

ANTALYA İLİ İÇİN SOLAR TERMAL ISITMA TEKNOLOJİLERİNİN KARBON AYAK İZİNİ AZALTMA POTANSİYELİ

Carbon Footprint Reduction Potential of Solar Thermal Heating
Technologies for Antalya Province



ANTALYA
İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ

Yavuz SÜMER^{*1}

Afşin GÜNGÖR²

Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye
Pamukkale University, Denizli, Türkiye
Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye
Akdeniz University, Antalya, Türkiye

*ysumer@pau.edu.tr
ORCID:0000-0003-1219-5899

afsingungor@akdeniz.edu.tr
ORCID:0000-0002-4245-7741

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFORMATION

Geliş Tarihi / Date Received

30.04.2023

Kabul Tarihi / Date Accepted

31.12.2023

Yayın Tarihi / Date Published

Aralık / December 2023

Yayın Sezonu / Pub Date Season

Aralık - Temmuz / December - July

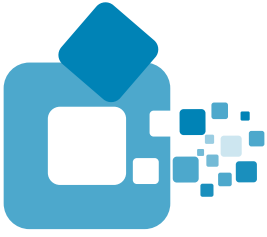
ATIF / CITE as

Sümer, Y., Güngör, A. (2023) "Antalya İli İçin Solar Termal Isıtma Teknolojilerinin Karbon Ayak İzini Azaltma Potansiyeli"/"Carbon Footprint Reduction of Solar Thermal Heating Technologies for Antalya Province" Bilar: Bilim Armoni Dergisi, 6 (2): 52-58. doi: 10.37215/bilar.1290260

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bilar>

Copyright © Published by Antalya İl Millî Eğitim Müdürlüğü Since 2018, Antalya, 07100 Turkey. All rights reserved.





ANTALYA İLİ İÇİN SOLAR TERMAL ISITMA TEKNOLOJİLERİNİN KARBON AYAK İZİNİ AZALTMA POTANSİYELİ

Carbon Footprint Reduction Potential of Solar Thermal Heating
Technologies for Antalya Province



ANTALYA
İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ

ÖZET

Küresel iklim değışiklikleri ve enerji krizinden dolayı dünya fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş sürecine başlamıştır. Yenilenebilir birincil enerji son yıllarda büyük bir ivme kazanmış ve %15'lik büyüme oranı ile diğer enerji kaynaklarının önüne geçmiştir. Türkiye'nin de kurucu üyesi olduğu Uluslararası Enerji Ajansı (IEA-International Energy Agency) sürdürülebilir ve yönetilebilir temiz enerjiye geçiş sürecinin hızlandırılmasına gerektiğini raporlamıştır. Ülkemiz ulusal enerji arz güvenliğini sağlama doğrultusunda geliştirdiği stratejiler ile temiz enerji kaynaklarındaki payını %54'e çıkararak Avrupa'da beşinci sıraya yükselmiştir. Küresel nihai enerji tüketimine bakıldığında ısı tüketimin yaklaşık yarısına tekabül etmektedir ve bu ısı enerjisinin de neredeyse yarısı binalar için kullanıldığından dolayı binalarda ısıtma oldukça önemlidir. Net sıfır karbon emisyonu hedefi doğrultusunda 2030 yılına kadar binalarda karbon emisyonlarının en az iki kat düşmesi gerekmektedir. Net sıfır emisyonu kapsamında, güneş termal enerji sistemleri iklim hedefleri doğrultusunda önemli bir yere sahip olacaktır.

Bu çalışmada, Birleşmiş Milletlerce belirlenen küresel "Net Sıfır Emisyon" hedefleri doğrultusunda Sıfır Emisyonlu güneş enerjisi destekli gün ısı sistemlerinin Antalya ili için potansiyeli araştırılmıştır. Birinci derece gün bölgesinde yer alan Antalya ili için 90 m² alana sahip bir binanın aylık ve yıllık ısı kayıpları hesaplanmıştır. Bu ısı kayıplarını karşılayabilecek solar termal kolektör sistemi gereklilikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, kış aylarında bir evin alan ısıtılmasının fosil yakıtlara alternatif güneş enerjisi ile karşılanabileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Net Sıfır Emisyon, Temiz Enerji, Solar Termal Enerji, Bina Isıtması, Gün Isı

