

Yeşil Bina Uygulamalarında Gizli Isı Depolama Sistemlerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Zafer UTLU
Devrim AYDIN
Olcay KINCAI

ÖZET

Yeşil bina uygulamalarında en yüksek enerji yükü, binanın konfor şartlarını sağlamak amaçlı ısıtılması ve soğutulması için harcanmaktadır. Bu çalışmada; İstanbul'da Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Yerleşkesi'nde bulunan Yıldız Yenilenebilir Enerji Evi'nin güneş kolektörleri ile ısıtılmasında ısı enerjisi depolamanın kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu bağlamda güneş enerjisi ve toprak kaynaklı ısı pompalarının yeşil binalarda ısıtma amaçlı kullanımı sırasında, ısı depolama sistemlerinin gerekliliği de incelenmiştir. Bu yolla ısı depolamada kullanılan farklı yöntemler araştırılmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Faz değiştiren maddenin gizli ısısından faydalanılarak oluşturulan gizli ısı depolarının verimliliği incelenerek güneş panelleri, toprak kaynaklı ısı pompası ve faz değiştiren madde olarak parafin kullanılan gizli ısı deposu ile çalışan bir ısıtma sisteminin termodinamik analizleri yapılmıştır. Çalışmada değişken toprak sıcaklıkları ve güneş ışınımı miktarına göre ısı depoda enerji depolama miktarının değişimi analiz edilmiştir. Altı aylık ısıtma sezonunda toprak kaynaklı ısı pompasının kullanımının da kompresördeki enerji tüketiminin özellikle kış döneminde önemli bir artış göstereceği analiz edilmiş, bundan dolayı düşük enerji tüketimiyle ısı pompasından faydalanabilirlik süresinin kısa olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada topraktan fazla enerji çekmemek amacıyla kolektörlerden enerji eldesinin zamana bağlı değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu yolla ele alınan mahalde saatlik enerji talebinin karşılanma oranları ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Depolama, Yenilenebilir Enerji, Yeşil Bina.

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi, nüfusun artması ve sanayinin gelişmesine bağlı olarak çevre kirliliğinin artması, yeni ve sürdürülebilir özellikte enerji kaynaklarına yönelimi arttırmıştır. Özellikle sanayi ve kamu kurumlarının şehir merkezinde bulunmasından dolayı şehir merkezlerine nüfus göçü son yıllarda hızla artmakta bundan dolayı şehir merkezlerinde çevre kirliliği ve çarpık yapılaşma meydana gelmektedir. Çarpık yapılaşmanın temel sonuçları olarak ise inşa edilen binalarda enerji tüketimine dair herhangi bir planlama yapılamamasından dolayı yüksek enerji tüketimi karşımıza çıkmaktadır. Ancak

Abstract:

In green building applications, highest energy demands are needed for heating and cooling to provide comfort conditions. This study is done by using real datas obtained from a prototype structure, built as part of a project. Necessity of heat storage systems, during the usage of solar energy and ground sourced heat pump systems for heating are investigated. By this way different techniques used for heat storage are researched and compared. Efficiency of latent heat storages constituted by utilizing latent heat of phase change material is analysed. Thermodynamic analyses of the heating system works with solar panels, ground sourced heat pump and a latent heat storage which uses paraffin as a phase change material are done. Lastly for various ground temperature and solar radiation, changes in amount of heat storage in heat storage system is analysed. For six month heating period, analyses show that especially in winter, energy consumption in compressor shows a sharp rise. For this reason utilizing period from heat pump with low energy consumption is too short. This study focuses on energy generation from solar panels due to time is analysed. Thereby, supply ratios of hourly energy demand of the inspected building are investigated.

Key Words:

Energy Storage, Renewable Energy, Green Building.

son dönemde yapılan çalışmalar ile bina enerji tüketimleri kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır. Bu bağlamda binalara enerji kimlik belgesi verilmekte ve bu yolla binalarda enerji tüketiminin azaltılması ve yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanılması teşvik edilmeye çalışılmaktadır.

Bununla birlikte, sera gazı miktarındaki artış ve petrol fiyatlarındaki artış çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma yolunda en önemli itici güç olmuştur [1]. Dünyanın birçok yerinde güneş enerjisi gelecek için en önemli enerji kaynağı olarak görülmektedir. Bilim adamları yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları araştırmalarını sürdürmektedirler. Ancak yeni enerji kaynakları kadar önemli olan enerji depolama sistemlerini geliştirmektedir. Enerjiyi uygun şekilde depolamak ve ihtiyaç durumunda kullanılabilir hale dönüştürmek günümüz araştırmacılarının en önemli misyonudur. Enerjinin depolanması sadece arz talep dengesini sağlamakla kalmayarak ayrıca enerji sistemlerinin performansını ve kullanılabilirliğini de artırarak enerjinin korunmasını sağlayacaktır. Enerji depolama sistemleri yakıtların ekonomik kullanımını sağlayarak atık enerjinin azaltılmasını böylece enerji sistemlerinin ekonomikliğinin artmasını sağlamaktadır [2].

