir müdahale oluşturmayan düşey PV cephe sistemleridir. İkinci uygulama bulunduğu cepheye göre optimum açıyla yatay veya düşey olarak bütünleştirilen düşey dişli ve yatay dişli PV sistemleridir. Düşey dişli PV cephe sistemleri bina kabuğuna, dolayısıyla kent silüetine etkileyici bir görünüm kazandırabilmektedir. Üçüncüsü farklı PV eğim açılarının cephede uygulandığı akordeon PV cephe sistemleridir. Akordeon PV cephe sistemlerinde, karmaşık bir görünüme sahip olması sebebiyle hem görsel açıdan kent ile bütünleşebilmesi hem de optimum verimliliğe ulaşabilmesi için iyi bir tasarımın gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Son olarak eğimli ve kademeli PV cephe uygulamalarında da estetik görünüm sağlanması ön plandadır. Aynı zamanda doğru cephe ve eğim açılarının belirlenmesi enerji üretimi için büyük önem taşımaktadır.

BIPV sistemlerin doğru çözümlemeler ve tasarımlarla yapıya uygulanabilmesi için yapı planlaması, cephe yönelimine ek olarak görsel açıdan da kentsel bir bütünlük oluşturabilmesi için bu yeni teknolojilerin yapı kabuğuna bütünleşik tasarım yöntemleri dikkate alınarak tasarımların yapılması gerekmektedir.



Görsel 9. Yapılarda BIPV sistemlerin tasarım konseptine göre cephe uygulamaları; (a) düşey PV cephe, (b) yatay dişli PV cephe, (c) akordeon PV cephe, (d) eğimli PV cephe, (Kaya, 2022).

SONUÇ

Yapı cepheleri kentsel duvar niteliğinde olup buralarda hem estetik değerlerin korunması hem de yapının enerji ihtiyacının karşılanması önemli tasarım yaklaşımlarındandır. Sınırlı olan enerji kaynaklarının sınırsızca tüketimi ile birlikte yaşanan çevresel problemler ve sürdürülebilirliğe dair ortaya çıkan kaygılar, binaların ihtiyaç duyduğu enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından kendi bünyelerinde üretme potansiyelini önemli bir hale getirmiştir. Güneş enerjisi sistemlerinin bütünleşik yapı tasarımı ilkeleriyle bina kabuğunda kullanımı hususunda büyük potansiyel barındıran yapı kabuğunda PV sistemlerin kullanımı, tükenmekte olan enerji kaynaklarının korunması ve karbon salımının azaltılması açısından etkili çözümler sunmakta, böylece büyük tehdit oluşturan iklim değişikliği ve çevresel sorunlar ile mücadelede yapılar çevre etkisinin azaltılmasında etkin bir rol oynamaktadır. Binayla bütünleşik fotovoltaik (BIPV) sistemlerin yapı kabuğunda verimli olarak çalışabilmesi için uygulama biçimlerine yönelik analizlerin dikkatli yapılması, bütünleşik tasarım yöntemleri kapsamında mimar, mühendis ve tasarımcı işbirliği ile optimum enerji üretimi ve hem bina ölçeğinde hem de kent ölçeğinde fiziksel ve estetik konforun sağlandığı tasarımların yapılması gerekmektedir. Modern güneş enerjisi sistemlerinin yapı kabuğuna (cepheler ve çatı) entegrasyonu, kentlerin estetik ve görsel kimliğinde önemli bir değişim yaratarak, çevresel sürdürülebilirliği vurgulayan yeni bir estetik dilin oluşumuna katkıda bulunabilir.

DİPNOTLAR

¹ https://www.ren21.net/gsr-2023/modules/energy_demand/01_buildings_in_focus/.

² <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Solar-energy>.

KAYNAKÇA

Chen, L., Hu, Y., Wang, R., Li, X., Chen, Z., Hua, J., ... Yap, P.-S. (2024). Green building practices to integrate renewable energy in the construction sector: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 22(2), 751-784. doi:10.1007/s10311-023-01675-2.

Dabbagh, N. (2015). *Football Stadium: Solar Envelope As An Architectural Tool*. (Research Report). Tu Delft University, Netherlands.

IEA-PVPS. (2021). *Categorization of BIPV applications 2021: Breakdown and classification of main individual parts of building skin including BIPV elements*.

IEA-PVPS. (2022). *BIPV Digitalization: Design Workflows and Methods – A Global Survey 2022*.

IEA-PVPS. (2023). *Guide for Technological Innovation System Analysis for Building Integrated Photovoltaics 2023*.

IEA. (2022). *Energy Efficiency 2022*. (Report). France.

IRENA. (2023). *Renewable Power Generation Costs in 2022*. (Report), Abu Dhabi.

IRENA. (2024). *Tripling renewable power by 2030: The role of the G7 in turning targets into action*.

IRENA, & CPI. (2023). *Global Landscape of Renewable Energy Finance*, (Report). 2023.

Kaya, G. N. (2022). *Yapı Kabuğunda Aktif Güneş Sistemleri Odaklı Bütünleşik Tasarım Yaklaşımlarının Simülasyon Tabanlı Analizi* (Yüksek Lisans). Gazi Üniversitesi, Ankara.

SUPSI. (2019). *Analysis of requirements, specifications and regulation of BIPV*. (Report). Switzerland.

Tabakovic, M., Fechner, H., & Knoebl, K. (2016). *Framework and Requirements' Analysis: Development of innovative educational material for Building-integrated PV*.

Resmi Gazete. (2022). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.

Resmi Gazete. (2019). Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.

Reportlinker. (2023). *Renewable Energy in Turkey Market Overview 2023-2027*. August 2023.

İnternet Kaynakları

[1] <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Solar-energy>

[2] (SRNE, 2021). <https://www.srnesolar.com/blog/free-guides/the-differences-between-bipv-and-bapv>

Figen Beyhan

KTÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü'nde 1989 yılında lisans eğitimini tamamlamış, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'ndan *"Türkiye briketlerinin ısı davranışları"* başlıklı tezi ile 1994 yılında yüksek lisans ve *"Yapıların projeleri üzerinden yangın güvenlik analizinin bilgisayar modeli ve programı"* başlıklı tezi ile 1999 yılında doktora derecelerini almıştır. 1995-2000 yılları arasında KTÜ Mimarlık Bölümü'nde araştırma görevlisi, 2001-2002 yılları arasında KTÜ İç Mimarlık Bölümü'nde öğretim görevlisi, 2003-2008 yılları arasında KTÜ Mimarlık Bölümü'nde Yardımcı Doçent ve 2009-2011 yılları arasında Doçent olarak görev yapmıştır. 2003-2004 yıllarında University of New South Wales-The Faculty of Building Environment-Sydney'de misafir öğretim üyesi olarak araştırmalarını sürdürmüştür. 2008-2011 tarihleri arasında KTÜ Yapı Bilgisi Anabilim Dalı Başkanlığı ve 2009 yılında KTÜ Mimarlık Bölüm Başkan Yardımcılığı görevlerini yürütmüştür. Eylül 2010-Şubat 2011 tarihleri arasında Farabi Değişim Programı ile Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmıştır. Kasım 2011 tarihinden itibaren Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde Doçent olarak göreve başlamış, Ocak 2015 tarihinde ise Profesör unvanını almıştır. Aynı zamanda 2011-2016 yılları arasında Gazi Üniversitesi İç Mimarlık Bölüm Başkanlığı ve 2017-2020 yılları arasında Senato Üyeliği görevlerini yürütmüştür. Akademik görevlerinin yanı sıra Şubat 2024 tarihinden itibaren TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi 2. Başkanı olarak görev yapmaktadır. Yapı sektöründe yer alan firmalar, dernekler, vakıflar ve Bakanlıklar ile işbirliği çerçevesinde çok sayıda mesleki eğitimler vermiş, çalıştaylarda görev almış ve yarışma jürilerine katkılar sunmuştur. Çalışma alanları olan Mimari Tasarım ve Yapı Fiziği kapsamında yapılarda yangın güvenliği, enerji etkin yapı tasarımı, sürdürülebilir mimarlık, adli mimarlık konularında ulusal ve uluslararası makaleleri, araştırma projeleri, kitapları, bildirileri bulunmaktadır.

Gevher Nesibe Kaya

Mimarlık lisans eğitimini Mersin Toros Üniversitesi'nde tamamlamıştır. Yüksek lisans eğitimini Gazi Üniversitesi'nde *"Yapı kabuğunda aktif güneş sistemleri ile enerji üretimi odaklı bütünleşik tasarım yaklaşımlarının simülasyon tabanlı analizi"* adlı tezi ile tamamlamıştır. Doktora eğitimine Gazi Üniversitesi'nde devam etmektedir. Yapı kabuğunda güneş enerji sistemleri kullanımına yönelik makale ve bildirileri bulunmaktadır. Siirt Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

Yapı Kabuğunda Aktif Güneş Sistem Uygulamaları: Kentlerin Estetik ve Görsel Kimliğini Etkileyen BIPV Sistemler

Yüksek enerji tüketim oranına sahip olan yapı sektörünün enerji verimli hale getirilmesi çevresel etki açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları arasında son yıllarda büyük ivme gösteren güneş enerji sistemlerinin enerji tüketiminde büyük paya sahip olan yapılarda kullanım durumları incelenmiştir. Bu kapsamda, yapı kabukları kentsel yapılı çevre içerisinde kent duvarı olarak nitelendirilmekte, bütünleşik yapı tasarım ile birlikte gelecekte kent silüetini değiştirebilecek potansiyel taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, fotovoltaik (PV) güneş enerjisi sistemlerinin entegre tasarım yöntemlerini kullanarak yapı kabuğuna uygulanma biçimini incelemek ve yapıların enerji ihtiyaçlarını nasıl karşıladığını değerlendirmektir. Ayrıca, bu sistemlerin kentsel bütünlüğe olan etkilerinin, estetik değerlerin ve kent kimliğinin şekillenmesindeki rolünün değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Enerji verimliliği, kentsel duvar olarak yapı kabuğu, güneş enerjisi, fotovoltaik sistemler, NSEB.

Active Solar System Applications in Building Envelope: BIPV Systems Affecting Aesthetic and Visual Identity of Cities

Making the building sector, which has a high energy consumption rate, more energy efficient is of great importance in terms of environmental impact. This study examines the use of solar energy systems, which have gained significant momentum among renewable energy sources in recent years, in buildings that have a large share of energy consumption. In this context, building envelopes are characterized as urban walls in the urban built environment and have the potential to change the city silhouette in the future with integrated building design. The aim of this study is to examine the application of photovoltaic (PV) solar energy systems to the building envelope using integrated design methods and to evaluate how they meet the energy needs of buildings. Additionally, it aims to evaluate the effects of these systems on urban integrity and their role in shaping aesthetic values and urban identity.

Keywords: Energy efficiency, building envelope as urban wall, solar energy, photovoltaic systems, NZEB.

KÜRESEL ISINMA İLE MÜCADELE KAPSAMINDA BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN GEREKLİLİĞİ

Arzuhan Burcu Gültekin, Prof. Dr., Gazi Üniversitesi Mimarlık Bölümü
Alperen Sarı, Öğr. Gör., Ankara Medipol Üniversitesi İnşaat Teknolojisi Programı

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi, pek çok açıdan endüstriyel gelişmelerin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bu gelişmeler oldukça önemli ve güçlüdür. 18. yüzyılın ortalarında başlayan sürecin insan yaşamına etkilerinden bir kısmı hemen etkisini göstermişken bir kısmı ise çeşitli birikimler sonucunda yaklaşık 2,5 yüzyıl sonra kendini göstermeye başlamıştır. Sanayileşmeyle birlikte ortaya çıkan teknolojik gelişmeler, artan konfor talepleri, üretim arz-talep dengesi/dengesizliği ve tüm bu gelişmelere paralel olarak oluşan küreselleşme, neden-sonuç ilişkisi bakımından birbirine bağlı ve gözlemlenebilen durumlardır. Henüz net olarak gözlemlenemeyen ancak zamanla hissedilmeye başlanan durumlar ise küresel ısınma ve buna bağlı olarak gerçekleşen iklim değişikliğidir¹.

2021 yılındaki küresel sıcaklık, sanayi devrimi öncesi döneme göre yaklaşık 1,11°C artmıştır. Son dönemde ise söz konusu artış eğilimi süreklilik göstermektedir. 2021 yılı ölçüm sonuçlarına göre sanayi devrimi öncesi dönemle karşılaştırıldığında sıcaklık artışı, üst üste yedi yıl 1°C üzerinde ger-

çekleşmiştir². IPCC (2018)³ raporuna göre mevcut trendin devam etmesi durumunda 2040 yılına kadar artış miktarının 1,5°C'ye ulaşacağı öngörülmektedir.

Küresel ısınmaya neden olan etkenlerden en büyüğü sera etkisidir. Sera etkisi, fosil enerji kaynaklarının yanması sonrası ortaya çıkan gazların neden olduğu bir durumdur. Dünya genelinde her türlü üretim, taşıma, çevrim, iletim ve tüketim aşamalarında ihtiyaç duyulan enerjinin %80'den fazlası, ilk üç sırada petrol, doğal gaz ve kömürün yer aldığı fosil kaynaklar aracılığıyla karşılanmaktadır^{4, 5}. Temel ihtiyaçların giderilmesi ve konfor şartlarının artırılabilmesi için enerji vazgeçilmezdir. Bunun yanında nüfusun artışı, ekonomik ve siyasal gelişmeler de pek çok açıdan enerji ihtiyacını artırmaktadır. Enerji elde edilebilmesi amacıyla fosil yakıt kullanım alışkanlığının aynı şekilde devam etmesi, küresel ısınma sürecini hızlandırmaktadır⁶.

Enerji tüketiminde öne çıkan sektörler inşaat, sanayi, tarım ve ulaşımdır⁷. Özellikle inşaat sektörü, tek başına enerji tüketimi ve dolaylı olarak sera gazı salımında büyük bir paya sahiptir^{8, 9}.

Küresel ölçekte CO₂ salımlarının yaklaşık olarak %5-8'i, inşaat sektörünün temel hammaddelerinden olan çimentonun üretimi sürecinde gerçekleşmektedir¹⁰. Sektör bina ölçeğinde ele alındığında çok daha büyük bir etkiden söz edilebilir. Binalar yapım, kullanım ve yıkım aşamaları dahil olmak üzere tüm yaşam döngüleri boyunca yüksek oranlarda enerji tüketimine ve karbon salımına sebep olmaktadır¹¹. Bu bağlamda, inşaat sektörü özelindeki küresel ısınma mücadelesinde binalardaki enerji verimliliğinin etkisi, stratejik öneme sahip bir konudur.

2. KÜRESEL ISINMA İLE MÜCADELEDE ULUSLARARASI ADIMLAR

Küresel ısınmanın yol açtığı iklim değişikliği ile mücadelenin ertelenemeyecek boyutta olduğu söylenebilir. Öyle ki, yakın gelecekte yaşam sürdürülebilirliğinin zarar göreceği öngörülmektedir. Dolayısıyla konunun bireysel ölçek ya da ülke ölçeği yerine küresel ölçekte ele alınması gerekmektedir. 1992 yılında Rio de Janeiro'da düzenlenen Dünya Zirvesi'nde uluslararası kamuoyunun iklim konusunda farkındalığının artırılmasına yönelik ilk büyük adım atılmış ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) imzaya açılmıştır. 1994 yılında 188 ülkenin onayıyla yürürlüğe giren bu çerçeve sözleşme, bu kapsamda hazırlanan ilk büyük çevre sözleşmesidir¹². İkinci büyük adım, 1997 yılında kabul edilen ancak çeşitli nedenlerle 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü'dür. Son büyük adım ise 2015 yılında düzenlenen Paris İklim Zirvesi'nde alınan kararlar sonrasında 2020 yılında yürürlüğe giren Paris Anlaşması'dır. Atılan tüm adımların temel amacı, sera gazı yoğunluğunun kontrol altına alınması ve bundan sonraki süreçte azaltılmasıdır¹³. Paris Anlaşması, söz konusu sürece müdahale anlamında son şans olarak görülmektedir¹⁴.

2.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)

İlk kapsamlı çevre sözleşmesi niteliğinde olan BMİDÇS, rakamsal beyanlardan çok çevresel önerilerin yoğun olduğu bir sözleşmedir. Sözleşmenin 2/1.a maddesinde belirtildiği üzere öne çıkan tavsiyeler; sürdürülebilir kalkınmanın teşvik edilebilmesi için ilgili sektörlerde enerji verimliliğinin artırılması, yenilenebilir enerji türleri ve çevreye duyarlı teknolojilerin kullanımının teşvik edilmesi ve gerekli durumlarda ilgili sektörlerde uygun reformların uygulanması, sürdürülebilir tarım türlerinin teşvik edilmesi, ağaçlandırmanın sağlanması ve artırılması şeklindedir. Sözleşmenin 3/1 mad-

desi ise en net rakamsal beyanların olduğu bölümdür. Sözleşme kapsamında Ek-B'de yer alan ülkeler, Ek-A'da bildirilen 1990 yılı salım miktarlarını en az %5 oranında azaltmaktan sorumludur^{15, 16}.

