

BÜTÜNLEŞİK YAPILARDA KARBON TEKNOLOJİLERİ VE ENERJİ YÖNETİMİ

Carbon Technologies and Energy Management in Integrated Structures

M. Ziya SÖĞÜT
Enver YALÇIN
T. Hikmet KARAKOÇ

ÖZET

Enerji verimliliği ve enerji yönetimi, işletmelerin veya kurumların enerji maliyetleri yanında çevresel etkileri yönüyle sürdürülebilirliğin önemli bir kriteri haline gelmiştir. Özellikle kampüs kışla gibi yerleşke özellikli bütünleşik yapılarda karbon teknolojilerine bağlı düşük veya sıfır karbon yapılar, enerji kaynaklı sürdürülebilirliğe önemli katkılar sağlayacaktır. Bu yönüyle çoklu yönetim özelliği gösteren bütünleşik yapılarda, enerjinin çevresel etkisini de azaltmak için, öncelikle enerji talebini azaltacak unsurlar gerekmektedir. Bu çalışmada, öncelikle, bir bütünleşik yapı için enerji kaynaklarının etkinliğini geliştirmek için düşük ve sıfır karbon bina tercihinin etkinliği incelenmiştir. Özellikle örnek bir modele bağlı olarak bina teknolojilerindeki değişimin performans etkinliği değerlendirilmiştir. Bu kapsamda bütünleşik yapılar için, yapı bileşenleri ve enerji talebi, 43.6 kWh/m²/yıl olmak üzere geliştirilen bir eylem planı oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bütünleşik yapılar, Karbon binalar, Karbon teknolojiler, Verimlilik, Emisyonlar.

ABSTRACT

Energy efficiency and energy management have become an important criterion of sustainability in terms of the energy costs and the environmental impacts of enterprises or institutions. Low or zero carbon structures due to carbon technologies in the integrated structures such as campus barracks will provide significant contributions to energy sustainability. In this aspect, integrated structures with multiple management features need primarily to reduce the energy demand by reducing the environmental impact of energy. In this study, firstly, the effectiveness of low and zero carbon building preferences was investigated to improve the efficiency of energy resources for an integrated structure. In particular, the performance efficiency of the change in building technologies was evaluated, depending on a model. In this context, an action plan has been developed for the integrated structures including the building components and energy demand, 43.6 kWh /m²/year.

Key Words: Integrated structures, Carbon buildings, Carbon technologies, Efficiency, Emissions.

1. GİRİŞ

Bina sektörü, sürdürülebilir kalkınma ve çevre stratejilerinde gelişimi doğrudan etkileyen önemli bir oyuncudur. Bu kapsamda teknolojik alt yapısını sürekli geliştiren sektör, enerjinin etkin kullanımı ve düşük karbon teknolojilerinin yaygınlaştırılması ile hareket alanını geliştirmiştir. Sektörde, düşük karbon, sıfır emisyonu yönelik çalışmalar fosil bazlı teknolojilerin yerini alan düşük karbonlu teknolojiler ve enerjiyi verimli kullanabilen akıllı şebeke uygulamaları öne çıkan uygulamalar olarak görülmektedir. Bugün, fosil enerji tüketimine dayalı sera gazı emisyonları ve buna bağlı olarak küresel iklim değişikliği etkisi dünyanın karşı karşıya kaldığı en önemli sorunlardan biri olarak görülmektedir. Özellikle bu tehde ilişkin çözümlerde emisyonları veya enerji tüketimini kontrol etmek veya azaltmak için en etkili yöntem, her alanda enerji verimliliğini geliştirmektir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA)

değerlendirmelerine göre, 2050 yılına kadar enerjinin verimli kullanılmasıyla toplam CO₂ emisyonlarının % 31-53 oranında azaltılacağı tahmin edilmektedir [1]. Düşük karbon standartlarının düşük karbon teknolojilerinin yaygınlaştırılması ve kullanımının artırılması, bina sektörüne önemli katkılar sağlayacaktır.