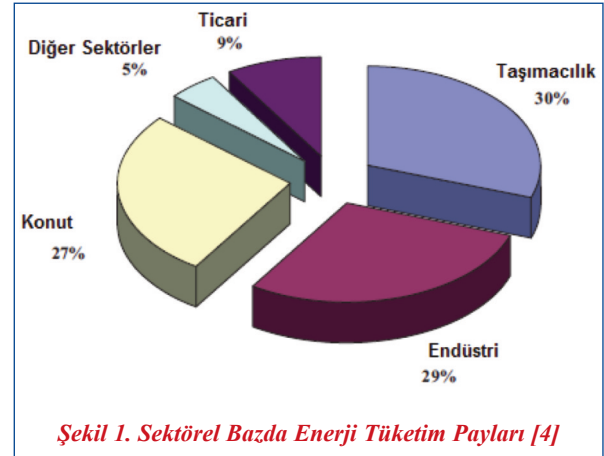
Günümüzde ulusal enerji sistemlerinin bağımlı durumda olduğu fosil yakıtlar sınırlı hale gelmiş ve gelecekte zor bulunabilecek pahalı bir kaynak olacağı öngörülmektedir. Bunun yanında toplumsal enerji talebi gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca enerji tüketimindeki artışa bağlı olarak iklim değişikliği ve atmosferik kirlenme gibi çevresel etkiler de artmaktadır. İklim değişikliğinin en önemli etkeni olarak sera gazı emisyonları dikkat çekmekte ve bu bağlamda Kyoto Protokol'ü gibi çeşitli uluslararası çalışmalar yapılmaktadır [3].

Isıl enerji depolama sistemleri, ileri düzeyde, verimli enerji sistemleri elde edebilmek amacıyla yararlanılabilecek gelişmiş teknolojilerden biridir.

2. ENERJİ TÜKETİMİ VE YEŞİL BİNALAR

Enerji üretim ve tüketimi dünya çapında ekonomik gelişimin her aşamasında enerjinin korunması ve

verimli kullanılması için hayati önem taşımaktadır. Global enerji tüketimi ekonomik ve çevresel gelişim ile bağlantılıdır. Bu sebeple enerji tüketimi faktörü enerji tasarruflu ve verimli sistemlerin tasarımını ve çevresel faktörleri dikkate almayı zorunlu kılar. Ekonomik gelişime bağlı olarak enerjinin temel tüketim alanları yapılaşma ve çevresel gelişim, ticari, endüstri, ulaşım ve konutlarda gerçekleşmektedir. Son yıllarda yapılaşmaya olan talep hızla artmakta ve bu talebin karşılanabilmesi için gerçekleşen çok büyük ebattaki binalar enerji tüketimi üzerinde önemli bir etki yaratmaktadır. Birincil enerji tüketiminde gelişmiş ülkelerde %27 ile konutlar başı çekmektedir. Elektrik enerjisinin %70'lik tüketim payı ve sera gazı içeren atmosferik emisyonların %40'lık bölümü de konutlardan kaynaklanmaktadır. Binalarda enerji değişken zamanlardaki enerji tüketimi ve enerji kayıplarının tespiti enerji verimi yüksek binalar için zorunluluk durumundadır [4].

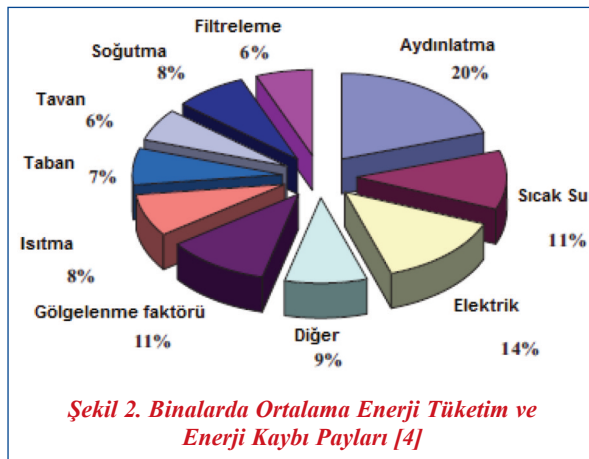


Şekil 1. Sektörel Bazda Enerji Tüketim Payları [4]