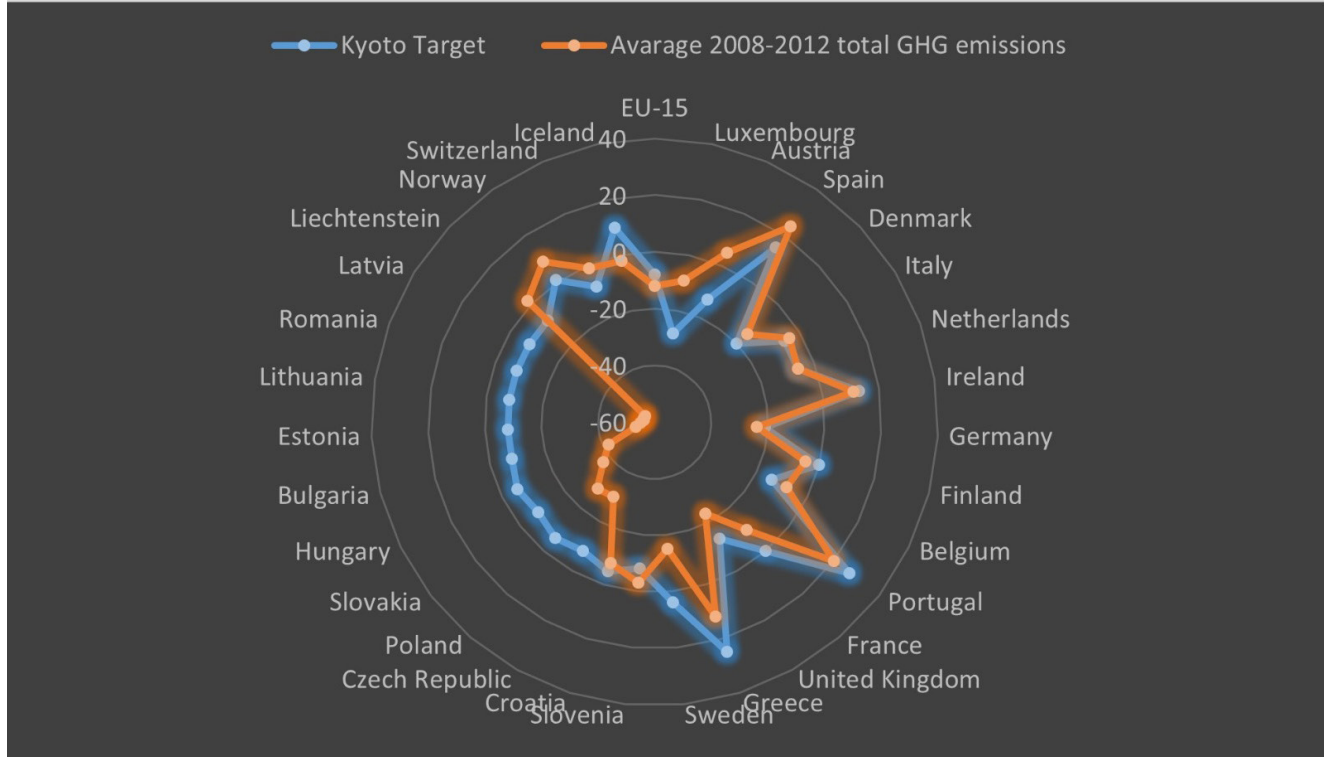
2.2. Kyoto Protokolü

1994 yılında yürürlüğe giren BMİDÇS'de yer alan hükümler birçok konuda yetersiz kalmış ve 11 Aralık 1997'de Kyoto Protokolü imzalanmıştır. En az 55 ülkenin protokolü kabul etmesi ve kabul eden ülkelerin toplam salım miktarlarının BMİDÇS kapsamında oluşturulan Ek-1 listesindeki ülkelerin toplam salım miktarının %55'inden fazla olması gerekliliği, protokolün yürürlüğe girmesini geciktirmiştir. Gerekli şartlar 2005 yılında tamamlanabilmiş ve Kyoto Protokolü yürürlüğe girmiştir^{17, 18}.

Kyoto Protokolü, BMİDÇS'ye göre daha fazla rakamsal hedeflerin olduğu bir protokoldür. Bunun yanında ülkelerin bu hedeflere ulaşabilmesini sağlamak amacıyla Temiz Kalkınma Mekanizması, Ortak Uygulama ve Emisyon Ticareti gibi esneklik mekanizmaları kurgulanmıştır¹⁹. Görsel 1'de ifade edildiği gibi belirli bir döneme kadar protokolün olumlu etkileri görülmüştür. Ancak protokole göre ülkelerin gelişmiş (sanayileşme sürecini tamamlamış), gelişmekte (sanayileşme sürecinde) ve gelişmemiş ülkeler şeklinde ayrışmaları ve ülkelere bu bağlamda sorumluluklar atfedilmesi huzursuzluk yaratmıştır. Gelişmiş olarak tanımlanan ülkelerin sera gazı azaltımı yükümlülüğü bulunurken gelişmekte olan ya da gelişmemiş ülkelere herhangi bir sorumluluk verilmemiştir. Çeşitli sebeplerle farklı kategorilerde bulunan ülkelerin liderlik yarışında eşit sorumluluk altında bulunmaması rahatsızlık yaratmıştır. Çin, karbon salım miktarında ve artış hızında en ön sırada gelen ülkedir. Ancak Çin, gelişmekte olan ülke kategorisinde yer aldığı için protokole göre herhangi bir yükümlülük altına girmemiştir^{20, 21, 22}. Tüm bunların yanında ABD protokolü kabul etmemiş ve Japonya, Kanada, Rusya gibi ülkeler de protokolden çekilmişlerdir. Son duruma göre protokole onayı devam eden ülkelerin dünya genelindeki sera gazı salımına etkisi sadece %14'e karşılık gelmektedir. Dolayısıyla protokolün etki gücü oldukça düşmüştür²³.

2.3. Paris Anlaşması

Mevcut salım miktarlarının asıl sorumlusu olan ülkelerin sürecin dışında kalması, BMİDÇS ile başlayıp Kyoto Protokolü ile devam eden sürecin nihai hedefe ulaşmasını engelleyen en önemli sebeplerden birisi olmuştur²⁵. Bunun yanında gelişmiş ülkelerin Kyoto Protokolü'nde oluşturulan esneklik mekanizmalarını kullanarak gelişmemiş ya da



Görsel 1. Kyoto Protokolü hedefleri doğrultusunda Avrupa ülkelerinin sera gazı salımı miktarlarındaki değişim (2008-2012)²⁴.

gelişmekte olan ülkelerden fayda sağlaması da bir diğer sebeptir²⁶. Söz konusu sebepler, yeni bir anlaşmanın gerekliliğini ortaya koymuştur. 2015 yılı sonunda BMİDÇS'ye taraf 196 ülkenin uzlaşmaya vardığı ve 187 ülkenin salım miktarlarında azaltım planı sunduğu Paris Anlaşması, 2020 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu anlaşmanın en önemli noktalarından birisi, Paris Anlaşması'nın toplam küresel salımların %96'sından fazlasına neden olan ülkeleri kapsayan bir anlaşma olmasıdır²⁷.

Paris Anlaşması'na göre tüm ülkeler yükümlülük altına gireceklerdir. Sanayi devrimi sonrası artan sıcaklıklar başlangıç olarak kabul edilerek tüm ülkelerin 2100 yılına kadar sıcaklık artışını 2°C'nin altında tutması beklenmektedir. Bu çerçevede ülkeler, bu konuda uluslararası niyet beyanlarını sunmuşlardır. Bunun yanında Kyoto Protokolü'nde tasarrufların teşvik edilmesi amacıyla ortaya koyulan esneklik mekanizmalarının kötü niyetle kullanılması, Paris Anlaşması'nda bu mekanizmaların revize edilmesine sebep olmuştur²⁸.

3. BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN KÜRESEL ISINMA İLE MÜCADELEDE ETKİSİ

Dünya genelinde küresel ölçekte enerji tüketiminin yaklaşık %40'ı binalar tarafından gerçekleşmektedir. Enerji kaynaklı karbon salım miktarlarının yaklaşık %18'i ise binalarda elektrik tüketimi ve ısı üretiminden kaynaklanmaktadır^{29, 30}. Avrupa

Birliği (AB)'nin yaptığı araştırma da küresel rakamlara paraleldir. Rapora göre AB ülkelerindeki binalar, toplam enerji tüketiminin yaklaşık %40'ından, sera gazı salımlarının ise %36'sından sorumludur³¹. İsviçre gibi bazı ülkelerde inşaat sektörü ve binaların etkisi çok daha büyüktür. İsviçre'de binalar toplam enerji talebinin yaklaşık %45, CO₂ salım miktarının ise yaklaşık %35'inden sorumludur³². Dolayısıyla enerji harcamalarının yoğun olarak görüldüğü binalarda enerji etkin tasarım yaklaşımlarının hedeflenmesi büyük önem taşımaktadır^{33, 34}.

Uluslararası adımlar sonrasında ülkelerin enerji politikalarındaki gelişmeler ve konuya ilişkin hazırlanan mevzuat, son dönemde binaların nispeten enerji etkin olarak tasarlanmasını sağlamıştır. Ancak özellikle eski olarak nitelendirilebilecek bina stokunda bu verimlilik değerleri oldukça düşüktür. Dünya ülkeleri içerisinde çok daha gelişmiş ülkelerin yer aldığı AB'de yapı stoğunun yaklaşık %85'i, 2000 yılından önce inşa edilmiştir. Bu binalar, dönemin enerji mevzuatına göre inşa edilmiş olup çok büyük kısmının 21. yüzyılın ortalarına kadar kullanımına devam edileceği öngörülmektedir. AB'nin uluslararası anlaşmalarla belirlenen çevresel hedeflere ulaşabilmesi için bina kaynaklı salım miktarında yaklaşık %50, nihai enerji miktarında ise yaklaşık %14 azaltım sağlaması gerekmektedir. Bu hedeflere mevcut bina stoğuyla ulaşmak oldukça güçtür. Avrupa Komisyonu'nun 2020 yı-

linda hazırlamış olduğu rapora göre sadece mevcut binalarda yapılacak yenileme, AB'nin toplam enerji tüketimini ve karbon salımlarını yaklaşık %5 azaltacaktır. Ancak her yıl mevcut bina stokunun yaklaşık sadece %1'i yenilenebilmektedir³⁵. Üstelik gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde refah ile enerji tüketimi açısından pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir³⁶. Dolayısıyla ülkelerin hedefleri çerçevesinde beklenen refah seviyelerindeki artış, toplam enerji tüketim miktarını daha da artıracaktır. Bu durumun tersine çevrilmesi ya da en azından durdurulabilmesi yalnızca enerjiyi etkin kullanan binalar ile gerçekleşebilir.

Enerji etkin binalar, minimum seviyede enerji harcayarak gerekli işlevsel ve konfor şartlarını sağlayan binalardır. Tasarım öncesi, tasarım ve kullanım evrelerinde enerji tüketimini azaltmaya ilişkin alınan her karar, enerji etkin binaların inşa edilmesine katkı sağlar. Bu noktada en belirleyici parametrenin iklim olduğu söylenebilir. Binanın konumlanması, şekli, kullanılan malzemeler ve bileşenlerin özellikleri, kurgulanan aktif ve pasif sistemler, bakım ve işletme gibi tasarım ve uygulama parametreleri, binanın enerji performansını doğrudan etkileyen unsurlardır^{37, 38}.

Enerji etkin binaların küresel ölçekte yaygınlaşması oldukça önemlidir. Ülkelerin salım ve enerji azaltım hedeflerine ancak bu şekilde ulaşılabilir. Bu bağlamda son yıllarda bazı ülkelerde oldukça katı kurallar yürürlüğe girmektedir. Avrupa Komisyonu'nun "Avrupa Birliği'nin İşleyişine İlişkin Antlaşma" dikkate alarak sunmuş olduğu ve daha sonra uygulamaya alınan önerisine göre 31 Aralık 2018 yılından sonra AB ülkelerindeki tüm kamu binalarının ve 2020 yılı sonundan itibaren inşa edilecek tüm yeni binaların gerekli şartları sağlayarak enerji etkin bina tasarımlarının standartize edildiği "Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (nZEB)" tanımına uygun inşa edilmesi gerekmektedir. Bu durum 2030 yılından itibaren daha da katılaşacak ve tüm yeni binaların "Sıfır Enerjili Binalar (ZEB)" tanımına uygun olması gerekecektir^{39, 40}. Bu tanımı sağlayan standartların karşılanabilmesi için alınacak aktif ve pasif enerji tasarrufu önlemlerinin yanında tüm sistemlerde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve binalarda enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel ısınma, yıllar içerisinde pek çok etkenin bir araya gelerek sebep olduğu, oluşumu gibi etkilerinin de yıllar içerisinde yavaş yavaş gözlem-

lendiği bir çevresel etkidir. Son dönemde küresel ısınma kontrolsüz bir hızla büyümüş, dolayısıyla etkileri de oldukça belirgin hale gelmiştir. Bu bağlamda, küresel ısınmaya yönelik önlemlerin hızla hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. Uluslararası ölçekte küresel ısınma ve buna bağlı olarak gerçekleşen iklim değişikliğine yönelik ilk büyük adım, 1992 yılında BMİDÇS ile atılmıştır. Bu çerçeve sözleşme, çevresel anlamda olumsuz gelişmelere yönelik sorunun ve bu soruna yönelik önlemler alınması gerekliliğinin kabulü bakımında oldukça önemlidir. 1997 yılında imzalanıp 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü ise ülkelere sorumluluk yükleyen ikinci büyük adım olarak kabul edilmektedir. Kyoto Protokolü, sorumlulukların dağılımı ve ortaya koyduğu teşvik edici sistemlerin kötüye kullanılması gibi sebeplerle etkisini yitirmiştir. Son büyük adım ise 2015 yılında imzalanan ve 2020 yılında yürürlüğe giren Paris Anlaşması'dır. Paris Anlaşması, küresel ölçekte katılımın yüksek olduğu ve tüm ülkelere sorumluluk yükleyen bir anlaşmadır.

İnşaat sektörü, küresel ısınmaya sebep olan karbon salımının hem doğrudan hem de dolaylı olarak en büyük sorumlularındandır. Karbon salımına sebep olan fosil yakıt kullanımı, enerji üretiminin en büyük kaynağıdır. Küresel ölçekte enerji tüketiminin %40'ı binalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla binalarda enerji tasarrufu ve verimliliğinin sağlanması, uluslararası ölçekte küresel ısınmaya yönelik atılan adımlar ve yerine getirilmesi gereken yükümlülükler bakımından elzemdir. Küresel hedeflere ulaşma yolunda inşaat sektöründe aktif ve pasif sistemler aracılığıyla enerji etkin binaların tasarlanması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, yakın gelecekte neredeyse sıfır ve süreç içerisinde tamamen sıfır enerjili binaların inşa edilmesi kaçınılmazdır.

DİPNOTLAR

- ¹ Alperen Sarı ve Arzuhan Gültekin, "International Steps on Climate Change and Transition to the Paris Agreement under the Effect of Covid-19", 2020, 1138-52, <https://avesis.gazi.edu.tr/yayin/3ebccd73-51ae-46ce-96a6-f76a9d2a625c/international-steps-on-climate-change-and-transition-to-the-paris-agreement-under-the-effect-of-covid-19>.
- ² Cemre Yıldız, "Sanayide Enerji Verimliliğinde Son Gelişmeler: Türkiye Örneği", Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, t.y., 1-1, <https://doi.org/10.29109/gujsc.1442017>.
- ³ Valérie Masson-Delmotte vd., "An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty" (Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, t.y.), https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf.
- ⁴ "Global Energy and CO2 Status Report 2018" (International Energy Agency, 2018), https://iea.blob.core.windows.net/assets/23f9eb39-7493-4722-aced-61433cbffe10/Global_Energy_and_CO2_Status_Report_2018.pdf.
- ⁵ Selahattin Erdoğan, "Enerji, Çevre ve Sera Gazları", Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 10, sy 1 (30 Haziran 2020): 277-303, <https://doi.org/10.18074/ckuiibfd.670673>.
- ⁶ G. Cenk Akkaya ve Ceren Uzar, "Karbona Dayalı Finansal Gelecek Sözleşmeleri ve Fiyat Gelişimi Üzerine Bir İnceleme", Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 1, sy 32 (2012): 67-80.
- ⁷ "Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2018" (TÜİK (33624), 31 Mart 2020), <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2018-33624>.
- ⁸ Mahsa Nazeriye vd., "Understanding the influence of building characteristics on enhancing energy efficiency in residential buildings: A data mining based study", Journal of Building Engineering 43 (Kasım 2021): 103069, <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103069>.
- ⁹ Kun Zhong vd., "Application of the air-pipe rack heat exchanger heating system in residential buildings of Guangzhou", Journal of Building Engineering 61

(01 Aralık 2022): 105280, <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.105280>.

- ¹⁰ Erdoğan, "Enerji, Çevre ve Sera Gazları".
- ¹¹ Cemre Yıldız, "Binalarda Enerji Verimliliğinde Son Gelişmeler: Türkiye Örneği", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji 12, sy 1 (2024): 176-213, <https://doi.org/10.29109/gujsc.1293759>.
- ¹² Hakan Çetintaş ve Kumru Türköz, "İklim Değişikliği ile Mücadelede Karbon Piyasalarının Rolü", Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 20, sy 37 (Haziran 2017): 147-68, <https://doi.org/10.31795/baunsobed.645182>.
- ¹³ "Düşük Karbon Ekonomisine Geçiş: İklim Değişikliği Müzakereleri ve Özel Sektörü Rolü" (TUSİAD, Aralık 2012), <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/6265-dusuk-karbon-ekonomisine-gecis-iklim-degisikligi-muzakereleri-ve-ozel-sektoru-rolu>.
- ¹⁴ Sarı ve Gültekin, "International Steps on Climate Change and Transition to the Paris Agreement under the Effect of Covid-19".
- ¹⁵ "Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change" (United Nations, 1998), <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>.
- ¹⁶ Sarı ve Gültekin, "International Steps on Climate Change and Transition to the Paris Agreement under the Effect of Covid-19".
- ¹⁷ Gülizar Binboğa, "Uluslararası Karbon Ticareti ve Türkiye", Yaşar Üniversitesi E-Dergisi 9, sy 34 (01 Haziran 2014): 5732-59, <https://doi.org/10.19168/jyu.90063>.
- ¹⁸ Sarı ve Gültekin, "International Steps on Climate Change and Transition to the Paris Agreement under the Effect of Covid-19".
- ¹⁹ "Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change".
- ²⁰ Mehmet Öztürk ve Arzu Öztürk, "BMİDÇS'den Paris Anlaşması'na: Birleşmiş Milletler'in İklim Değişikliğiyle Mücadele Çabaları", Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 12, sy 4 (18 Ekim 2019): 527-41, <https://doi.org/10.25287/ohuiibf.494667>.
- ²¹ "Emissions Gap Report 2018" (2018 United Nations Environment Programme, Kasım 2018), https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26895/EGR2018_FullReport_EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

²² Sarı ve Gültekin, "International Steps on Climate Change and Transition to the Paris Agreement under the Effect of Covid-19".

²³ Etem Karakaya, "Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme", Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 3, sy 1 (19 Nisan 2016): 1-12, <https://doi.org/10.30803/adusobed.188842>.

²⁴ "Progress towards 2008 – 2012 Kyoto Targets in Europe", EEA Technical Report (European Environment Agency, 18 Kasım 2014), <https://www.eea.europa.eu/publications/progress-towards-2008-2012-kyoto>.

