

Investigation of Heat Transfer Fluids Used in Concentrating Solar Power Systems

Engin Özbaş^{1*}, Özlem Gedikoğlu²

¹Yesilyurt Demir Celik Vocational School, Ondokuz Mayıs University, Turkey

²Graduate School of Sciences, Ondokuz Mayıs University, Turkey

*Corresponding author: engin.ozbas@omu.edu.tr

+Speaker: engin.ozbas@omu.edu.tr

Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

Yoğunlaştırılmış Güneş Enerji Sistemlerinde Kullanılan Isı Transfer Sıvılarının İncelenmesi

Engin Özbaş^{1*}, Özlem Gedikoğlu²

¹Yesilyurt Demir Celik Melek Yüksekokulu, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

²Fen Bilimleri Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

*Corresponding author: engin.ozbas@omu.edu.tr

+Speaker: engin.ozbas@omu.edu.tr

Sunum/Paper Type: Oral / Full Paper

Abstract – Solar energy from renewable energy sources can be used for different purposes. The most common areas of use are electricity generation and preparation of hot water. While photovoltaic (PV) modules are used for direct electricity production, commercial vacuum glass tubes are used for hot water preparation. Electricity generation from solar energy is not limited to systems consisting of PV modules. When literature is viewed, it is seen that different methods are used for indirect electricity production from solar energy. One of them is concentrating solar power (CSP) system. In CSP systems, a fluid is used to transmit solar energy. Water vapor is obtained by the heat of the heated fluid with condensed the sunrays. High pressure water vapor is passed through a turbine, thus indirectly generating electricity from solar energy. This fluid used in CSP systems is called heat transfer fluid (HTF). HTF, consisting of a mixture of different materials, is an important factor in CSP's efficiency, performance and thermal energy storage. In this study, recent studies on HTFs used in CSP were investigated. The aim of this study is to help young academicians in our country by reviewing these studies.

Keywords – Renewable Energy, Solar Energy, Concentrating Solar Power, Electricity Generation, Heat Transfer Fluid

Özet – Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi farklı amaçlar için kullanılabilir. En yaygın kullanımın alanları elektrik üretimi ve sıcak su hazırlama üzerine olanlardır. Doğrudan elektrik üretimi için fotovoltaik (PV) modüller kullanılırken, sıcak su hazırlama için ticari vakumlu cam tüplerden oluşan sistemler kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi PV modüllerden oluşan sistemler ile sınırlı değildir. Literatür incelendiğinde güneş enerjisinden dolayı elektrik üretimi için farklı yöntemlerin de kullanıldığı görülmüştür. Bunlardan birisi de yoğunlaştırılmış güneş enerji (YGE) sistemidir. YGE sistemlerinde güneş enerjisinin iletilmesi için bir akışkan kullanılır. Yoğunlaştırılmış güneş ışınları tarafından ısıtılan akışkan ısısını suya bırakarak su buharı elde edilir. Yüksek basınçlı su buharı bir türbinden geçirilir ve böylece güneş enerjisinden dolayı olarak elektrik üretimi sağlanır. YGE sistemlerinde kullanılan bu akışkan ısı transfer sıvısı (ITS) olarak adlandırılır. Farklı malzemelerin karışımından oluşan ITS, YGE'nin verimliliği, performansı ve termal enerji depolaması bakımından önemli bir etkidir. Bu çalışmada YGE'de kullanılan ITS'ler üzerine son zamanlarda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Yapılan çalışmalar derlenerek ülkemizdeki genç akademisyenlere konu hakkında yardımcı olabilmek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler – Yenilenebilir Enerji, Güneş Enerjisi, Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi, Elektrik Üretimi, Isı Transfer Sıvısı

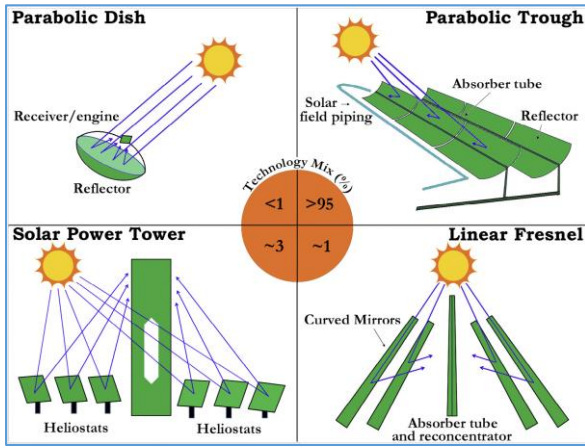
I. GİRİŞ

Enerji günümüzün en önemli konularından birisidir. Sürdürülebilirlik ve çevresel faktörler açısından temiz enerji

olarak yenilenebilir enerji kaynakları yaygın şekilde kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ile çeşitli yöntemlerle dolaylı elektrik üretimi

yapılabilir. Bu yöntemlerden birisi de yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (YGE) ile elektrik üretiminin sağlanmasıdır.