“Yeşil binalar” sürdürülebilir yapıdaki binalar olarak bilinmektedir. Normal klasik binalarda enerji tüketiminin en çok %15-20'lik kısmı yenilenebilir enerjiden karşılanırken yeşil bina teknolojisinde binanın ısı ve elektriksel enerji ihtiyacının %75-80 oranında yenilenebilir enerjiden karşılanması amaçlanmaktadır. Bu tür uygulamalar günümüzde artarak devam etmektedir. Yeşil bina uygulamalarında sadece aktif teknolojiler değil (mekanik çevrim) bina mimarisi, güneşlenme miktarı, yeşil alanlar, yapı malzemesi gibi faktörler de enerji tüketiminin azaltılması ve CO₂ gazı emisyonlarının azaltılması açısından dikkat edilen parametrelerdir. Bunun yanında bina enerji

ihtiyacının karşılanması amacıyla kullanılan yenilenebilir kaynakların döngüsel olarak var oldukları bilinmektedir. Dolayısıyla bu tür sistemler yeşil binalardaki enerji talebine zaman zaman cevap verememekte, zaman zaman ise kullanılan bu kaynaklardan ihtiyaçtan çok daha fazla miktarda enerji üretilmektedir. Bu nedenler göz önüne alındığında binalarda enerji depolama sistemlerinin teknolojik olarak geliştirilmesinin, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilirliğini arttırması açısından ön plana çıkmaktadır.

Binalardaki enerji kullanımının verimli düzeyde tutulması için son yıllarda akıllı bina yönetim sistemleri, aydınlatma, havalandırma, soğutma ve hava şartlandırma, ısıtma gibi alanlarda mühendislik disiplinleri gelişmiştir. Bu yolla konutlarda oturan kişiler için uygun ısı ortamı, kaliteli mahal havası, yeterli aydınlatma gibi koşullar sağlanarak gerekli konfor şartları elde edilmektedir. Enerji verimliliği artırma teknikleri kullanılması ilk yatırım maliyetlerini arttırsa da uzun vadede sağladığı düşük enerji tüketimi ile ilk yatırım maliyetini karşılamakta ve karlılık sağlamaktadır. Özetle iyi tasarlanmış bir bina konutta yaşayan kişilerin konfor talebini minimum enerji tüketimi ile sağlayabilecek yapıdır (Şekil 2) [4].



3. BİNALARDA GİZLİ ISI DEPOLAMA SİSTEMLERİ

Artan enerji talebi ve çevresel faktörler son yıllarda enerji depolama sistemlerine olan ilgiyi ve talebi arttırmıştır. Yukarıdaki şemadan da görüleceği üzere konut sektörü enerji tüketimindeki en büyük paylar-

dan birine sahiptir. Binalardaki enerji tüketimini azaltacak birçok yöntem olmasına rağmen, bina pik ısı yük talebini karşılayabilecek enerji depolama potansiyeline sahip bir sistem talebi mevcuttur [4]. Bu sebeple enerji depolama sistemleri bina düşük ısıtma ve soğutma enerjisi talebi olduğu sırada pik ısı yük durumu için ısıyı depolayarak gerekli enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Isıl sistemlerle entegre edilmiş ısı depolama sistemleri, ısı enerjisinin verimli kullanılmasını ve değişken enerji taleplerinin karşılanmasını sağlamaktadır [5].

3.1. Binalarda Isı Enerjisi Depolama Yöntemleri

Isı depolama sistemleri boyutları, uygulanan depolama sistemi ve ısı depolama materyallerine bağlı olarak, herhangi bir uygulama için düşük sıcaklıkta kısa veya uzun süre için ısı depolanabilir. Güneş enerjisi miktarı ve gereksinim duyulan enerji miktarı arasındaki farkın az olması durumunda, kısa süreli depolama uygulanır. Mevsimlik olarak gereksinim duyulan enerji miktarının güneş enerjisi ile karşılanması için uzun süreli ısı depolama uygulanarak, toplama enerji gereksiniminin karşılanmasında güneş enerjisi katkısının artmasına imkân verir. Enerjinin en düşük maliyetle sağlandığı süreye bağlı olarak kısa veya uzun süreli depolamaya karar verilir [6].

Isı depolama yönteminin seçimi esas olarak, ısı depolama süresi, ekonomik uygulanabilirlik ve işletme şartlarına bağlıdır. Herhangi bir uygulama için depolama yönteminin belirlenmesi, ısı depolamanın etkinlik ve ekonomikliği sisteminin tasarımına bağlıdır. Isı depolama sistemlerinin tasarımında aşağıdaki etkenler dikkate alınır [7];

1. Isı depolama materyalinin birim kütle veya hacminin ısı depolama kapasitesi,
2. Isı depolama, geri kazanma sıcaklığı ve yöntemi
3. Isı depolama ve geri kazanma işlemleri için enerji gereksinimi
4. Sıcaklık gradyanı
5. Sistem bileşenlerinin boyutlandırılması
6. Isı deposu malzemesi, şekli, boyutları ve düzenlenmesi,
7. Depolama ünitesinin yalıtımı ve ısı kayıplarının kontrolü,

8. Depolanan enerjinin kullanılacağı ortamın özellikleri
9. Sistemin toplam maliyeti.

Temel olarak üç tip ısı depolama sistemi vardır. Bunlar; duyulur, gizli ve kimyasal ısı depolama sistemleridir (Şekil 3). Duyulur ısı depolama sistemleri, ısı depolama malzemesinin sıcaklığının değiştirilmesi ile enerji depolar. Termokimyasal enerji depolarında ise enerji ayrışma reaksiyon ile depolanır. Enerjinin bırakılması ise bu reaksiyonun tersinin gerçekleştirilmesi ile sağlanır [8].