ABSTRACT

The world has begun a transition from fossil fuels to renewable energy sources due to global climate change and the energy crisis. Renewable primary energy has gained great momentum in recent years and has surpassed other energy sources with a growth rate of 15%. The International Energy Agency (IEA), of which Turkey is a founding member, has reported that the transition to sustainable and manageable clean energy should be accelerated. Turkey has increased its share of clean energy resources to 54% and is ranked fifth in Europe with the strategies it has developed to ensure national energy supply security. When we look at the global final energy consumption, heat accounts for about half of the consumption, and since almost half of this heat energy is used for buildings, heating in buildings is very important. In line with the net zero carbon emission target, carbon emissions in buildings should at least double by 2030. Within the scope of net zero emissions, solar thermal energy systems will have an important place in line with climate targets.

In this study, in line with the global "Net Zero Emission" targets set by the United Nations, the potential of zero-emission solar thermal systems for Antalya province was investigated. Monthly and annual heat losses for a building with an area of 90 m² were calculated for Antalya province, which is located in the first-degree day zone. The solar thermal collector system requirements that can meet these heat losses have been determined. As a result, it is seen that the space heating of a house in the winter months can be met with solar energy as an alternative to fossil fuels.

Keywords: Net Zero Emissions, Clean Energy, Solar Thermal Energy, Building Heating, Domestic Solar Water Heaters

1. GİRİŞ

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları, iklim değişikliğini önlemek ve küresel enerji krizini çözmek için hayati bir talep haline gelmiş ve dünyada fosil yakıtlardan temiz enerji kaynaklarına geçiş dikkat çekici bir şekilde görülmüştür (Keivani ve Gungor 2022). Küreselleşen dünyamızda artan nüfus, enerji ve doğal kaynakların kullanımının zaman içinde değişmesine, enerji kaynaklarının sorumsuzca tüketilmesine ve çevre sorunlarının artmasına neden olmuştur. Dünyadaki enerjinin büyük bir kısmını sağlayan fosil yakıtlar tükenmekte, bu durum da çevre ve hava kirliliğinin felaket boyutlara ulaşmasına neden olmaktadır (Sumer ve Gungor 2021). Fosil yakıtların kullanımı küresel ozon tabakasındaki asit yağmurlarını ve küresel ısınmayı olumsuz etkilemektedir. Güneş enerjisinin depolanmış hali olan hidrokarbon içerikli fosil yakıtların en önemli problemi yenilenebilir kaynaklarının olmaması ve rezervlerinin sınırlı olmasıdır (Yu vd. 2022). Bu bağlamda temiz enerji sistemleri, yenilenebilir ve temiz kaynakları kullanarak emisyonları azaltmak, enerji geri kazanımı ile emisyonları ve atıkları azaltarak sistem verimliliğini artırmak, daha düşük enerji girdisi gereksinimi gibi üstün özelliklerinden dolayı büyük ilgi görmektedir (Sultana 2022).

Fosil yakıtların çevreye ve sosyoekonomik değerlere olumsuz etkilerinden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş süreçleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla enerji elde etme yöntemleri küresel ölçekte gelişim göstermeye devam etmektedir (Rehman vd. 2022). Yenilenebilir birincil enerji 2021'de bir önceki yıla göre %9 artarak yıllık %15'lik bir büyüme oranı ile yaklaşık 5,1 EJ artmıştır ve bu oran bu yıldaki diğer tüm yakıtlardan daha yüksektir (Dale 2022). Yenilenebilir enerji (hidrolik enerji hariç) 2021'de yaklaşık %17 artarak son iki yılda da 8EJ'ün üzerinde artış sağlayarak son iki yıldaki küresel elektrik üretimindeki artışın yarısından fazlasına tekabül etmektedir. Güneş ve rüzgâr enerjisi kapasitesi hızla artmaya devam ederek 226 GW ile rekor artışlar göstermektedir.

1.1. Ülkemizin Yenilenebilir Enerjide Konumu ve Stratejileri

BÜlkemizin ulusal enerji arz güvenliğini güçlendirme ve kaynak çeşitlendirmesini sağlama hedefleri uluslararası enerji stratejisinde önemli bir yere sahiptir (Erdem ve Bilgili 2023). Türkiye enerjide yerlileştirme, milli kaynakların kullanımını en üst düzeye çıkarma ve iklim değişikliğiyle mücadele hedefleri doğrultusunda ulusal enerji bileşiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını %54'e yükselterek Avrupa'da 5. sırada yer almaktadır (T.C. Dışişleri Bakanlığı 2022).