²⁵ Bülent Yılmaz, "Enerji Sektörünün Geleceği: Karbon Ticareti", Kara Harp Okulu Bilim Dergisi 29, sy 1 (30 Haziran 2019): 65-91.

²⁶ Özge Uysal Şahin, "Kyoto Protokolü ve Kopenhag Mutabakatının Karşılaştırmalı Analizi", Journal of Awareness 1, sy 1 (01 Mart 2016): 5-16.

²⁷ Karakaya, "Paris İklim Anlaşması".

²⁸ "Paris Agreement" (United Nations, 2015), https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.

²⁹ "Enerji Tüketiminde Dönüşüm İçin Binalarda Enerji Verimliliği" (Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD), 01 Ocak 2013), <https://www.skdturkiye.org/files/yayin/Enerji-Tuketiminde-Donusum-Icin-BEV.pdf>.

³⁰ Yıldız, "Binalarda Enerji Verimliliğinde Son Gelişmeler".

³¹ É Mata vd., "A Map of Roadmaps for Zero and Low Energy and Carbon Buildings Worldwide", Environmental Research Letters 15, sy 11 (23 Kasım 2020): 113003, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb69f>.

³² Swiss Federal Office of Energy, "Buildings", 29 Ağustos 2023, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/en/home/effizienz/gebaeude.html>.

³³ "2018 Global Status Report: Towards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector" (International Energy Agency and the United Nations Environment Programme, 2018), <https://worldgbc.org/wp-content/uploads/2022/03/2018-GlobalABC-Global-Status-Report.pdf>.

³⁴ "Perspectives for the Clean Energy Transition: The Critical Role of Buildings" (International Energy Agency (IEA), Nisan 2019), <https://iea.blob.core.windows.net/assets/026bff1b-821d-48bc-8a0e-7c10280c62bc/>

[Perspectives_for_the_Clean_Energy_Transition_2019.pdf](#).

³⁵ "Energy Efficiency in Buildings" (Brussels: European Commission, 17 Şubat 2020), https://commission.europa.eu/document/download/65660913-cecb-4f2f-b34c-c9bbf9bed1af_en?filename=in_focus_energy_efficiency_in_buildings_en.pdf.

³⁶ "Enerji Tüketiminde Dönüşüm İçin Binalarda Enerji Verimliliği".

³⁷ İbrahim Çakmanus, "Enerji Verimli Bina Tasarım Yaklaşımı", Tesisat Mühendisliği Dergisi, sy 84 (2004): 20-27.

³⁸ Gülten Manioğlu, "Enerji Etkin Tasarım ve Yenileme Çalışmalarının Örneklerle Değerlendirilmesi", Tesisat Mühendisliği Dergisi, sy 126 (Aralık 2011): 35-47.

³⁹ "COMMISSION RECOMMENDATION (EU) 2016/1318 of 29 July 2016 on Guidelines for the Promotion of Nearly Zero-Energy Buildings and Best Practices to Ensure That, by 2020, All New Buildings Are Nearly Zero-Energy Buildings" (Official Journal of the European Union, 02 Ağustos 2016), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32016H1318>.

⁴⁰ European Commission, "Nearly-Zero Energy and Zero-Emission Buildings", Energy, Climate change, Environment, erişim 31 Mayıs 2024, https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-and-zero-emission-buildings_en

Arzuhan Burcu Gültekin

1997'de İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nden mezun olmuştur. Yüksek lisansını Temmuz 2000'de İTÜ Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilgisi Programı'nda tamamlayarak yüksek mimar ünvanı almaya hak kazanmıştır. Doktora çalışmalarını 2006'da Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde tamamlayarak doktor ünvanı almıştır. 1998-2001 yılları arasında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde Araştırma Görevlisi kadrosunda, 2001-2007 yılları arasında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü'nde Araştırma Görevlisi kadrosunda, 2007-2015 yılları arasında aynı bölümde Yardımcı Doçent kadrosunda, 2015-2020 yılları arasında Ankara Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü'nde Doçent kadrosunda, 2020-2023 yılları arasında Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Doçent kadrosunda çalışmıştır. Ağustos 2023'ten beri Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde Profesör kadrosunda görevini sürdürmektedir. Uzmanlık alanları sürdürülebilir binalar, sürdürülebilir yapı malzemeleri, yapılarda enerji/su/malzeme korunumu, yeşil bina sertifikaları, bina performans yazılımları ve yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi konularıdır. 22 adet uluslararası makalesi, 86 adet kongrelerde sunulmuş bildirisi, 28 adet ulusal ve uluslararası tebliği, 8 adet uluslararası düzeyde kitap bölümü, 2 adet kitabı, düzenleme kurulu başkanı olarak görev aldığı 14 adet etkinlik (çalıştay, seminer, konferans, sempozyum), 6 adet ulusal ve uluslararası düzeyde araştırma projesi, çok sayıda birliktelik görevi, bilimsel dergi hakemlikleri, yüksek lisans ve doktora tez danışmanlıkları, yüksek lisans/doktora/seminer jüri üyelikleri ve editörlük görevleri bulunmaktadır. Farklı kurumlar tarafından verilen 6 adet yayın ve üstün başarı ödülü vardır. TMMOB Mimarlar Odası ve Türk Tesisat Mühendisleri Derneği'ne üyedir. Uluslararası Kurumsal Sürdürülebilirlikte Etik ve Etki Değeri Derecelendirme Derneği kurucu üyesidir.

Alperen Sarı

Lisans derecelerini 2013 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık (Çift Anadal) bölümlerinde, yüksek lisans derecesini ise 2019 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı İşletmesi alanında almıştır. Halen Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda doktora eğitimine devam etmektedir. 2013-2019 yılları arasında Türkiye'nin önde gelen firmalarında çeşitli alışveriş merkezi ve otel projelerinin saha kısmında proje müdürü, şantiye şefi ve saha sorumlusu, merkez ofisinde ise tasarım koordinatörü, maliyet ve sözleşme yöneticisi gibi görevlerde bulunmuştur. 2019 yılından beri akademik çalışmalara ağırlık veren Alperen, halen Ankara Medipol Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu İnşaat Teknolojisi Programı öğretim görevlisi ve bölüm-program başkanı olarak görev yapmaktadır. Yapı işletmesi, yapı teknolojisi, yapıli çevre, sürdürülebilirlik gibi alanlarla ilgilenmektedir.

Küresel Isınma İle Mücadele Kapsamında Binalarda Enerji Verimliliğinin Gerekliliği

Küresel ısınmanın etkilerinin son dönemde ciddi şekilde hissedilir olması, pek çok sektörün ve bileşenlerinin dikkatini bu alana çekmeye neden olmuştur. Küresel ısınmanın yaşam sürdürülebilirliğini tehlikeye atması sebebiyle bu konuda yapılacak müdahaleler ertelenemez boyuttadır. Sera gazı salımları ve enerji üretiminde kullanılan fosil yakıtlar, küresel ısınmanın başlıca sebeplerindendir. Dünya genelinde binalar, enerjinin %40'ını tüketmektedir. Bunun yanında inşaat sektöründe kullanılan malzemelerin üretiminde sera gazı salım miktarları da ciddi boyutlardadır. Dolayısıyla küresel ısınma ile mücadelede inşaat sektöründe alınacak önlemler oldukça önemlidir. Bu çalışmada küresel ısınma ile mücadelede uluslararası anlaşmaların yerine getirilebilmesi için binalardaki enerji verimliliğinin gerekliliğinin ortaya koyulması hedeflenmektedir. Bu kapsamda ilk aşamada küresel ısınma ile mücadelede Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi uluslararası anlamda atılan kritik adımlar incelenmektedir. İkinci aşamada ise binalar özelinde inşaat sektörünün ülkelerin söz konusu sözleşme, protokol ve anlaşmalardaki yükümlülükleri yerine getirme yolundaki rolleri üzerine odaklanılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Küresel ısınma, Kyoto Protokolü, Paris Anlaşması, enerji etkin bina tasarımı.

The Necessity of Energy Efficiency in Buildings in The Fight Against Global Warming

The fact that the effects of global warming have been seriously felt recently has caused many sectors and their components to draw attention to this area. Since global warming endangers the sustainability of life, the intervention on this issue cannot be postponed. Greenhouse gas emissions and fossil fuels used in energy production are the leading causes of global warming. Buildings worldwide account for 40% of energy consumption. In addition, the amount of greenhouse gas emissions in the production of materials used in the sector is also serious. Therefore, the measures to be taken in the construction sector in the fight against global warming are very important. The study aims to reveal the necessity of energy efficiency in buildings to fulfil international agreements in the fight against global warming. In this context, critical international steps such as the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Kyoto Protocol and Paris Agreement in the fight against global warming are examined in the first stage. In the second stage, the focus is on the role of the construction sector, specifically buildings, in helping countries fulfill these obligations.

Keywords: Global warming, Kyoto Protocol, Paris Agreement, energy efficient building design.

BLOK ZİNCİR KONSEPTİNİN AKILLI BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

Duygu Savur, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Mimarlık Bölümü
Şeyda Emekci, Doç. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Mimarlık Bölümü

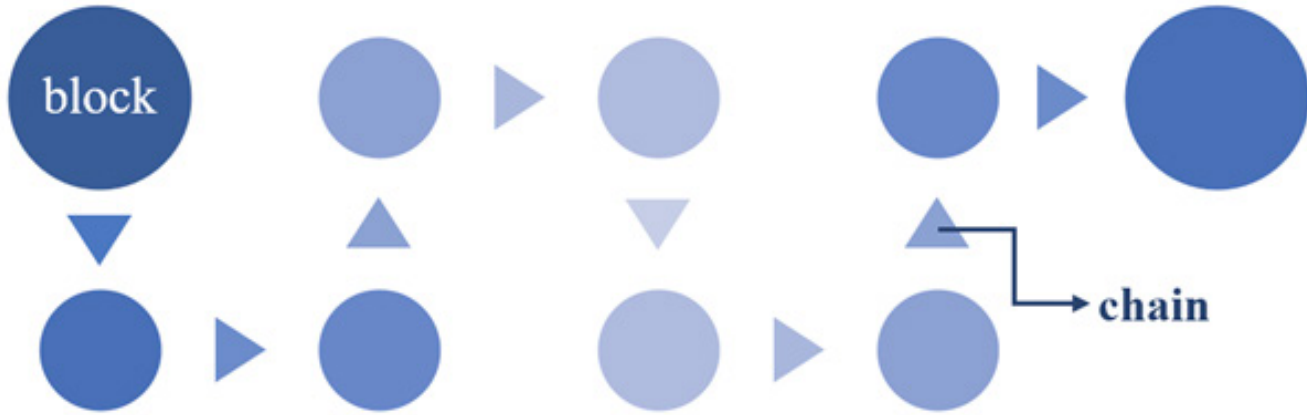
Giriş

Evrenin başlangıcından bu yana dünya düzenli değişimler geçirmiştir. Ancak son yarım yüzyılda insanlık hızla artan nüfusla birlikte önemli sorunlarla karşı karşıya kaldı. Hızlı tüketim ve barınmak için yeni yerlere ihtiyaç duyulması bu sorunu tetikledi. Böylece, iklim değişikliğinin neden olduğu küresel ısınma ile birlikte buzulların erimesiyle tarım alanlarının azalması, bunun sonucunda gıda arzında yaşanan sorunlar, biyolojik çeşitliliğin kaybı, hava, su ve toprağın kirlenmesi gibi başka birçok sorun ortaya çıkmıştır (Cilingir, 2022; FAO, 2019). Ayrıca, sanayi devrimi döneminden itibaren insanoğlu kasaba ve köyden şehir merkezine taşınmıştır, dolayısıyla günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık %50'si şehirlerde yaşar hale gelmiştir (Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014). Bu durum hammadde üretiminin azalmasına ve enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Bunlar dünya için tamamen domino etkisi yaratmaktadır. Bu nedenle, inşaat sektörü enerji tüketiminde en önemli noktaya sahiptir. İstatistiklere göre, küresel enerji tüketiminde ener-

jinin %30'unu, ayrıca dünya genelinde elektriğin %50'sinden fazlasını inşaat sektörü tüketmektedir (Santamouris&Vasilakopoulou, 2021). Yaklaşık olarak karbon emisyonlarının üçte birine sahiptir. Su tüketimine baktığımızda, inşaat sektörü toplam su tüketiminin dörtte birini tüketmektedir. Bir diğer önemli istatistik ise atıklarla ilgili olup, katı atıkların %25'i, sıvı atıkların ise %20'si binalarda üretilmektedir (Kabakçı, 2019).

Görülen tüm bu olumsuz etkilerle birlikte sürdürülebilirlik ve yenilenebilirlik gibi kavramlar tartışılmaya başlanmıştır (United Nation, 1987). Gelişen teknoloji yani dijitalleşme sonucunda insan yönetiminin dışında kalan bina işletmeleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu bina sistemleri akıllı ev veya akıllı bina olarak da adlandırılmaktadır. Bir başka deyişle akıllı evler, gelişen teknolojilerin bina alanına entegre edilmiş hali olarak düşünülebilir. Bu sistemin birçok olumlu yönü olsa da zaman içerisinde sistemin işleyişi ve verilerin saklanması ile ilgili bazı sorunlar ortaya çıkmıştır (Türkyılmaz&Altındağ, 2022).

Son yıllarda yapılan çalışmalarla veriye ve veri depolamasına bakış açımız değişmiştir. Blokzincir teknolojisi bu alanda yeni bir kavramdır. İlk



Şekil 1. Blokzincir teknolojinin temsili diyagramı.

tanım veya fikirler 1990'larda bir grup araştırmacı tarafından ortaya atılmıştır. Ancak ilk gerçek tanım 2008 yılında Satoshi Nakamoto'dan gelmiştir (Kandiye, 2020). 1990'lı yıllarda ortaya atılan ilk fikirleri derleyerek kendisi için uyarlamıştır.

Tüketimin artışı, gıda endüstrisi, moda sektörü yani tekstil teknolojik buluşlar ve ayrıca inşaat gibi birçok sektörde ilerlemektedir (Castagna vd., 2022). İnsanlığın her alanda artan aşırı tüketimini kontrol etmesi gerekmektedir. Çalışmada, akıllı evlerin blokzinciri teknolojisi ile nasıl işletilebileceği ve kullanılan öğelerin ön tasarım aşamasından yaşam döngülerinin sonuna kadar nasıl enerji döngüsüne sokulacağı tartışılacaktır.

1.1. Blokzincir Teknolojisi

Bir iş ağındaki tüm varlıkların ve işlemlerin takibini sağlayan sisteme blokzinciri denir. Bir diğer tanımı ise dijital varlıkların şifrelenmiş işlemlerini hatasız bir şekilde oluşturan, onaylayan ve kaydeden merkezi olmayan dağıtılmış defter teknolojisi-dir (Owens, 2017).

Sistem şu aşamaları takip ederek çalışmaktadır;

1. Her işlem bir veri bloğu olarak kaydedilir.
2. Her veri bloğunun öncesi ve sonrası ile bir bağlantısı vardır.
3. Herhangi bir işlem geri alınamaz ve bir zincir olan blok zincirinde bir zincire kaydedilir (Nakamoto, 2009).

Geleneksel sistemde, veritabanları kullanılır ve bir sunucu üzerinde çalışır ve diğer kanallar ana sunucuya bağlanır. Ancak blokzinciri teknolojisi merkezi olmayan sistemler anlamına gelmektedir. Bu ağın, tüm ağın oybirliği olmadan verilerin kaydırılamayacağı bir şekilde olmasına rağmen, birçok bilgisayarda gerçekleştiğini de tanımlaya-

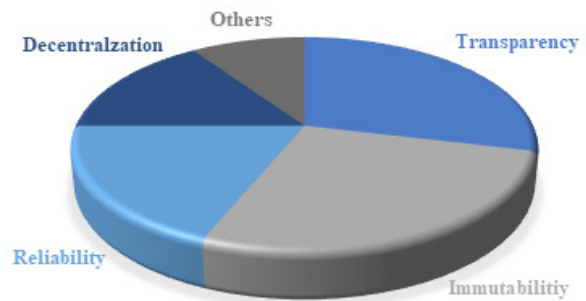
biliriz. Her bloğun bir hash'i vardır ve bir önceki blok veya hash ile bağlantılıdır (Owens, 2017). Dolayısıyla, blokzinciri tüm adımları ayrıntılı olarak kaydetmek için gerekli kanıta sahiptir.

Blok zincirinin kronolojisi incelendiğinde, üç dalgalanma noktası vardır.

Blockchain 1.0: Para ve ödemenin merkezsizleşmesi,
Blockchain 2.0: Piyasaların merkezsizleştirilmesi,
Blockchain 3.0: Devletin, bilimin, sağlığın, sanatın, kültürün merkezsizleştirilmesi. Yani para ve piyasanın ötesindeki uygulamalardır (Kandiye, 2020).

Sistemi tanımlayan üç ana unsur vardır; blok, zincir ve ağ. Blok, işlem yerlerinin kaydedildiği adımlardır. Zincir, oluşturulan blokların birbirlerine bağlanmasıdır. Ağ yani sistemin tamamıdır (Kandiye, 2020).

Blokzincir teknolojisi birçok soruna çözüm olsa da ana konuları ölçeklenebilirlik, güvenilirlik ve merkeziyetsizlik gibi başlıklardır. İyi bir sistem oluşturmak için bu konuların birlikte çalışması gerekmektedir (Kandiye, 2020).



Şekil 2. Blokzinciri teknolojinin ana destekleyici unsurları.

İşletmeler tarafından kullanılmakta olan blokzinciri teknolojisinin ana destekleyici unsurlarının sorulduğu ve 50'den fazla şirketin katıldığı bir anket yapılmıştır. Ankete katılanların %61,5'i şeffaflık, %58,5'i değişmezlik, %40,8'i güven, %33,7'si merkeziyetsizlik ve %20,1'i diğer olarak nitelenen maliyet azaltma, aracılık ve otomasyon yanıtını vermiştir (Sebastian, 2019).