Sektörel enerji verimlilik analizleri genellikle termodinamik yasalarına göre şekillendirilir. Birinci kanun niceliği tanımlarken, verimlilik değerlendirmeleri ve kayıp potansiyelleri çevre parametrelerinden bağımsız olarak incelenir. Enerji tüketen sistemlerde geri dönüşümsüzlük nedenleri, öncelikle çevre parametreleri ile birlikte, sistemlerin işletme parametrelerine bağlı oluşan kayıplar olarak görülmelidir. Bu açıdan, ikinci kanuna dayanan ve kullanımı yaygınlaşan ekserji kavramı, tüm ısıl süreçler için geri dönüşümsüzlük ölçütü olarak tanımlanmaktadır ve bunu referans alan inşaat sektörü için birçok çalışma bulunmaktadır [2,3]. Ekserji kısaca geri dönüşümsüz süreçlerde, özellikle termal sistemler için referans ortama bağlı elde edilebilecek maksimum faydalı iş olarak tanımlanmaktadır. Yapı sektörü için ekserji talebi enerji talebi gibidir ve ekserji analizleri için önemli bir parametredir. Ekserji, bir binanın iç çevre konfor koşulları için genel tanımlamanın tersine asgari yararlı enerji olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım, bir bina tasarımında minimum enerjili iç konfor koşullarının sağlanması ve sürdürülebilir bir çevre için minimum emisyon potansiyelinin tanımı olarak değerlendirilir [4,5].

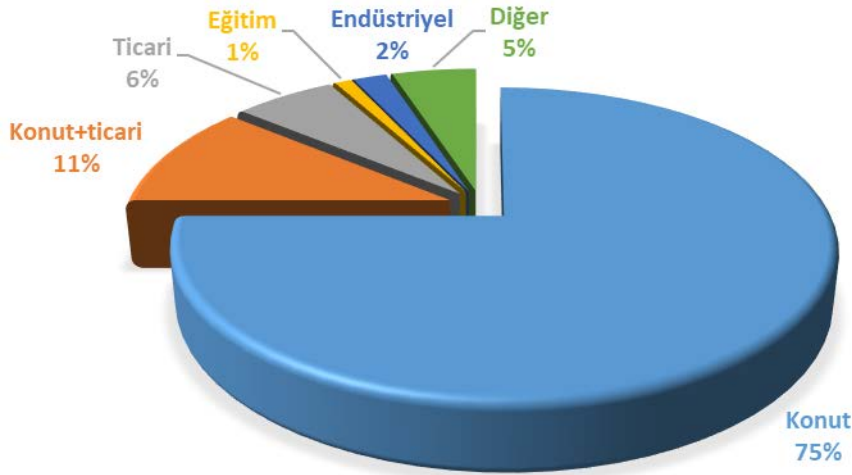
Binalardaki fosil kaynaklı enerji kayıpları, sürdürülebilir çevre açısından en önemli tehdit noktası olarak kabul edilebilir. Düşük karbonlu standartların uygulanmasında, binalardaki enerji yüklerinin azaltılması ve yapısal niteliklerin iyileştirilmesiyle birlikte kayıpların azaltılması, sürdürülebilir çevre ve iklim değişikliği çalışmalarında önemli kazanımların elde edileceği anlamına gelir. Düşük karbon standartlarını sadece bina standardı olarak değil, teknolojik alt yapının geliştirilmesi ile birlikte değerlendirilmelidir. Bu kapsamda düşük karbon teknolojilerinin kullanımı bir stratejik hedef olarak geliştirilmelidir. Özellikle ulusal enerji eylem planında enerji verimliliği öncelikli hedef olarak görülmüştür. Ancak bina teknolojileri yönüyle düşük karbon teknolojilerinin de kullanımının yaygınlaştırılması, öncelikle ulusal hedefler ile birlikte küresel iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir kazanımdır. Bu yönüyle hazırlanan bu çalışma, öncelikle bina sektöründe önemli bir paya sahip bütünsel yapılar için düşük karbon teknolojilerinin kullanımının etkinliği araştırılmıştır. Bu kapsamda yapı etkinliği kaynak tüketimi çok yönlü ele alınmıştır.

2. BİNA SEKTÖRÜNDE BÜTÜNLEŞİK YAPILAR

Enerji tüketiminde sanayi sektörüyle beraber hareket eden bina sektörü, nihai enerji tüketiminin yaklaşık %30'una sahiptir. Bu tüketim dağılımında elektrik kaynaklı küresel emisyon potansiyelinin de %50'sine sahiptir. Bu yönüyle bina sektörü su kaynak tüketiminin de öncü rolünü oynarken, ısıtma ve soğutma kaynaklı enerji tüketiminin de yaklaşık %80'nine sahiptir. Toplumsal stratejilerde önemli bir parametre olan bina sektörü, enerji yönetim politikalarında temel uygulama alanı olarak görülmelidir.