Ülkemizin yenilenebilir enerji stratejilerinin başlıcaları On Birinci Kalkınma Planı (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019), Yeşil Mutabakat Eylem Planı (T.C. Ticaret Bakanlığı 2021), ve Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP 2017-2023) (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2018) hedefleri incelendiğinde binalar için ortak paydası: karbon salınımı azaltacak ve enerji verimliliğini sağlayacak sistemler, yaşanılabilir şehirler ve sürdürülebilirler çevre uygulamaları ve AR-GE projelerinin yürütülmesi ve uygulamaların yaygınlaştırılması sağlanmasıdır.

1.2. Küresel Enerjide Isının Payı ve Önemi

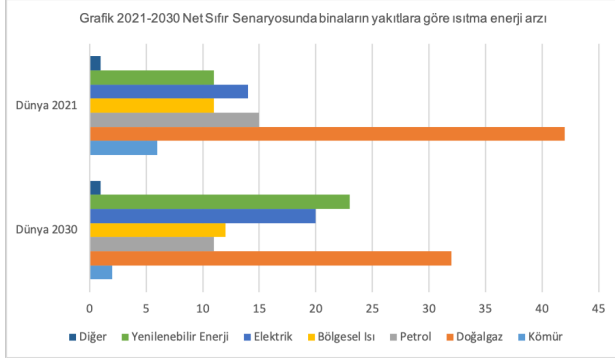
Isı, dünyanın en büyük nihai enerji kullanımına sahiptir ve 2021 yılındaki küresel nihai enerji tüketiminin yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Endüstriyel süreçler, ısı için tüketilen enerjinin %51'ini oluştururken, %46'sı binalarda alan ve su ısıtma için tüketilmekte ve kalan payı sera ısıtması olmak üzere tarımda kullanılmaktadır. 2020'de küresel ısı talebi, öncelikle Covid-19 salgınının bir sonucu olarak ekonomik aktivitenin azalması nedeniyle %2 azalırken, yenilenebilir ısı tüketimi yıllık %3,5'in üzerinde artmıştır (IEA 2022a). Ukrayna-Rusya gerilimi ve bununla bağlantılı olarak ısıtma enerjisi güvenliği ve karşılanabilirlik riskleri, özellikle Avrupa'da fosil yakıtı dayalı ısıtmadan kaçınmak için benzeri görülmemiş bir ivme sağlamaktadır (Halser ve Paraschiv 2022).

Karbon ayak izi açısından binalarda alan ve su ısıtmasından kaynaklanan doğrudan CO₂ emisyonları, 2021'de tüm zamanların en yüksek seviyesi olan 2,5 Gt'ye ulaşmıştır. Net Sıfır Senaryosuna uyum sağlamak için, bina operasyonlarından kaynaklanan karbon emisyonlarının 2030 yılına kadar yarıdan fazla azalması gerekmektedir ve son kullanıcılara hitaben temiz ve verimli teknolojiler yoluyla enerji talebini azaltmak için fosil yakıtlı ısıtmalardan uzaklaşılması ve yenilenebilir ısıtma ekipmanlarının geliştirilmesi gerektiği de vurgulanmıştır (IEA 2022b).

1.3. Bina Isıtma Kaynakları ve Kapasitesi

Binalar, ısı kaynakları son kullanım teknolojileri bakımından fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş potansiyeline sahiptir ve karbon emisyon azaltımlarının büyük payını da oluşturmaktadır (Baqaee vd. 2022). Fosil yakıtlar, bina ısıtma alanında küresel enerji kullanımının %64'ünü oluşturmaktadır (United Nations Environment Programme 2021). Bunların arasında en yaygın olan yakıt doğal gaz olup 2021'de toplam 760 milyar m³ ile ısıtma enerjisi talebinin %42'sini oluştururken, bölgesel (merkezi) ısıtma ve yenilenebilir enerji %11'lik oranla en az paya sahiptir (Şekil 1). Nüfus artışı ve yaşam standartlarındaki

