

Trabzon Koşullarında Güneş Radyasyonu ile Alüminyum Ergitme

¹Cevdet Demirtaş, Ali Kemal Özcan² and ^{3*}Merdin Danışmaz

¹⁻²Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey

³Arsin Vocational Junior Collage, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey

Özet

Bu çalışmada, güneş potansiyeli olarak dünya ortalamasının üzerinden olan Trabzon'da metal ergitme işlemi yapılmış ve güneş ışınımının yoğunlaştırılması çalışılmıştır. Yoğunlaştırma işlemleri için 1.5 m çapında parabolik çanak kullanılmıştır. Güneş ışınlarını yoğunlaştırılmış halde içerisinde tutabilecek şekilde bir metal ergitme potası tasarlanmış, imalatı yapılmış ve test edilmiştir. Çanak, pota ve bağlantılarından oluşan güneş ocağında farklı çevresel koşullarda ulaşılan sıcaklık değerleri kaydedilmiştir. Pota içerisinde yerleştirilen alüminyum metalinin ergime davranışları ve güneş fırını üzerine gelen anlık radyasyon değerleri belirlenmiştir. Deneyle, belirlenen boyutlarda alüminyumun ergimesi sağlanmakla birlikte sıcaklık ve radyasyon ölçümlerine göre oluşturulan sistemin verimi hesaplanmıştır. Metal ergitmede verim, yutulan enerjinin metal üzerine gelen enerjiye oranı olarak hesaplanmıştır. Yapılan metal ergitme işlemleri için yaklaşık %12 verime ulaşılmıştır. Güneş fırınının verimini artırmak için hem odaklamanın iyileştirilmesi hem de güneş takibinin gerekli olduğu vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Parabolik çanak, güneş fırını, güneş enerjisi

Melting of Aluminium by Solar Radiation in Trabzon Conditions

Abstract

In this study, intensification of solar radiation in metal melting process in Trabzon, which is above the world average in terms of solar potential, annual daylight, has been studied. A parabolic dish 1.5 m in diameter was used for intensification in order to focus solar radiation. A metal melting pot is designed, manufactured and tested to be able to hold the sun rays in the intensified state. The temperature values reached in different environmental conditions are recorded in the solar cooker consisting of dish, pot and connections. Melting behaviors of the aluminium metal placed in the pot and the instantaneous radiation values on the solar furnace were determined. During the experiments, aluminium flux is provided in the determined dimensions, and the efficiency of the system is calculated according to the temperature and radiation measurements. The efficiency of metal melting was determined as the ratio of the energy from the absorbed energy to the metal. Approximately 12% yield for the efficiency is achieved for the metal smelting processes. It is emphasized that both the improvement of the focal point and the follow-up of the sun is necessary to improve the efficiency of the solar furnace.

Key words: Parabolic dish, solar furnace, solar power.

1. Giriş

Metal ergitme işlemleri döküm sektörü ve metalürji teknolojisinin oluşumu ve gelişimi açısından oldukça önemlidir. Metal ergitme için gerekli olan yüksek ısı, genellikle fosil kökenli yakıtların yakılması ve elektrik tüketimi ile sağlanır. Fosil yakıtların sınırlı oluşu, çevresel zararları ve daha ekonomik çözümler aranması nedenleriyle döküm ve ergitme teknolojilerinde sürekli iyileştirme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Sınırsız ve yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş sayesinde pek çok alanda enerji üretimi sağlanmaktadır. Güneş ışınımının belirli bir bölgede yoğunlaştırılması ile metal ergime için yeterli sıcaklıklara çıkılması mümkündür. Günümüzde

*Corresponding author: Address: Arsin Vocational Junior Collage, Karadeniz Technical University, Trabzon, TURKEY. E-mail address: mdanisman@ktu.edu.tr, Phone: +904623774869

kullanılan fosil kökenli enerji kaynaklarının hızlı bir şekilde azalması nedeniyle ve sebep oldukları çevre kirliliğinden dolayı yenilenebilir enerji kaynakları üzerine çalışmalar hız kazanmıştır. Önemli derecede güneş enerjisi potansiyeline sahip ülkemizde, bu temiz enerji kaynağını kullanmak gerek çevre kirliliği, gerekse enerji ekonomisine olan katkısı bakımından son derece önemlidir.