Gizli ısı depolama sistemlerinde ısının depolanması veya bırakılması ise faz değişimi sırasındaki füzyon (erime)/katılaşıma ile gerçekleşir. Faz değiştiren malzemelerle gizli ısı depolama faz değişim sırasında yüksek yoğunlukta ve yüksek miktarda ısı depolamaya düşük sıcaklık ve hacim değişimi ile gösterecek imkân verir [3].

Binalarda gizli ısı depolama sistemlerinin kullanımı ısı konfor ve enerjinin korunarak verimli kullanılmasına imkân verir. Bu çalışmada yeşil binalarda gizli ısı depolama malzemesi olarak parafin kullanılan gizli ısı depolama sistemlerinin kullanımı incelenmiş, örnek bir uygulamayla binalardaki enerji tüketimine etkisi incelenmiştir.

3.2. Gizli Isı Depolama Malzemeleri

3.2.1. Sınıflandırma

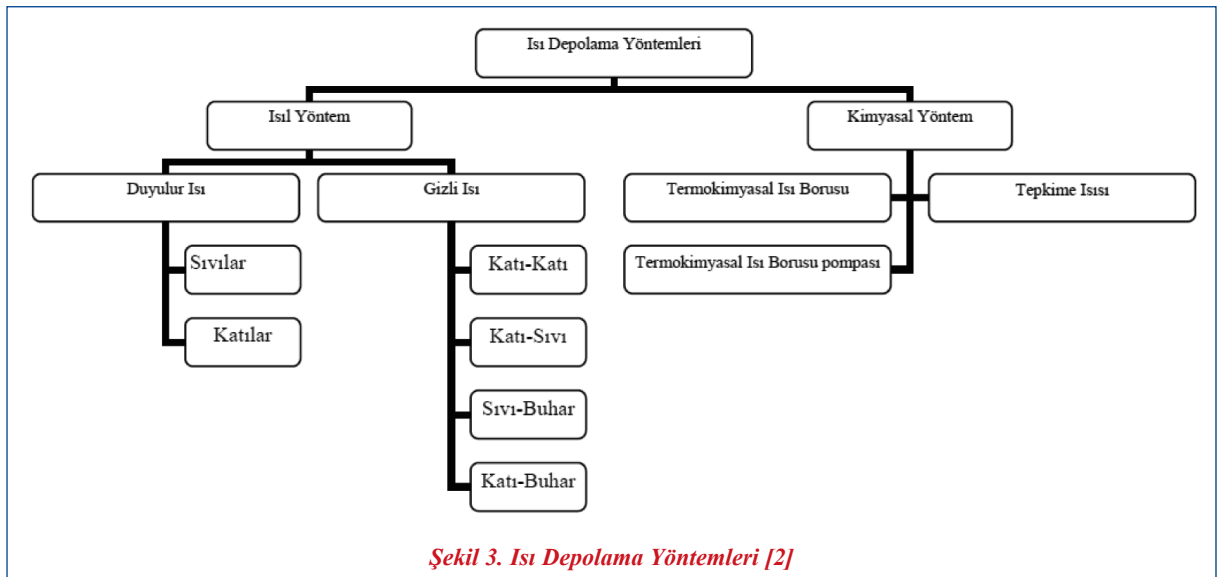
Faz değişim şekline göre, Faz Değiştiren Materyaller (FDM) üç grupta toplanır; katı-katı FDM'ler katı-sıvı FDM'ler ve sıvı-gaz FDM'lerdir. Bunların içinde katı-sıvı FDM'ler ısı depolama için en uygun olanıdır. Kat-sıvı FDM'ler organik, inorganik FDM'ler ve ötektikler olarak üç grupta incelenmektedir [3].

3.2.2. FDM Seçim Kriterleri

Uygun FDM seçimi karmaşık olup ancak ısı depolamanın etkinliği bakımından çok önemlidir. Potansiyel FDM uygulamaya bağlı olarak uygun ergime sıcaklığına, yüksek füzyon (faz değişim) ısısına ve ısı iletkenliğe sahip olmalıdır. Faz değiştiren malzemelerden beklenen özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Ergime sıcaklıkları bakımından binalarda gizli ısı depolama sistemleri için en uygun FDM'ler; parafin, yağ asitleri, tuzlu hidratlar ve ötektik karışımlar olarak görülmektedir [3].

