

BEYAZ EŞYALARDA FAZ DEĞİŞTİREN MADDELERDE GİZLİ ISI DEPOLAMA YÖNTEMİ İLE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ARTIRILMASI

Özgül GÖK¹, Metin Ö. YILMAZ¹, Selma YILMAZ¹, Bekir TURGUT², Muhsin MAZMAN³, Beyza BEYHAN¹, Nurten ŞAHAN¹, Halime Ö. PAKSOY¹, Hunay EVLİYA¹

¹Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Adana

e-posta: ozgulgok@gmail.com, metinyi@poas.com.tr, selmayilmaz01@gmail.com, beyzabeyhan@gmail.com, nurten_shn@hotmail.com, hopaksoy@cu.edu.tr, hevliya@cu.edu.tr

²Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği, Adana

e-posta: bturgut@cu.edu.tr

³TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze-Kocaeli

e-posta: muhsin.mazman@mam.gov.tr

Özet

Beyaz ev eşyalarının enerji verimliliğini artıran yeni teknolojilerin geliştirilmesi ile önemli ekonomik ve çevresel faydalar sağlanabilir. Termal enerji depolama (TED) sistemleri, yenilenebilir enerji ve atık ısıdan yararlanılması için alternatif çözümler sunmaktadır. TED teknolojileri arasında faz değiştiren maddelerde gizli ısı depolama sistemleri yüksek depolama kapasitesi ve izotermal davranışıyla kısa süreli ısıtma ve soğutma uygulamalarında tercih edilmektedir.

Çamaşır ve bulaşık makinelerinde birinci yıkama sonundaki atık suyun ısısı uygun bir FDM'de gizli ısı şeklinde depolanabilir. Depolanan bu gizli ısı, makineye alınan ikinci yıkama suyunun ön-ısıtmasında geri kazanılabilir. Buzdolapları ve derin dondurucularda kabin sıcaklık değerlerinin istenilen düzeylerde tutulması için gizli ısı depolama sistemleri kullanılabilir. Bu çalışmada, beyaz eşyalarda faz değiştiren maddelerde (FDM) termal enerji depolaması ile enerji verimliliğinin artırılması ve küresel ısınmaya yol açan karbondioksit (CO₂) emisyonunun azaltılması hedeflenmiştir.

Bulaşık makineleri için yapılan deneysel çalışmada, FDM olarak beş farklı parafin denenmiş ve ikinci yıkama suyunun ilk sıcaklığı 14,3°C artırılmıştır. Buzdolabı ve çamaşır makinesi için deneysel çalışmalar devam etmektedir

Anahtar Kelimeler: *Beyaz Eşyalarda Enerji Verimliliği, Faz Değiştiren Maddeler (FDM), Termal Enerji Depolama (TED), Gizli Isı Depolama, Yenilenebilir Enerji*

Abstract

Economical and environmental benefits can be ensured with new technologies which increase energy efficiency of white goods. Thermal energy storage (TES) systems give alternative solutions to benefit from renewable energy and waste heat. Among of TED Technologies latent heat storage systems with phase change materials which have high storage capacity and isothermal behavior are preferred for short term applications of heating and cooling.

In washing machines and dishwashers, waste heat from the discharge water of first washing cycle can be stored as latent heat in an appropriate PCM. The stored heat can later be

recovered to preheat the second washing cycle water. In refrigerators and deepfreezes, latent heat storage systems can be used to keep desirable limits of cabin temperatures. In this project, increasing energy efficiency of white goods by using thermal energy storage with phase change materials and decreasing emission of carbon dioxide (CO₂) which causes of global warming are intended.

In experiment studies for dishwasher, five different paraffins were used as PCM. And the temperature of second washing water was increased 14,3°C. Experiment studies for refrigerator and washing machine continue.

Key Words: *Energy Efficiency in White Goods, Phase Change Materials (PCM), Thermal Energy Storage (TES), Latent Heat Storage, Renewable Energy*

1. GİRİŞ

Tüm dünyada artan nüfus ve gelişen teknoloji ile birlikte enerji sıkıntıları da artmıştır. En çok kullanılan fosil yakıtların oluşumlarının yüzyıllar alması bu durumu daha da önemli hale getirmektedir. Bu sıkıntının giderilebilmesi için yenilenebilir enerji kaynakları araştırılmakta ve var olan enerjinin verimli kullanımı önem kazanmaktadır. Enerjinin verimli kullanımı ve sürdürülebilirliği konusunda önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar içerisinde termal enerji depolama sistemleri önemli bir yere sahip olmuştur. Termal enerji depolama (TED) sistemleri, enerjinin verimli kullanımı için enerjinin kısa veya uzun süreli depolanmasını sağlar [1].