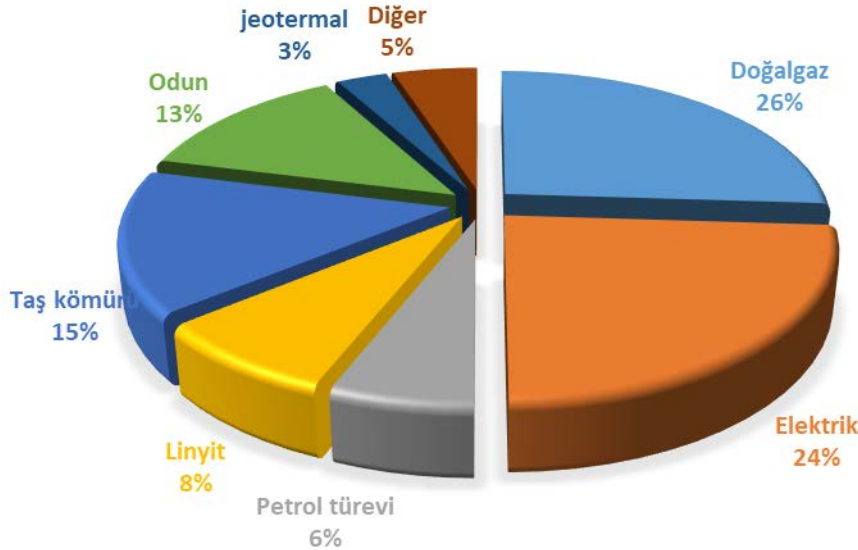
Türkiye'de nüfus artışına paralel olarak hane sayısı hızla artmaktadır. Türkiye'de şu anda sanayi merkezli sosyal yapı hızla gelişmekte ve nüfusun % 75,5'i şehirlerde yaşamaktadır. Bu açıdan Türkiye, modern bina uygulamalarının gittikçe yaygınlaştığı bir ülkedir. Türkiye nüfusu 2018 yılında yaklaşık 81 milyona ulaşmış ve hane halkı gelişimi ortalama %3,4 artış eğilimiyle devam etmektedir. Bu kapsamda bina sektörünün de büyüme eğilimi devam etmektedir. Ancak bu büyümeye karşın, kentleşme oranı 1990 referans alındığında, yaklaşık % 47 artmış, ve bu süreç doğrudan iç göçlerle birlikte kentleşme talebini de arttırmıştır [6]. Nitekim 2016 yılında nitelikli konut sayısı 7,9 milyon olmak üzere toplamda 9,1 milyon sayısına ulaşmıştır. Özellikle kentleşme tercihleriyle birlikte konut özellikli bina sayısı toplam dağılımın yaklaşık %86'sına ulaşmıştır. Şekil 1'de bu dağılımlar verilmiştir.

Binaların özelliklerinde konut türü yapılar dışında çok amaçlı kullanılan bütünsel yapılar, pek çok disiplinin bir arada değerlendirildiği yapılar olarak, konut, ticari ve eğitim olmak üzere birçok özellikte kullanılmaktadır. Farklı ihtiyaç özelliklerine göre yapılan bu tür yapılar, yerleşke kışla gibi bütüncül özellikler göstermektedir. Kapsamlı yapı farklılıkları imalat sürecinden itibaren sadece enerji sistemleri yönüyle değil, yapı özellikleri yönüyle de değerlendirilmesi gereken bütünsel yapılardır.



Şekil 1. Türkiye’de bina dağılımları[6]

Bu tür yapılar için daha imalat sürecinde etkin ve sürdürülebilir bir tasarım süreci temel alınır. Günümüzde yapı fiziği yönüyle klasik tercihlerle imalat değil, sürdürülebilir ve yaşanılabilir bir yapı tasarımı için, maliyet etkilerinden farklı olarak, enerji etkin yapılar olarak tasarlanması esas olmuştur. Bir bütünleşik yapı için tasarım alt yapısı, sadece mimari temeller ile değil, pek çok disiplin ve yaklaşımla şekillendirilir. Enerji bu yönüyle yaşam döngü maliyetlerinde %83’lük bir etkiye sahiptir. Ancak günümüzde konutlarda enerji tercihleri oldukça dağınık bir yapıya sahiptir. Şekil 2’de bu dağılımlar verilmiştir.



Şekil 2. Türkiye’de konutların enerji tüketim davranışları[6]

Yapılarda enerji tüketim davranışları sadece konut türleri üzerinden değerlendirilmemelidir. Bu konutların enerji tüketim alışkanlıkları kullanılan sistem etkinlikleri yönüyle de incelenmelidir. Bu kapsamda kullanılan sistem verimlilikleri de oldukça düşük değerlere sahiptir. Tüm bu değerlendirmeler, bina sistem tercihlerinde düşük veya sıfır karbon yaklaşımlarını değerli hale getirmiştir.