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Yerleşkesi'nde bulunan Yıldız Yenilenebilir Enerji Evi'nin güneş kolektörleri ile ısıtılmasında ısı depolamanın kullanılabilirliği araştırılmıştır.



Şekil 3. Isı Depolama Yöntemleri [2]

Tablo 1. Faz Değiştiren Malzemelerden Beklenen Özellikler [3]

Termodinamik Özellikler	İstenilen aralıkta ergime sıcaklığına sahip olması
	Birim hacim başına yüksek füzyon gizli ısı
	Yüksek ısı iletkenlik
	Yüksek özgül ısı ve yoğunluk
	Depolama problemini önlemek için faz değişimi sırasında düşük hacimsel değişim ve buhar basıncı
	Uygun ergime
Kinetik Özellikler	Hızlı soğumayı önlemek için yüksek çekirdeklenme hızı
	Isıl depodan yeterli ısı talebini karşılamak için yüksek kristalleşme hızı
Kimyasal Özellikler	Tersinir ergime/katılaşma çevrimi
	Kimyasal kararlılık
	Çok sayıda faz değişimi sonrası bozulma olmaması
	Korozif olmaması
Ekonomik Özellikler	Toksik, Alevlenebilir ve patlayıcı bir malzeme olmaması
	Uygun fiyat
	Geniş ölçekte kullanılabilirlik

4.1. Sistemin Tanıtılması

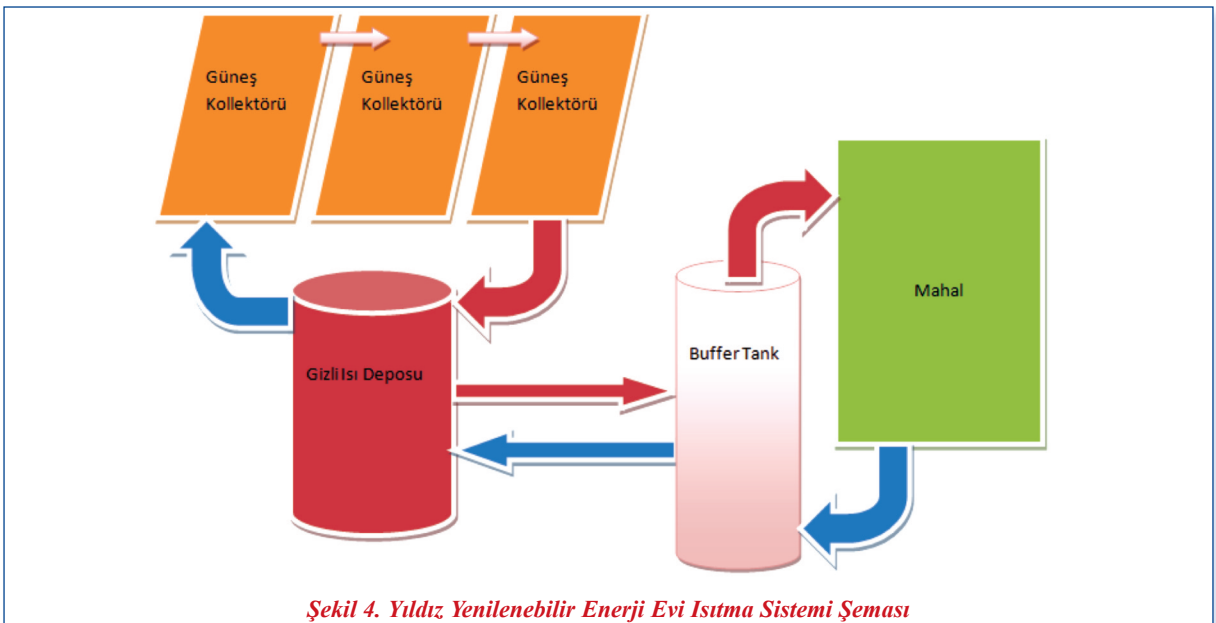
Güneş enerjisi döngülü bir enerji kaynağı olduğu için güneş enerjisi yoğunluğu fazla olduğu zamanlarda, mahal ısı yükü fazlası enerjiyi depolamak güneş enerjisinden kullanılabilirliği arttıracaktır [5]. Enerji evi 46 m² taban alanına sahip çift katlı pre-fabrik bir yapıdır [9]. Binanın ısıtması duvar içerisine döşenmiş serpantinlerle duvardan ısıtma-soğutma sistemi ile yapılmaktadır. Isı yükünün karşılanması toplam 4,86 m² alana sahip 3 adet kollektörle sağlanmaktadır. Enerji evinin ısıtma sistemi şeması Şekil 4'de verilmiştir. Sistemde gizli ısı depolama malzemesi olarak Türkiye'de kolayca bulunabilen 42-44 °C sıcaklık aralığında faz değiştiren parafin kullanılmıştır. Parafin 0,22 m³ hacminde bir dış

gövde içerisine yerleştirilmiş 0,063 m³ hacmindeki parafin kovani içerisinde yer almaktadır. Isı transfer akışkanının dolaşımı parafin kovani ile dış gövde arasında yer alan boşlukta gerçekleşmektedir. Isı transfer yüzeyini arttırmak için parafin kovani ortasında 0,1 m çapında boşluk mevcuttur.