Blok Zinciri Türleri

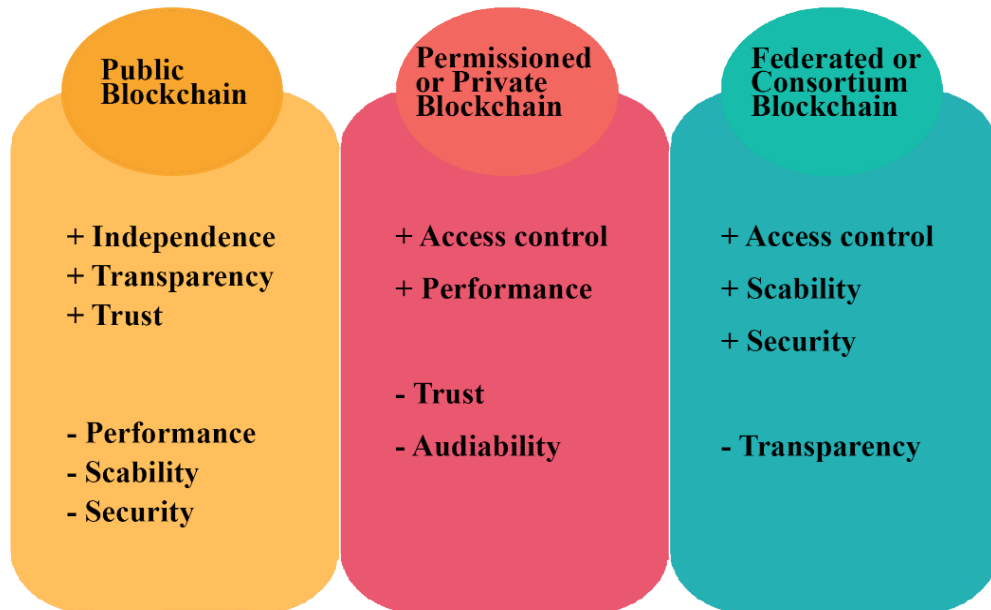
Açık Blok Zinciri: Bu tür blok zinciri, herkesin kısıtlama olmaksızın katılabileceği bir ağıdır. Çoğu kripto para türü, fikir birliği veya kural algoritmaları tarafından yönetilen izinsiz bir blokzinciri üzerinde çalışır (Solomon, 2019). İnşaat sektöründe, kamu sözleşmesi uygulamaları bu tür blok zinciri teknolojisi için uygun olabilir, çünkü açık blokzincir şeffaftır (Kandiyi, 2020).

İzinli veya Özel Blokzinciri: İzinli blokzincirinde ağa yalnızca yetkili katılımcılar katılabilir ve katılım sadece davetiyeyle olur. İşlemler her katılımcı üzerinde değil, yalnızca onaylı katılımcılar üzerinde gerçekleşebilir (Solomon, 2019).

Konsorsiyum Blokzinciri: Konsorsiyum blokzincirinin tek bir sahibi yoktur, bu nedenle özel blokzincirine benzer. Bu blokzinciri ağı, önceden seçilmiş bir dizi düğüm veya madencilik sürecinin yürütüldüğü önceden seçilmiş sayıda paydaş tarafından yakından kontrol edilir (Solomon, 2019).

Gelişen blokzinciri teknolojisinin uyum sağlayabileceği sektörlerden biri de inşaat sektörüdür. Bu

teknoloji ile ön tasarım aşamasından binanın yaşam döngüsünün sonuna kadar biriken verileri nasıl kullanılacağı belirlenebilmektedir. Blokzincir teknolojisi özellikle günümüzün en büyük sorunlarından biri olan enerji verimliliği konusunu takip edebilmek için çok önemli bir yeniliktir. Binaların ürettiği enerjinin takibi, ihtiyaç listesi, gereksiz enerji üretimi varsa bunun gerekli yerlere arzı gibi konularda blokzincir teknolojisi çok önemli bir teknoloji olacaktır. Blokzincirin enerji sektöründe, özellikle de enerji üretimi ve yönetiminin izlenmesinde kullanımına ilişkin çalışmalar şu şekildedir: Gorski (vd., 2018) blozincir teknolojisi ile yenilenebilir enerji üretim kaynaklarının yönetim sistemi fikrini sunmuştur. Khatoon (vd., 2019) enerji sertifikasyon sistemlerinden ve bir blok zinciri sisteminin enerji verimliliği, depolama verileri ve paydaşlar arasında güvenin sağlanmasından bahsetmektedir. Andoni (vd., 2019), enerji sektöründeki blokzincir teknolojisi temelleri ve sistem yapılarının bir kanıtını sunmaktadır. Sedlmeir (vd., 2020), bitcoin'in enerji tüketimi modasına açıklık getirmekte ve bu mitletin ötesine bakmaktadır. Bitcoin ve alternatiflerinin enerji tüketimi hakkındaki literatür taraması analiz edilmiş ve güvenlik, seçim konsensüs mekanizması ile karakteristiği ve dolayısıyla enerji tüketimi arasında yakın bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Özetle, blokzinciri teknolojisinin enerji tüketimi farklı türler arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Yıldızbasi (2021), döngüsel ekonomi ile enerji yönetiminde blokzinciri kavramının kullanımını tartışmaktadır. Çalışmanın amacı, blokzincirinin enerji yönetimi için döngüsel bir ekonomiye katkısını göstermektir. Ayrıca, bu anahtar kelimelerin avantajlarını ve dezavantajlarını tartışmaktadır.



Şekil 3. Blokzinciri türleri, artıları ve eksileri.

1.2.Akıllı Ev

Akıllı evler, uzaktan otomatik olarak kontrol edilebilen binalar olarak ifade edilebilir. Uzaktan kontrol edebilmek için kullanıcıya sensör verisi sunacak bir cihaza, bunu kullanıcıya iletecek bir ağ bağlantısına ve görüntülemek için bir cihaza ihtiyaç vardır; yani bina içinde sensör veri elde etmek için yerleştirilmiş cihazlar, cep telefonu veya izleme aracı ile yönetilebilen bir bağlantı ağına ihtiyaç duyar. İnternet teknolojisi bunun için en önemli buluştur. Tüm ev araçlarına kontrol sensörü eklenebilir ve kullanıcı akıllı telefon ile bu cihazlara bağlanabilir, dolayısı ile pek çok görev için mesafeler önemsiz hale gelir, kullanıcı elektrikli araçları açabilir, kapatabilir, zamanları kontrol edebilir veya çalışma süresine komut verebilir. Cihazların kontrol kapasiteleri ise şu şekilde sıralanabilmektedir; güvenlik erişimi, aydınlatma, sıcaklık, araç kontrolü ve görüntüleme gibi (Smart Home, t.y.).

Akıllı bina ile ilgili bir başka tanım ise şu şekildedir; *“Akıllı evler en basit tanımıyla konutların bilgisayarlaştırılmasıdır. Bir dizi sensörle konut sakinleri ve alışkanlıkları hakkında veri toplarlar; toplanan bu verileri analiz ederek, konutun içine yerleştirilmiş belirli mekanizmaları kontrol ederek bu eylemlere ve olaylara yanıt verirler.”* (Emekci, 2022).

Kendi kendini destekleyebilen bu sistemler bazı kaynakları kullanmak zorundadır. Bunlardan bir taneside enerjidir. Akıllı binaların enerji ile ilişkisini inceleyen literatürdeki bazı çalışmalar şu şekildedir; Agarwal (vd., 2010) HVAC sistemini ve dinamik kontrol gereksinimini tartışmaktadır. Makaleye göre, HVAC kontrolörüne girdilerin birleştirilmesi enerji verimliliğini artırmak için çok önemlidir. Xu (vd., 2012) bir mikro şebekede çeşitli enerji depolama araçlarının performansını incelemiştir. Bunlar daha sonra karşılaştırılmıştır. D. Zhang (vd., 2013) karma entegre doğrusal programlama (MILP) kullanarak akıllı evlerdeki enerji tüketimini hesaplamayı amaçlamaktadır. Bu program, gerçek zamanlı elektrik fiyatlandırması sağlarken aynı zamanda akıllı binadaki enerji tüketimini işletmek için tasarlanmıştır. Ince (vd., 2014) bu çalışma, ZigBee protokolü aracılığıyla akıllı ev cihazları arasındaki gecikmeleri analiz etmeyi amaçlamaktadır. Buzdolabı, bulaşık makinesi, klima ünitesi, çamaşır makinesi, su ısıtıcısı, fırın ve televizyon gibi akıllı ev aletleri akıllı prizlerle entegre edilmiştir. Sonuç olarak, ZigBee yeterli iletişim performansı sağladığı tespit edilmiştir. Rocha (vd., 2015) Akıllı Bina Enerji Yönetim Sistemleri (ABEYS) ve Geleneksel Bina Enerji Yöne-

tim Sistemleri (GBEYS) üzerinde enerji tüketimi ve yönetimi ile ilgili analizler yapmıştır. Sonuçlar, SBEMS'in atık enerji tüketiminde azalmaya yol açtığını göstermiştir. Razmara (vd., 2018) iki seviyeli bir şebeke ile ticari binalarda enerji yönetimi için yeni bir çerçeve geliştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma, deneysel verilere dayanan çift yönlü bir binadan şebekeye optimizasyon yaklaşımı sunmaktadır. Jia (vd., 2018) akıllı binaların tasarlanması için platform tabanlı bir metodoloji tanımlamakta ve çeşitli tasarım bileşenlerini açıklamaktadır. Sethi (vd., 2020) akıllı ev enerji yönetiminde siber saldırıların potansiyel risklerini ve akıllı evlerdeki cihazları kullanarak enerji tüketiminin formülasyonunu tartışmaktadır. Latifah (vd., 2020), akıllı binalarda enerji yönetimi konusunda kapsamlı bir literatür taraması sunmayı amaçlamıştır. İnceleme, bilgi akışını ve ifadeler arasındaki nedensel bağlantıları vurgularken mevcut yapıları ve sistemleri objektif olarak incelemektedir. Bina Bilgi Modellemesi (BIM), enerji yönetimi, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme işlemleri, izleme ve planlama için kullanılmaktadır. Shapi (vd., 2021) Malezya'da bir vaka çalışması alanında çalışarak, makine öğrenimi sistemlerini kullanarak enerji tüketimini tahmin etmeye odaklanmıştır. Farzaneh (vd., 2021) akıllı binalarda makine öğrenimi teknikleri aracılığıyla şehir altyapılarını yönetmek için yapay zekadan yararlanarak enerji tasarrufuna yönelik çok boyutlu yaklaşımları tartışmaktadır. Huseien&Shah, 2022 incelemelerinde, 5G teknolojisindeki gelişmeleri ve akıllı ev uygulamalarının etkisini incelemektedir. Bulgular, Singapur'da yürütülen bir vaka çalışmasına dayanmaktadır. Çalışma, ileri teknolojinin, özellikle 5G teknolojisiyle desteklenen şehirler için akıllı şebekeler gibi alanlarda yeni fırsatlar sunduğunu öne sürmektedir. Singapur bu olgunun en iyi örneklerinden birini teşkil etmektedir.

Enerjiden sonra akıllı ev sistemlerinin kullanımında en önemli gereksinim internet altyapısıdır. Bunun teorik adı Nesnelerin İnterneti (IoT)'dir. IoT Nedir? Nesnelerin İnterneti (IoT) son yüzyılın en önemli teknolojilerinden bir tanesidir ve maddi bir nesnenin ağı olan IoT günümüzde çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. İnternet üzerinden diğer cihaz ve sistemlerle bağlantı kurmak ve veri paylaşmak amacıyla sensörler, yazılımlar ve diğer teknolojilerle gömülü fiziksel nesnelerden oluşan bir ağı tanımlar. Yeni teknolojiler insanlara yeni gereksinimler getirmektedir ve insanlığın internet aracılığıyla diğer cihaz ve sistemlerle bağlantı kurması ve veri alışverişi yapması gerekmektedir (Oracle, t.y.). Günümüzde Nesnelerin İnterneti

(IoT)'nin düşük maliyetli ve güçlü sensör teknolojisine erişim, bağlanabilirlik, bulut bilişim platformu, makine öğrenimi, analitik ve bu konularda yapay zekanın (AI) korunması gibi pek çok faydası bulunmaktadır. Nesnelerin İnterneti (IoT) sisteminin akıllı evde kullanımına ilişkin çalışmalar üç grupta incelenmiştir (Sepasgozar vd., 2020).

1. Enerji yönetimi işlemleri, günümüzün akıllı ev uygulamalarını enerji verimliliği ve enerji tüketimini takip etme açısından sağlar.
2. Derin öğrenme algoritmaları ve makine öğrenimi gibi akıllı evlerdeki yapay zeka uygulamaları farklı bağlamlarda uygulanabilir.
3. Yaşlı bakım sistemleri farklı yerlere uyarlanabilir ve bu uygulamalardan dersler çıkarılabilir.

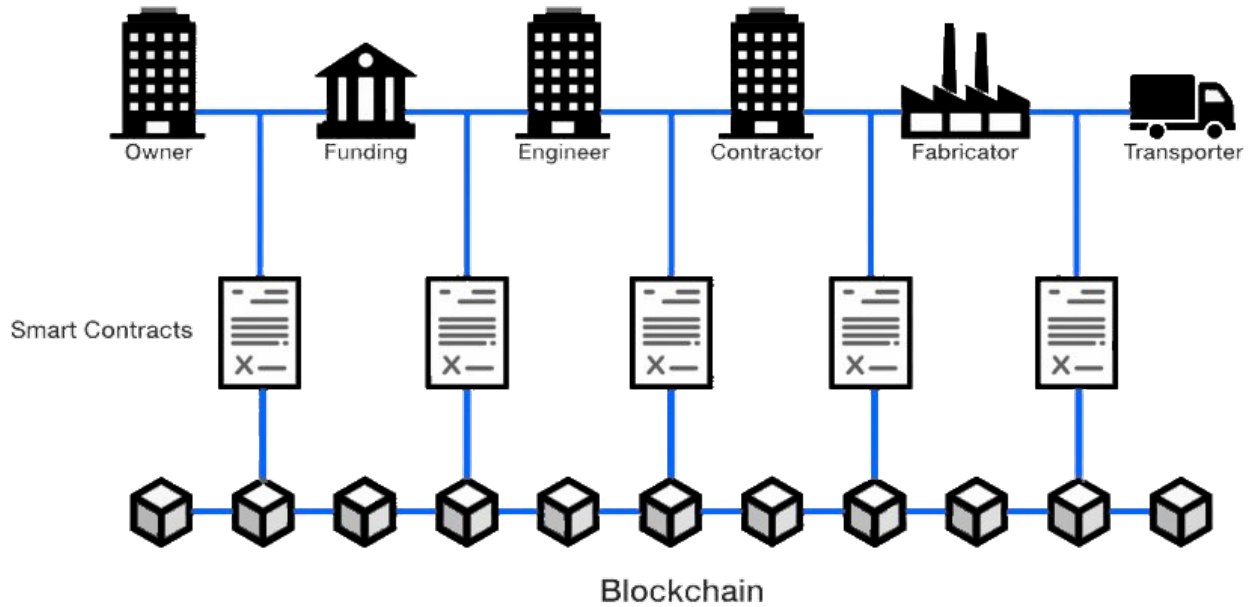
Konutların bilgisayarlaştırılması ihtiyacının nedenlerinden bir tanesi de küresel iklim sorunlarıdır. İklim krizi ve hızlı nüfus artışı insanları kaynaklarını daha verimli kullanmaya itmiştir. Bu kaynakları sadece hammadde bazında değerlendirmek yerine üretim atığı olarak ele almak daha açıklayıcı olacaktır. Kullanılan herhangi bir hammadde işlenirken ortaya çıkan karbon, kullanılan su ve yakılan enerji çoğunlukla göz ardı edilen gömülü enerjidir. Genellikle enerji tüketimi ile ilgili verilerde inşaat sonrası tüketimler baz alınmaktadır ama bu tamamen yanlış bir yaklaşımdır. Eğer enerji verimliliği konusunda doğru adımlar atılmak isteniyorsa sıfırdan yani inşaat aşamasından başlamak gerekiyor. Zira enerji tüketimi ve karbon salınımı ilk adımla başlayan ve binanın ömrünün sonuna ve hatta yıkımına kadar devam eden bir dögüdür.