YGE, geleneksel enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında, çevreye en az zarar veren yapısıyla öne çıkan bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilebilir. YGE sisteminde güneş ışınları toplayıcılar yardımıyla yoğunlaştırılır. Yoğun ışın sonucu elde edilen yüksek ısı ile su buharlaştırılır. Su buharı bir türbinden geçirilerek elektrik üretimi gerçekleştirilir. YGE sistemleri yoğunlaştırıcıların odak geometrisine göre nokta ve çizgi odaklama olmak üzere iki gruba ayrılabilir [1].



Şekil 1. YGE teknolojileri [2]

Şekil 1'de en yaygın YGE teknolojileri görülmektedir. Bunlar (a) parabolik çanak sistemleri, (b) parabolik oluklu kolektör, (c) güneş enerjisi kulesi ve (d) doğrusal fresnel reflektör teknolojileridir. Bunların arasında, parabolik oluklu kolektörler günümüzde % 95'den fazla bir kullanıma sahiptir. YGE teknolojileri 1970'lere kadar uzansa da, ticari anlamda son on yılda büyük bir gelişim göstermiştir [2].

Parabolik oluklu kolektör teknolojisi ile doğrudan buhar türbini çalıştırılabileceği gibi bir ısı eşanjörü ile dolaylı şekilde buhar üreterek türbinin çalıştırılması da mümkündür. Isı eşanjörünün kullanıldığı dolaylı buhar üretim sistemlerinde güneş enerjisinden sağlanan ısının suya iletilmesini sağlamak için termal yağ kullanılır. Bu termal yağlar ısı transfer sıvısı olarak adlandırılır [3]. Bu çalışmada YGE sistemlerinde kullanılan ITS sıvıları üzerine son yıllarda yapılan bazı çalışmalar incelenerek derlenmiştir.

II. ISI TRANSFER SIVILARI

YGE sistemlerinin %95'den fazlası parabolik oluklu kolektör teknolojisine göre tasarlanmaktadır. Bundan dolayı bu tasarıma uygun ısı transfer sıvılarının kullanılması gerekmektedir. Buna göre, ITS'ler yüksek özgül ısı kapasitesine, yüksek termal kararlılığa, yüksek ısı iletkenliğine ve geniş bir çalışma sıcaklığı aralığına sahip olmalıdır. [4]. Benoit vd. tarafından yapılan çalışmada özellikle parabolik oluklu kolektör tekniğine sahip YGE'lerde kullanılan ITS incelenmiştir. Tüm YGE sisteminin performansını etkileyen ITS'ler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

A. Termal (Isıl) Yağlar

YGE sistemlerinde başlangıçta su kullanılırken yüksek basınç gereksinimi ve faz değişiminin olmaması için sentetik yağlar kullanılmaya başlanmıştır. 400°C'ye kadar sorunsuz ısı transferi yapabilen bu sıvılar 400°C'den sonra hidrokarbonlar bozularak hidrojen oluşmaktadır.

B. Erimiş Tuzlar

Erimiş tuzlar, esas olarak nitratlardan oluşan ve kimyasal özellikleri sayesinde ısı depolama sıvısı ve ısı transfer sıvısı olarak kullanılabilen karışımlardır. Yüksek yoğunluk, yüksek özgül ısı kapasitesi, yüksek termal kararlılık ve çok düşük buhar basınç özelliklerine sahip olmaları nedeniyle arzu edilen ısı transfer nitelikleri sergilerler. Ayrıca, ucuz ve sentetik yağdan daha az çevresel etkiye sahiptir. Erimiş tuzların en büyük dezavantajı yüksek donma noktasıdır.

• Güneş Tuzu

Güneş tuzu olarak da bilinen sodyum nitrat-potasyum nitrat, YGE teknolojisinde kullanılan temel erimiş tuzdur. Ağırlıkça %60 sodyum-nitrat ve %40 potasyum-nitrat içerir. Çalışma sıcaklığı 260°C-600°C arasındadır.

• Hitec

Hitec, ağırlıkça %53 KNO₃, %40 NaNO₂ ve %7 NaNO₃'den oluşan üçlü erimiş tuzdur. 142-535°C arasında sıvı ve karalıdır.

• Hitec XL

Hitec XL, Hitec'ten daha yeni bir erimiş tuzdur. Ağırlıkça, %43 KNO₃, %42 Ca(NO₃)₂, ve %15NaNO₃'den meydana gelir. 130-550°C arasında sıvı ve karalıdır.

C. Sıvı Metaller

Sıvı metaller, konsantre güneş termal sistemlerinin daha da gelişmesine yol açabilecek verimli ısı transfer akışkanlarıdır. Başlıca avantajları; çalışma sıcaklıkları ve diğer sıvı ITS'lerden daha yüksek ısı transfer katsayılarıdır.

• Sıvı Sodyum

Atmosferik basınçta, 98-882°C sıcaklık aralığına sahiptir.

• Kurşun-Bismut Ötektik

124-1670°C aralığında sıvı kalabilen bir alaşımdır.