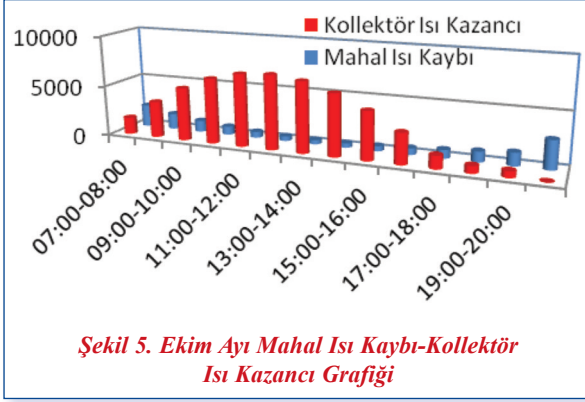
4.1. Deneysel Ölçümlerin Değerlendirilmesi

4.2.1. Mahal Isı Kayıplarının ve Kollektör Kazançlarının Belirlenmesi

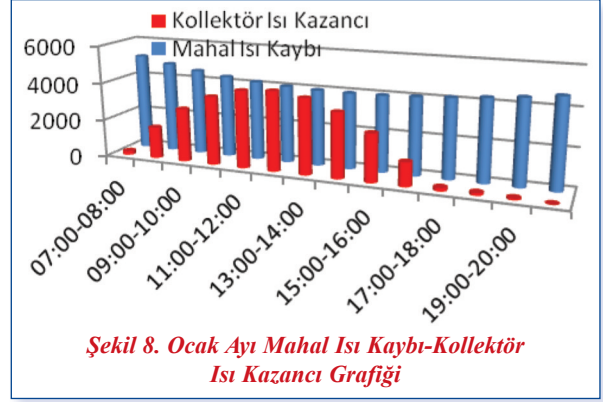
Çalışmada Ekim-Mart aylarını kapsayan 6 aylık ısıtma sezonu incelenmiştir. Bu amaçla, incelenen aylara ait gün içerisindeki ortalama saatlik güneş ışınımı ve sıcaklık değerlerinden faydalanılmıştır [10]. Bu



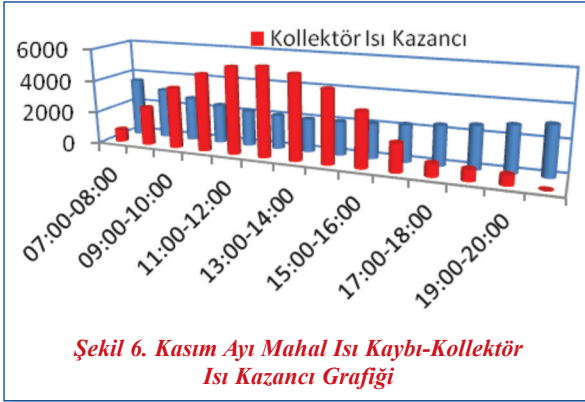
Şekil 4. Yıldız Yenilenebilir Enerji Evi Isıtma Sistemi Şeması



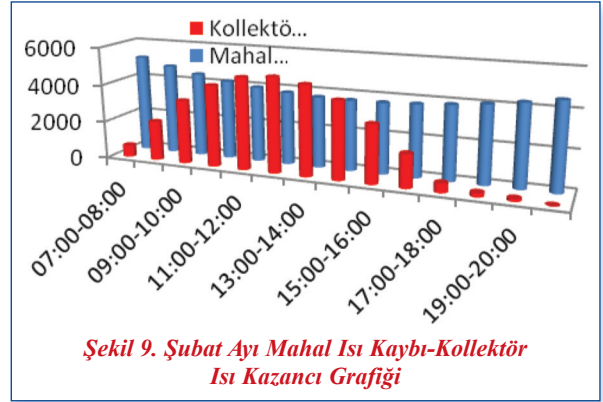
Şekil 5. Ekim Ayı Mahal Isı Kaybı-Kollektör Isı Kazancı Grafiği