Yöntem

Blokszincir teknolojisinin akıllı binalarda kullanımının enerji verimliliğine olan etkisini araştıran bu çalışma, mevcut literatürdeki öncü çalışmaların derinlemesine incelenmesiyle gerçekleştirilmiştir. 2009 ile 2024 yılları arasında yapılan çalışmalar, blokszincirin akıllı binalardaki potansiyel katkılarını ortaya koymak amacıyla titizlikle analiz edilmiştir. Bu kapsamda, blokszincir teknolojisinin enerji yönetimi ve kontrol süreçlerinde nasıl kullanılabileceği, verimlilik artışına nasıl katkı sağlayabileceği ve enerji tüketimini nasıl optimize edebileceği üzerine teorik bir çerçeve oluşturulmuştur. Bulgular, bu teknolojinin akıllı bina sistemlerinde kullanımının, enerji tasarrufu sağlama potansiyeli ile önemli bir rol oynayabileceğini öne sürmektedir. Bu çalışma, blokszincirin akıllı binaların enerji yönetimi ve sürdürülebilirlik açısından gelecekteki uygulamalarında nasıl entegre edilebileceği konusunda önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Bulgular

Sürdürülebilirlikte sıklıkla kullanılan beşikten mezara konsepti, yaşam döngüsünü tanımlayabilen ve takip edebilen en iyi teknoloji olmuştur. Sürecin en başından, yani tarafların anlaşmasından başlayarak, tasarım, inşaat, teslim, kullanıcıların yerleşimi ve binanın aktif kullanımı vb. listenin tek tek kayıt altına alınması ve bu veriler ışığında kullanıcıların ihtiyaçlarının takip edilmesi günümüzde zorunlu hale gelmiştir. Akıllı evlerin yaşam döngüsünde blokszincir teknolojisinin kullanımının enerjinin verimli kullanılmasının en önemli adımı olan kayıt altına alınmasında en şeffaf ve



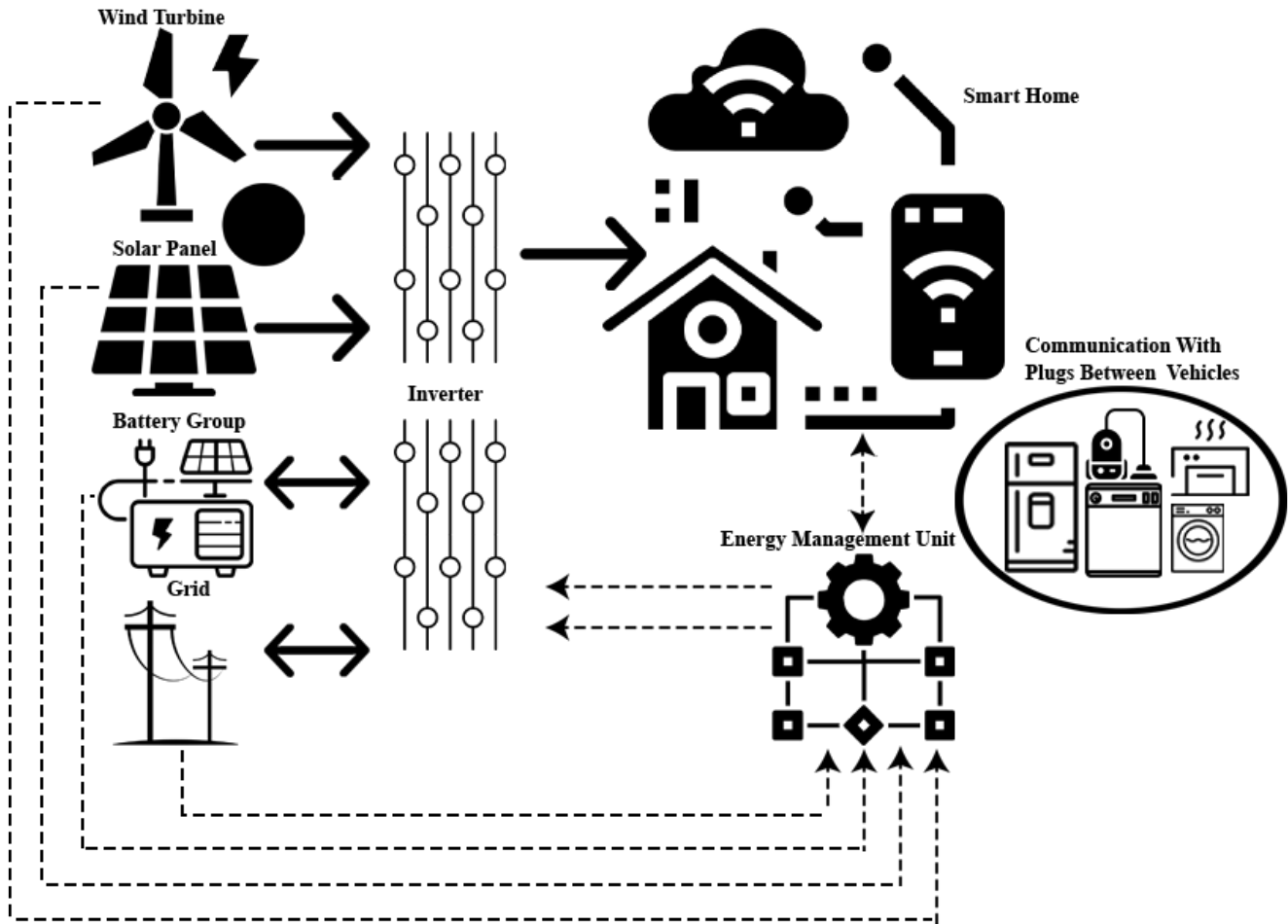
Şekil 4. Blockchain Network.

güvenli saklama ve kontrol yolu olacağı yapılan literatür analizlerinden de anlaşılmaktadır. Kullanılan enerji her adımda kayıt altına alınır ve enerji ödemesi akıllı kontratlarla sağlanabilir (Şekil 4).

Akıllı ev sistemlerinde, kullanıcının bulunduğu konumdan yola çıkarsak, kullanılan cihazların bakımı, tükettikleri enerjinin takibi, evdeki bireylerin güvenliğinin kolay takibi, uygun sıcaklık ve aydınlatmanın otomatik sağlanması gibi yenilikler bu çağa uygun olacaktır. Yapıda kullanılan bazı zaman ayarına ihtiyaç duyan cihazlar bulunabilmektedir. Bunlar bulaşık makineleri, çamaşır makineleri, plug-in hibrid elektrikli araçlar (PHEV). Bu araçların hızlı olması elektrik kullanımında, yani faturalarda tasarrufta önemli rol oynamaktadır (Sethi vd., 2020). Aynı zamanda, tüm araçlar enerji tüketimini otomatik olarak yönetmek için hayati öneme sahiptir. Kullanıcı, araçların çalışma koşullarını ve ne kadar zaman alabileceğini veya ne kadar enerji tüketeceğini görebilir. Böylece araçların bazı sorunlu parçaları değiştirilebilir veya yenilebilir (Şekil 5).

Bina yaşam döngüsü üç ana bölüme ayrılabilir. Tasarım ve inşaat aşaması, kullanıcı aşaması ve ömrü-

nü tamamlama. Tüm bu aşamalar enerji tüketir ve blok zinciri arayüzü aracılığıyla izlenebilir. Blok zinciri teknolojisinin bina yaşam döngüsünde kullanımı, binanın inşasına karar verme aşamasında başlar. İnşaat aşamasında taraflar arasında güvenli ve sistematik bir organizasyon oluşturur. Nedeni ise sistemin şeffaf olması ve herkesin eşit mesafede blok zincir ağına katılabilesidir. Erişilebilirlik ve kontrol panelleri kolay olduğunda enerji tüketimleri de kolaylıkla organize edilebilir. Bu tüketici ve sistem arasındaki mutualist ilişkidir. Kullanım aşamasında ise akıllı ev sistemlerinin kontrolü ve bakımı, malzeme bazlı ihtiyaçların otomatik sağlanması, kaynak ve atık yönetimi gibi kısımlarda devam eder. Sistemde kayıtlı olan enerji ihtiyaçları ya da atıkların ilgili yerlere aktarımı açık bir sözleşme sayesinde otomatik olarak gerçekleştirilecektir. Binanın kendi ürettiği elektrik öncelikli olarak ihtiyaçlara yönlendirilir. Fazla elektrik deposu varsa ilgili birimlere satılarak binanın ekonomik olarak kendini idame ettirmesi sağlanır. Bir diğer yol ise IFTTT'dir. Açılımı "if-this-then-that" olan bu yöntem, "akıllı sözleşme" olarak bilinen sistemin algoritma ile oluşturulmuş halidir. Bu sistemin inşaat sektöründe de kullanılması gerektiği savunulabilir.



Şekil 5. Akıllı Evlerde Enerji Yönetim Sistemleri.

Blok zincirindeki bloklarda, “eğer-bu-şöyleyse” mantığı kullanılarak gerekli mesajları ve ödemeleri otomatik olarak düzenleyen kodlar oluşturulabilir. Oluşturulan algoritma sayesinde akıllı ev cihazlarının kullanımının daha verimli olacağı yadsınamaz bir gerçek. Nedeni ise Merkezi Olmayan Otonom Organizasyon (DAO) akıllı ev sistemlerinde bakım, onarım sırasını otomatik olarak belirleyebilmesidir. Bu sayede bina içerisindeki araçların bakımı, ekipman ihtiyaçları ve atık yönetimi gibi konular otomatik olarak gerçekleştirilebilecektir.

If-This-Then-That (IFTTT) akıllı sözleşmelerin blokzincir teknolojisine uyarlanması olarak da tanımlanabilir. Ancak sözleşmelerde şeffaflığın sağlanacağı kesindir. Dolayısıyla inşaat sektöründe If-This-Then-That’ın (IFTTT) benimsenmesinin taraflar arasındaki güven ortamını artıracığı savunulmaktadır. If-This-Then-That (IFTTT) araç ve ekipman kiralama kadar atık yönetimine kadar birçok alanda verimliliği artıracaktır. Bu sistemi güçlü kılan en önemli özellikler; verimlilik, otomasyon, gizlilik, şeffaflık, ademi merkezilik ve denetlenebilirliktir. Öte yandan zayıf özellikleri ise; ölçeklenebilirlik, düşük performans, zaman içinde yüksek enerji tüketimi, karmaşık bir yapıya sahip olmalarıdır. Son yirmi yıldır hayatımızda olan bu teknolojilerin olumlu ve olumsuz birçok özelliği olmasına rağmen en can alıcı özelliği enerji yönetimini kontrol altına alması ve bu sayede azaltmasıdır. Bununla birlikte, tüm olumsuz özelliklerin ortadan kaldırılması ve verimliliğin en üst düzeye çıkarılması zaman alacaktır.

Son aşamada binanın üretken ömrünün tamamlandığı kolaylıkla tespit edilebilir. Binadaki tüm süreçler kayıt altına alınır ve hangi sistemlerin ne düzeyde verimli olduğu otomatik olarak bilinir. Binanın genel ömrü bitmişse ve hala kullanılabilir araçlar varsa bunlar tespit edilerek kullanılacakları merkezlere aktarılır. Aynı durum binanın yapımında kullanılan malzemeler için de geçerlidir. Dolayısıyla akıllı evlerde blokzincir teknolojisi kullanılarak enerji yönetiminin beşikten mezara kadar tam bir takibinin yapılması mümkün.

Tartışma

Sistem Gereksinimleri

Blokzincir teknolojisinin akıllı ev sistemlerinde kullanılabilmesi için bazı asgari koşullar gerekmektedir. Bunlardan en temel olanı enerji ve internet altyapısıdır. Akıllı ev ve blokzincir teknolojisi tamamen elektrik ve internet altyapısı üzerinde

çalışmaktadır. Bu nedenle şehirlerde internet ve elektrik altyapısının güçlendirilmesi gerekir. Diğer yandan bu gereklilikler akıllı şehir zeminleri için hazırlık sağlamaktadır. Öyle ki, akıllı ev cihazları birbirlerine erişebilmekte ve ilişki birimlerini ve hizmetlerini birbirine bağlamak zorundadırlar. İçinde bulunduğumuz çağda teknolojik buluşlar sayesinde insan hayatı hem kolaylaştı hem de zorlaştı. Her ne kadar makine öğrenmesi ya da akıllı teknolojiler insan hayatını kolaylaştırırsa da en küçük altyapı sorunlarında tüm sistemlerin arızalanması ve kapanması mümkün. Bu da bu sistemlerin çok akıllı ve güvenilir tasarımlar gerektirdiğini gösteriyor. Akıllı sistemlerin konutlarda sadece basit makineler olarak kullanılmasının düşünülmesi, bu sistemlerin kapsamının yeterince algılanmamasından kaynaklanmaktadır. Akıllı teknolojilerin sağlık alanında kullanımı insan hatasını en aza indirmeyi hedeflese de, altyapı sorunlarından kaynaklanan sistem arızalarının daha büyük kayıplara yol açabileceği öngörülebilir. Özetle, akıllı ev teknolojileri kolaylıkla uygulanabilir ve pek çok yere uyum sağlayabilir ancak zorlu bir altyapı teknolojisi gerektirir. Herhangi bir temel yetersizlik olması durumunda akıllı teknolojiler anlamsız kalacaktır.

Enerji, Malzeme ve Zaman Yönetimi

1990’lı yıllarda başlayan ve günümüze kadar birçok sıçrama yaşayan blok zincir teknolojisinin yapı sektöründe ve inşaatlarda kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Binanın tasarım aşamasında, zaman yönetiminden başlayarak ilerleyen süreçlerde enerji ve malzeme yönetimi çok değerlidir ve blok zincir teknolojisi sayesinde çok kolay kontrol edilebilir hale gelmiştir. Blok zinciri teknolojisinin kullanımı tüm süreçleri hızlı, şeffaf, güvenilir ve etkili hale getirebilir. Kullanılacak alana uygun ölçekte bir blok zinciri seçmek ve bunu kullanmak iş akışını sağlamak için gerekli tek koşul denilebilir. Küreselleşen bir dünyada yönetilen hiçbir projenin tesadüfen ilerleme şansı yoktur. Her projede ortaya çıkan karbon, su ve enerji emisyonları dünyanın doğal kaynaklarını tüketmektedir. Bunların önüne geçebilmek için son derece kontrollü ve güvenilir yöntemler kullanılmalıdır. Artan nüfus ve iklim değişikliği sorunlarının etkilerini azaltmanın ilk koşulu seçilen yöntemlerdeki hata payını en aza indirmek olmalıdır. Gerçek amaca ancak kullanılan yöntemlerin olumlu özelliklerinin devamlılığı ve olumsuz özelliklerinin olumlu yönde geliştirilmesi ile ulaşılabileceği görülmektedir.

Bu çalışmada, akıllı evlerde blokzincir teknolojisinin kullanımının enerji verimliliğine olan et-

kileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Araştırma sürecinde, blokzincir teknolojisinin akıllı evlerdeki olumlu ve olumsuz özellikleri titizlikle değerlendirilmiştir. Yapılan analizler neticesinde, blokzincir akıllı ev sistemlerindeki olumlu etkileri üzerinde odaklanılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre, blokzincir teknolojisinin kullanımının enerji verimliliğine olan olumlu etkileri arasında verimlilik, zaman tasarrufu ve hammadde dolayısıyla gömülü enerji yönetimi gibi önemli unsurlar öne çıkmaktadır. Bu özelliklerin, akıllı evlerin enerji tüketimini optimize etme ve sürdürülebilirliklerini artırma potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak, blokzincir teknolojisinin tam verimlilikle çalışabilmesi için bazı önemli koşulların sağlanması gerekmektedir. Özellikle, internet altyapısı ihtiyacı ve sürekli enerji temini gibi temel gereksinimlerin eksiksiz bir şekilde karşılanması durumunda, blokzincir tabanlı akıllı ev sistemlerinin optimal performans gösterebileceği öngörülmektedir. Bu bağlamda, araştırma sonuçları blokzincir teknolojisinin akıllı evlerde enerji verimliliğine sağladığı katkıların yanı sıra, sistemin potansiyel zayıf noktalarını ve iyileştirme alanlarını da ortaya koymaktadır. Bu bulgular, blokzincir tabanlı akıllı ev sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasında rehberlik sağlamak amacıyla önemli bir kaynak oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- Agarwal, Y., Balaji, B., Gupta, R., Lyles, J., Wei, M., & Weng, T. (2010). Occupancy-driven energy management for smart building automation. *Proceedings of the 2nd ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Building*, 1-6. <https://doi.org/10.1145/1878431.1878433>.
- Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., & Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 100, 143-174. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>.
- Castagna, C., Costa Pinto, D., & Duarte, M. (2022). Slow fashion or self-signaling? Sustainability in the fashion industry. *Sustainable Production and Consumption*, 31. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.03.024>.
- Cilingir, M. (2022). *Development of Sustainable Supply Chain Management through Green Manufacturing Practices The case of food sector in Belgium*. Louvain School of Management.
- Climate change 2014: Mitigation of climate change: Working Group III contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014).
- Emekci, S. (2022). From Smart Homes to Smart Cities: How Smart Homes Contribute to the Sustainable Development Goals. İçinde A. C. Pego (Ed.), *Advances in Public Policy and Administration* (ss. 321-337). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-7785-1.ch018>.
- FAO (Ed.). (2019). *Moving forward on food loss and waste reduction*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Farzaneh, H., Malehmirchegini, L., Bejan, A., Afolabi, T., Mulumba, A., & Daka, P. P. (2021). Artificial Intelligence Evolution in Smart Buildings for Energy Efficiency. *Applied Sciences*, 11(2), 763. <https://doi.org/10.3390/app11020763>.
- Gorski, T., Bednarski, J., & Chaczko, Z. (2018). Blockchain-based renewable energy exchange management system. *2018 26th International Conference on Systems Engineering (ICSEng)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICSENG.2018.8638165>.
- Huseien, G. F., & Shah, K. W. (2022). A review on 5G technology for smart energy management and smart buildings in Singapore. *Energy and AI*, 7, 100116. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2021.100116>.
- Ince, A. T., Elma, O., Selamogullari, U. S., & Vural, B. (2014). *Data Reliability and Latency Test for ZigBee-based Smart Home Energy Management Systems*. 9.
- Jia, R., Jin, B., Jin, M., Zhou, Y., Konstantakopoulos, I. C., Zou, H., Kim, J., Li, D., Gu, W., Arghandeh, R., Nuzzo, P., Schiavon, S., Sangiovanni-Vincentelli, A. L., & Spanos, C. J. (2018). Design Automation for Smart Building Systems. *Proceedings of the IEEE*, 106(9), 1680-1699. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2018.2856932>.
- Kabakçı, O. K. (2019). *BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ*. 46.
- Kandiye, A. (2020). *Blokzinciri (blockchain) teknolojisinin inşaat sektöründe kullanımı*.
- Kandiye, A. (2020). *BLOKZİNCİRİ (BLOCKCHAIN) TEKNOLOJİSİNİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANIMI*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Khatoun, A., Verma, P., Southernwood, J., Massey, B., & Corcoran, P. (2019). Blockchain in Energy Efficiency: Potential Applications and Benefits. *Energies*, 12(17), 3317. <https://doi.org/10.3390/en12173317>.
- Latifah, A., Supangkat, S. H., & Ramelan, A. (2020). Smart Building: A Literature Review. *2020 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICISS50791.2020.9307552>.
- Nakamoto, S. (2009). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Decentralized Business Review*, 9.
- Oracle. (t.y.). *What is the Internet of Things (IoT)?* Geçiş tarihi 09 Mayıs 2022, gönderen <https://www.oracle.com/tr/internet-of-things/what-is-iot/>.
- Owens, J. (2017). *Blockchain 101 for governments*. 27-29.
- Razmara, M., Bharati, G. R., Shahbakhti, M., Paudyal, S., & Robinett, R. D. (2018). Bilevel Optimization Framework for Smart Building-to-Grid Systems. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9(2), 582-593. <https://doi.org/10.1109/TSG.2016.2557334>.
- Rocha, P., Siddiqui, A., & Stadler, M. (2015). Improving energy efficiency via smart building energy management systems: A comparison with policy measures. *Energy and Buildings*, 88, 203-213. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.077>.

Santamouris, M., & Vasilakopoulou, K. (2021). Present and future energy consumption of buildings: Challenges and opportunities towards decarbonisation. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2021.100002>.

Sebastian, N. (2019). *The Ultimate Research on Blockchain Development for Businesses—GoodFirms Survey*. <https://www.goodfirms.co/resources/blockchain-development-research>.