Isıl güneş teknolojilerinde güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabilirdiği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir. Bu çalışmada güneş enerjisinin doğrudan kullanımı esas alınmıştır. Isıl güneş teknolojileri düşük sıcaklık, orta sıcaklık ve yüksek sıcaklık olmak üzere üç grupta incelenebilir. Orta ve yüksek sıcaklıklarda yapılan işlemler yoğunlaştırılmış güneş enerji sistemleriyle yapılabilir. Güneş ışığını yüksek sıcaklıklarda enerji üretmek için noktasal odaklama yapan sistemlere noktasal yoğunlaştırıcı sistemler adı verilir [1]. Güneşi iki boyutta izleyen bu sistemler parabolik çanak, merkezi alıcı ve güneş reaktörlü yüksek fırınlar olarak sıralanmaktadır.

Çift kademeli sistemler kullanılarak büyük ölçekli güneş fırını, çeşitli uygulamalar için yüksek güç (1000 kW ısı gücü) ve yüksek sıcaklık (3000–3800°C) üretebilir. Yüksek güneş fırınlarında ise örneğin 4 m² heliostat ve 60 cm çanak ile odakta yaklaşık 3500°C elde ederek bir tungsten teli ergitme yapılabilir [2]. Bir güneş fırınında (iki aşamalı) heliostat güneşi takip ederek ışınları parabolik çanağa yansıtır. Parabolik çanağa paralel gelen ışınlar, oldukça yüksek yoğunlaştırma oranı ile odakta toplanarak yüksek sıcaklıklar elde edilmektedir.

İki aşamalı çanak tipi sistemlerde ısı depolamak için küçük ölçekli ikinci yoğunlaştırıcı ile materyal ergitme işleminde yaklaşık 2,5 saatte yaklaşık 260°C sıcaklığa ulaşmaktadırdır [3]. Tek yoğunlaştırıcı çanak tipi sistemlerde buhar üretimi için yansıtıcı olarak polimer film (Ag-Al) kullanılarak yaklaşık 450°C odak sıcaklığına ve % 70–80 arasında sistem verimine ulaşılabilir[4]. Benzer bir araştırmada ise zeolit uygulamaları için yeterli olan tek yoğunlaştırıcı çanak tipi güneş sisteminde odakta yaklaşık 300°C sıcaklığa ulaşıldı. Burada yansıtıcı olarak ayna filmi kullanarak sistemin ağırlığı da düşürüldü. Elde ettikleri sıcaklıklara göre ortalama ısı kaybı katsayısını yaklaşık olarak 163 W/m² K olarak belirlendi [5].

Güneş enerjili fırınları ETSII-UCLM'de (İspanya) bazı metallerin yüzey işlemleri için kullanıldı. Burada yoğunlaştırılmış güneş enerjisi altında diğer fırınlara göre daha yüksek verime kolayca ulaşıldı [6]. Güneş enerjili fırınlarda bir diğer uygulama ise malzeme testleri yapılarak ve ergimiş maddelerden değerli bileşenler veya yabancı maddelerin buharlaşması ile malzemenin artırılması sağlanabilmektedir [7].

Küresel lambalarla (Xe-arc) yapılan ısı depolama işlemleri, ışınlar iki aşamalı bir çanak yoğunlaştırıcısının merkezine yerleştirilen oyuk spiral alıcıya odaklanarak yapılır. Bu benzeşim işlemi sonucunda 150 kW/m² ısı akısı ile katı partiküller üzerinde 1100°C' ye ulaşılabilir [8].

Güneş enerjisinden ısı enerji ve ısı enerji ile de mekanik enerji üretmek için, sıcak hava motorlarından (Stirling ve Ericsson çevrimli) ve güneş buhar güç sistemlerinden (Rankine ve Brayton çevrimli) yararlanılmaktadır. Stirling motorlu tesislerde çanak tipi odaklı kolektörler kullanılırken, buharlı güç çevrimine dayalı olanlarda klasik düz yüzeyli, vakum borulu, ısı borulu ve uzunlamasına silindirik odaklı (oluk tipi) kolektörler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada özellikle alüminyum metalinin ergitilme işlemleri üzerinde durulmuştur. Alüminyum hafiflik, yüksek dayanım ve üstün korozyon özelliklerine sahiptir. Korozyona dirençli olması, üzerinde oluşan oksit tabakasının koruyucu olmasındandır. Alüminyumdan üretilmiş yapısal bileşenler uzay ve havacılık sanayisi için vazgeçilmezdir. Alüminyumun hurdalardan geri kazanımı, günümüz alüminyum endüstrisinin önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Geri kazanım yöntemi, metalin (Alüminyum Oksit) cevherinden üretilmesine nazaran çok daha ekonomiktir. Alüminyum metalinin bazı özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Alüminyumun bazı özellikleri

