

ÜÇLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ NET SIFIR EKSERJİ EVİ

BİROL KILKIŞ

ÖZET

Bu çalışmada bir binada güneş enerjisinden elektrik gücü temini, konfor ısıtması, sıcak kullanım suyu hazırlanması ve konfor soğutması işlevlerini çok katmanlı, tek bir birimde eş-zamanlı olarak gerçekleştirebilecek yenilikçi bir yapı malzemesi -Güneş Tuğlası- tanıtılmaktadır. Bina cephesi ile tümleşebilecek veya bina cephesini doğrudan oluşturabilecek bu sistemin yapı taşı; güneş gözeleri, kılcal borulu ısı değiştirgeçleri, ısı yalıtım katmanı ve termo-elektrik elemanlar oluşturmaktadır. Bu bağlamda, güney doğu yönündeki cepheleri birbirlerine seri veya paralel bağlanabilen güneş tuğlaları ile kaplanmış, aynı sistem çatıya da uygulanmış tek katlı bir konutta enerji ve ekserji performansları incelenmektedir. Aynı örnek konut ev özelinde binaların sorumlu oldukları doğrudan ve dolaylı CO₂ salımlarındaki azaltım potansiyeli Akılcı Ekserji Yönetimi Modeli (REMM) kullanılarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjili üçlü üretim sistemi, akılcı ekserji verimi, güneş tuğlası, CO₂ salım metriği

ABSTRACT

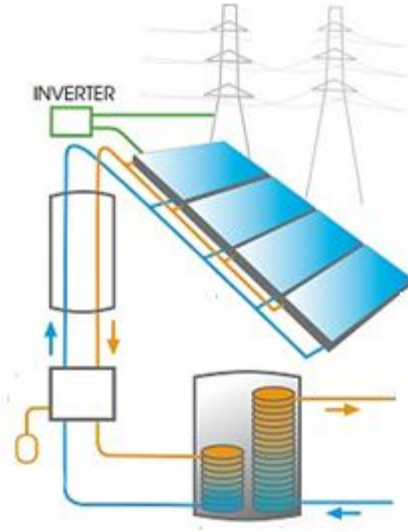
This paper presents a novel building block named Solar Brick, which is capable of simultaneously responding to electric power, comfort heat and/or comfort cooling, and domestic hot water loads of a building in a single, sandwiched unit. The basic elements of this unit comprises solar PV, capillary tube heat exchangers, insulation layer, and thermo-electric modules mounted over each other, which may be constructed in the form of a façade or integrated to the building envelope. In this respect, the energy and exergy performance of a single-storey sample residential home has been analyzed, which is equipped with solar bricks that may be connected in series or parallel configurations on its south and east facing walls plus on its roof. Regarding the same sample home, the reduction potential of the compound carbon footprint of buildings is investigated by using the REMM Model.

Keywords: Solar tri-generation, rational exergy management model, solar brick, CO₂ emission metric