D. Basınçlandırılmış Hava

En önemli avantajı geniş çalışma sıcaklığı aralığı ve düşük maliyetidir. Ayrıca, bol, bedava ve çevresel bir kullanıma sahiptir. Ancak diğer yandan, sınırlı ısı transferi ve yüksek basınçlandırma için ihtiyaç duyulan büyük pompalama gücü kullanımını sınırlamaktadır.

E. Basınçlandırılmış Karbondioksit

Son zamanlarda, çevresel ve kişisel güvenlik nedeniyle olası bir çalışma sıvısı olarak karbondioksit kullanımı gündeme gelmiştir. Yanmaz ve toksit içermeyen özelliği ile oldukça uygun fiyatla bol miktarda bulunabilmesi önemli avantajlarındandır. 10-50bar basınç ile 650-1100K sıcaklıkta çalışma şartlarına sahiptir.

F. Helyum

Helyumun çalışma sıvısı olarak ilk pratik kullanımı, ABD'de gaz türbinlerinde kriyojenik işlemlerde olmuştur. Daha büyük bir helyum gazı türbini tesisi ise 1970'lerde Almanya'da inşa edilerek işletilmiştir. Daha sonrasında helyum YGE teknolojilerinde bir çalışma sıvısı olarak kabul edilmiştir. Kimyasal olarak inert ve özgül ısısı havaya göre beş kat fazla olan helyum, 75bar'lık bir basınç için 500-1500K arası çalışma sıcaklığına sahiptir.

G. Hidrojen

Dünyadaki en hafif ve evrendeki en bol element hidrojenidir. En olumsuz yanı ise yeryüzünde bağımsız bulunmaması ve diğer elementlerden elde edilmesidir. Buna rağmen enerji taşıyabilme ve depolanabilme özelliği ile

yenilenebilir enerji kaynakları açısından geliştirilebilir ve umut verici durumdadır. 75barda 500-1000K arası çalışma sıcaklığına sahiptir.

III. SONUÇLAR

Yapılan incelemeden anlaşıldığı gibi farklı gaz veya sıvı şeklindeki akışkanlar ısı transfer sıvısı (ITS) olarak kullanılabilir. Hangi tip ITS kullanılırsa kullanılsın ısıyı depolayabilen ve iletebilen yapısıyla enerji sisteminin sadece gündüz değil geceleyin de devrede kalmasını sağlanmasını hedeflenmektedir. En çok kullanılan ITS'ler; termal yağlar ve erimiş tuzlardır. Son yıllarda nano parçacıklı ITS üzerine akademik çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan araştırmalarda amaç kimyasal olarak daha kararlı, ısı transfer katsayısı daha yüksek, depolama ve işletme maliyeti daha düşük akışkanların bulunabilmesidir.

IV. TARTIŞMA

Yoğunlaştırılmış güneş enerji (YGE) sistemlerinde en yaygın teknoloji olarak parabolik oluklu kolektörler kullanılmaktadır. Tüm enerji sisteminin verimini etkileyen ısı transfer sıvısının (ITS) ısı tutabilme yeteneğinin yüksek olması öncelikli tercihler arasındadır. Depolama ve işletme maliyetleri düşük akışkanlar üzerine yapılan çalışmalar YGE'lerin daha da verimli çalışmasına katkı sağlayacaktır.

V. SONUÇ

ITS olarak genellikle termal yağlar ve erimiş tuzlar kullanılmaktadır. ITS'ler YGE sisteminin verimliliğini, performansını ve termal enerji depolama yeteneğini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu çalışmada YGE'de kullanılan ITS'ler üzerine son zamanlarda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Yapılan çalışmalar derlenerek ülkemizdeki genç akademisyenlerin konu hakkında bilgi sahibi olması sağlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.YMY.1901.17.002 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] A. Yasinskiy, J. Navas, T. Aguilar, R. Alcántara, J.J. Gallardo, A. Sánchez-Coronilla, E.I. Martín, D.D. Los Santos, C. Fernández-Lorenzo, "Dramatically enhanced thermal properties for TiO₂-based nanofluids for being used as heat transfer fluids in concentrating solar power plants", *Renewable Energy* 119, 809–819, 2018.
- [2] K. Vignarooban, X. Xu, A. Arvay, K. Hsu, A.M. Kannan, "Heat transfer fluids for concentrating solar power systems – A review", *Applied Energy*, 146, 383–396, 2015.
- [3] R. Gómez-Villarejo, E.I. Martín, J. Navas, A. Sánchez-Coronilla, T. Aguilar, J.J. Gallardo, R. Alcántara, D.D.I. Santos, I. Carrillo-Berdugo, C. Fernández-Lorenzo, "Ag-based nanofluidic system to enhance heat transfer fluids for concentrating solar power: Nano-level insights", *Applied Energy*, 194, 19–29, 2017.
- [4] H.Benoit, L. Spreafico, D. Gauthier, G. Flamant, "Review of heat transfer fluids in tube-receivers used in concentrating solar thermal systems: Properties and heat transfer coefficients", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 55, 298–315, 2016.