Alüminyumun Özellikleri (Al)	Değeri
Yoğunluk	2,70 g/cm ³
Sıvı haldeki yoğunluğu	2,375 g/cm ³
Ergime noktası	660,32 °C, 933,47 °K
Kaynama noktası	2519 °C, 2792 °K
Ergime ısısı	396,94 J/gr, 10,71 kJ/mol
Buharlaşma ısısı	294,0 kJ/mol
Özgül ısı katsayısı	0.909J/grK

2. Materyal ve Yöntem

Yoğunlaştırılmış çanak sisteminin pota alıcısı, güneş radyasyonu emer ve kullanılması için ısı enerjiye dönüştürür. Pota tasarımı için potanın açıklığı, tüm güneş ışınlarını yakalayacak şekilde olmalı ve taşınım kaybını azaltmak için de küçük olmalıdır. Alıcının ısı kaybı tüm sistemin termal verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, en az ısı kaybı ile gelen güneş enerjisinin maksimum miktarda emilmesi için alıcının yapılandırılması gereklidir.

Bu çalışmada yarı küresel, kübik, konik ve silindirik alıcılar göz önüne alınarak açık konik bir alıcı tasarlandı. Alıcılar ($\alpha > 0.90$ ve $0.00 \leq \varepsilon \leq 0.20$) seçici yüzey olarak tercih edilirse sıcaklık yükselmesinde ışınımı daha az geri yayarlar. Buna bağlı olarak alıcı imalinde seçici yüzey olan demir-çelik sac kullanıldı.

Pota alıcı için yararlı enerji dengesi [4];

$$Q_u = A_p I (\rho\alpha)_{\text{eff}} - U_L(T_{st} - T_a)A_r \quad (1)$$

Burada yararlı enerjinin olmadığı durumda yani $Q_u = 0$ alınırsa, toplam ısı kaybı katsayısı ise;

$$U_L = \frac{Y O I (\alpha\rho)_{\text{eff}}}{(T_{st} - T_a)} \quad (2)$$

Burada A_p parabolik çanağın açıklık alanı (m^2), A_r alıcı odak alanı (m^2), $(\rho\alpha)_{\text{eff}}$ numunenin ışınım yansıtma ve yutma etkisi, I güneş şiddeti (W/m^2), YO yoğunlaştırma oranı (A_p/A_r)'dir. Mevcut çanak yoğunlaştırıcıda, alıcının ısı verimi için teorik analiz gerçekleştirildi. Toplayıcının ısı dönüşüm verimliliği denklem (3) ile bulunur. Ayrıca η_R , alıcı verimliliğidir [4] ve denklem 4'teki gibi hesaplanır.

$$\eta_{\text{Toplam}} = \eta_R \rho \quad (3)$$

$$\eta_R = [\Phi_0 \alpha_{\text{eff}} + (1 - \Phi_0) \alpha] - \frac{Q_L}{(I A_p \rho)} \quad (4)$$

Burada Φ_0 potanın yakalama faktörü (0.95~1), α_{eff} potanın yutuculuk etkisi (0.95), α numune ya da ürünün yutuculuk oranı, ρ parabolik çanağın yansıtıcılık oranı, Q_L alıcının toplam ısı kaybı oranıdır.

Alıcının iletim, taşınım ve ışınım kayıplarını ve emici yüzeyin dışındaki taşınım ve ışınım kayıplarını içermektedir. Böylece açık alıcının toplam kayıp ısı oranı Q_L aşağıdaki gibi ifade edilebilir [4].

$$Q_L = Q_{CK} + Q_{CC} + Q_{CR} + Q_{SC} + Q_{SR} \quad (5)$$

$$Q_{CK} = \frac{1}{\frac{1}{A_0 h_1} + \frac{1}{K \sqrt{A_0 A_w}}} (T_{r1} - T_a) \quad (6)$$