3. SIFIR VE DÜŞÜK KARBON YAKLAŞIMI

Bina sektöründe enerjiyi temel alan standartlar, ulusal sınırlar içinde farklılıklar göstermektedir. Ancak, ulusal standartlar her ne kadar bir standardizasyon sağlasa da, yerel koşulların etkisine bağlı olarak bazen beklentilerin altında kalmıştır. Dünyada bu yönüyle geliştirilen düşük karbon standartları, uygulamalar için sektörel bir hedef olarak geliştirilmiştir. Özellikle bina kaynaklı fosil yakıt tüketimini azaltırken, sürdürülebilir enerji yönetimi yönüyle tüketimin ve maliyetlerin düşürülmesine olumlu katkı sağlamıştır. Karbon stratejilerinde bir diğer yaklaşım, sıfır karbon teknolojileridir. Sıfır karbon yaklaşımı, doğrudan sıfır emisyon etkisi olan teknolojilerin uygulandığı çözümleri geliştirmiştir. Örneğin, binaların kaynak taleplerinde, fosil yakıt yerine herhangi bir atık özelliği olmayan ve yenilenebilir enerji kullanımını en üst seviyeye çıkaran, bazı uygulamalar için enerji geri dönüşüm teknolojilerini kullanan ve hidro veya biokütle enerji kaynaklarının tercih edildiği yaklaşımlar olarak ifade edilebilir [5]. Son yıllarda pek çok ülke standardı ile desteklenen düşük ve sıfır karbon uygulamaları, yeni ve mevcut binalarda enerji verimliliğine sahip olması, düşük ve sıfır karbonlu veya pasif teknolojilerin tercihi ve binalarda düşük sıcaklıklı ısıtma sisteminin kullanılmasını yaygınlaştırmıştır [7]. Ancak bu tür teknolojilerini de tercihlerinde, enerjinin nasıl kullanıldığı, etkinliği ve sürdürülebilirliği önemlidir. Düşük karbonlu teknolojilerin avantajları, özellikle yeni binalara entegre tasarımla, üretim ve montaja dayalı enerjinin etkin yönetim ile sürdürülmesidir. Bu bağlamda, bu tür stratejiler süreç yönetiminde strateji ve standartlarla şekillenmiştir. Binalardaki düşük karbonlu teknolojiler, özellikle pasif sistemler olmak üzere birçok yönden değerlendirilmesi gereken teknolojilerdir. Şekil 3'te parametrelili ve sıfır enerji bina olarak tanımlanan bu yapılar, bina ve yönetim araçlarının enerji talebini de tanımlamaktadır.



Şekil 3. Sıfır ve düşük karbon stratejilerinde kavram haritası

Tüm bu düşük karbonlu veya sıfır karbonlu uygulamalar binalarda enerji kullanımında yeni bir standarda ihtiyaç duyuyordu. 2006 yılında, Avrupa Birliği bina enerji performansı direktifini yayınladı ve ülkelerin enerji performans hesaplamalarına bağlı olarak binalarda enerji verimliliği sertifikaları istedi. Bu bağlamda, İngiltere ve İskoçya'da oluşturulan Düşük Karbon Standartları, sera gazı emisyonlarının% 80 oranında azaltılmasını hedefleyen bir standart olarak geliştirilmiştir. Bu kapsamda, 2008 yılında yürürlüğe giren uygulama ile birlikte 2019 yılına kadar tüm yeni binalar bu standartta sayılmaktadır. Standart kapsam olarak, bina yapıları, yönetim gibi süreçlerle birlikte veya binaların geri dönüşümü veya restorasyonu, binaların yaşam döngülerinde sağlıklı bir uygulamadır. Sera gazı emisyonlarının azaltılması ile ilgili olarak, binalardaki bina bileşenlerinin karbon standartlarına göre şekillendirilmesi, ortalama etkinin% 80 ile 1000-1500 kgCO₂ / m²'den (sadece inşaat için yaklaşık 500 kgCO₂/m²) azaltılması olarak kabul edilmelidir.) Tüm çevresel dönüşümlerin sağlanması ile birlikte tipik bir bina için, yani atık yönetimi ve transferi. Standart, bu yönüyle bir uygulama alanı bulmuştur ve yapılarda kullanılan malzemelerin azaltılmasını, düşük emisyon faktörlü malzemelerin seçilmesini ve geri dönüştürülebilir teknolojilerin geliştirilmesini içerir.