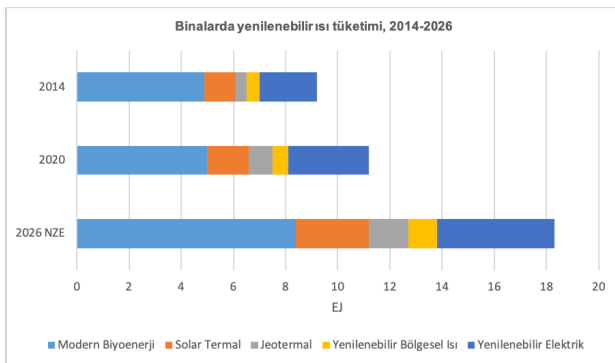
gelişmenin etkisiyle binalara yönelik ısı talebinin Net Sıfır Senaryosunda, 2021 ve 2030 yılları arasında %12 artması beklenmektedir (IEA 2022c); bu amaçla düşük karbonlu yüksek verimliliğe sahip ısıtma teknolojilerinin büyük ölçekli kullanımı ve bina yapılarında (cephe) verimlilik iyileştirmeleri ile küresel enerji yoğunluğu %4 azaltılabilecektir. Bu kapsamda ısı pompaları, biyoenerji, solar termal ve jeotermal ısıtma kullanımı verimliliğin artırılmasında ve emisyonların azaltılmasında merkezi bir rol oynayarak 2021 yılında önceki yıllara göre artmaya devam etmiştir.



Çizelge 1 Net Sıfır Senaryosunda ısıtma kaynaklı küresel ölçekte binalarla ilgili enerji talebi ve yakıtlara göre 2021-2030 yılları arası payı (IEA 2022b)

1.4. Yenilenebilir Enerji Uygulamaları

Küresel modern yenilenebilir ısı tüketiminin, ısı talebinden daha hızlı bir şekilde artması ve önümüzdeki beş yıl içinde dörtte bir oranında (5,4 EJ artış) büyümesi ve büyümenin büyük kısmının bina sektöründe gerçekleşmesi beklenmektedir (Çizelge 2). Yenilenebilir kaynakların modern kullanımının payı 2020'de %11'den 2026'da %13'e yükselirken, bu yatırımlar yenilenemeyen ısı tüketimini kontrol altına almakta yetersiz kalmaktadır (IEA 2022d). IEA Net Sıfır Emisyon Senaryosuna uyum sağlamak için, yenilenebilir ısı tüketiminin 2,5 kat daha hızlı ilerlemesi, geniş ölçekli davranış değişikliği ve hem binalarda hem de sanayide çok daha büyük enerji ve malzeme verimliliği iyileştirmeleriyle birleştirilmesi gerekecektir.



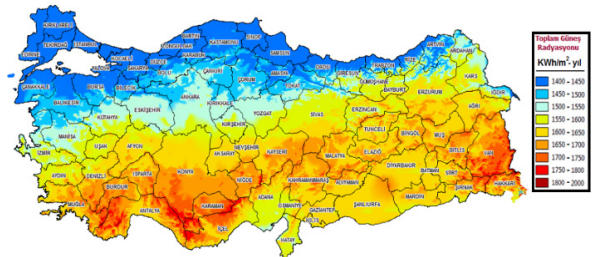
Çizelge 2 Binalarda yenilenebilir ısı tüketimi ve toplam ısı talebindeki payı, 2014-2026 (IEA 2022d)

Net Sıfır Emisyon Senaryosunda 2021-2026 yılları arasında doğrudan güneş ısı tüketimi, görünümümüzde öngörülenden 2,5 kat daha hızlı artmaktadır, bu da 1,1 EJ'lük bir fark demektir. Bu artış hem binalarda güneş enerjili termal su ısıtıcılarının kurulmasından hem de endüstriyel prosesler için güneş ısısının kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Buna göre, güneş termal sistemleri kullanan konut sayısı 2020'de 250 milyondan 2030'da 400 milyona, 2050'de ise 1,2 milyara yükselmektedir (IEA 2021).

Güneşin toplam enerji çıktısı $3,8 \times 10^{20}$ MW gücünde olup güneş yüzeyine hesapla 63 MW/m² yoğunluğa sahiptir. Bu enerji her yöne dağılmakta ve bu radyasyonun sadece küçük bir kısmı ($1,7 \times 10^{11}$ MW) dünya tarafından yakalanmaktadır. Bu küçük oranla bile dünyaya düşen 30 dakikalık güneş radyasyonu dünyanın bir yıllık enerji talebine eşittir. Bu denli yüksek enerji potansiyeline sahip enerjiden faydalanılarak fosil yakıt kaynaklı ısıtma sistemlerinden temiz enerji sistemlerine geçiş karbon ayak izinin azaltılmasında ve sürdürülebilir enerji arzının sağlanmasında büyük potansiyele sahiptir.