TED binalarda, elektronik cihazların korunmasında veya beyaz eşyalarda enerji verimliliğinin artırılması gibi çok farklı alanlarda kullanılabilir. TED sistemlerinde faz değiştiren maddelerde, faz değişim esnasında alınan veya verilen ısının depolanması (Gizli ısı depolama) ya da maddenin sıcaklık değişiminden kaynaklanan ısının depolanması (Duyulur ısı depolama) temel alınarak çeşitli tasarımlarla enerji depolama yapılabilir [2].

Bu çalışmada, TED yöntemi ile beyaz eşyalarda enerji verimliliğini artırmak için atık ısının faz değiştiren maddelerde gizli ısı olarak depolanma olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla yapılan bulaşık makinelerindeki atık ısının geri kazanılması deneysel çalışmasından elde edilen sonuçlar burada sunulmuştur.

2. BEYAZ EŞYALARDA ENERJİ TÜKETİMİ

Türkiye ve dünyada elektrik önemli ölçüde konutlarda beyaz eşyaların kullanımında tüketilmektedir. Türkiye’de elektrik enerjisinin önemli kısmı %47 ile sanayi ve %37 ile konutlar tarafından tüketilmektedir. Konutlardaki elektrik tüketiminin %31,1’i buzdolabı ve derin donduruculardan, %8,5’i çamaşır makinelerinden ve %3,5’i ise bulaşık makinelerinden

olmak üzere beyaz eşyalardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle beyaz eşyaların enerji tasarrufunun artırılması önemli hale gelmiştir. Piyasada bulunan beyaz eşyalar enerji verimliliklerini karşılaştırabilmek için A dan G ye kadar enerji sınıflarına ayrılmıştır. A++ ise en az enerji tüketen sınıfı temsil eder. Tüketicilerin bilinçli olup A ve üstü enerji sınıfına ait ürün kullanması çevreye önemli katkılar sağlayacaktır. Örneğin Türkiye’de satın alınan tüm buzdolabı ve klimalar A+ ve A sınıfı enerji tüketim seviyesine sahip olursa on yılda sağlanan enerji tasarrufuyla 120 milyon ağacın temizleyebileceği kadar CO₂ gazı emisyonunun ortaya çıkması engellenebilir. A sınıfı ürünlerin kullanılması ise yılda %20 tasarruf sağlar [3]. Tablo 1’de beyaz eşyaların A sınıfı olması ile sağlanacak enerji kazançları görülmektedir.

Tablo.1 A sınıfı Ürün Kullanımı ile Sağlanacak Kazanç[3]

ÜRÜN YÖNETİM VERİLERİ			
ÜRÜN	A SINIFI	B SINIFI	YILLIK
Buzdolabı	1,35 kWh/gün	1,8 kWh/gün	365 gün
Çamaşır Makinesi	1,00 kWh/Çevirim	1,22 kWh/Çevirim	200 Çevirim
Bulaşık Makinesi	1,05 kWh/Çevirim	1,24 kWh/Çevirim	200 Çevirim
Yaklaşık Tüketim	900 kWh/yıl	1150 kWh/Yıl	%20 Düşüş

1995 yılı verilerine göre Avrupa’da ev eşyalarındaki elektrik tüketimi 264 TWh’tır. Bu değer fosil yakıt kullanarak elektrik elde eden bir enerji santrali için 130 milyon ton CO₂’e eş değerdir. 2005 yılı verilerine bakıldığında 264 TWh’lik tüketimin 230 TWh’e düşürüldüğü görülmüştür ki böylece %12 lik bir tasarruf sağlanmıştır. Böylece 17 milyon ton CO₂ gazı emisyonu önlenmiştir. Çamaşır makineleri için yapılan araştırmada 1994 yılından 2001 yılına makinenin yıkama performansı %38’den %762’ya artırılarak enerji verimliliği sağlanmıştır[4].