1.GİRİŞ

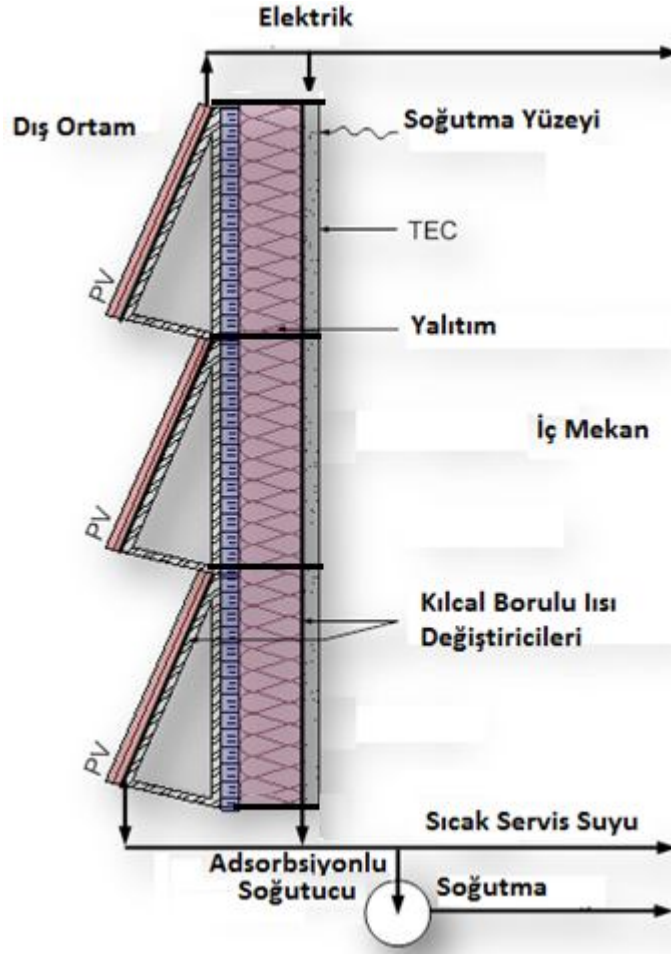
Ülkemiz de dâhil olmak üzere güneş enerjisinden binalarda en verimli bir şekilde yararlanmaya olanak verecek araştırma ve uygulamalar sürmekle birlikte, binaların enerji gereksinim türlerine aynı anda cevap verebilecek bir tümleşik sistem mevcut değildir. Bu yönde yapılan çalışmalarda ise geline en güncel noktada güneş panellerinde oluşan ısının da kullanıldığı PVT, yani aynı soğurma yüzeyinden aynı anda elektrik gücü ve ısı üreten sistemler geliştirilmiştir. Bu tür ticari bir ürünün genel yöntemi Şekil 1 de görülmektedir. Bu sistemde, güneş panellerinin güneş enerjisini soğurması ile oluşan ısıyı faydalı bir şekilde kazanarak paneldeki güneş gözelerinin ısındıkça azalan elektrik güç üretim verimlerinin de sabit kalması gerçekleşmektedir. Bu amaçla, güneş panelinin ön yüzeyinde yerleşik güneş gözesi katmanının altına yerleştirilen ısı değiştirgeçleri ile sıcak su elde edilmektedir. Üretilen elektrik gücünün ufak bir bölümü su pompası, denetim devresi gibi ikincil güç taleplerini karşılamakta,

geri kalan elektrik gücü ve yararlı ısı binaya verilmektedir. Yararlı ısı genellikle sıcak servis suyu hazırlanmasında kullanılmaktadır. Şekil 1 de görüldüğü üzere, güneş boylerine giren soğuk şebeke suyu ısı değiştirgecinde kapalı devrede ısınarak binaya verilmektedir. Güneş boyleri ise ikinci bir kapalı devrede güneş panellerinden elde edilen ısı ile ısıtılmaktadır. PVT sisteminin diğer avantajı da güç ve ısının aynı soğurma yüzey alanından elde edilebilmesidir. Bunun sonucunda, bina çatıları ve diğer yüzeylerindeki güneş ışınımından daha yararlı ve birden çok türde enerji edilebilmesidir. Bu yöntem aslında birlikte ısı ve güç sisteminin yenilenebilir enerjili bir örneğini oluşturmaktadır. Sistemin bir olumsuz yönü ise ışınımın en fazla olduğu yaz aylarında daha çok ısı üretilmesine karşın binalarda konfor soğutma yüklerinin artmasıdır. Her ne kadar elde edilen ısı kullanılarak absorpsiyonlu sistemlerle konfor soğutması dolaylı olarak yapılabilir de, genelde elde edilen ısının sıcaklığı bu tür bir soğutma sisteminin çok verimli çalışabilmesi için yeterli olmamaktadır. Bu nedenle de daha pahalı ve ağır olan fakat daha düşük sıcaklıklarda çalışabilen adsorpsiyonlu sistemlere gerek duyulmaktadır.