Sonuç olarak, Net Sıfır Emisyon Senaryosu yenilenebilir ısı arzının oluşturduğu güneş termal enerji destekli ısıtma sistemlerine geçiş fırsatlarını da vurgulamaktadır. Güneş enerjisi gibi düşük karbonlu ısıtma teknolojileri, düşük çıkış sıcaklıklarında daha etkili ve verimli çalışır. Bu nedenle, binalarda gün ısı teknolojilerinin hızlı ve uygun maliyetli bir şekilde kullanılabilmesi için yüksek performanslı bina cephesinin yanı sıra uygun ısı dağıtım ve kontrol sistemleri, depolama ve solar termal toplayıcı teknolojileri kilit öneme sahiptir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi Türkiye için önemli bir potansiyeldir, Avrupa ülkelerinde güneşlenme süresi yaklaşık 1600 saat iken Türkiye'de 2640 saattir (Şekil 1). Bu çalışmada, güneş enerjisi destekli bina ısıtma sistemlerinin Antalya ili için potansiyeli ve uygulanabilirliği araştırılacaktır.



Şekil 1 Türkiye'nin Güneşlenme Haritası

2. MATERYAL ve METOT

Bu bölüm Antalya ili içerisinde bulunan 90 m² brüt alan sahip (2+1) bir evin kış aylarında alan sıtmasının güneş enerjisi ile sağlanabilmesi adına gerekli ısı kaybı hesabı, güneş enerji yoğunluğuna göre yüksek verimli bir gün ısı sistemi için optimum kolektör tasarımı hesabı içermektedir. Bir evin fosil yakıtla alternatif güneş enerjisi ile ısıtılabilceği analitik yöntemlerle hesaplanmıştır.

2.1. Isı Kaybı Hesabı

Birinci gün bölgesinde bulunan Antalya iline ait 9x10x2,7 metre ölçülerine sahip üç katlı bir binanın üst katı temel alınarak TS 825 standardına dayanılarak bir ısı kaybı hesabı yapılacaktır. Yıllık ısıtma kaybı hesabı aylık ısı kayıpları toplamı olarak elde edileceği gibi, güneş enerjisi uygulaması için yılın en soğuk ayına göre aylık ısı kaybı hesap yapılması daha doğru olacaktır. Bu doğrultuda aylık ısı kaybı hesabı aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir (TS 825 2008) :

$$Q_{ay} = [H (T_i - T_d) - \eta_{ay} (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})] \cdot t \quad (2.1)$$

Binanın özgül ısı kaybı (H) sırasıyla iletim yolu (H_i) ve havalandırma yolu (H_h) ile gerçekleşen ısı kayıplarının toplamında oluşmaktadır:

$$H = H_i + H_h \quad (2.2)$$

İletim yolu ile ısı kaybı binanın duvarlar (dolgu ve taşıyıcı), tavan, taban, pencereler gibi yapı elemanlarının dış ortama ısı kayıpları toplamı olarak aşağıdaki formül kullanılarak hesaplama yapılmaktadır:

$$H_i = \sum AU + I UI \quad (2.3)$$

$$\sum AU = UDAD + U_pA_p + 0,8 UTAT + 0,5 UtAt + UdAd + 0,5 U_{dsc}A_{dsc} \quad (2.4)$$

Doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesabı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$H_h = 0,33 \eta_h \cdot V_h \quad (2.5)$$

Aylık ortalama iç kazançlar konutlar için aşağıdaki formülden hesaplanır ve kullanım alanı (A_n) brüt hacim değerinin %32'sine eşittir:

$$\Phi_{i,ay} \text{ değeri} \leq 5 A_n \quad (2.6)$$

Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ise pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımının hesaplanmasını içermektedir:

$$\Phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \quad (2.7)$$

Isı kazançları yararlanma faktörü ile azaltılır ve aylık ortalama kazanç kullanım faktörü ve kazanç/kayıp oranı aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır:

$$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}} \quad (2.8)$$

$$KKO_{ay} = (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay}) / H(T_{i,ay} - T_{d,ay}) \quad (2.9)$$