$$Q_{CC} = A_1 h_0 (T_{r1} - T_a) \quad (7)$$

$$Q_{CR} = A_1 \varepsilon_{\text{eff}} \sigma (T_{r1} + 273,3)^4 \quad (8)$$

$$Q_{SC} = A_2 h_2 (T_{r2} - T_a) \quad (9)$$

$$Q_{SR} = A_2 \varepsilon_{c2} \sigma (T_{r2} + 273,3)^4 \quad (10)$$

Potada metal ergitmedeki ısı verim ile alıcı potanın boş veya açık haldeki ısı verimi farklıdır. Farklı metallere göre ergitmedeki verim de farklılık göstermektedir. Metal ergitme işleminde termal verim, kullanılan enerjinin üretilen enerjiye oranı olarak hesaplanır. Isınma ısı ve ergime gizil ısı toplenarak metale verilen ısı miktarı hesaplanır. Ölçülen sıcaklık değerlerine göre ergiyen metal akış hızı (kütleli debi) \dot{m} (gr/sn) ölçüldü. Ergitme işlemindeki termal verim denklem (11) ile hesaplandı.

$$\eta_{\text{Termal}} = \frac{Q_{\text{in}} + Q_e}{Q_{\text{ape}}} = \frac{m c_p (T_c - T_g) + mL_e}{I A_p \rho} \quad (11)$$

$$\eta = \eta_{\text{Termal}} \times \eta_{\text{Optik}} \quad (12)$$

Ergitme işleminde toplam verim ise termal verim ile optik verimin çarpılmasıyla elde edilir[8]. Optik verim, metrekareye düşen güneş ışınlarının yansıtılma oranı olarak hesaplanır.

3. Deneysel Sistemi

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisinde parabolik çanak sistemleri genelde yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılır. Yüksek sıcaklık uygulamalarından olan güneş fırınları ise ısı teknolojilerinde yüksek sıcaklık araştırmacıları için çok uygundur. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisiyle yapılan ısı uygulamalarının birisi de metallerin eritilmesi işlemidir. Güneş enerjili çanak tipi fırınlar, güneş toplayıcı sistem olarak adlandırılan bir odaksal alıcı ve bir yoğunlaştırıcı ile gerçekleştirilmektedir. Gelen güneş ışınlarının parabolik çanak yüzeyinden yansıtılmasıyla odak noktasındaki bir alıcı metalin işlenmesi sağlanmaktadır. Şekil 1’de yapılan çalışmada oluşturulan güneş fırını sisteminin genel görünüşü verilmektedir.

Çanak yoğunlaştırıcısının optik olarak en ideali paraboloid aynadır, ancak imali çok pahalıdır. Parabolik çanağın açıklık alanı ile maliyeti hızlıca artar. Başlangıçta yüksek maliyeti nedeniyle kavisli cam aynanın kullanımı terk edildi. Üstelik şiddetli hava koşullarında (kuvvetli rüzgâr) özellikle kış aylarında mevcut çalışma alanında aynanın kırılma olasılığını ve toplam ağırlığını önemli ölçüde artırmaktadır. Bunun yanında, parabolik çanaklarda yansıtıcı olarak, gümüş-alüminyum (Ag-Al) ile kaplı polimer film, alüminyum folyo, cilalanmış alüminyum ve krom nikelaj folyo kullanılabilir. Bu çalışmada yüksek yansıtma oranına sahip olan Krom Nikelaj folyo kullanıldı. Tek yoğunlaştırıcı parabolik çanak fırını oluşturularak bazı metallerin eritilmesi sağlandı. Ergitmenin sağlanabilmesi için parabolik çanağa yapıştırılan yansıtıcı malzemenin de (krom nikelaj) etkisi yüksektir. Bir diğer etken ise odakta ışınları yutacak bir potanın varlığıdır.



Şekil 1. Parabolik güneş fırını sisteminin genel görünüşü

Pota tasarımında etkili olan önemli bir özellik, giren ısının hemen kaybolmamasıdır. Buna bağlı olarak tasarlanan bu pota konik biçimli yapılmıştır. Böylece potaya giren ısının potanın içinde

daha uzun süre tutulması amaçlanmıştır. Bu sayede potanın verimliliği diğer pota çeşitlerine göre (silindir, kare) artırılmıştır. Mevcut parabolik çanağın özellikleri Tablo 2’ de verilmektedir. Çanak sistemini güneşe yönlendirmek için yükseklik ve dönme açıları ayarlandı. Bu sayede çanağın üzerine gelen güneş ışınlarının odakta çok sayıda eliptik görüntüleri üst üste geldi. Böylece fırında odak noktası sıcaklık ölçümü yapıldı. Ergitme işlemi için alüminyum sac kullanıldı. Deneyde önceden potaya konulan metal parçalarına güneş ışınlarının direk teması sağlandı. Böylece metalin ergitilmesiyle kalıp kabına akıtıldı.