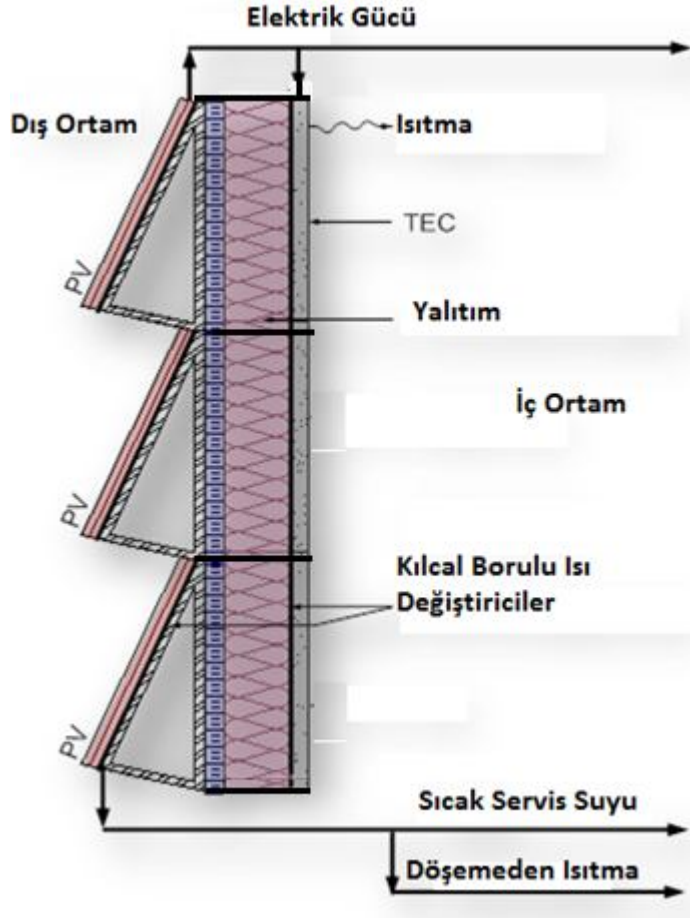


Şekil 1. Güneşli birlikte üretim sistemi (PVT) [1].

Bu çalışma ve öncesinde yaz aylarında konfor soğutmasını da gerçekleştirilebilecek bir üçüncü katman üzerinde durularak güneş enerjisi ile üçlü üretimi gerçekleştirecek bir sistem düşünülmüştür (PVTC). Bu sistemde güneş enerjisinden üretilen elektrik gücü soğutma yüklerinin özellikle fazla olduğu gündüz saatlerinde doğrudan bina iç yüzeylerine bakan ısı-elektrik elemanlar (TEC) kullanılmaktadır. Bu sistem hissedilir soğutma yüklerini karşılayabilmektedir. Sistemin çalışmasına olanak veren en önemli etkenler; yaz aylarında soğutma yüklerinin güneşin en çok ısıdığı saatlere denk gelmesi, ayrıca bu zaman dilimi içerisinde aydınlatma yüklerinin de oldukça az olmasıdır. Kış aylarında ise, doğru akımla çalışan ısı-elektrik elemanlarının elektrik bağlantı kutupları bir elektronik devre aracılığı ile değiştirilerek bu elemanlar konfor ısıtmasında da kullanılabilir. Söz konusu üç katmanlı sistemin dikkati çeken diğer bir olumlu yönü de aynı soğurma yüzeyinden binaların dört değişik enerji talebine cevap verebilmesidir. Bunlar: elektrik gücü, sıcak su, konfor soğutması (gerektiğinde) ve konfor ısıtması (gerektiğinde) dir. Isıl-elektrik eleman yüzeylerinden ışınım ağırlıklı ısıtma ve soğutma yapılabilmesi insan konforunu etkileyen gerekli iç mekân operatif sıcaklığının daha enerji tasarruflu bir değere ulaşmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, konfor yükleri azalarak yenilenebilir enerji kaynaklarının binalarda konfor amacı ile daha etkin kullanımının da önü açılmış olmaktadır. Konfor soğutmasının bina içerisindeki dış cephe duvarları ile doğrudan iletildiğinin yararları göz önünde tutulduğunda bu sistemin bir yapı elemanı (tuğla) şeklinde düşünülmesinin yenilikçi ve akılcı bir çözüm olacağı görülmüştür. Bu bulgunun ışığı altında bir güneş enerjili üçlü üretim tuğlası geliştirilmiştir. Bu sistemin yaz ve kış çalışma prensipleri sırası ile Şekil 2 ve Şekil 3 de verilmiştir. Yaz aylarında bina gereksiniminden daha fazla olan sıcak su miktarı ısı tahrikli bir adsorpsiyonlu sistemde değerlendirilerek alışılabilir şekilde bir klima sisteminde veya gizli soğutma yükleri az ise, döşemeden soğutma sisteminde kullanılabilir. PVTC sisteminin yalıtım katmanı binanın doğrudan yalıtım gereksinimini de karşılayabilir. Böylelikle bu sistemin ısıtma ve soğutma yüklerini azaltacağı da göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 2. Güneş enerjili üçlü üretim sisteminin (PVTC) yaz mevsiminde soğutma amaçlı çalışması [2].