Bina yapı elemanları alan ve ısı geçirgenlik değerleri ilgili binanın özelliklerine göre alınmıştır (Yurtseven 2006). Ayrıca elemanlarda yoğunlaşma olmayacak ve ısı köprüsü meydana gelmeyecek şekilde tedbirlerin alındığı kabul edilmiştir. Brüt hacmi 243 m³ ve toplam alanı 292,6 m² olan binanın pencere alanı 10 m², dış duvar alanı 102,6 m², tavan ve taban alanı 2x90 m² ve ısı geçiş katsayıları sırasıyla 2,8, 0,47, 0,54 ve 0,53 olarak alınır. Binada doğal havalandırma olduğundan dolayı havalandırılacak hacim brüt hacmin %80'i ve hava değişim sayısı 0,8 olarak alınmaktadır.

Bina iç ısı kazancında bina konut olarak kullanılacağı için, TS825'e göre iç ısı kazançları 5 W/m² alınabilir. Güneş enerjisi kazançlarının hesaplanması sırasında kullanılacak olan gölgelenme faktörü (r_{i,ay}) ve saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü (g_{i,ay}) değerleri sırasıyla 0,8 ve 0,6 olarak alınır. Belirli i yönündeki toplam pencere alanı olan "A_i" değerleri için her yöndeki toplam pencere alanları hesaplanır ve belirli bir i yönündeki aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti (I_{i,ay}) değerleri elde edilir. Kazanç kullanım faktörü hesaplaması için iç ortam sıcaklık değeri bina konut olarak kullanılacağı için 19 derece olup, dış ortam sıcaklık değerleri her ay için TS 825'e göre birinci gün bölgesindeki sıcaklık değerleri esas alınır. Bu bilgiler doğrultusunda hesaplanarak hazırlanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını gösteren Ve 1 sunulmuştur.

2.2. Güneş Enerjisi Yoğunluğu

Türkiye coğrafi konumu sayesinde önemli bir güneş enerjisi potansiyelini barındırmaktadır. Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre ortalama yıllık toplam ışınım değeri 1.527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Antalya güneş potansiyeli açısından oldukça zengin bir yerdir. Antalya ilinde metrekare başına düşen güneşlenme Ocak ayında 130 kWh, aylık ortalama (yıl boyunca) 188 kWh ve yıllık toplam 2260 kWh enerji barındırmaktadır (Uçar ve Kokulu 2018). Bu çalışmada, ısı ihtiyacının en fazla olduğu Ocak ayı için bir sistem geliştirilmesi amaçlandığından, optimum kolektör açısı ile (63°) aylık metrekare başına 147 kWh (529,11 MJ) enerji elde edilmektedir (Güngör vd. 2013).

Konut ısı ihtiyacını karşılamak adına geliştirilecek bir güneş enerjisi destekli ısı sisteminde vakum tüplü U-borulu güneş kolektörü, sirkülasyon pompası ile pasif gün ısı sistemleri yerine aktif (zorlanmış) gün ısı sistemi, ısıtma radyatör suyuna ısı aktaracak bir ısı değiştirici ve termal depolama sistemi ile etkin bir kontrol yapılması verimliliği artıracaktır. Özcan vd. (2022) güneş kolektörünün ısı verimini parametrelere bağlı çalışmalarında iyileştirerek %78 verime ulaşmışlardır.

3. BULGULAR

Yukarıda verilen bilgiler ışığında teknik özellikleri verilmiş bir binanın 9x10x2,7 metre boyutlarındaki konutunun 1. Bölgede yer alan Antalya ilindeki dış ortam sıcaklığının en düşük olduğu Ocak ayına göre ısı kaybı hesaplanmıştır. Isı kayıplarını hesaplamak adına iletim yolu ile ısı kaybı eşitlik 2.3 kullanılarak bina yapı eleman alanları ve ısı geçiş katsayıları kullanarak $H_i = 139$ W/K olarak hesaplanır. Havalandırma yolu ile ısı kaybı ise eşitlik 2.5 kullanılarak $H_h = 51,32$ W/K olarak bulunur. Sonuç olarak, toplam ısı kaybı 190,27 W/K (Eşitlik 2.2) olarak elde edilir.