Tablo 2. Parabolik çanağın özellikleri

Özellikler	Sembol	Değer
Parabolik çanak açıklığının çapı	D	1.42 m
Parabolik çanak açıklık alanı	$S_o = (A_p - A_{gölge})$	1.55 m ²
Parabolün derinliği	h	0.22 m
Parabolün odak uzaklığı	f	0.57 m
Yoğunlaştırma oranı	YO	558.8
Odak genişliği	w	0.06 m

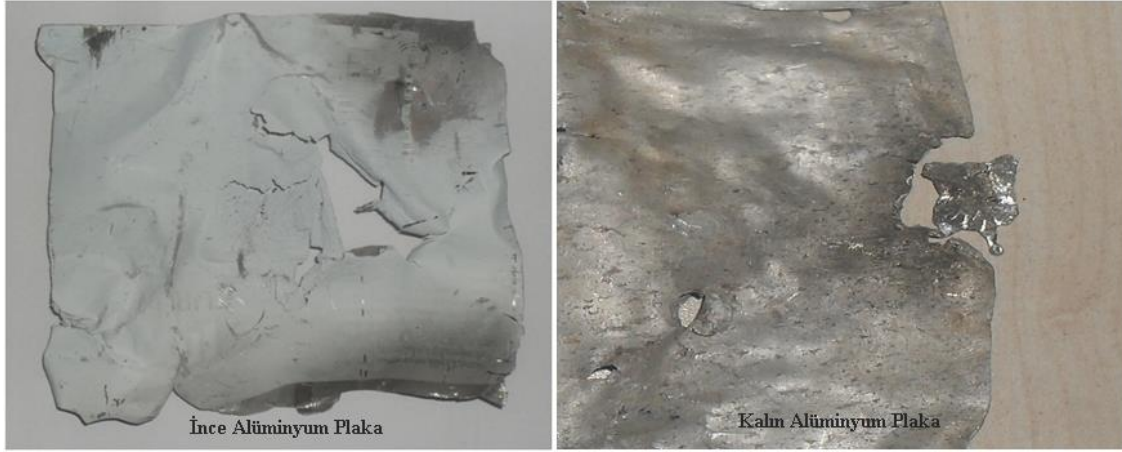
Anlık toplam güneş ışınım şiddeti CEM DT–1307 Solarimetre kullanıldı. Parabolik çanaklı güneş fırınında elde edilen sıcaklığı ölçmek için, K tipi termokupullu CEM DT-610B dijital termometre kullanıldı. Odak sıcaklığının ölçümü odak noktasındaki alüminyum numune üzerinden yapıldı. İç duvar sıcaklığı için ise termokupl ile pota ağzı üzerinden ölçümü yapıldı.

DeneySEL çalışmada kullanılan CEM DT–1307 Solarimetre’nin, standart test koşullarında (1000 W/m² ve 25 °C) üretici firmalar tarafından kalibre edilmiştir. CEM DT–1307 Solarimetre’nin 1000 W/m² güneş ışınım şiddeti için (± 10 w/m²) toplam \pm % 5 hata oranı ile ışınım şiddeti ölçülmüştür. Ayrıca üretici firma tarafından kalibre edilen CEM DT-610B dijital termometrenin 1000 °C için \pm % 0,5 hata oranına ve K tipi termokupl için 800 °C’de % 0.75 hata oranına sahiptir. Bu hata oranları ile sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Bu değerler deneysel çalışma için yeterli hassasiyettir. Dolayısıyla ölçülen bu değerler hesaplamalarda kullanıldı.

4. Bulgular

İlk olarak ağustos ayında Alüminyum folyo ile kaplı parabolik çanaklı sistemde bir numune tutucu kullanılarak deneylere başlandı. Burada parabolik çanağın odağında yaklaşık 600°C’ye ulaşıldı. Sıcaklık ölçümünün bir diğer yöntemi olan metal ergitme ile numune tutucuya yerleştirilen alüminyum levhanın ergitilmesi de gerçekleştirilemedi. Daha sonra parabolik çanağın yüzeyi Alüminyum folyodan daha yüksek yansıtıcılığa sahip olan Krom-Nikelaj folyo ile kaplandı. Tasarlanan bir potanın da parabolik çanağın odak noktasına yerleştirilmesi ile deneylere başlandı. Bu deneylerde alüminyumun ergitilmesi başarılı olduğu gibi odakta ölçülen sıcaklığın çok daha yüksek olduğu görülmüştür.