Şekil 3. Güneş enerjili üçlü üretim sisteminin (PVTC) kış mevsiminde ısıtma amaçlı çalışması [2].

2.TEORİ

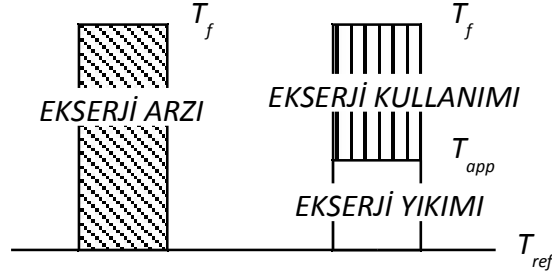
Söz konusu sistemin geliştirilmesinde ve analizinde enerji verimliliğinin yanı sıra, Akılcı Ekserji Yönetimi Modeli (Rational Exergy Management Model, REMM) kullanılmıştır [3]. Bu model kullanılarak tüm sistemler ortak ve eşdeğer bir ısıl bir platforma ideal Karno çevrimi temeline indirgenmekte ve ekserji arz(lar)ının ekserji taleplerine ne denli uyumlu ve dengeli oldukları eşdeğer sıcaklık çizgesinde incelenebilmektedir. Bu çizge değerlerinden ise akılcı ekserji yönetimi verimi, ψ_R hesaplanmaktadır. Söz konusu verim, güneş tuğlasında öncelikle elektrik gücü üretildiğinden Denklem 1 de görüldüğü şekilde verilmektedir [3]:

$$\psi_R = 1 - \frac{\text{Ekserji YIKIMI}}{\text{Ekserji ARZI}} = 1 - \frac{\varepsilon_{dst}}{\varepsilon_{sup}} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{dst} = \left(1 - \frac{T_{ref}}{T_{app}} \right) \quad (2)$$

$$\varepsilon_{sup} = \left(1 - \frac{T_{ref}}{T_f} \right) \quad (3)$$

Denklem 2 ve 3 teki ekserji terimleri birim enerji (veya birim güç değerleri içindir). Denklem 1 de verilen ekserji yıkımı ve ekserji arzı terimleri Şekil 4 de anlatılmaktadır.



Şekil 4. Önce güç üreten bir sistemde ekserji arzı ve ekserji yıkımı çizgesi

Şekil 4 de güneş tuğlasının önce güneş gözelerinde elektrik gücü sonra da sıcak su ürettiği göz önüne alınmıştır. Üretilen sıcak su yazın servis suyu olarak kullanılmakta, diğer bir seçenek olarak adsorbsiyonlu sisteme verilmektedir. T_f , enerji girdisinin (gerçek veya eşdeğer) sıcaklığı, T_{app} , enerji arz ekserjisini (Ekserji arzı) yararlı işlerde kullanan uyulama(lar)ın ulaştığı en düşük sıcaklık (örneğin iç konfor operatif sıcaklığı), T_{ref} ise sistemin ısıl dengeye ulaşacağı çevre referans sıcaklığıdır (Örneğin toprak sıcaklığı). Uygulamada güneş enerjisinin eşdeğer kaynak sıcaklığı, T_f aşağıdaki denklemden bulunur [3]. Burada, X yatay yüzeye gelen anlık ışınım değeridir (W/m^2).