3. BEYAZ EŞYALARDA ATIK ISIDAN YARARLANARAK ENERJİ TASARRUFU

3.1. Beyaz Eşyalarda Atık Isı Kaynakları

Beyaz eşyalarda enerji verimliliği çeşitli yollarla sağlanabilir; bunlardan biri de cihaz çalışırken ortaya çıkan atık ısıdan faydalanmaktır. Çamaşır makinelerinde, bulaşık makinelerinde ve buzdolaplarında çalışma esnasında farklı bölgelerde atık ısı oluşmaktadır. Çamaşır ve bulaşık makinelerinde ilk yıkama sonunda açığa çıkan atık ısıdan ikinci yıkama suyunun ısıtılmasında faydalanılabilir. Buzdolabında yiyeceklerden kaynaklanan ısı salınımı

ile heterojen bir sıcaklık dağılımı oluşur. Bu sıcaklık değişimini kontrol edebilmek için buzdolabının soğutma sistemi çalıştığında kondansörden buzdolabının dışına ısı atılır. Bu nedenle buzdolabı çalışırken hem kabin içinde dengeli olmayan bir ısı salınımı meydana gelir hem de buzdolabının dış yüzeyinde atık ısı oluşur. Bu atık ısıdan faydalanarak TED sistemleri ile buzdolabında enerji tasarrufu ve homojen bir sıcaklık dağılımı sağlanabilir. Fırınlara ise çalışırken etraflarına önemli miktarda ısı yayarlar. Beyaz eşyalarda görülen atık ısı kaynaklarının sıcaklıklarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Buzdolapları ve derin dondurucular :-18 - +8 °C
- Çamaşır ve bulaşık makineleri: 30 – 90 °C
- Fırınlara: >100°C

Bütün bu atık ısılarından faydalanılarak enerji verimlilikleri artırılabilir. Bunun için bu sıcaklıklara uygun faz değiştiren madde içeren bir TED sistemine ihtiyaç vardır.

Bu alanda şimdiye kadar yapılmış literatüre az sayıda çalışma görülmektedir. Azzouz ve arkadaşları [5–6] buzdolabında enerji verimliliğinin artırılması için yaptıkları simülasyon çalışmalarında FDM kullanılmasını önermişlerdir. Çalışmalarında evaporatör yakınına birkaç cm kalınlıkta FDM eklenerek yaklaşık 10 saat elektrik kullanılmadan sıcaklık korunması ve evaporatörün ısı transferinin artırımının sağlanabileceğini savunmuşlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda buzdolabı performans katsayısında (COP) da iyileştirmeler olduğu ölçümlerle belirlenmiştir. Wang ve arkadaşlarının [7] yaptığı çalışmada ise FDM lerin buzdolabında farklı yerlere yerleştirildiği durumlar inceleyen modelleme çalışmaları yapılmıştır. Kondansör yakınında FDM kullanımı kondansör basıncına da etkiyerek, buzdolabının performans katsayısında %4-%7'lik iyileştirmeler sağlamıştır.

3.2. Beyaz Eşyada Atık Isı Kazanımı için Gizli Isı Depolama Yöntemi

Termal enerji depolama, duyulur ısı, gizli ısı ve kimyasal ısı depolama yöntemleriyle yapılır. Duyulur ısı depolanmasında maddenin sıcaklık değişiminden faydalanılır. Gizli ısı depolamada ise maddenin faz değişimi esnasında meydana gelen ısı değişiminden faydalanılır. Gizli ısı depolama, faz değişim sırasında yüksek enerji değişimi gösterdiğinden daha çok tercih edilir. Kimyasal ısı depolamada ise genellikle tersinir bir tepkimenin tepkime ısısından yararlanır.

Beyaz eşyalarda atık ısının kazanımı için gizli ısı depolama yönteminden yararlanabilmek için atık ısı sıcaklığında faz değiştirebilecek uygun faz değiştiren madde bulunmasıdır. Seçilen FDM'nin uygunluğu enerji verimliliğini önemli derecede etkiler. FDM

seçilirken çalışma sıcaklığına uygunluğu, maliyeti ve enerji depolama kapasitesi önemlidir. Organik, inorganik ve bunların ikili ve üçlü karışımları farklı alanlarda faz değiştiren madde olarak kullanılabilir. İnorganik FDM'lerin ısı depolama kapasiteleri yüksek olmasına rağmen çoğu korozif etkiye sahiptir. Organik FDM'ler ise ısı depolama kapasiteleri inorganik FDM'lere göre daha düşük olmasına rağmen korozif etkileri yok veya çok azdır. FDM seçimi tüm bu özellikler göz önüne alınarak seçilmelidir.