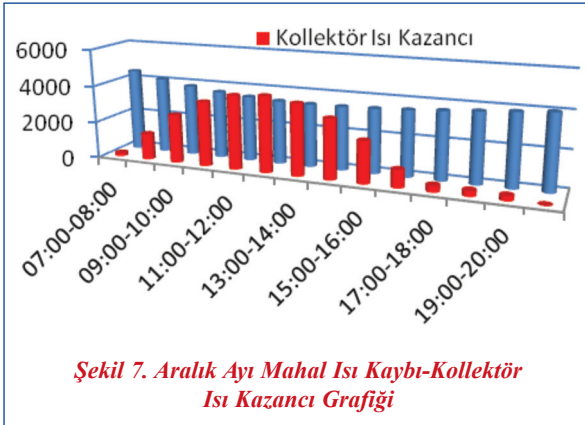
Şekil 8. Ocak Ayı Mahal Isı Kaybı-Kollektör Isı Kazancı Grafiği



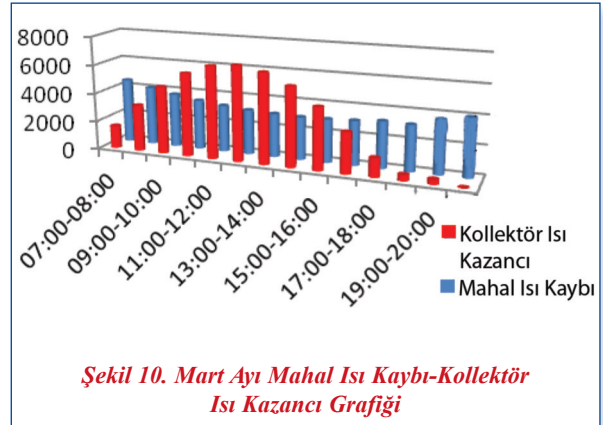
Şekil 6. Kasım Ayı Mahal Isı Kaybı-Kollektör Isı Kazancı Grafiği



Şekil 9. Şubat Ayı Mahal Isı Kaybı-Kollektör Isı Kazancı Grafiği



Şekil 7. Aralık Ayı Mahal Isı Kaybı-Kollektör Isı Kazancı Grafiği



Şekil 10. Mart Ayı Mahal Isı Kaybı-Kollektör Isı Kazancı Grafiği

verilerden faydalanarak her ay için gün içerisindeki saat bazında mahal ısı yüküne karşılık kollektörlerden elde edilebilecek ısı yükü verileri elde edilmiş ve depolanabilecek ısı miktarı analiz edilmiştir.

Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Yerleşkesi'nde yer alan Yıldız Yenilenebilir Enerji Evi'nde yapılan bu çalışmada Şekil 5-Şekil 10'da verilen grafiklerde; gün içerisinde saat bazında mahal ısı yükü-kollektör ısı kazancı değerleri gösterilmiştir. Bu bağlamda edilen sonuçlara göre Aralık-Şubat aylarını kapsayan

3 aylık dönemde mahal ısı yükünün fazla olması sebebiyle kollektörlerden elde edilen enerji ile depolama yapmak uygun görülmemektedir. Ancak sonbahar ve ilkbahar dönemi periyodunda yer alan Ekim, Kasım ve Mart aylarında özellikle 10:00-15:00 saat dilimleri arasında ısıl depolamadan faydalanabilecektir. Akşam saatlerinde mahal ısı yükü arttığı zaman dilimlerinde kullanılabilir ihtiyaç fazlası ısıl enerji bulunmaktadır.

4.2.2. İhtiyaç Fazlası Depolanacak Enerji Miktarlarının Belirlenmesi

Aylara göre gün içerisinde toplanan ihtiyaç fazlası, depolanabilecek enerji miktarları Şekil 11’de gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere özellikle Ekim, Kasım ve Mart aylarında önemli miktarda depolanabilecek enerji ortaya çıkmaktadır. Enerji talebinin her geçen gün arttığı buna karşılık arzının ise gün geçtikçe azaldığı günümüzde özellikle güneş, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından en verimli şekilde faydalanmak bir zorunluluk durumuna gelmiştir. Enerji sistemlerinin verimlerini arttırmak için yapılan çalışmalar bu kaynaklardan faydalanabilmek için her ne kadar önem arz etse de enerjiyi depolamak ve istenilen zaman dilimlerinde kullanabilmek ülkemize hem ekonomik anlamda hem de enerji arz talep dengesinin korunması anlamında büyük katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda hem elektriksel ısı depolama sistemleri hem de ısı enerji depolama sistemleri teknolojileri üzerinde çalışılmaya ve geliştirilmeye açık ve değer konular olarak görülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada İstanbul’da, Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Yerleşkesi’nde bulunan Yıldız Yenilenebilir Enerji Evi’nin güneş kolektörleri ile ısıtılmasında ısı enerji depolama sisteminin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Isı depolama sistemleri boyutları, uygu-