Binaların kullanım özelliklerine ve yapılarına göre emisyon potansiyeli yılda 0 ile 100 kg CO₂/m² arasında değişmektedir. Yılda 10 kgCO₂/m²'nin altındaki binalarda yön emisyon yüklerini azaltmak için düşük karbon standartları geliştirilmiştir. Bu amaçla, yukarıda belirtilen yapısal gelişmelere ek olarak önemli kazanımlar, enerji tüketiminin azaltılması, yenilenebilir enerji kullanımının iyileştirilmesi ve enerji geri dönüşümü ile sağlanacaktır. Mevcut yapı teknolojilerinin neden olduğu binaların enerji ihtiyacı, iklim ve bölgesel değerler nedeniyle yüksektir. Düşük karbon standardı, sıfır karbon stratejileri için bir geçiş aşaması olarak düşünülmelidir [8].

Bir yapıda sıfır veya düşük karbon standsrdını oluşturmanını üç temel evresi vardır. Bunlr sırayla; öncelikle enerji talebin azaltılmasıdır. Bu kapsamda yapı bileşenleri temel alınarak enerji ihtiyacını minimize edecek önlemler pasif uygulamalarla beraber geliştirilmesi ve standardın tanımlandığı minimum kuralına uyulmasıdır. Bu kapsamda; örneğin 75 m² bir ev için enerji verimliliği yönüyle minimum 46 kWh/m².yıl değerini sınır olarak görüp ihtiyacı buna göre tanımlamak.. İkinci temel yaklaşım karbon uyum sınırını belirlemektir. Bu kapsamda yukarıda tanımlanan karbon eşdeğeri sınır olarak görülüp, neden olan enerji noktaları için aksiyon geliştirmek gerekir. Üçüncü aşamada ise kalan CO₂ emisyon yüklerinde etki yönü tanımlanarak nedenler sorgulanmalıdır. Özellikle satın alınana enerji türleri ile etkinin nasıl yönetilmesi gerektiği, talebin azaltılması gibi aksiyon süreçleri geliştirilir. Düşük ve sıfır karbon binalar Tablo 1'de da görülebileceği gibi bu kapsamda pek çok uygulamayla ve değişik standart yaklaşımlarla görülmektedir[9].

Tablo 1. Sıfır veya düşük karbon bina uygulamaları[9]

Ülke	Bina tip	Ölçüt	Enerji tipi	Performans ölçütü kWh/m ² .yıl	Yenilenebilir enerji oranı %	Standart
Belçika	Konut	Enerji	Isıtma sıcak su	45	-	Brüksel hava iklimlendirme ve enerji kodu
Kıbrıs	Konut	Enerji	Şebeke	180	25	Sıfır enerji binalar aksiyon planı
Fransa	Konut	Enerji	Şebeke	50	-	RT2012
Danimarka	Konut	Enerji	Şebeke	20	51-56	BR10
Letonya	Konut	Enerji	Şebeke	95 kWh/m ² .yıl	-	Konut yönetmeliği No 383 09/07/2013

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

Binalarda enerji yönetimi kaynak yönetiminden başlayarak sistem tercihlerine kadar pek çok disiplini içeren süreçlerdir. Genellikle klasik uygulamalarda, çoğunlukla mimari ve ekonomik sınırlar nedeniyle sistem tercihlerinde klasik uygulamalar değer kazanır. Bu konuda ticari hareketler bina enerji yük değerleri ile önemli zıtlıklara sahiptir. Bir binanın ömür maliyet sürecinde enerjinin payı yaklaşık %83'tür. Bu kapsamda sürdürülebilir etki yönüyle enerjinin yönetimi binalarda önemli bir tercihtir.

Bir binada enerji yönetimi tasarım süreciyle başlamalıdır. Tasarım kriterlerinde enerji etkin bina yaklaşımını temel aldığımızda öncelikle bina bileşenlerinin bu yönlü tercihi önemlidir. Düşük karbon binalarda bu yaklaşım sınırlandırılmıştır. Türkiye'de Bursa ölçeğinde yapılan bir saha çalışmasında bu değerlendirmeler yapı bileşenleri yönüyle tercih edilen tipe göre bir çalışma yapılmıştır. Bina tiplerine bağlı enerji talep dağılımı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Bina tiplerine bağlı enerji talepleri