$$\frac{X}{1366} = \frac{\left(1 - \frac{T_{ref}}{T_f}\right)}{\left(1 - \frac{T_{ref}}{5800}\right)} \quad (4)$$

3.UYGULAMA

Bu bildiride, Antalya yöresinde, tek katlı, toplam 140 m^2 kullanılabilir iç mekâna sahip, ekserji güney doğu yönünde olan bir bahçeli konut ele alınmıştır. Konutun doğu ve güneye bakan cephelerinde toplam 25 m^2 lik bir dik yüzeyde optimum eğimde özel hazırlanmış güneş tuğlası yapı elemanı olarak, güney doğuya bakan eğimli çatıda toplam 30 m^2 yüzeyde çatı elemanı olarak kullanılmaktadır. Bu çatı doğrudan iç mekâna bakmakta, çatıda ışık geçirgenliği ayarlı aydınlatma pencereleri de bulunmaktadır. Örnek hesapta ışınım değeri X yaz için 900 W/m^2 olarak kabul edilmiştir. Bu durumda, Denklem 4 den T_f değeri 758 K olarak bulunur. Konutun yaz ve kış iç mekân konforu operatif sıcaklığı 297 K (24°C) olarak sabit tutulmuştur. Konutun tasarım hissedilir soğutma yükü 12 kW , gizli soğutma yükü de 5 kW olarak kabul edilmiştir. Konutun kış ısıtma yükü 6 kW dolayındadır. Kışın ışınım değeri 550 W/m^2 olarak alınacaktır. Kış için güneş enerjisinin T_f değeri 459 K olmaktadır. T_{ref} yaz ve kış 283 K olarak sabit alınmıştır. Konutun gündüz saatlerindeki elektrik güç talebi yazın 2.5 kW kışın 4.5 kW tir. Sıcak servis suyu gereksinimi ise yaz ve kış 2 kW dir.

Yaz İşletmesi: Yazın konutun toplam güneş enerjisi tasarım girdisi yaklaşık 32 kW olup, %19 ortalama verim kabulü ile üretilen pik elektrik gücü 6 kW olmaktadır. Güç fazlası ($6 \text{ kW} - 2.5 \text{ kW} = 3.5 \text{ kW}$) sistemin ısıl-elektrik sisteminin (TEC) çalıştırılmasında kullanılacaktır. Bu sistemin hissedilir soğutma katkısı COP değeri 0.7 kabulü ile 2.5 kW olacaktır. Elektrik talebinin daha az olduğu yani güneşin en çok ışığı saatlerde bu soğutma kapasitesi 3.5 kW a kadar çıkabilir. Soğutma gerekmeyen durumlarda güç fazlası, bir kesintisiz güç kaynağında depolanabilir. Güneş tuğlası aynı zamanda yaklaşık 70°C da ve yaklaşık 19 kW ısı üretmektedir. Ayrıca ısıl-elektrik elemanlar da iç mekânı soğuturken çektiği ısı ve kendi elektrik direnç ısıları hesaba katıldığında üretilen toplam ısı 24 kW a ulaşmaktadır. 2.5 kW ısı servis suyu hazırlamasında kullanılırsa geriye kalan 21.5 kW ısı $55^\circ\text{C} - 44^\circ\text{C}$ aralığında çalışan ve soğutma COP değeri 0.6 olan bir adsorpsiyonlu sistemde değerlendirilebilir. Bu sistemin gizli ve hissedilebilir soğutma kapasitesi yaklaşık 13 kW olacaktır. Isıl-elektrik sistemin

dolayısı ile iki ana katkısı bulunmaktadır: hissedilir soğutma yüküne doğrudan katkıya ek olarak, iç mekândan çektiği ısı ve kendi ısısının dolaylı olarak (adsorpsiyonlu sistem) konfor soğutmasında kullanımına olanak vermek. Bu örnekte sonuç olarak enerji arz ve talep pik değerleri Çizelge 1 de özetlendiği gibidir.

Çizelge 1. Örnek uygulamada enerji arz ve talep dengeleri (pik değerler)-yaz için.