Konut olarak kullanılan binanın iç ısı kazancı eşitlik 2.6'ya ($\Phi_i = A_n \times 5$) göre 388,8 W olarak hesaplanır. Güneş enerjisi ısı kazancı ise pencerelerden sağlanan aylık ortalama güneş enerji kazancından yola çıkılarak eşitlik 2.7 kullanılarak Ocak ayında 245,76 W olarak ve diğer aylar benzeri şekilde hesaplanarak bulunmuştur. Aylık ısı kazançları bulunduktan sonra, kazanç kayıp oranı (KKO) eşitlik 2.9'dan hesaplanarak aylık ortalama kazanç kullanım faktörü (η_{ay}) eşitlik 2.8'den hesaplanmıştır (Ve 1).

Ve 1 Yıllık Enerji Hesabı									
Aylar		Isı Kaybı		Isı Kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül ısı kaybı $H = H_i + H_h$ (W/K)	Sıcaklık farkı $(T_i - T_d)$ (K,°C)	Isı kaybı H (Ti - Td) (W)	İç ısı kazancı Φ_i (W)	Güneş enerjisi kazancı Φ_g (W)	Toplam $(\Phi_i + \Phi_g)$ (W)		η_{ay}	Qay (KWh)
Ocak	190,27	10,60	2016,86	388,80	245,76	634,56	0,31	0,96	1014,29
Şubat		10,00	1902,70		306,24	695,04	0,37	0,94	901,91
Mart		7,40	1408,00		364,80	753,60	0,54	0,85	554,93
Nisan		3,20	608,86		408,96	797,76	1,31	0,53	131,75
Mayıs		Td	-		471,36	860,16	-	-	-
Haziran		Td	-		488,64	877,44	-	-	-
Temmuz		Td	-		482,88	871,68	-	-	-
Ağustos		Td	-		452,16	840,96	-	-	-
Eylül		Td	-		381,12	769,92	-	-	-
Ekim		0,50	95,14		309,12	697,92	7,34	0,00	0,00
Kasım		6,00	1141,62		233,28	622,08	0,54	0,84	445,55
Aralık		9,70	1845,62		215,04	603,84	0,33	0,95	914,54

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Elde edilen bulgulara göre referans alınan 90m2 konutun Antalya ilinde ısı kaybının en fazla olduğu zaman Ocak ayıdır (1014 kWh) ve yıllık ısı kaybı ise yaklaşık 4000 kWh olarak bulunmuştur. Bu amaçla geliştirilen sistemin Ocak ayına göre ısı ihtiyacını karşılaması gerekmektedir. Bu bağlamda, optimum kolektör açısı ile 529 MJ/m2.ay enerji yoğunluğuna sahip Antalya'da literatürde elde edilmiş verimin yeni teknolojilerle (yoğunlaştırıcı ısı sistemler, termal depolama, malzeme vb.) yaklaşık %7'de geliştiği varsayıldığında yaklaşık 8m2 kolektör yüzey alanına sahip bir dizi solar termal sistem ile ısı ihtiyacı karbon emisyonuz karşılanabilir.

Yenilenebilir enerji tahminlere göre 2050 yılına kadar 318 exajoule tüketime ulaşacaktır. Yenilenebilir enerjinin kullanılması enerji tasarrufuna, yeni çalışma alanlarının kurulması ve çevre kirliliğinin azalmasına yardımcı olmaktadır. Enerji tasarrufu sağlanarak ithal fosil yakıtlardan kaçınılarak ulusal sermaye harcaması azalabilmektedir.

Birçok enerji sektöründe olduğu gibi yenilenebilir enerji uygulamaları istihdam oluşturma yeteneğine sahiptir. Yeni bir teknolojinin penetrasyonu, ilgili ekipmanın üretimine, pazar dağıtımına ve işletilmesi katkıda bulunan yeni üretim faaliyetlerinin geliştirilmesine yol açmaktadır.