Bina tipi	Sayısı	Dağılım	Elektrik tük.		Doğal gaz		Bir dairenin yıllık enerji tük.	
			Min.	Maks.	Min.			
	Ad.	%	kWh	kWh	m ³ /h		Ad.	%
YALITIMSIZ BİNA								
Konut	1790	75	4,01	5,18	0,11	Konut	1790	75
Ticari	143	6	2,40	81,33	1,85	Ticari	143	6
Kamu	262	11	11,2	100,24	7,75	Kamu	262	11
TS 825								
Konut	1790	75	4,01	5,18	0,03	Konut	1790	75
Ticari	143	6	2,40	81,33	0,52	Ticari	143	6
Kamu	262	11	11,2	100,24	2,17	Kamu	262	11
DÜŞÜK KARBON BİNALAR								
Konut	1790	75	3,25	4,20	0,01	Konut	1790	75
Ticari	143	6	1,94	65,88	0,14	Ticari	143	6
Kamu	262	11	9,10	81,19	0,61	Kamu	262	11

Yapılan analizlere göre sadece yapı bileşen tercihlerinde, enerjinin minimum koşullarda önemli kazanımlara sahip olduğu görülmüştür. Bu kapsamda binalarda u değerleri ve II bölge dış hava sıcaklıkları referans alındığında, binaların enerji tüketimlerinde yalıtımsız binaya göre TS 825 standardı için minimum %11,35 daha az enerji tüketirken, düşük karbon binalar için minimum %30,53'lük bir değere sahiptir.

Bu tercih doğrudan bina enerji kaynak seçimleriyle de ilişkilidir. Nitekim farklı enerji tercihlerinde klasik sistem tercihlerinin geri dönüşüm süreçleri oldukça yüksektir. Bu kapsamda parametrik bir çalışma yapılmıştır. Fosil kaynaklı enerji tüketimi ile çalışan prosesler ile düşük karbon teknolojilerinde tercih edilebilecek ünitelerin tüketim davranışları değerlendirilmiştir. Yaklaşık 200 kW pik ihtiyacı olan bir bina için 6 farklı sistem mukayese edilmiştir.

Binanın ortalama tüketim davranışları aktif 5 saat, elektrikte 12 saat olarak alınmıştır. Binanın 6 ay ısıtma sürecinde tüketim davranışları gözlenmiştir. Bunun için tüketim süreçlerindeki değişim dağılımlarının yıllara bağlı kümülatif toplamları sorgulanmıştır. İşletmede bakım maliyet etkisi %10 enerji maliyet değişimi sıfır ve iskonto oranı da sıfır olarak alınmıştır. Ayrıca proses verimliliği ve COP değerleri, kömürde %70, doğal gaz ve CNG de %90, elektrik ısıtmada %100, ısı pompasında ve DX bataryada COP değerleri sırasıyla 5 ve 4,2 alınmıştır. Buna göre piyasa yaklaşık maliyetlerde dikkate alındığında, dağılımlar. Buna göre dağılımlar Tablo 'de verilmiştir.

Tablo 3. Enerji kaynak tercihi ve proses maliyet dağılımları

Parametreler	Kömür	Doğal gaz	CNG	Elektrik	DX batarya	Isı pompası
	kg	m ³	m ³	kWh		kWh
Toplam talep (kW)	200	200	200	200	200	200
Verim	70	90	90	100	4,2	
5						
Yıllık Tüketim (kWh)	32875,56	15286,14	11464,6	333413,7	31573,26	26395,25
Yıllık Tüketim Maliyeti (TL/yıl)	26300,44	21400,59	23158,5	146702	8209,049	6862,765
Bakım %10	28930,49	23540,65	25474,35	161372,2	9029,954	7549,041
Maliyet Yıllar	60000	80000	80000	60000	80000	140000
1	88930,49	103540,7	105474,3	221372,2	89029,95	147549
2	117861	127081,3	130948,7	382744,4	98059,91	155098,1
3	146791,5	150622	156423	544116,6		162647,1
4	175722	174162,6	181897,4	705488,9		170196,2
5	204652,4	197703,3	207371,7	866861,1		
7	262513,4			1189606		

Bu dağılım eğrisi dikkate alındığında elektriğin en pahalı bir tercih olacağı, fosil kaynak tercihlerinin de yüksek maliyet etkisi görülmüştür. Özellikle DX sistemler ile ısı pompa tercihlerinde önemli bir tasarruf ve geri dönüşüm maliyeti dikkat çekicidir. Enerji maliyetlerindeki değişim de dikkate alındığında işletmelerde düşük karbon teknolojilerinin tercihi önemli bir kazanım olacağı değerlendirilmiştir.