Üretim Gücü	Açıklama	Bina Talebi
Elektrik	Konut için: 2.5 kW	2.5 kW
	Isıl-elektrik sistemi için: 3.5 kW	-
Isı	Isı: Sıcak su için 2.5 kW	2 kW
	Isı: Adsorpsiyonlu sistem için 21.5 kW	-
Soğutma	Isıl-elektrik soğutma kapasitesi: 2.5-3.5 kW	Toplam 15.5-18.5 kW
	Adsorpsiyonlu sistem kapasitesi: 13 kW	

Çizelgeden görüldüğü üzere, güneş tuğlası ve adsorpsiyonlu sistem bileşkesi binanın tüm talebini karşılayabilmektedir. Bu sistemin yaz aylarındaki akılcı ekserji verimi ise birim ekserji değerlerinden şu şekilde bulunabilir. Denklem 2 ve 3 sırası ile kullanılarak;

$$\varepsilon_{dst} = \left(1 - \frac{283}{297}\right) = 0.047,$$

$$\varepsilon_{sup} = \left(1 - \frac{283}{758}\right) = 0.627.$$

$$\psi_R = 1 - \frac{0.047}{0.627} = 0.925$$

Kış İşletmesi: Kış aylarında konutun toplam güneş enerjisi ortalama tasarım girdisi yaklaşık 19 kW olup, %20 ortalama verim kabulü ile üretilen pik elektrik gücü 3.8 kW olmakta ve 4.5 kW bina pik talebine eş zamanda yetmemektedir. Ancak pik elektrik talebi akşam saatlerinde, ışınım pik saatleri de gündüz saatlerindedir. Bu bağlamda, bir kesintisiz güç kaynağında güç depolandığı durumda yeterli olabilir. Kışın konutta konfor soğutma talebi olmadığından elektriğin tamamı konuta güç olarak verilebilir. Kurulu ısı-elektrik elemanlarının kutuplar değiştirilerek konfor ısıtmasında kullanımı; ısıtma yükünün fazla, elektrik yükünün az olduğu zaman dilimlerinde ışınım ağırlıklı olarak gerçekleştirilebilir. Kışın güneş tuğlasından elde edilebilecek ısı da sıcaklık ve miktar olarak yaz aylarına göre düşük olacağından 45°-35°C rejiminde çalışan bir döşemeden ısıtma sistemi akılcı olacaktır. Kışın üretililecek ısı güç 9.5 kW dolayındadır. Bu ısı konutun ısıtma ve sıcak su gereksinimini karşılayabilmektedir (6 kW+2 kW). Sıcak su hazırlanması ise döşemeden ısıtma işleminin öncesine alınarak kademeli bir uygulama yapılması zorunludur. Bunun nedeni sağlığa uygunluk açısından sıcak servis suyunun en az 60°C da hazırlanma ve saklama gereğidir. Bu örneğin kış enerji bilançosu Çizelge 2. de verilmiştir. Sistem, kış aylarında daha çok PVT rejiminde çalışmaktadır. Sistemin soğutma kapasitesinin de geri dönüşünü hızlandırmak ve sistem etkinliğini arttırmak için bu sistemin soğutma yükleri daha baskın yörelerde kullanılmasının gerekliliği açıktır.

Çizelge 2. Örnek uygulamada enerji arz ve talep dengeleri (pik değerler)-kış için*.

Üretim Gücü	Açıklama	Bina Pik Talebi
Elektrik	3.8 kW güç üretimi	4.5 kW
	Güç üretimi daha fazla olduğu anlarda ısı-elektrik sistemlerle konfor ısıtması yapılabilir	
Isı	Sıcak su ve konfor ısıtması için toplam 9.5 kW	2 kW sıcak su, 6 kW ısıtma

* Pik değerler eş zamanlı olmadığından enerji depolaması uygun olacaktır.