Sedlmeir, J., Buhl, H. U., Fridgen, G., & Keller, R. (2020). The Energy Consumption of Blockchain Technology: Beyond Myth. *Business & Information Systems Engineering*, 62(6), 599-608. <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00656-x>.

Sepasgozar, S., Karimi, R., Farahzadi, L., Moezzi, F., Shirowzhan, S., M. Ebrahimzadeh, S., Hui, F., & Aye, L. (2020). A Systematic Content Review of Artificial Intelligence and the Internet of Things Applications in Smart Home. *Applied Sciences*, 10(9), 3074. <https://doi.org/10.3390/app10093074>.

Sethi, B. K., Mukherjee, D., Singh, D., Misra, R. K., & Mohanty, S. R. (2020). Smart home energy management system under false data injection attack. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 30(7). <https://doi.org/10.1002/2050-7038.12411>.

Shapi, M. K. M., Ramli, N. A., & Awalin, L. J. (2021). Energy consumption prediction by using machine learning for smart building: Case study in Malaysia. *Developments in the Built Environment*, 5, 100037. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100037>.

Smart Home. (t.y.). Investopedia. Geliş tarihi 10 Mayıs 2022, gönderen <https://www.investopedia.com/terms/s/smart-home.asp>.

Solomon, M. G. (2019). *Enterprise Blockchain For Dummies®*, Oracle Special Edition. 89.

Türkyılmaz, S., & Altındag, E. (2022). Analysis of Smart Home Systems in the Context of the Internet of Things in Terms of Consumer Experience. *International Review of Management and Marketing*, 12(1), 19-31. <https://doi.org/10.32479/irmm.12709>.

United Nation. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future. Accessed Feb, 10, 1-300.

Xu, Z., Guan, X., Jia, Q.-S., Wu, J., Wang, D., & Chen, S. (2012). Performance Analysis and Comparison on

Energy Storage Devices for Smart Building Energy Management. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 3(4), 2136-2147. <https://doi.org/10.1109/TSG.2012.2218836>.

Yildizbasi, A. (2021). Blockchain and renewable energy: Integration challenges in circular economy era. *Renewable Energy*, 176, 183-197. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.053>.

Duygu Savur

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi'nde akıllı binalar üzerine yüksek lisans yapıyor ve SEZZ Architect'te çalışıyor. Çankaya Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nden 2021'de mezun oldu. Sürdürülebilir mimari, enerji yönetimi, blockchain teknolojisi, robot destekli imalat ve dijital inşaat alanlarında çalışmaktadır. Gdansk Teknik Üniversitesi'nde robotik imalat üzerine staj yaptı ve Erasmus+ ile Macaristan'da 5 ay eğitim aldı.

Şeyda Emekci

Lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerini Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nden (ODTÜ) almıştır. 2014-2017 yılları arasında Türkiye'de Kalkınma Ajansı'nda ve Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nde çalışmıştır. 2019 yılında Birleşik Krallık'ta East London Üniversitesi'nde (UEL) doktora sonrası araştırmacı olarak görev yapmıştır. Şu anda Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi (AYBU) Mimarlık Bölümü'nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. 2011 yılından bu yana Türkiye'de kamu ve özel sektör ile sivil toplum kuruluşlarında çeşitli mimari seviyelerde değişim projelerinde yer almaktadır. Uzmanlık alanları arasında sürdürülebilirlik, enerji verimliliği ve konut ekonomisi bulunmaktadır.

Blok Zincir Konseptinin Akıllı Binalarda Enerji Verimliliğine Etkisi

Gelişen teknoloji son yirmi yılda sayısız fayda sağlamış olsa da artan nüfus yeni zorluklar yaratmıştır. Bunlardan bazıları; ihtiyaçları doğrultusunda aşırı ve hızlı tüketim ve bu tüketimler için oluşturmamız gereken yeni rasyonel alanlardır. Günümüzde inşaat sektörü küresel enerjinin %40'ını kullanmaktadır ve 2030 yılına kadar bu oranın %50'ye ulaşacağı öngörülmektedir. Bu sebeple binalardaki enerji tüketimi akıllı bina teknolojilerine olan ilginin artmasına neden olmuştur. Çevresel faktörlere uyum sağlayarak belirli zamanlarda pasif hale gelebilen otomasyon sistemleri kullanıldıkça, binanın ömrü boyunca enerji tüketimi azalmaktadır. Bu sistemler enerji gereksinimlerinin ve tüketimlerinin izlenmesini sağlayarak enerjinin kontrol edilebilirliğini kolaylaştırmaktadır. Ancak binanın yaşam döngüsü boyunca enerji ihtiyacının izlenebilmesi için şeffaf, merkezi olmayan ve sürekli bir sisteme ihtiyaç vardır. Tüm bu süreçlerin nasıl takip edileceği, veri depolama, verilerde şeffaflık gibi soru işaretlerine blokzincir teknolojisi bir çözüm olarak görülüyor. Blokzincir teknolojisinin akıllı binalarda kullanımında enerji verimliliğine nasıl katkılar sağlayabileceğine ilişkin sorulara yanıt aramak için yapılan bu çalışmada 2009-2024 yılları arasında yapılmış olan öncü çalışmalar incelenmiş ve bulgular teorik olarak çalışılmıştır. Çalışmada, akıllı binaların blok zinciri ile nasıl yönetilebileceğini ve bunun enerji verimliliğini nasıl etkileyeceği tartışılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Akıllı bina, blok zinciri, enerji yönetimi, yaşam döngüsü.

The Impact of the Blockchain Concept on Energy Efficiency in Smart Buildings

Although developing technology has provided numerous benefits in the last two decades, the increasing population has created new challenges. Some of these are; excessive and rapid consumption in line with their needs and the new rational spaces we need to make for these consumptions. Today, the construction sector uses 40% of global energy and it is predicted that this ratio will reach 50% by 2030. For this reason, energy consumption in buildings has increased interest in smart building technologies. As automation systems that can become passive at certain times by adapting to environmental factors are used, energy consumption decreases throughout the life of the building. These systems facilitate the controllability of energy by monitoring energy requirements and consumption. However, a transparent, decentralized, and continuous system is needed to monitor the energy needs throughout the life cycle of the building. Blockchain technology is a solution to question marks such as how all these processes will be monitored, data storage, and transparency in data. In this study, pioneering studies conducted between 2009-2024 were analyzed and the findings were theoretically studied to seek answers to questions about how blockchain technology can contribute to energy efficiency in the use of smart buildings. The study discusses how smart buildings can be managed with blockchain and how this will affect energy efficiency.

Keywords: Smart building, blockchain, energy management, life cycle.

ENERJİ VERİMLİLİĞİ KONUSUNDA ÖRNEK HİZMET BİNASIYLA ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURUMU

Nuran Tancan, EPDK Bina Otomasyon Grup Başkanı

Küresel iklim krizi ile birlikte sürdürülebilir gelecek inşası için doğal kaynakların ve enerjinin bilinçli kullanılması bütün dünyada azami önem arz etmiştir. Toplumsal ve bireysel anlamda farkındalığa dayalı tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesi, yapılaşmada eko tasarım ilkesinin benimsenmesi gibi adımlar enerji ve iklim krizi ile mücadelede önemli başlıklar olarak yerini almıştır. Ülkemizdeki yapı stoğunu ve yapı kullanım sürelerini düşündüğümüzde kamu hizmet binaları kaynak tasarrufu ve verimlilik açısından yüksek potansiyel taşımaktadır.

2019 yılında yapımı tamamlanan Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu yeni hizmet binası örnek teşkil eden tasarımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji tüketiminde sağladığı tasarrufla kamuda enerji verimliliği sağlayan binalara öncülük etmektedir. EPDK hizmet binası yapısal olarak sürdürülebilirlik ve verimlilik konularında bütün dünyada kabul gören Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USBGC) tarafından geliştirilen LEED NC Gold sertifikasını alarak enerji verimliliği konusundaki başarısını kanıtlamıştır. Ayrıca bina,

Güvenli Yeşil Bina Sertifikası ve TS EN 50001 Enerji Yönetim Sistemi belgelerine sahip olarak verimlilik anlamında mevcutla yetinmeyip sürekli iyileştirmeyi vadetmektedir.

Kurum hizmet binasının yapımında kullanılan inşaat malzemelerinin %35'i geri dönüştürülebilen malzemelerden oluşmaktadır. Binanın dış cephesinde tamamen taş yünü ısı yalıtımı kullanılmış olup, teknik donatıların tamamı en yüksek enerji verimliliği sağlayan sınıftan tercih edilmiştir. Bütün bu özellikler binanın A sınıfı Enerji Kimlik Belgesi almasını sağlamıştır.



Yapı akıllı bina sistemleriyle donatılmış olup iklimlendirme ve aydınlatma sistemleri otomasyonla yönetilmektedir. Aydınlatma otomasyonu ile bütün mahallerdeki armatürlere uzaktan erişim sağlanabilmektedir. Bu sayede armatürlerin gruplanarak kullanıcıların konfor şartlarını etkilemeden açılıp kapanması ya da ihtiyaca yönelik senaryolar geliştirilerek otomatik komutla açılıp kapanması sağlanabilmektedir. Örneğin öğle arası dinlenme saatlerinde bütün mahallerde aydınlatma ve iklimlendirme otomatik kapanıp mesai başlangıcında açılarak kullanılmadığı halde açık unutulmuş armatürlerin kapanması sağlanmaktadır. Bu süreçte ihtiyaç doğrultusunda kullanıcılar manuel olarak aydınlatmayı ve iklimlendirmeyi aktif edebilmektedir. Aydınlatmada tasarruf sağlayan bir diğer özellik ise bütün binada yüksek verimli led teknolojili aydınlatma armatürlerinin kullanılmasıdır. Odalarda bulunan aydınlık sensörleri sayesinde güneşten alınan aydınlık şiddetine göre armatürlerin aydınlık şiddeti dimlenebilme özelliğiyle artıp azalarak çalışma ortamı için gerekli olan optimum aydınlatma şiddetine ulaşılmaktadır. Bütün bu özellikler sayesinde aydınlatmada %40 enerji tasarrufu elde edilmektedir.

Mekanik otomasyon sistemi ile klima santralleri, chiller/kule soğutma sistemleri, doğalgaz kazanları, fan coiller uzaktan erişim ile kontrol edilerek her bir odanın ortam sıcaklığı optimize edilebilmektedir. Kullanıcıların sağlıklı ortamlarda çalışması için iç mekanlara taze hava servis edilmektedir. Taze havanın sağlanmasında insan sağlığı düşünülerek oluşturulan ASHRAE-2004 standartlarına uygun çalışan klima santralleri kullanılmaktadır.

Binada dış mekan bitkileri için yağmur suyu toplama sistemi kullanılarak peyzaj alanlarının su ihtiyacının yıllık ortalama %80'i buradan karşılanmaktadır. Ayrıca binada bulunan lavabolarda kullanılan suların tamamı gri su sistemi ile artırılarak klozetlerin rezervuarlarında kullanılmaktadır. Klozet sifonlarında kullanılan yıllık su tüketiminin %80'i buradan karşılanmaktadır.



Binada enerji tüketiminde sağlanan verimliliğin yanı sıra enerji üretimi de gerçekleştirilmektedir. Bina çatısında bulunan güneş panelleri ile yıllık elektrik ihtiyacının ortalama %30-35'i karşılanmaktadır. Böylece maliyetsiz ve sonsuz bir enerji kaynağı olan güneşten yararlanarak hem enerji verimliliği sağlanmakta hem de karbon salımı azaltılarak doğaya verilen zararın da belirli oranda önüne geçilmektedir. Ayrıca bina çatısında bulunan güneş kolektörleri ile ısıtılan su, ihtiyaç duyulan sıcak suyun yıllık ortalama %65'ini karşılamaktadır.

Binada bulunan enerji otomasyon sistemi ile üretilen ve tüketilen enerji anlık olarak takip edilmektedir. Bu durum yapının enerji performansının ölçülmesine, yapı içerisinde enerji tüketimi açısından bölgesel analizlerin yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Binaya ilişkin yapılan analizler neticesinde yapının kullanım alanı ve kullanıcı sayısı açısından emsali olan standart binalara göre, metrekare başına yaklaşık %70 daha az enerji tükettiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Yalnızca mekanik otomasyon sistemiyle doğalgaz tüketiminde yıllık ortalama %20 tasarruf sağlanmaktadır.

Bu veriler neticesinde elde edilen enerji tasarrufu göz önünde bulundurulduğunda bütün kamu binalarının yeşil bina konseptinde inşa edilmesi durumunda, doğaya önemli oranda katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Temennimiz o ki, ülkemizde ve dünyada bütün yapılar verimlilik odaklı inşa edilsin ve gelecek nesillere temiz, yaşanabilir bir dünya miras bırakabilelim.

KAYNAKÇA

- EPDK Binası LEED TAD Raporu, (Dr. İbrahim Çakmanus).

- TS EN 50001 Enerji Yönetim Sistemi Enerji Performans Analizleri.

Nuran Tancan

Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nden 2012 yılında mezun olmuştur. Ankara Büyükşehir Belediyesi Kültür ve Tabiat Varlıkları Daire Başkanlığı'nda 5 yıl mimar olarak görev yaptıktan sonra Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'na geçmiştir. İki yıldan fazla süredir Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nda Bina Otomasyon Grup Başkanı olarak görev yapmaktadır. Ayrıca Enerji Yöneticiliği sertifikasını alarak EPDK hizmet binası enerji yöneticisi olarak görevlendirilmiştir. EPDK'da TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi'nin kurulması, sürdürülebilirliğinin sağlanması, otomasyon sistemi ile bina analizlerinin yapılması, verimlilik konusunda kullanıcıların bilinçlendirilmesi ve verimlilik sağlayan projelerin geliştirilmesi konularında görev yapmaktadır.

Enerji Verimliliği Konusunda Örnek Hizmet Binasıyla Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

Küresel iklim krizi ile birlikte doğal kaynakların ve enerjinin bilinçli kullanılması büyük önem taşımaktadır. Enerji verimli binalar aynı zamanda zararlı emisyonlar üretmeyen yenilenebilir enerjiye geçiş konusunda daha iyi donanıma sahiptir. Ülkemizdeki bina stoğu ve kullanıcı sayısı dikkate alındığında kamu binaları enerji verimliliği açısından büyük potansiyel taşımaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu hizmet binası, Türkiye'deki enerji verimli binalara örnek teşkil edecek şekilde tasarlanıp inşa edilmiştir. Bina sisteminde yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaktadır. Binadaki aydınlatma ve iklimlendirme sistemlerinde bina otomasyon sistemi kullanılmaktadır. Ayrıca bina çatısında bulunan güneş panelleri ile enerji üretilmektedir.

Anahtar kelimeler: Enerji verimliliği, yenilenebilir enerji, yeşil bina.

The Energy Efficient Business Building Of Energy Market Regulatory Authority

Reducing energy use is essential in the fight against climate change and energy crisis. Energy-efficient buildings are also better equipped to switch to renewable energy which does not produce harmful emissions. When we consider the amount of buildings and the number of users, office buildings have great potential in energy efficiency. Building of Energy Market Regulatory Authority is a model of energy efficient buildings in Turkey. The building is a green building. In building system renewable energy sources are used. Building automation system is used in lighting and air conditioning systems in the building. Also energy is produced with solar panels on building roof.

Keywords: Energy efficiency, renewable energy, green building.

ÇÖLLEŞME VE EROZYONLA MÜCADELENİN ŞEHİR İÇİ YEŞİL ALANLARIN ARTTIRILMASI VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNDEKİ ROLÜ

Nurettin Taş, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürü

Küresel düzeyde sürdürülebilir bir gelecek hedefi, dünyanın dört bir yanındaki ülkeleri bir araya getiren en etkili amaçlardan biridir. Bu hedefe ulaşmada en kritik konuların başında iklim değişikliği ile mücadele gelmektedir. Karbon emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliğinin etkilerini minimize etmek için atılan temel adımlardan biridir. Bu bağlamda enerji verimliliğinin korunması, mevcut enerji kaynaklarının daha etkin kullanılmasını sağlayarak enerji tüketimini azaltmayı ve çevresel etkileri minimize etmeyi hedefler (Adeybayo ve Ulah, 2024). Enerji verimliliği sadece bireysel binaların veya endüstriyel tesislerin düşük enerji tüketimiyle sınırlı değildir; aynı zamanda kentsel altyapının tasarımı ve işleyişiyle de yakından ilgilidir.

Enerji verimliliği ile doğal denge arasındaki bağlantı, ekosistemin uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından önemli sonuçlar doğurur (Pi ve ark., 2024). Pi ve meslektaşları (2024) tarafından yapılan analizler, enerji verimliliği, küreselleşme ve yeşil enerjinin benimsenmesinin sera gazı emisyonlarını azalttığını, ekonomik büyümenin CO₂ emisyonunu artırdığını ve enerji verimliliği, gelir

ve küreselleşme ile enerji bağlantılı sera gazı emisyonları arasında çift yönlü bir nedensellik olduğunu ortaya koymuştur.

Küresel ölçekte yapılan değerlendirmeler hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde enerji kullanımının %40'ının binalardan kaynaklandığını göstermektedir (Balogun ve ark., 2024). Binalarda enerji tüketiminin çoğu, iklimlendirme ihtiyacından kaynaklanmaktadır (Enerji Tüketiminde Dönüşüm İçin Binalarda Enerji Verimliliği, 2009). Ancak, iklim krizinin neden olduğu değişken ve aşırı hava olaylarının artmasıyla soğutma ve ısıtma için kullanılan enerji miktarı her yıl lineer olarak artmaktadır.

Şehirlerin mikro iklim karakterini belirleyen birçok etken arasında binalarda ve yapılaşmada kullanılan malzemeler, arazi tahribatının dengelenmesi (ATD), bina yoğunluğu, su kaynaklarına uzaklık ve yeşil alanların dağılımı bulunmaktadır (Cheval ve ark., 2023; Erpul ve ark., 2023). Bu faktörler, şehirlerde ısı adası etkisinin oluşmasına ve iklim değişikliğinin neden olduğu artan sıcaklıkla

birlikte yaşanan sorunların şiddetlenmesine neden olabilir (Akbari ve ark., 1997; Simpson, 1998; Akbari ve ark., 2001; McPherson ve Simpson, 2003; Donovan ve Butry, 2009). Bu durum, özellikle sağlık açısından risk taşıyan gruplar başta olmak üzere bireylerin iklimlendirme ihtiyaçlarını artırarak elektrik tüketimini artırabilir.