Son örnek özellikle bir su kaynaklı ısı pompası ile bütünleşik yapılarda uygulama tercihidir. Bu yönüyle değerlendirildiğinde fosil kaynaklı yakıt tüketimine etkisi önemli farklılıklar göstermiştir. Nitekim tercih edilen VRV su kaynaklı ısı pompa tercihinde çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.

Tablo 4. İşletme parametreleri

Çalışma şartları	Birimi	Değerler
Yaz	°C	20/24
kış	°C	14/9
Uniteler		
Kondenser		
Yaz	°C	20/24
kış	°C	14/9
Primer Devre	°C	50/40
Sekonder devre	°C	10/45
Sıcak su devresi		
Kondenser devresi	°C	14/9
Primer Devre	°C	70/60

Yerleşkenin enerji kaynak tercihleri, doğal gaz ve fuel-oil 4 temel alınmış ve analizler bu kapsamda incelenmiştir. Öncelikle Tablo 5’de VRV ile doğal gaz kış koşulları için irdelenmiş, VRV de COP değeri 4,5 alınmıştır.

Tablo 5. VRV-Doğalgaz karşılaştırması

VRV/VRF	
TOPLAM ISITMA ENERJİ (kWh)	682.883,00
ELEKTRİK DEĞERİ (kWh)	151.751,78
ELEKTRİK BİRİM FİYATI (TL/kWh)	0,569515
TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİMİ (TL)	86.424,91

DOĞAL GAZ	
TOPLAM ISITMA ENERJİ (kWh)	682.883,00
HARCANAN DOĞAL GAZ (m ³)	79.094,87
DOĞAL GAZ BİRİM FİYATI (TL/m ³)	1,42
ISITMA DOĞAL GAZ TUTARI (TL)	112669,39
MALİYET FARKI (TL)	26.244,47
MALİYET TASARRUFU (%)	23%

Yerleşkede VRV tercih doğrudan tüketimlerde bugünkü maliyet üzerinden %23'lere varan tasarruf sağlamıştır. Benzer değerlendirmeler Tablo 6’da Fuel-oil(4) için yapılmıştır, ki bu yakıt kamu yerleşkelerinde çoğunlukla tercih edilen bir kaynaktır.

Tablo 6. VRV-Fuel-oil karşılaştırması

VRV/VRF	
TOPLAM ISITMA ENERJİ (kWh)	682.883,00
ELEKTRİK DEĞERİ (kWh)	151.751,78
ELEKTRİK BİRİM FİYATI (TL/kWh)	0,569515
TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİMİ (TL)	86.424,91

FUEL-OİL 4	
TOPLAM ISITMA ENERJİ (kWh)	682.883,00
HARCANAN FUEL-OİL 4 YAKIT (kg)	74.339,16
FUEL-OİL BİRİM FİYATI (TL/kg)	3,58
TOPLAM TÜKETİMİ (TL)	266.134,20
MALİYET FARKI (TL)	179.709,29
MALİYET TASARRUFU	68%

Bu tür yapı dağılımlarında öncelikle binanın enerji talebi düşürülmeli ve buna bağlı sistem tercihi düşük veya sıfır karbon yaklaşımı ile birlikte önemli bir kazanıma sahip olacağı görülmüştür.

5. SONUÇLAR

Bütünleşik yapılar her ne kadar yük dağılımında düşük bir potansiyele sahip olsa da, yaşayan alanlar olarak tüm yıl boyunca yüksek enerji tüketim potansiyeline sahip alanlardır. Bu yönüyle enerji yönetimlerince etkin aksiyonların geliştirilmesi gereken yapılar olarak değerlendirilmelidir. Bu yönüyle düşük ve sıfır karbon yaklaşımları, yapı tasarımından sistem seçimine, pek çok disiplinle birlikte ele alınmalıdır. Her ne kadar Türkiye’de bu standart bağlayıcı bir özellik göstermese de yapısal ihtiyaçlarla birlikte sürdürülebilir bir etki yönüyle ele alınmalıdır. Enerji talebinin azaltılması, maliyet avantajı yaratacağı gibi önemli çevresel kazanımlar da sağlayacaktır. Bu çalışmada verilen örnekler, piyasa koşullarında bu yapıların sağlanabileceğini göstermiştir ve enerji yönetimleri için etkin aksiyon tanımlamalarına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Soner T., Ziya Söğüt Türkiye’de bina sektörünün enerji verimliliği projeksiyonu ve çevresel performansının değerlendirilmesi, Türk Tesisat Mühendisler Derneği Dergisi, Sayı: 82, Kasım-Aralık (2012).
- [2] Xydis G., Koroneos C. Polyzakis A. Energy and exergy analysis of the Greek hotel sector: An application Energy and Buildings 41 402–406, (2009).
- [3] Hepbasli A. Low exergy (LowEx) heating and cooling systems for sustainable buildings and societies, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 73– 104.