3.2. 1. Buzdolapları

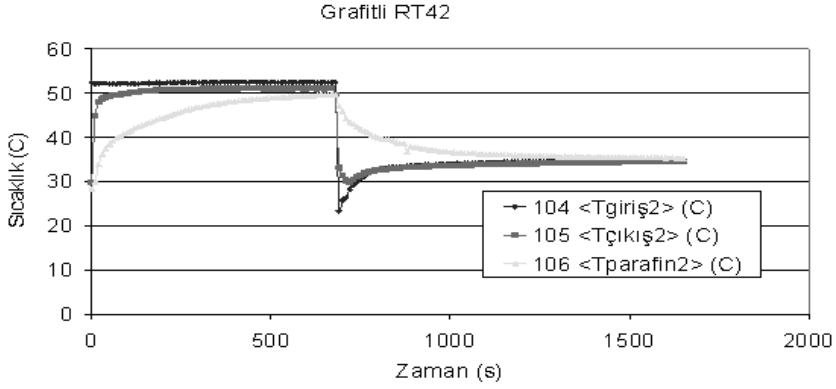
Bu çalışmada soğutma uygulamalarında atık ısı depolamaya uygun FDM'ler geliştirilmiştir. Bu amaçla alkan karışımlarından oluşan FDM'ler hazırlanmıştır. Bu karışımlardan Tetradekan-Pentadekan, erime-donma aralıkları (+2 °C) ile (+8 °C) arasında olması gereken buzdolabı kabin içi sıcaklığına uygundur. Tablo 2'de Tetradekan-Pentadekan karışımının deneysel olarak elde edilen erime sıcaklıkları ve entalpileri (gizli ısı) verilmiştir.

Tablo 2. *Tetradekan-Pentadekan Karışımının Deneysel Sonuçları*

Madde Adı	Erime Sıcaklığı		Erime Entalpisi (J/g)
	DSC ile belirlenen (°C)	Data logger ile belirlenen (°C)	
%20Tetradekan - %80Pentadekan	10,4	8,4	141
%40Tetradekan - %60Pentadekan	8,7	6,6	155
%50Tetradekan - %50Pentadekan	--	5,7	--
%60Tetradekan - %40Pentadekan	7,7	5,2	148
%80Tetradekan - %20Pentadekan	6,5	4,0	130

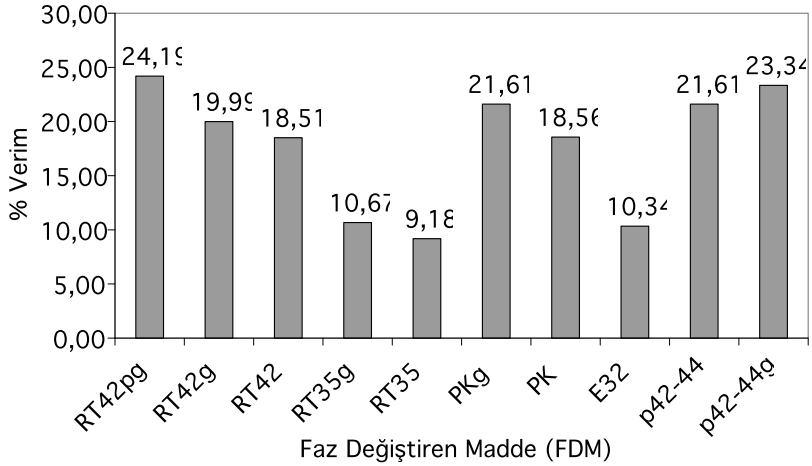
3.2. 2. Bulaşık Makineleri

Bulaşık makinelerinde ilk yıkama sonunda meydana gelen atık ısıdan faydalanılarak TED sistemi ile enerji verimliliği artışı için öncelikle uygun sıcaklık aralığında faz değiştirebilen FDM'ler araştırılmıştır. Faz değişim sıcaklığı uygun olan çeşitli parafin karışımlarının ısınma-soğuma eğrileri termal özellikleri ve termal kararlılıkları belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında uygun parafin karışımları ile atık ısı depolama-geri kazanma deneyleri yapılmıştır. Şekil 1'de Grafit eklenmiş RT-42 parafinin 52°C'deki atık ısının depolanma-geri kazanma deney sonuçları gösterilmektedir.



Şekil.1. Grafitli RT-42 parafininin Data logger ile alınan depolama-geri kazanma verileri

Bulaşık makinesinde RT-42 parafininin kullanıldığı tasarımda 52⁰C atık ısı sıcaklığında yapılan deneyler sonunda ikinci yıkama suyunun ilk sıcaklığı 14,3⁰C artırılmıştır. Elde edilen sıcaklık farkı ile enerji verimliliği %24,19 artırılabilir. Yapılan deneylerde FDM'nin ısı iletkenliğini artırmak için grafit kullanılmıştır. Şekil.2'de deneysel olarak çalışılan diğer parafinler ile geri kazanmada sağlanan sıcaklık artışına bağlı olarak elde edilebilecek enerji verimliliği artışları gösterilmektedir.