Bu sistemin kış aylarındaki akılcı ekserji verimi ise birim ekserji değerlerinden şu şekilde bulunabilir: Denklem 2 ve 3 sırası ile kullanılarak;

$$\varepsilon_{dst} = \left(1 - \frac{283}{297}\right) = 0.047,$$

$$\varepsilon_{sup} = \left(1 - \frac{283}{459}\right) = 0.383.$$

Denklem 1 kullanılarak ψ_R bulunur:

$$\psi_R = 1 - \frac{0.047}{0.383} = 0.877$$

Kışın akılcı ekserji veriminin biraz daha düşük olmasının nedeni güneş enerjisinin eşdeğer sıcaklığı T_f değerinin daha düşük olması ve bunun sonucunda ekserji kullanımının daha az oluşudur (Şekil 4). İncelenen sistemin güneş gözele tek sistem (PV) ve PVT sistemi ile genel karşılaştırması Çizelge 3 de verilmiştir.

CO₂ Salımı Azaltım Potansiyeli: REMM Modeli aynı zamanda, bir binanın doğrudan ve dolaylı salım sorumluluklarının toplamı ile akılcı ekserji yönetimi verimi arasındaki bağlantıyı doğrudan vermektedir. Örneğin PV ve PVTC her ne kadar doğrudan CO₂ salımı yapmasalar da yittikleri ekserjinin sonucu olarak dolaylı bir salımdan sorumludurlar. Bu ilişki PV ve PVTC arasındaki bir oranın bulunmasında kullanılırsa (Denklem 5) bu oranın 6 kat olduğu görülür.

$$\frac{CO_{2PV}}{CO_{2PVTC}} = \frac{(1 - \psi_{RPV})}{(1 - \psi_{RPVTC})} = \frac{(1 - 0.55)}{(1 - 0.925)} = 6 \quad (5)$$

Aynı yöntem taban senaryoya uygulandığında bu oranın 12.5 olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. PV, PVT ve PVTC sistem seçeneklerinin genel karşılaştırması.

PERFORMANS DEĞİŞENİ	SEÇENEKLER			TABAN SENARYO
	PV	PVT (Sadece servis suyu)	PVTC	Kombi-ısıtıcı, split klima ve şebeke elektriği
Isıl verim, η	0.20	0.92	0.89	Kombi: 0.95 Şebeke: 0.35 Split COP= 4
ψ_R	0.55*	0.72 (yazın)	0.925	0.06
COP	<<1	<1	≥ 1 (Yazın binadan ısı kazanımı ile)	Kombi ve şebeke için COP terimi yok
Birim CO ₂ salım sorumluluğu	6	1.6	1	12.5
Yetkinlik(ler)	Güç Üretimi	Güç ve Isı	Güç, ısı ve/veya soğuk	ısı ve soğuk
Geri ödeme süresi**	14-18 yıl	10-12 yıl	8-9	hiç bir zaman

* Alışılabilir anlamda en düşük elektrik üretim sıcaklığı 160°C a endeksli olarak.

** Süreler birçok etmene bağlı olup burada gösterilen değerler göreceli karşılaştırma içindir.

TARTIŞMA

Yukarıdaki örnekte elde edilen bulgular bize iklim, coğrafya, bina taleplerinin uygun olduğu yörelerde aynı soğurma yüzeyinden eş zamanda güç, elektrik, ısı ve/veya soğuk eldesine yönelik sistemlerin

önemli enerji tasarruf potansiyeline sahip olduklarını göstermektedir. Buna ek olarak ekserji yıkımlarında enerji tasarrufundan daha önemli bir avantaj; akılcı ekserji verimlerinin çok yükselmesi, bunun sonucunda ise CO₂ salım sorumluluğunun önemli ölçüde azalmasıdır. Salımlarda dolaylı sorumluluğun en güzel örneği, güneşten elde edilen elektrik gücü ile kışın ısıtma ve yazın elektrik tahrikli klima ile soğutma yapılmasıdır. Her ne kadar güneş pillerinden elektrik eldesinde salımların az olduğu (gömülü salımlar dâhil) bu nedenle de bu gücün ne amaçla kullanılırsa kullanılsın karbon salım sorumluluğunun ihmal edilebilir boyutlarda olduğu tartışılabilir. Elde edilen elektriğin sadece ısıtmada kullanılması yerine (PV ile ısıtma) PVT veya PVTC kullanılsa idi üretilen elektriğin önemli bir bölümü katma değeri daha yüksek olan yararlı uygulamalarda kullanılabilir, bu sayede santral güç yükleri azaltılmış olurdu. Yazın ise ortalama-gerçek COP değeri 17 olmadığı sürece elektrikle çalışan klimalarda ekserji yıkımları daha yüksektir [4]. Bu bağlamda gene PV lerde üretilen elektrik sektörde konfor soğutması yerine katma değeri daha yüksek uygulamalarda kullanılmalıdır.