Parabolik çanaklı fırında metal eritmek için potaya metal parçaları yerleştirildi. Burada eritilecek küçük numune parçası, kalın sac ya da metal cevheri şeklinde olabilir. Metal parçaların öğütme vb. işlemi yardımıyla üzerlerindeki koruyucu tabakadan arındırılması gerekmektedir. Koruyucu tabaka ergimeyi geciktirmektedir. Dolayısıyla koruyucu tabakanın aşılması ile özellikle kalın metal parçalarının potada daha hızlı sıvı hale geldiği gözlemlendi. Alüminyum sac yaklaşık 5 dakika içinde ergimeye (660°C ' de) başladı. Şekil 2'de mevcut fırında eritilen alüminyum sacın görüntüsü verilmektedir. Ergime sırasında güneş yoğunluğu yaklaşık 800 W/m^2 , çanak eğimi 60° ve odakta yaklaşık 750°C sıcaklığa sahiptir.



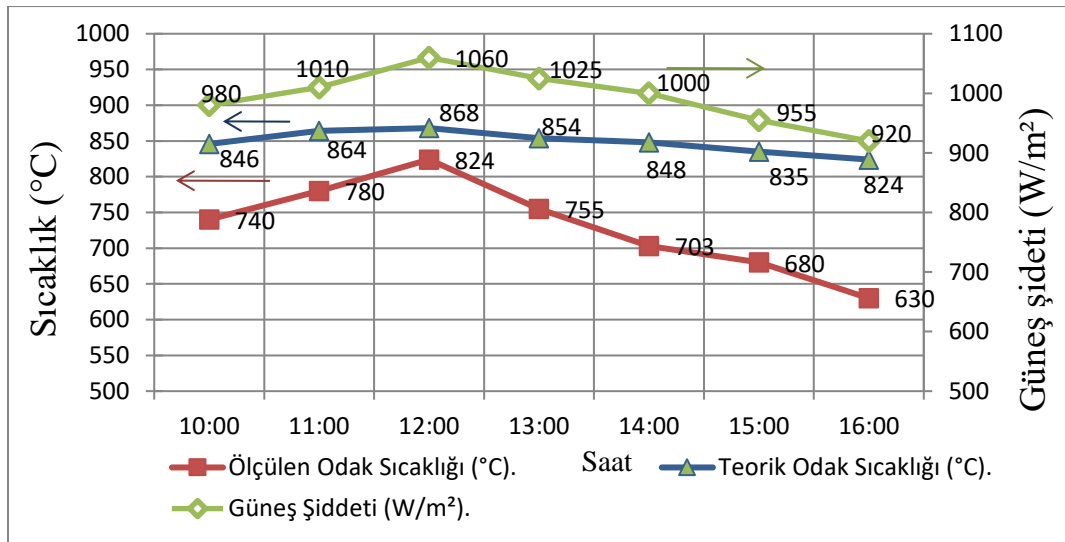
Şekil 2. İnce ve Kalın bir Alüminyum plakanın eritme işlem sonrası görüntüsü

Hesaplamlarda mevcut parabolik çanak için yoğunlaştırma oranı 558 olarak, alüminyum plaka malzemesi için yansıtıcılık ve yutuculuk verimliliği $(0.20 \times 0.80) = 0.16$ alındı. Mayıs ayında, pota alıcısının toplam ısı kaybı katsayısı için $U_L = 125 \text{ W/m}^2\text{K}$ ortalama değeri hesaplandı. Tablo 3'te Mayıs ayında anlık güneş şiddetine göre elde edilen sıcaklık ile toplam ısı kaybı katsayısı gün içindeki değişimi verilmektedir. Buna göre toplam ısı kaybı katsayısının öğle saatlerinde azaldığı, güneşin doğuş ve batış zamanlarına doğru yükseldiği görülmektedir. Bunun en büyük nedeni öğle saatlerinde mevcut tek yoğunlaştırılmalı sistemde potanın yere dik açıda olmasıdır. Yani öğle saatlerinde pota açıklığından taşınılma ısı kaybı azalır. Bu yüzden potada elde edilen durgunluk sıcaklık artışının daha fazla olduğu görülmektedir. Buna ek olarak, öğle saatlerinde güneşin geliş açısının yükselmesi ve dolayısıyla güneşin şiddetinin artması ile odak sıcaklığı da artmıştır. Yapılan ölçümlere göre güneş fırınının teorik odak sıcaklığı da hesaplandı. Teorik odak sıcaklığının ölçüm yapılan odak sıcaklığından nispeten daha yüksek çıkmıştır. Burada yapılan ölçüm ve konum hataları vb. gibi etkenler etkili olmuştur. Şekil 3'te verilen grafikte teorik odak sıcaklığı ve deneylerde ölçülen odak sıcaklıklarının gün içindeki değişimi verilmektedir. Bu deney çevre sıcaklığı yaklaşık 21°C , nem oranı % 49 ve rüzgâr hızı yaklaşık 10 km/saat olan koşullar altında gerçekleşti.