Şekil 2. Bulaşık makinesinde kullanılan FDM'lerle elde edilen enerji verimliliği artışları

En yüksek verim elde edilen RT-42 ile plakalı grafit için maliyet hesabı yapılmıştır. Kullanılan toplam FDM miktarı 1,0785 kg olup, FDM, ısı depolama ünitesi ve montajdan

oluşan bulaşık makinesi başına TED kullanımının toplam maliyeti 44,92 YTL 'dir. Maliyet hesaplamaları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Maliyet Hesaplamaları

	Klasik Bulaşık Makinası	FDM'li Bulaşık Makinası
Ek Maliyet (YTL)	-	44,92
İkinci Yıkama Enerji Tüketimi (kWh/yıl/ev)	93,60	70,96
Enerji Tasarrufu (kWh/yıl/ev)	-	22,64
Enerji Tasarruf Bedeli (YTL/yıl/ev)	-	4,30
Basit Geri Ödeme Süresi (yıl)	-	10,4

TED kullanılan bulaşık makinesinin ülke genelinde yaygın kullanılması ve tüketilen elektriğin termik santrallerden üretilmesi durumunda elde edilebilecek 226,4 GWh'lık enerji tasarrufunun sağladığı emisyon miktarlarındaki azalmalar Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Bulaşık Makinesinde FDM'nin Yaygın Olarak Kullanılmasıyla Elde Edilen Enerji Tasarrufunun Sağlayabileceği Çevresel Katkılar

Emisyon	Azalma (ton/yıl)
CO ₂	245719
SO ₂	6701
NO _x	716

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, atık ısıdan faydalanarak enerji verimliliğini artırmak için gizli ısı depolamanın farklı beyaz eşyalarda uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bulaşık makineleri, çamaşır makineleri, buzdolapları ve fırınlarda atık ısı sıcaklıklarına göre bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu sıcaklıklara uygun FDM ve TED geliştirilmesi ile beyaz eşyalarda uygulamalar yapılabilir. Yaygın olarak kullanılan bu cihazlardan elde edilecek enerji tasarrufu önemli çevresel ve ekonomik kazançları da sağlayacaktır.

Yapılan deneysel çalışma sonucunda bulaşık makinelerinde atık ısıdan faydalanılarak TED yöntemi ile FDM'de gizli ısı depolanarak %24,19 enerji verimliliğinin artırılacağı görülmüştür. TED uygulanmış bulaşık makinesinin Türkiye genelinde yaygın kullanımı düşünüldüğünde yılda 226,4 GWh'lık enerji tasarrufu sağlanabileceği hesaplanmıştır. Bu tasarrufun karşılığı olarak CO₂ emisyonlarının yılda 245719 ton azaltılması ile küresel ısınmanın önlenmesine katkılar sağlanabilecektir.

Bulaşık makinesi için geliştirilen TED ünitesinin prototip üretme ve deneme çalışmaları devam etmektedir. Diğer beyaz eşyalarda gizli ısı depolama ile atık ısı kazanma çalışmalarımız devam etmekte olup, buzdolapları için uygun FDM ler geliştirilmiştir.

5. KAYNAKLAR

1. Mazman M., (2006). “Gizli Isı Depolaması ve Uygulamaları”, Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bil. Ens.,Adana.
2. Cabeza L., Mehling H., (2007). “Temperature Control with Phase Change Materials”. Thermal Energy Storage for Sustainable Energy Consumption – Fundamentals, Case Studies and Design, Editor: Halime Ö. Paksoy, NATO Science Series, II. Mathematics, Physics and Chemistry – Vol 234, pp. 251 – 257.
3. www.tutev.org.tr/enerji_panel/Arcelik_sunum
4. www.ceced.org
5. Azzouz, K., Leducq, D., Gobin, D., (2007). “Performance Enhancement of a Household Refrigerator by Addition of Latent Heat Storage”. International Journal of Refrigeration, pp. 1–10.
6. Azzouz, K., Leducq, D., Guilpart, J., Gobin, D.,(2005). “Improving the Energy Efficiency of a Vapor Compression System Using a Phase Change Material”. Second Conference on Phase Change Material & Slurry: Scientific Conference & Bussiness Forum, Switzerland.
7. Wang, F., Maidment, G., Missenden, J.,Tozer, R., (2007). “The Novel Use of Phase Change Materials in Refrigeration Plant. Part 3:PCM for Control and Energy Saving”. Applied Thermal Engineering, pp. 1–8.