Şehir içi yeşil alanlar, ısı adası etkisini azaltarak kentsel alanlarda mikro iklimi iyileştirebilir (Donovan ve Butry, 2009; Nastran ve ark., 2019). Bitki örtüsü ve açık yeşil alanlar, güneş ışığını yansıtarak ve buharlaşma yoluyla soğutarak etki eder. Bitki örtüsü, güneş ışığını emer ve aynı zamanda suyu köklerinden alarak buharlaştırır. Bu süreç, bitki örtüsünün çevresini soğuturken atmosfere su buharı ekleyerek hava nemini artırır ve sıcaklığı düşürür (Allen ve ark., 1994).

Ayrıca, yeşil alanlar gölgeler sağlayarak yakındaki yüzeylerin doğrudan güneş ışığına maruz kalmasını engeller. Bu, ısı emilimini ve dolayısıyla çevresel sıcaklığı düşürür (Cheela ve ark., 2021). Bu etki, klima kullanımını azaltarak ısı adası içindeki soğumayı sağlayabilir (Rogan ve ark., 2013).

Enerji verimliliği ve şehir içi yeşil alanlar arasındaki ilişki, sürdürülebilir kentsel gelişim için kritik bir öneme sahiptir (Badiu ve ark., 2016). Enerji verimliliği önlemleri, kentsel altyapı ve bina tasarımında yeşil alanların entegrasyonunu teşvik edebilir. Bu kapsamda, Konijnendijk (2023) tarafından önerilen 3-30-300 kuralı gibi küresel hedefler benimsenebilir. Bu kurala göre, kentsel alanlarda yaşayanların evlerinden en az 3 ağaç görebilmesi, her mahallede %30 oranında ağaç örtüsü bulunması ve en yakın yüksek kaliteli kamusal yeşil alanın maksimum 300 metre uzaklıkta olması gerekmektedir. Benzer şekilde, Avrupa Birliği'nin doğa yenileme yasası, kentsel alanlarda %10'luk minimum bir ağaç örtüsüne sahip olunmasını ve kentsel ağaç örtüsünde net bir kayıp olmamasını hedeflemektedir (Avrupa Komisyonu, 2022). Uygulanacak çalışmalarda küresel bir birlikteliğin sağlanması için Kentsel İklim Değişikliği Araştırma Ağı (UCCRN) veya Uluslararası Kentsel Ormanlık Forumu (IUFF) gibi yerleşik girişimlerden yararlanılarak, işbirlikçi çalışmaların gerçekleştirilmesi çözüm alternatifleri olarak sunulabilir (Rahman ve ark., 2024).

Türkiye, iklim değişikliği ile mücadelede küresel sözleşmeler ve anlaşmalardan doğan sorumluluklarını yerine getirmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bünyesinde faaliyet

gösteren Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEMGM), bu alandaki hassasiyeti ve önemi gözler önüne sermektedir. ÇEMGM, şehir içinde ve çevresinde ağaçlandırma projeleri ve yeni karbon yutak alanlarının oluşturulması gibi faaliyetleri gerçekleştirerek yeşil alanları artırmaktadır. Bu yeşil alanlar sadece çölleşme ve erozyonla mücadelede değil, aynı zamanda enerji verimliliği açısından da önemli bir role sahiptir. Yeşil alanlar, kentlerde mikro iklimi düzenleyerek ısı adalarını azaltır ve böylece enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olur.

2015 yılında kabul edilen Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarından biri de "Arazi Tahribatının Dengelendiği (ATD) bir dünyaya ulaşmak"tır. Bu kapsamda, Ulusal Gönüllü ATD Hedeflerini belirleyen ilk ülkelerden biri de Türkiye'dir. Ülkemiz ATD yaklaşımını uygulamaya dönüştürmek amacıyla 2019 yılında "ATD, Yukarı Sakarya Havzası Projesi"ni başlatmıştır. Projenin en önemli çıktılarından biri de "ATD, Karar Destek Sistemi (ATD-KDS)"dir. Birleşmiş Millet Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi'nin odak noktalığını yürüten Genel Müdürlüğümüz ve FAO iş birliğinde Arazi Tahribatının Dengelenmesi (ATD) Projesi kapsamında geliştirilmiş olan bir sistemdir. Karar Destek Sistemi; hem karar vericilere hem de proje hazırlayan ve uygulayanlara, çoklu analizler yapma imkânı ve alana özgü sürdürülebilir arazi yönetimi önerileri sağlayan ve sonuçları farklı formatlarda sunabilen Google Earth Engine tabanlı açık kaynak kodlu bir sistemdir.

Sistem, ATD göstergeleri olan "Arazi Örtüsü, Arazi Üretkenliği ve Toprak Organik Karbonu"na ek olarak ülkemize özgü olarak geliştirilmiş "Türkiye Çölleşme Modeli", "Dinamik Erozyon İzleme Sistemi" gibi altlıkları kullanmaktadır. Sistem hangi alanlarda önlem alınması gerektiğini, hangi alanların durağan ya da iyileşiyor durumda olduğunu ve arazi örtüleri arasındaki geçişleri göstermektedir.

ATD-KDS çıktılarından faydalanarak 2023 yılında "ATD İl İstatistikleri" dokümanı yayımlanmış olup tarım, orman, mera arazileri için ortaya çıkan tahribat eğilimlerinin uzman görüşleriyle değerlendirilmesi sonucu illere özgü istatistikler üretilmiş ve Sürdürülebilir Arazi Yönetimi (SAY) önerileri detaylandırılarak ortaya konulmuştur.

Ayrıca, "Yeşil Kalkınma Yolunda Karbon Nötr Şehirler" projesinin ilk aşamasında uydu görüntüleri kullanılarak yerleşim alanları içindeki ağaçlık alanların tespiti yapılmıştır (İnce ve ark., 2022). Bu

Çalışma, Türkiye'nin 81 il ve 922 ilçesinde gerçekleştirilmiş olup, şehirlerdeki ağaçların konumunu izlemeyi kolaylaştırmıştır. Ayrıca, bu çalışma, şehirlerdeki karbon tutma kapasitesini belirlemeye yardımcı olmuştur. Bir altlık mahiyetinde olan çalışma, şehirlerin Envi-Met gibi programlarla iklim modellemesinin yapılmasında ana kaynaklardan biridir. Ayrıca alışma sonucunda şehirlerin içerisinde bulunan CORİNE arazi kullanım haritasında park, bahçe, yeşil alan olarak geçmeyen yol kenarı ağaçlandırmaları gibi çalışmaların karbon tutma kapasiteleri Net Sıfır Hedefi'ne ulaşmak için karbon tutma envanterine kazandırılmıştır.

EMGM'nin entegre çalışmaları, şehirlerde karbon nötr hedeflerine ulaşılmasında ve enerji verimliliğinin artırılmasında kilit bir rol oynamaktadır. Bu çalışmaların sonucunda, şehirlerdeki yeşil alanların korunması ve artırılmasıyla birlikte enerji verimliliğinin sağlanması için stratejik planlamalar yapılarak çevresel sürdürülebilirliğin artırılması hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

Adebayo, T. S., & Ullah, S. (2024). Towards a sustainable future: The role of energy efficiency, renewable energy, and urbanization in limiting CO₂ emissions in Sweden. *Sustainable Development*, 32(1), 244-259.

Akbari, H., Kurn, D. M., Bretz, S. E., & Hanford, J. W. (1997). Peak power and cooling energy savings of shade trees. *Energy and buildings*, 25(2), 139-148.

Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar energy*, 70(3), 295-310.

Allen, S. J., Wallace, J. S., Gash, J. H. C., & Sivakumar, M. V. K. (1994). Measurements of albedo variation over natural vegetation in the Sahel. *International Journal of Climatology*, 14(6), 625-636.

Badiu, D.L.; Iojă, C.I.; Pătroescu, M.; Breuste, J.; Artmann, M.; Niță, M.R.; Grădinaru, S.R.; Onose, D.A. Is urban green space per capita a valuable target to achieve cities' sustainability goals? Romania as a case study. *Ecol. Indic.* 2016, 70, 53–66.

Balogun, A. A., Morakinyo, T. E., & Adegun, O. B. (2014). Effect of tree-shading on energy demand of two similar buildings. *Energy and buildings*, 81, 305-315.

Cheela, V. S., John, M., Biswas, W., & Sarker, P. (2021). Combating urban heat island effect—A review of reflective pavements and tree shading strategies. *Buildings*, 11(3), 93.

Cheval, S., Amihăse, V., Chitu, Z., Dumitrescu, A., Falcescu, V., Irasoc, A., [...] & Tudose, N. C. (2024). A systematic review of urban heat island and heat waves research (1991–2022). *Climate Risk Management*, 100603.

Donovan, G. H., & Butry, D. T. (2009). The value of shade: Estimating the effect of urban trees on summer-time electricity use. *Energy and Buildings*, 41(6), 662-668.

Enerji Tüketiminde Dönüşüm İçin Binalarda Enerji Verimliliği (2009). Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD), İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği (SKD) Ortak Yayını. <http://www.skdturkiye.org/files/yayin/Enerji-Tuketiminde-Donusum-Icin-BEV.pdf> (Erişim Tarihi: 08.05.2024).

Erpul, G., Akça, E., Tekin, S.N., Karaman, N.A., Canlı, P., Morkoç, S., Kavaklı Karataş, Z., 2023. Arazi Tah-

ribatının Dengelenmesi Karar Destek Sistemi İl İstatistikleri ve Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Yaklaşımları ve Uygulamaları, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

European-Commission, (2022). Green Deal: pioneering proposals to restore Europe's nature by 2050 and halve pesticide use by 2030.

İnce, K., Çelik, S., Aksu, S., (2022). İklim Dostu Karbon Nötr Şehirler Kapsamında Yerleşim Yerlerindeki Mevcut Karbon Tutulum Envanterlerinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi ve Raporlanması, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Konijnendijk, C. C. (2023). Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3–30–300 rule. *Journal of forestry research*, 34(3), 821-830.

McPherson, E. G., & Simpson, J. R. (2003). Potential energy savings in buildings by an urban tree planting programme in California. *Urban forestry & urban greening*, 2(2), 73-86.

Nastran, M., Kobal, M., & Eler, K. (2019). Urban heat islands in relation to green land use in European cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 37, 33-41.

Pi, K., Khan, S., Raza, S. A., & Shahzadi, I. (2024). Sustainable energy efficiency, greener energy and energy-related emissions nexus: Sustainability-related implications for G7 economies. *Geological Journal*, 59(1), 301-312.

Rahman, M. A., Arndt, S., Bravo, F., Cheung, P. K., van Doorn, N., Franceschi, E., ... & Torquato, P. R. (2024). More than a canopy cover metric: Influence of canopy quality, water-use strategies and site climate on urban forest cooling potential. *Landscape and Urban Planning*, 248, 105089.

Rogan, J., Ziemer, M., Martin, D., Ratick, S., Cuba, N., & DeLauer, V. (2013). The impact of tree cover loss on land surface temperature: A case study of central Massachusetts using Landsat Thematic Mapper thermal data. *Applied Geography*, 45, 49-57.

Simpson, J. R. (1998). Urban forest impacts on regional cooling and heating energy use: Sacramento County case study. *Arboriculture & Urban Forestry (AUF)*, 24(4), 201-214.

Nurettin Taş

1966 yılında Gümüşhane’de doğdu. 1990 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 1998–1999 yıllarında Sakarya Üniversitesi İşletme Fakültesi Sosyal Bilimler Enstitüsü’nde “Üretim Yönetimi ve Pazarlama” dalında yüksek lisans yaptı. 1992 yılında Orman Bakanlığı Adapazarı Orman Bölge Müdürlüğü Akyazı Orman İşletme Müdürlüğü Karapürçek Orman İşletme Şefliği’nde göreve başladı. 1993-98 yılları arasında Akyazı Orman İşletme Müdürlüğü Merkez Orman İşletme Şefliği’nde çalıştı. 1998-2004 yılları arasında Adapazarı Orman Bölge Müdürlüğü Geyve Orman İşletme Müdürlüğü Pamukova Orman İşletme Şefliği’nde görev yaptı. Çalışmış olduğu bu görevler esnasında Orman İşletme Müdür Yardımcılığı görevlerinde de bulundu. 07.07.2004-07.05.2005 tarihlerinde Gümüşhane Çevre ve Orman İl Müdürü olarak görev yaptı. 07.05.2005-27.05.2011 tarihlerinde ise Sakarya Çevre ve Orman İl Müdürlüğü görevini ifa etti. 27.05.2011-09.08.2011 tarihlerinde Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma Milli Parklar Genel Müdürlüğü’nde Doğa Koruma Daire Başkanlığı görevini yürüttü. 09.08.2011-13.02.2012 tarihlerinde Doğa Koruma Milli Parklar Genel Müdürlüğü’nde Yaban Hayatı Koruma ve Geliştirme Daire Başkanlığı görevinde bulundu. 13.02.2012 tarihinden 23.10.2013 tarihine kadar Doğa Koruma Milli Parklar Genel Müdürlüğü’nde Yaban Hayatı Koruma Daire Başkanı olarak görev yaptı. 23.10.2013 tarihinden 09.02.2015 tarihine kadar Doğa Koruma Milli Parklar Genel Müdürlüğü’nde Genel Müdür Yardımcısı olarak çalıştı. 09.02.2015 tarihinden 27.08.2018 tarihine kadar Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürü görevini yürüttü. 06.19.2019 tarihinden itibaren Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürü görevini yürütmekte olan Nurettin Taş, evli ve beş çocuk sahibidir.

Çölleşme ve Erozyonla Mücadelenin Şehir İçi Yeşil Alanların Arttırılması ve Enerji Verimliliğindeki Rolü

İklim değişikliği ile mücadelenin kritik önemi ulusal ve uluslararası çalışmaların temel taşlarından biri haline gelmiştir. İklim değişikliğinin etkilerini azaltmada karbon emisyonlarının düşürülmesi, enerji tüketiminin azaltılması ve mevcut enerji kaynaklarının etkin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, enerji verimliliği ile ekosistem dengesi arasındaki ilişkinin incelenmesi ve uzun vadeli sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi gerekir. Yapılaşma içerisinde mekânsal dağılımı homojen olarak gerçekleştirilmiş yeşil alanlar, yaz aylarında artışa geçen şehir ısı adası etkisini azaltmada en etkin yöntemlerdendir. Bu sayede yaşam alanlarında iklimlendirme için kullanılan enerji miktarı düşürülecek ve karbon ayak izi azaltılmış olacaktır. Enerji tasarrufu Türkiye'nin yıl içerisindeki "limit aşım günü" süresine ulaşmasını da öteleyecektir.

Anahtar kelimeler: Enerji verimliliği, kentsel ısı adası etkisi, iklim değişikliğiyle mücadele.

The Role of Combating Desertification and Erosion in Increasing Urban Green Spaces and Energy Efficiency

The imperative significance of addressing climate change has emerged as a fundamental aspect of both national and international endeavors. Minimizing carbon emissions, lowering energy consumption, and efficiently utilizing current energy resources play a substantial role in alleviating the impact of climate change. In this particular context, it is essential to thoroughly examine the interplay between energy efficiency and ecosystem balance and to assess it with regard to long-term sustainability. Green spaces, spatially distributed homogeneously within urban development, are among the most effective methods for reducing the urban heat island effect, which increases during the summer months. This will not only lead to a reduction in energy consumption for air conditioning in residential spaces but also result in a decreased carbon footprint, thus making a substantial contribution to climate change mitigation. Saving energy will also push back Turkey's "overshoot day" within the year, providing a crucial opportunity to make a positive impact on our environment.

Keywords: Energy efficiency, urban heat island effect, climate change mitigation.

ÜNİVERSİTE KAMPÜSLERİNDE ENERJİ ANALİZ VE YÖNETİM PRENSİPLERİ

Bülent Yeşilata, Prof. Dr.

1. Giriş

Üniversite kampüslerinde enerji girdi-çıkışı analizlerinin bütüncül olarak yapılmasında önemli zorluklar söz konusudur. Kampüs içi çok sayıda ve çok farklı tipolojilerde tekil ya da birleşik binalar, farklı amaçlara sahip açık alan faaliyetleri ya da servis hizmetleri (aydınlatma, sulama, arıtma vb.), açık ve kapalı alanlardaki laboratuvar/araştırma faaliyetleri ile değişken yoğunlukta işleyen ulaşım sistemlerine yönelik enerji analizleri bu zorlukların önemli parçalarıdır. Bu zorlukları aşmaya yönelik olarak enerji dengesi denklemlerinin daha kolayca yazılabileceği enerji bileşenlerini gösteren bir şema Şekil 1’de gösterilmiştir.