Tablo 3. 7 Mayıs'ta elde edilen sıcaklığa göre toplam ısı kaybı katsayısı

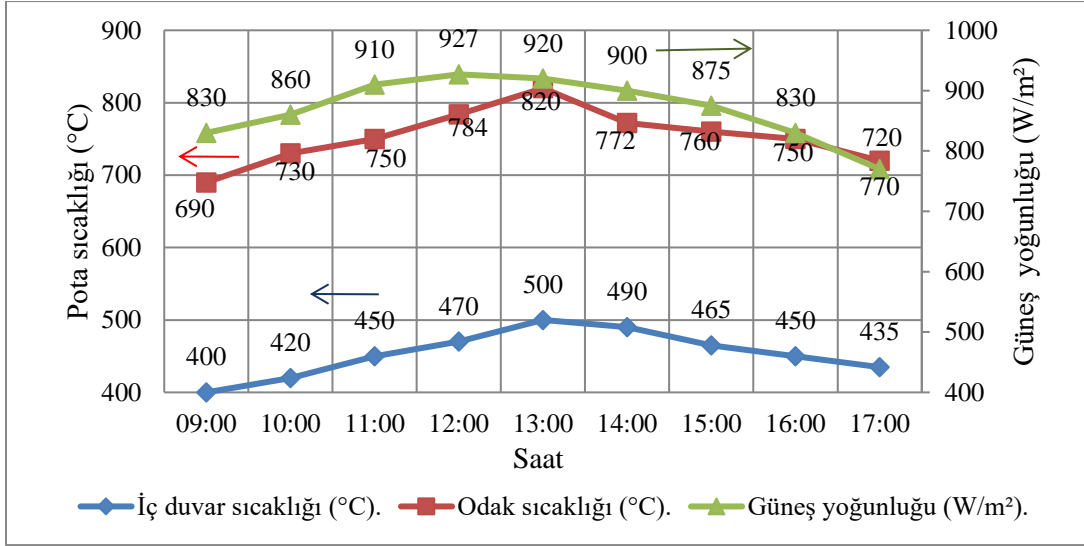
Saat	Güneş Şiddeti (W/m ²)	Çanak Eğimi (°)	Durgunluk Sıcaklığı (°C)	Çevre Sıcaklığı (°C)	Toplam ısı Kaybı Katsayısı, U _L (W/m ² K)
10.00	980	60	740	14	120.5
11.00	1010	66	780	16	118
12.00	1060	70	824	18	117.5
13.00	1025	68	755	19	124
14.00	1000	63	703	20	130.7
15.00	955	52	680	21	129
16.00	920	40	630	21	135

Haziran ayında çevre sıcaklığının (23~29)[°]C olduğu mevcut parabolik güneş fırını ile yapılan deneyde, yine öğle saatlerinde güneş şiddetinin artmasıyla fırında elde edilen sıcaklıklar da artmaktadır. Dolayısıyla ısı kayıp katsayısının da azaldığı görülmektedir. Tablo 4'te Haziran ayında yapılan deneyde alüminyum plaka üzerinden alınan ölçümlere göre toplam ısı kaybı katsayıları, güneş ışınım şiddeti, potanın odak ve iç duvar sıcaklıkları verilmektedir.

**Şekil 3.** Güneş şiddetine göre ölçülen ve hesaplanan odak sıcaklıkları (7 Mayıs)

Haziranda saat (9.00–17.00 arası) güneş şiddetine göre pota odak ve iç duvar sıcaklık değişimi Şekil 4'teki grafikte verilmektedir. Buna göre güneş şiddetine göre odak ve duvar sıcaklıkları

paralel olarak takip ettiği görülmektedir. Ancak potanın konumu dikey konumuna yakın olduğundan özellikle saat 12.00–13.00 arasında daha fazla sıcaklık artışı olmuştur. Bunun nedeni potanın dikey konuma gelmesiyle doğal taşınım miktarının azalmasıdır. Toplam ısı kaybı katsayısı için ortalama $U_L = 85 \text{ W/m}^2\text{K}$ değeri hesaplandı.