- [4] Cornelissen R.L. Thermodynamics and sustainable development: The use of exergy analysis and the reduction of irreversibility, Ph.D thesis, University of Twente, The Netherlands (1997).
- [5] EST, Domestic Low and Zero Carbon Technologies Technical and practical integration in housing, Energy Saving Trust, 21 Dartmouth Street, London SW1H 9BP Tel 0845 120 7799 Fax 0845 120 7789
- [6] KESKİN, T., “Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı Projesi” nin Geliştirilmesi, “Yapı Sektörünün Mevcut Durum Değerlendirme Raporu”, 2010
- [7] Rawlson O’Neil King, Market Potential of Net-Zero Energy Commercial Buildings in North America and Worldwide Adoption, CABA, Non-profit trade organization promotes home and building automation, 1173 Cyrville Road, Suite 210, Ottawa,(2014) ON K1J 7S6, www.caba.org
- [8] RIBA, Climate Change Toolkit, 04 Low Carbon Standards and Assessment Methods, Royal Institute of British Architects 66 Portland Place, London W1B 1AD T 020 7580 5533-175, 1834 (2009) www.architecture.com
- [9] UK, Zero carbon homes and Nearly zero energy buildings UK building regulations and EU directives zero Carbon Hub, Layden House, 76-86 Turnmill Street, London EC1M 5LG http://www.zerocarbonhub.org/sites/default/files/resources/reports/ZCHomes_Nearly_Zero_Energy_Buildings.pdf
- [10] Doğalgaz Dergisi, 02 Ocak 2019 Konut Yakıt Fiyatları. www.dogalgaz.com.tr/dokumanlar/yakit/02-ocak-2019-yakit-fiyatları-konut.xlsx

ÖZGEÇMİŞ

M. Ziya SÖĞÜT

1964 Mardin doğumludur. 2005 yılında Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünden Makine Mühendisliği yüksek lisans programını, 2009 yılında aynı enstitünün Makine Mühendisliği doktora programını tamamlayıp doktor unvanını almış, 2009 yılında yardımcı doçentlik kadrosuna atanmış ve 2013 yılında Makine Mühendisliği Enerji Teknolojileri dalında doçentlik unvanını almıştır. Halen, Piri Reis Üniversitesi Denizcilik Fakültesinde Öğretim Üyesi olarak Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora dersleri vermektedir. Ayrıca Sertifikalı Bina enerji yöneticisi, Enerji Verimliliği Derneği Üyesi, Ulusal ve uluslararası bilimsel dergilerde hakemlik görevlerine devam etmektedir. Enerji, Ekserji, Eksergo-ekonomik analizler ve optimizasyon, Isı geri kazanımı, Yenilenebilir Enerjiler ve uygulamaları, Enerji yönetimi, Soğutma teknolojileri ve uygulamaları, çevre teknolojileri ve analizleri konularında akademik ve proje çalışmaları yapmaktadır.

Enver YALÇIN

1968 Polatlı doğumludur. 1985-1989 arasında Uludağ Üniversitesi Balıkesir Mühendislik Fakültesi’nde lisans, 1989-1992 arasında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Yüksek Lisans, 1992-1998 arasında Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Doktora eğitimini tamamlamıştır. 1990-1998 yılları arasında araştırma görevlisi olarak görev yapmıştır. 2001-2004 tarihleri arasında Edremit Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü, 2007-2011 yılları arasında MMF Dekan yardımcılığı görevini yürütmüştür. 2017 yılında Makine Mühendisliği Bilim dalında üniversite doçenti unvanını almıştır. BAUN. Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı’nda görevini sürdürmektedir. Isı tekniği alanında çeşitli çalışmaları mevcuttur. Evli ve iki çocuk babasıdır.

T. Hikmet KARAKOÇ

T. Hikmet Karakoç, Eskişehir Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi’nde profesör olarak görev yapmaktadır. Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç, yüksek lisans ve doktora derecelerini sırasıyla 1983 ve 1987 yıllarında almıştır. Prof. Dr. Karakoç; ulusal ve uluslararası pek çok dergide yayınlanmış makale kaleme almış olmasının yanı sıra çok sayıda kitap da yazmıştır. Yazarın çalışma alanları arasında; havacılık, yakıtlar ve yanma, gaz türbinli motorlar, enerji ve enerji ekonomisi, yalıtım ve tesisat konuları bulunmaktadır.