2. Enerji Analiz Prensipleri

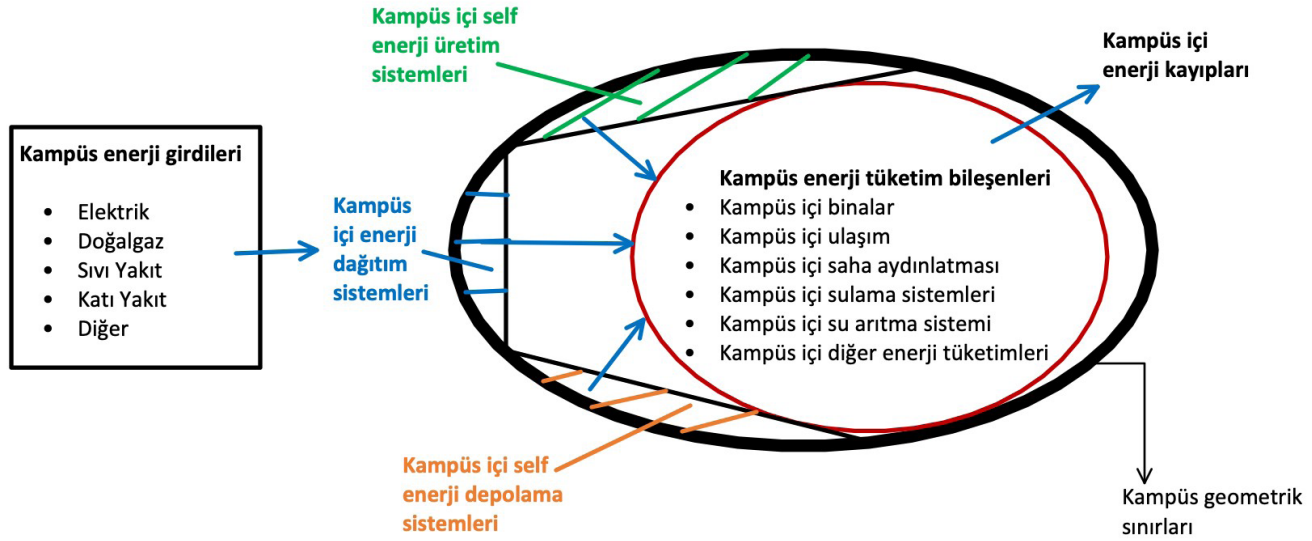
Enerji analizinde temel dayanak Termodinamiğin I. Kanunu’dur. Bu kapsamda “Enerjinin Korunumu” prensibi, geometrik sınırları belirlenmiş sistemlere uygulanarak enerji dengesi denklemleri oluşturulmaktadır. Örneğin aşağıda şematik olarak gösterilen sistemdeki enerji dengesi; sisteme giren, sistemden çıkan, sistemde üretilen enerjiler dikkate alınarak basit denklemler şeklinde ifade edilebilir. Örneğin anlık enerji korunumu (herhangi bir ‘t’ anı) için aşağıdaki denklem kullanılabilir:

Anlık sistem gücü = (Giren Güç) – (Çıkan Güç) + (Üretilen Güç)(kW, MW ya da GW)

Eğer denklemlerin belli bir zaman aralığında işlenmesi bekleniyorsa, bu durumda benzer terimlerin dikkate alınan zaman aralığı içerisindeki toplam değerine ihtiyaç vardır. Enerji korunumu için (herhangi bir zaman aralığı için) aşağıdaki denklem kullanılabilir:

Sistem enerjisindeki değişim = (Giren E.) – (Çıkan E.) + (Üretilen E.) (kJ, MJ ya da GJ)

Denklemlerin kapalı sınırlara sahip ve kütle giriş-çıkışı olmayan tekil sistemlerde bu tarz genel formlarda ifade edilmesi standart bir yaklaşımdır. Ancak çok sayıda tekil tüketici sistemden (bina, laboratuvar, dış aydınlatma vb.) ve kısmi destek amacıyla oluşan tekil üretim/depolama sisteminden oluşan kampüs uygulamalarında, bütüncül sistemin tamamını kapsayan bir enerji depolama olmayacaktır. Bu nedenle sistem enerjisi ya da sistem enerjisinde değişim terimi denklemden düşürülerek enerji dengesi için toplam enerji arzı ile toplam enerji tüketimi (kayıplar dahil) arasındaki denge gözetilecektir. Şekil 1’de gösterilen şemada



Şekil 1. Kampüs enerji üretim ve tüketim bileşenleri.

enerji üretim ve tüketimine etki eden tüm kampüs elementleri ve ihtiyaç duyulan enerji türleri listelenmiştir. Termodinamiğin I. Kanunu doğrultusunda bütüncül/entegre bir kampüse yönelik kavramsal enerji dengesi denklemi aşağıda verilmiştir:

Kampüs Toplam Enerji Arzı = Kampüs Toplam Enerji Tüketimi (kayıplar dahil)

Söz konusu dengeyi oluşturan bileşenlerin Şekil 1’de gösterilen şemaya uygun olarak aşağıdaki, denklem ile ifade edilmesi mümkündür:

Kampüs Dışından Tedarik Edilen Enerji + Kampüs İçerisinde Üretilen Self Enerji + Kampüs İçi Self Depolama Sisteminden Gelen Enerji = Kampüste Tüketilen Faydalı Enerji + Kampüsteki Toplam Kayıp Enerji

Enerji dengesini veren denklem dışında, enerjiden faydalanma oranını ya da verimliliğini ölçen bir gösterge gerekliliği de bulunmaktadır. Bu göstergenin kavramsal ifadesi ise Termodinamiğin II. Kanunu uyarınca aşağıdaki eşitsizlik ile ifade edilebilmektedir:

Toplam Enerji Arzı $\geq$ Tüketilen Faydalı Enerji

Bu doğrultuda enerji kullanımında/dönüşümündeki kavramsal verimlilik ifadesi aşağıdaki denklem vasıtasıyla hesaplanabilmektedir:

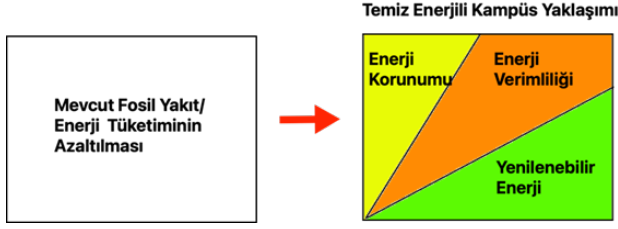
Verim = Faydalı Enerji Çıktısı / Toplam Enerji Girdisi ≤ 1

Yukarıdaki basit formdaki denklemlerin uygulama

mada direkt karşılığının bulunması; kampüs içerisindeki enerji girdi ve çıktılarının izlenmesiyle mümkündür. Günümüzde bu amaçla kullanılan gelişmiş “Enerji İzleme ve Yönetim Sistemi (EİYS)” çözümleri bulunmakta ve bu sayede kampüs enerji bilançosu anlık olarak izlenip, enerji talep-arz dengesi açık vermeyecek şekilde yönetilebilmektedir. EİYS; kapsamlı analizler yapabilmesi, analitik sonuçlar sunabilmesi, bulut ya da serverlarda çalışabilmesi, yenilenebilir enerji sistemlerini izleyebilmesi, aydınlatma, HVAC vb. diğer otomasyon sistemleriyle entegre edilebilmesi, aşağıdaki kısımda açıklanan “ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi” ile uyumlu raporlamalar yapması, kablo-lu-kablosuz sensörlerle çalışabilmesi gibi çok sayıda işlevselliğe sahiptir. EİYS aynı zamanda, enerji kullanan sistem ve cihazların birbiri ile haberleşmesi (bulut server ve IoT platformları) sayesinde; kullanılan enerjiyi azaltma, kontrol etme, yönetme ve maliyetleri düşürme olanağı da sağlamaktadır. Enerji piyasasındaki yeni gelişmelerin, düzenlemelerin enerji maliyetleri üzerindeki olası etkileri, kampüsün enerji arz-talep dengesi üzerindeki olası risklerin önceden planlanmasına da katkı sağlamaktadır.

3. Enerji Yönetimi Prensipleri

Günümüzde kampüs enerji yönetimi sadece teknik parametrelerle değil, aynı zamanda çevresel ve ekonomik parametrelerle birlikte yapılmaktadır. Bu tarz çok parametrelili enerji yönetimlerinde öncelikli adımların ve teknolojik uygulamaların açık bir biçimde tanımlanması gerekmektedir. Kampüs enerji yönetim stratejilerinin ve yol haritalarının belirlenmesinde yol gösterici olması amacıyla çizilen şema Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Temiz enerjili kampüs enerji yönetimi temel adımlarının gösterimi.

Yukarıdaki şemada gösterilen temel adımlara yönelik örnek uygulamalar ise aşağıda açıklanmıştır.

İLK ADIM: Enerji Korunumu (enerji ihtiyacının aşağıdaki önlemlerle düşürülmesi)

- Şehir planlama ve mimari tasarımların enerji etkin (bina yönelimi, bina kabuğu, gölgeleme, doğal aydınlatma ve havalandırma gibi pasif önlemler dikkate alınarak) yapılması ya da mevcutlar için renovasyonu,
- Binalarda inşaat malzemelerinin (beton veya ahşap) ve yapı elemanlarının (duvar, cam, pencere vb.) binaların ısı kütlesi dikkate alınarak seçilmesi ya da mevcut binalar için bu doğrultuda renovasyonu,
- Isıtma/soğutma sistemlerinde yalıtım (tesisat boruları, kazanlar vb.) çözümlerinin ya da mevcut sistemler için iyileştirmelerinin uygulanması,
- Düşük enerji tüketimli elektrikli cihazların (A+ ve daha üst sınıflar) ve düşük enerji tüketimli aydınlatma elemanlarının (LED vb.) seçimi ya da mevcut cihazlarda değişimin sağlanması.

İKİNCİ ADIM: Enerji Verimliliği (enerji dönüşüm verimi yüksek aşağıda listelenen cihazlara geçiş)

- Isı pompaları (su, toprak ve hava kaynaklı)
- Yoğuşmalı kazanlar
- Yüksek COP'li iklimlendirme cihazları
- Birleşik ısı ve güç sistemleri (kojenerasyon)
- Birleşik ısı, güç ve soğutma sistemleri (trijenerasyon)
- Enerji depolama sistemleri
- Dağıtık enerji (mikro-şebeke) sistemleri
- Enerji izleme ve yönetim sistemleri

ÜÇÜNCÜ ADIM: Yenilenebilir Enerji (aşağıda listelenen temiz enerji kaynakları ile ısı ve elektrik üretimi)

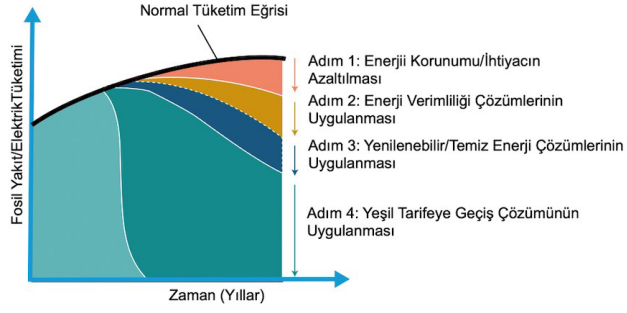
- Güneş enerjisi (ısı ve fotovoltaik) sistemleri
- Rüzgâr enerjisi
- Biyo-enerji
- Jeotermal enerji
- Hidrolik enerji

3. Enerji Yönetim Standartı (TS EN ISO 50001)

Enerjinin giderek daha da büyük önem taşıdığı günümüzde, enerjinin verimli kullanılması esasına dayanan TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi, her sektörde küçükten büyüğe her türlü işletmeye uygulanabilecek, tek başına olabileceği gibi diğer yönetim sistemleriyle entegre olarak da yürütülebilecek bir yönetim sistemidir. EYS, kuruluşların enerji politikalarını belirlemesi, amaç ve hedefleri doğrultusunda oluşturduğu enerji yönetim programları çerçevesinde enerji tüketimini yönetmesi ve enerji yönetim sisteminin performansını değerlendiren iyileştirmelerin sağlanmasına dayanmaktadır. TS EN ISO 50001 aşağıdaki kazanımları amaçlamaktadır:

- Enerji politikasının resmiyet kazanması,
- Enerji tüketiminin sistematik bir yaklaşımla yönetilmesi sayesinde enerji masrafında düşüş olması,
- Çevrenin korunması,
- Kaynakların etkin kullanımı,
- Sera gazı emisyonunun azaltılması,
- Mevzuata uyumun sağlanması.

ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi Standardı, enerji tipi ne olursa olsun, daha etkin, daha sürdürülebilir enerji tüketimi ilkesiyle sürekli iyileştirmenin gereklilikleri üzerine kuralları koymaktadır. Haziran 2011'de Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (ISO) tarafından yayınlanan ISO 50001: 2011 standardı daha önce yayınlanmış olan TS EN 16001: 2009 standardından içerik olarak çok büyük farklılıklar taşımamaktadır. En köklü değişiklik, standardın madde numaralarının tamamen değişmiş ve daha detaylandırılmış olmasıdır. Standard; enerji temininden başlayarak tasarım ve tadilat yapılan, enerji performansına önemli etkisi olan ekipman, ürün ve hizmetlerin enerji tüketimi ve verimliliğinin faydalı ömrü hesaba katılarak değerlendirilmesi, enerji performansının izlenmesi için temel yıl (baseline) belirlenmesi, enerji politikasının enerji verimli ürün ve hizmetlerin alımını ve enerji performansını geliştiren tasarımları destekleyici olması, üst yönetimin yönetim temsilcisine ek olarak bir enerji ekibi oluşturması, ölçme ihtiyaçlarının belirlenmesi ve kalibrasyon gibi konular üzerinde durmaktadır. Bu standart, enerji yönetimi için en iyi uygulamaları tanımlamaktadır. Diğer yönetim sistemlerine benzer şekilde planla, uygula, kontrol et, önlem al döngüsünü esas alan standart, 60 ülkeden dünyanın en önemli enerji yönetimi uzmanları tarafından hazırlanmıştır. Standard, organizasyonların, işletmelerin, yerleşkelerin, ticari ve endüstriyel binaların enerji per-



Şekil 3. "Yaklaşık sıfır fosil yakıt tüketimli (temiz enerjili)" kampüs enerji yönetimi temel adımlarının şematik gösterimi.

formanslarını sürekli geliştirmelerine, kullanımlarını optimize etmelerine ve işletme maliyetini düşürmelerine yardımcı olmak ve dolaylı da olsa sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunmak için tasarlanmıştır.

4. Değerlendirme ve Öneriler

Yukarıda açıklanan bilgiler dikkate alındığında, günümüzde bir üniversite kampüsünün "yaklaşık sıfır fosil yakıt tüketimli (temiz enerjili)" olmaya yönelik enerji yönetim ve stratejileri ortaya koyması artık bir gereklilik haline gelmiştir. Bu tarz bir yaklaşımın nasıl uygulanması gerektiğine yönelik öneri bu yazıda açıklanan bilgilerle uyumlu olarak şematik bir biçimde Şekil 3'de gösterilmiştir. "Yaklaşık sıfır fosil yakıt tüketimli bir kampüs" oluşturmak isteyen bir üniversite, öncelikle enerjiyi etkin şekilde kullanmalıdır. Kampüste enerji ihtiyacının azaltılmasına yönelik planlamalar sonrasında, tüm aktif ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemlerinde enerji verimliliğini arttıracak çözümleri devreye almalıdır. Bu süreçte, ulaşım kaynaklı enerji tüketimini azaltacak önlemler de bulmak durumundadır. Bir sonraki adım ekonomik olanaklar ölçüsünde kampüs içi yenilenebilir/temiz enerji kullanımını arttırmaktır. Son aşamada ise elektrik ihtiyacının kampüs içi sistemlerle giderilemeyen miktarı için, artık Türkiye'de mevzuatsal açıdan işlevselliği mümkün olan "Yeşil Tarife" sisteminden elektrik satın alımını planlamak durumundadır.

KAYNAKÇA

1. B. Yeşilata, YEVEDS Belediyeler ve Üniversiteler için Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Teknik Destek Projesi, Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Akademik Personel Eğitim Notları, Ankara, 2021.
2. B. Yeşilata, Mühendislikte Temel Termodinamik. https://www.academia.edu/37660381/Termodinamik_Thermodynamics_, Son erişim tarihi: 10 Temmuz 2024.
3. TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi Standardı, <https://www.tse.org.tr/ts-en-iso-50001-enerji-yonetim-sistemi/>, Son erişim tarihi: 10 Temmuz 2024.
4. [https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/2-8181/elektrik-faturalarinda-yesil-isaret#:~:text=Enerji%20Piyasası%20Düzenleme%20Kurumunun%20\(EPDK,gösteren%20özel%20bir%20işaret%20bulunacak,](https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/2-8181/elektrik-faturalarinda-yesil-isaret#:~:text=Enerji%20Piyasası%20Düzenleme%20Kurumunun%20(EPDK,gösteren%20özel%20bir%20işaret%20bulunacak,) Son erişim tarihi: 12 Temmuz 2024.

Bülent Yeşilata

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Enerji Sistemleri Bölümü'nde Öğretim Üyesi olarak çalışmaktadır. Doktora eğitimini 1999 yılında ABD'de bulunan Lehigh Üniversitesi'nde tamamlamıştır. 2002-2003 yılları arasında Massachusetts Institute of Technology, Hatsopoulos Mikro Akışkan Laboratuvarı'nda doktora sonrası araştırma çalışmalarını yürütmüştür. 1999-2017 yılları arasında Harran Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde görev yapmıştır. Harran Üniversitesi bünyesinde bulunan GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi'nin kurucusudur. Uzmanlık konuları arasında; termodinamik, ısı transferi, akışkanlar mekaniği ve enerji bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği konularında 20 yılı aşkın deneyimi bulunmaktadır. Güneş enerjisi konularında başta güneşle ısıtma-soğutma uygulamaları ve fotovoltaik güç üretim uygulamaları olmak üzere geniş bir uygulama alanında çalışmaktadır.

Üniversite Kampüslerinde Enerji Analiz ve Yönetim Prensipleri

Bu özel sayıda enerji tüketimindeki payının nispeten yüksekliği, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji stratejilerinin geliştirilmesinde öncülük yapabilme potansiyeli nedeniyle üniversite kampüsleri dikkate alınmıştır. Üniversite kampüsleri bulundukları şehire ait enerji tüketim sektörlerinin (çoklu binalar, toplu-tekil ulaşım, teknokent endüstrisi gibi) küçük bir modelini temsil ettiğinden ayrı bir önem taşımaktadır. Bu nedenle bu yazıda kısaca açıklanan temel esaslar tekil sektör (örneğin binalar ve yapı sektörü) bazına indirgenebilecektir. Yazının mühendislik ve mimarlık meslek ve disiplinleri dışındaki okuyuculara da faydalı olabilmesi adına teknik karmaşıklardan uzak bir dil ve yaklaşım oluşturmaya gayret edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Üniversite kampüsleri, yenilenebilir enerji stratejileri, enerji tüketim sektörleri.

Energy Analysis and Management Principles on University Campuses

In this special issue of the Architecture Magazine, university campuses were taken into consideration due to their relatively high share in energy consumption and their potential to be locomotive in the development of energy efficiency and renewable energy strategies throughout cities and the country. University campuses are also of particular importance because they represent a prototype model of the energy consumption sectors (such as multiple buildings, public-individual transportation, techno-city industry) of a city where they are located in. The basic principles briefly given in this article can indeed easily be reduced into a single sector of a city (for example, into buildings or construction sector itself). The technical complexities is eliminated as much in order to attract potential readers outside the engineering and architecture professions and disciplines as well.

Keywords: University campuses, renewable energy strategies, energy consumption sectors.