Şekil 4. Güneş şiddetine göre pota odak ve iç duvar sıcaklıkları değişimi (18 Haziran)

4. Sonuçlar

Bu çalışmada çoğunlukla tek yansıtıcı yoğunlaştırılmış güneş enerjili sistemlerinde metal ergitme işlemleri üzerinde inceleme yapılmıştır. Elde edilen bilgiler ve uygulamalar doğrultusunda güneş enerjisinin kullanılması ve yaygınlaştırılması özellikle ısıl enerji alanında olanaklar sağlayacaktır. Yoğunlaştırılmış güneş enerji sistemleri ile basit bir optik odaklama yöntemiyle yüksek sıcaklıklar elde edilmiştir. Güneş enerjisiyle parabolik çanak fırın sisteminden yaklaşık olarak %60 verime ulaşılmıştır. Alüminyum ergitme işleminde güneş enerjisinden yaklaşık olarak %12 verim elde edilmiştir. Bu işlemleri esnasında veya enerjiyi elde ederken çevresel kirliliğe sebep olmadan temiz bir enerjinin kullanılması önemli bir kıstastır.

Parabolik çanak sistemi, daha farklı amaçlar doğrultusunda da kullanılabilir. Bu oluşturulan sistemde elde edilen sıcaklık değeri yaklaşık olarak 750–800°C arasındadır. Örneğin uygun bir Stirling motoru tasarlanıp odak bölgesine yerleştirilebilir. Dolayısıyla mevcut sistemin, uygun bir Stirling motorunu çalıştırabileceği öngörülmektedir. Son olarak eklemek gerekirse yine mevcut sistemin uygulamaları içerisinde kirli veya tuzlu sudan saf su elde edilmesi, su ısıtıcı olarak kullanılması, biokütleden gaz üretimi, bazı metallerin sertleştirilmesi veya fırınlanması gibi işlemleri sıralanabilir.

Kaynakça

- [1] Livatyalı. H. and Yıldırım, T., 2011. Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Teknolojisindeki Gelişmeler, Mühendis ve makine, cilt:53, sayı: 63, 16-20
- [2] Chen, Y. T., Chong, K. K., Lim, C. S., Lim, B. H., Tan, K. K., Alıman O., Bligh, T. P., Tan, B. K. and Ghazally I., 2002. Communicated by Lorin V.H., Report of the first prototype of non-imaging focusing heliostat and its application in high temperature solar furnace, Malaysia, PII : S0038 – 092X(02)00028 – 2, 81310, Malaysia.
- [3] Foong C. W., Nydal O. J. and Løvseth J.,2011. Investigation of a small scale double-reflector solar concentrating system with high temperature heat storage, Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, 7491, Trondheim, Norway.
- [4] Kaushika, N.D. and Reddy, K.S., 1999. Performance of a low cost solar paraboloidal dish steam generating system, Centre for Energy Studies, Indian Institute of Technology Delhi, , Energy Conversion Management 41 713-726, Hauz Khas, New Delhi, 110 016, India
- [5] Palavras I. and Bakos G.C., 2006. Development of a low-cost dish solar concentrator and its application in zeolite desorption, Department of Electrical and Computer Engineerig, Laboratory of Energy Economics, Democritus University of Thrace, 67 100 Xanthi Greece, Renewable Energy 31 2422-2431.
- [6] Herranz, G. and Rodriguez, G. P., 2010. Uses of Concentrated Solar Energy in Materials Science, University of castilla La Mancha, ETSII, Ciudad Real, Spain 145- 170, Solar Energy
- [7] Flamant, G. and Pichelin, M. B., Elaboration and testing of Materials Using Concentrated Solar Energy, (PROMES-CNRS), 7, rue du Four Solaire, Font Romeu, France, <http://www.eolss.net/sample-chapters/c08/e6-106-17.pdf>, 2014
- [8] Xiao, G., Guo, K., Luo, Z., Ni, M. , Zhang, Y. and Wang, C., 2013, Simulation and experimental study on a spiral solid particle solar receiver, State Key Laboratory of Clean Energy Utilization, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China