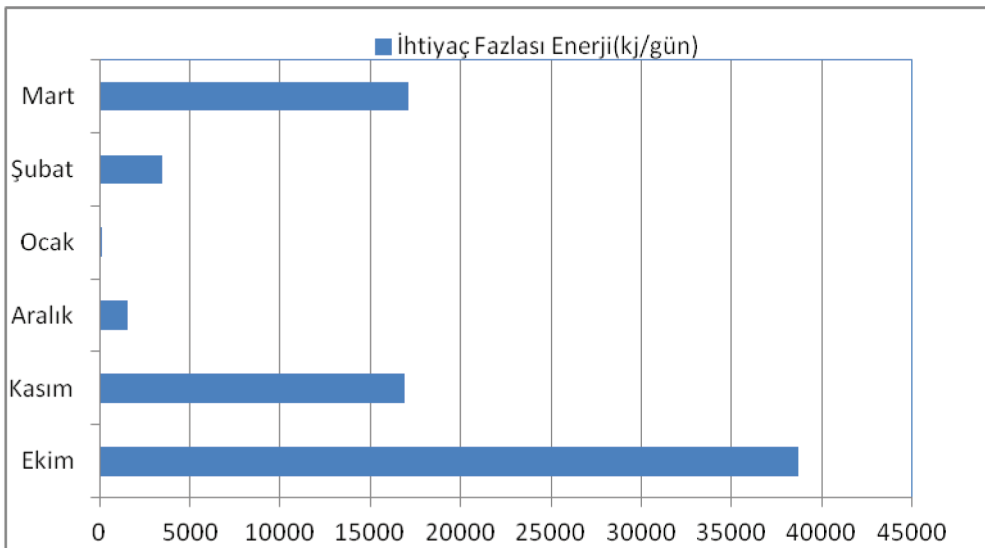
lanan depolama sistemi ve ısı depolama materyallerine bağlı olarak, herhangi bir uygulama için düşük sıcaklıkta kısa veya uzun süre için ısı depolanabilir. Güneş enerjisi miktarı ve gereksinim duyulan enerji miktarı arasındaki farkın az olması durumunda, kısa süreli depolama uygulanır. Mevsimlik olarak gereksinim duyulan enerji miktarının güneş enerjisi ile karşılanması için uzun süreli ısı depolama uygulanarak, toplama enerji gereksiniminin karşılanmasında güneş enerjisi katkısının artmasına imkân verir.

Yapılan çalışma sonuçlarına göre;

- Bu sistemle Aralık-Şubat aylarını kapsayan 3 aylık en soğuk kış döneminde, mahal ısı yükünün fazla olması sebebiyle, kolektörlerden elde edilen enerjinin depolanarak kullanılması uygun değildir.
- Ekim, Kasım ve Mart aylarında ise özellikle 10:00-15:00 saat dilimleri arasında ısı depolamadan faydalanılabilmektedir. Bu sistem akşam saatlerinde mahal ısı yükünün arttığı zaman dilimlerinde kullanılabilir ısı enerji sağlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Benli, H., Durmuş, A., ‘Performance Analysis of a Latent Heat Storage System With Phase Change Material for New Designed Solar Collectors in Greenhouse Heating’, Fırat Üniversitesi, Solar Energy, 83, 2109-2119, 2009.



Şekil 11. Aylara Göre Gün İçerisinde Elde Edilen İhtiyaç Fazlası Depolanabilecek Enerji Miktarları

- [2] Sharma A., Tyagi V., V., Chen R., C., Buddhi D., 'Review on Thermal Energy Storage With Phase Change Materials and Applications' Renewable and Sustainable Energy Reviews,13, 318-345.
- [3] Zhou, D., Zhao, Y., C., Tian Y., 'Review on Thermal Energy Storage With Phase Change Materials in Building Applications', Applied Energy, 92, 593-605, 2012.
- [4] Paremashwaran, R., Kalaiselvam S., Harikrishnan, S., Elayaperumal, A., 'Sustainable Thermal Energy Storage Technologies for Buildings; A Review', Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 2394-2433, 2012.
- [5] Koca, A., Oztop, F., H., Koyun T., Varol Y., Energy and Exergy Analysis of a Latent Heat Storage System With Phase Change Material for a Solar collector, Renewable Energy, Vol. 33, Issue 4, 567-574, 2008.
- [6] Koray Arda, Güneş Enerjisinin Depolanması ve Isıl Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, 2006.
- [7] Öztürk, H. H., 'Experimental Evaluation of Energy and Exergy Efficiency of a Seasonal Latent Heat Storage System for Greenhouse Heating', Çukurova Üniversitesi, Energy Conversion and Management, 46, 1523-1542, 2005.
- [8] Dinçer, İ., 'Thermal Energy Storage Systems as a Key Technology in Energy Conservation', International Journal of Energy Research,26, 567-588, 2002.
- [9] Kıncay O., Utlu Z., Ağustos H., Akbulut U., Açıkgöz Ö., 'Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Birleşme Eğilimi'.
- [10] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.