Gene yukarıdaki örnekte görüldüğü üzere özellikle PVTC uygulanan binalarda ekserjinin akılcı kullanım verimi 1 değerine yaklaşmaktadır. Bunun anlamı bina enerji bağlamında kendine yeter olmanın yanı sıra ekserji yönünden de çok büyük oranda kendine yeterli olmakta güneş enerjisini akılcı ve çok katmanlı bir biçimde kullanarak, aynı zamanda bina yüklerini azaltarak, güneş enerjisinin ekserjisini de bina ekserji taleplerine denk getirebilmektedir. Bu yaklaşıma son zamanlarda net-sıfır ekserji binası tanımı yapılmıştır [5]. Diğer bir deyişle bir bölge güç ve enerji sistemine bağlı böyle bir bina bir yıl boyunca zaman zaman güç ve enerjiyi bölge sisteminden kısmen temin etse de aynı miktarı geri verdiğinde net-sıfır- enerji binası olmaktadır. Bu enerji bilançosunda güç ve ısının ekserjileri farklıdır. Dolayısı ile aynı tür bir bilançonun farklı ekserji arz ve taleplerinde tekrarı ile bina performansı açısından daha gerçekçi bir görünüm ortaya çıkar. İşte bu örnekteki akılcı ekserji verim değeri binanın aynı zamanda net-ekserji bina statüsüne çok yakın olduğunu belirtmektedir. Tüm bu nedenlerle gelecekteki binalar net-sıfır-enerji yanında net-sıfır-ekserji statüsünü zorlamalıdır. Bu durumda zararlı salımların azaltım potansiyeli şimdiki metriklerin gösterdiği oranlardan daha yüksek oranlarda karşımıza çıkacaktır. REMM modeli bizlere bu olanağı vermektedir.

KAYNAKLAR

[1] <<http://inhabitat.com/new-submission-14/>>

[2] KILKIŞ, B. Building Integrated Solar Tri-Generation System For The Engineering Building Of Baskent University, Proceedings on CD: SET2011, 10th International Conference on Sustainable Energy Technologies, İstanbul, TÜRKİYE, 4-7 Sep. 2011.

[3] KILKIŞ, Ş. A Rational Exergy Management Model for Sustainable Buildings to Reduce Compound CO₂ emissions, Proceedings of the 40th Congress on HVAC&R – KGH, pp. 391-412.

[4] KILKIŞ, B. An Analytical, Multi-Objective Optimization Algorithm for Energy Efficiency in District Cooling Systems and Green Buildings, CLIMA 2010 International Conference, Proceedings on CD, ISBN: 978-975-6907-14-6, 9-14 May, Antalya, 2010.

[5] KILKIŞ, Ş. A New-Metric for Net-Zero Carbon Buildings. Proc. of the ASME Energy Sustainability Conference, Long Beach (2007) 219-224.

ÖZGEÇMİŞ

Birol KILKIŞ

ODTÜ Makine Mühendisliği Bölümünden ve von Karman Enstitüsünden mezun oldu. 1982 TÜBİTAK Teşvik ödülünü kazandı. ASHRAE Fellow üyesi olan Birol Kılış aynı kurumun seçkin hizmet ve müstesna hizmet ödülleri sahibidir. Halen Başkent Üniversitesi Enerji Mühendisliği Yüksek Lisans Programı Ana Bilim Başkanı olup yeşil ve yüksek performans binaları, birlikte ısı ve güç üretimi, enerji stratejileri konuları üzerinde çalışmaktadır.