İnsanların iklim değişikliği ve israfa karşı bireysel bilinç seviyesinin arttığı, fosil yakıtlı araçlardan elektrikli araçlara geçtiği bu dönemde yaşam alanlarında kullanmak üzere alternatif bir çözüm olarak güneş enerjisi termal sistemler ortaya çıkacaktır. Özellikle iklim değişikliğinin görünür olması ile birlikte tüketici davranışlarının değiştiği, insanların geri dönüştürülebilir ürünlere, yenilenebilir enerjiye karşı farkındalığının arttığı bu dönemde popüler bir alternatif olarak ticari bir ürüne dönüşme potansiyeli taşımaktadır. Son olarak, dünya net sıfır hedefine doğru ilerlerken güneş enerjisi gibi sürdürülebilir ve temiz enerjili teknolojiler bu hedefe fazlaca katkı sağlayacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Baqae, D., Moll, B., Landais, C., ve Martin, P. (2022). The economic consequences of a stop of energy imports from Russia. *Conseil d'Analyse Economique Focus*, 84.
- Dale, S. (2022). *BP statistical review of world energy*. BP Plc: London, UK, 14-16.
- Erdem, A. D., ve Bilgili, A. (2023). Türkiye’de İklim Değişikliğiyle Mücadele Araçları: Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı. *Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi*, 32(1), 51-78.
- Halser, C., ve Paraschiv, F. (2022). Pathways to Overcoming Natural Gas Dependency on Russia: The German Case. *Energies*, 15(14), 4939. <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/14/4939>
- Güngör, A., Koçer, A., ve Demirci, E., Güneş Enerjisinin Kullanımında Optimum Tilt Açısının Önemi . 6. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, Mersin, Türkiye
- IEA. (2021). *Renewable*. <https://www.iea.org/reports/renewables-2021>
- IEA. (2022a). *Buildings*. <https://www.iea.org/reports/buildings>
- IEA. (2022b). *Buildings-related energy demand for heating and share by fuel in the Net Zero Scenario, 2021-2030*. IEA. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/buildings-related-energy-demand-for-heating-and-share-by-fuel-in-the-net-zero-scenario-2021-2030>
- IEA. (2022c). *Heating*. <https://www.iea.org/reports/heating>
- IEA. (2022d). *Renewable heat consumption and share of total heat demand in buildings, 2014-2026*. IEA. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/renewable-heat-consumption-and-share-of-total-heat-demand-in-buildings-2014-2026>
- Keivani, B., ve Gungor, A. (2022). RETRACTED: Techno-economic assessment of coal and torrefied biomass co-combustion: A case study of oxy-combustion carbon capture power plants in Turkey. *Journal of CO2 Utilization*, 62, 102103. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102103>
- Özcan, İ. , Özgür, A. E. ve Özsoy, A. (2022). Seri Bağlı U-Borulu Vakum Tüplü Güneş Kolektörünün Isıl Verimi Ve Basınç Düşümünün Deneysel İncelenmesi . *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* , 10 (4) , 1445-1454 . DOI: 10.21923/jesd.1036985
- Rehman, A., Ma, H., Ozturk, I., ve Ulucak, R. (2022). Sustainable development and pollution: The effects of CO 2 emission on population growth, food production, economic development, and energy consumption in Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.
- Rehman, A., Ma, H., Ozturk, I., ve Ulucak, R. (2022). Sustainable development and pollution: The effects of CO 2 emission on population growth, food production, economic development, and energy consumption in Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.
- Sultana, F. (2022). Critical climate justice. *The Geographical Journal*, 188(1), 118-124.
- Sumer, Y., ve Gungor, A. (2021). Storage of Hydrogen on Metals and Porous Systems. *İçinde Novel Approaches to Engineering Sciences* (ss. 75-89). Akademisyen Yayınevi. <https://doi.org/10.37609/akya.934>
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). *On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023)* .
- T.C. Dışişleri Bakanlığı. (2022). Türkiye’nin uluslararası enerji stratejisi (T. C. D. Bakanlığı, Ed.). https://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2018). *Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı*.
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2021). *Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021*.
- TS-825. (2008). *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*.
- Uçar, S. ve Kokulu, N., Antalya bölgesinde yeni tasarlanacak binalarda güneş panellerinin kullanım potansiyelinin incelenmesi, 4. Ulusal Yapı Kongresi Ve Sergisi Yapı Sektöründe Yenilikçi Yaklaşımlar 6-8 ARALIK 2018, ANTALYA
- United Nations Environment Programme. (2021). *2021 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*. https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC_Buildings-GSR-2021_BOOK.pdf
- Yu, Z., Khan, S. A. R., Ponce, P., de Sousa Jabbour, A. B. L., ve Jabbour, C. J. C. (2022). Factors affecting carbon emissions in emerging economies in the context of a green recovery: implications for sustainable development goals. *Technological Forecasting and Social Change*, 176, 121417.
- Yurtseven, B. (2006). *Bilgisayar yardımı ile binalardan enerji kayıp ve kazançlarının hesabı*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.