

1. GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ

Güneşin merkezinde füzyon reaksiyonu ile dört hidrojen çekirdeğinin bir helyum çekirdeğine dönüşmesiyle oluşan güneş enerjisi tükenmez bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Temiz bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin günümüzde yaşanan çevresel problemlerin çözümünde kullanılacak kaynaklardan olması yanında çok bulunması, bedava olması, kullanımında doğaya zarar vermemesi kullanımını özendirir özellikleridir. Canlıların dünyadaki yaşamı için önemli bir fonksiyonu yerine getiren güneşin, tükenmez enerjisinden faydalanmak için “güneş enerjisi teknolojileri” geliştirilmiştir. Güneş enerjisinden doğrudan faydalanılan pasif sistem uygulamalarıyla mahal ısıtması/havalandırması yapılırken geliştirilen aktif sistemler (cihaz ve aletler) ile elektrik üretiminden başlayarak ısıtma, soğutma, kurutma gibi birçok alanda güneş enerjisi kullanımı sağlanmıştır.

Güneş enerjisi teknolojileri, doğrudan elektrik üretimini sağlayan **fotovoltaik sistemler** ile sıcak akışkan üretiminde kullanılan **ısıl güneş enerjisi sistemleri** olarak iki kısımda ele alınmaktadır. Günümüzde, elektrik üretimi için fotovoltaik sistemlere doğru hızlı bir geçiş söz konusu iken ısıl güneş enerjisi sistemleri bunun gölgesinde kalmıştır. Ancak endüstrinin ısıl enerji ihtiyacının bedelsiz olarak karşılanmasında ısıl güneş enerjisi sistemleri ihmal edilmemesi gereken bir durumdur. Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça avantajlı bir konumdadır. Şanlıurfa'nın da içinde bulunduğu GAP bölgesi illeri ülkemizin en yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Bu yüksek potansiyelin değerlendirilebilmesi amacıyla son yıllarda ulusal mevzuat ve Ar-Ge çalışmalarında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Ancak GAP bölgesinde ısıl güneş enerjisi teknolojilerinin, düzlemsel güneş kolektörleriyle sıcak su ısıtması dışında herhangi bir uygulama alanı bulunmamaktadır. Ülkemizin en büyük kalkınma projesinin uygulandığı GAP bölgesinde projenin sonuna doğru gelindiği günümüzde tarıma dayalı bir sanayi gelişiminin varlığından söz edilebilir. Bu kapsamda kurulan endüstriyel tesislerinin bölgenin güneş enerjisi potansiyelinden faydalanılacak teknolojilerinin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu teknolojilerin kullanılması ile fosil yakıtlara bağımlılık azalacağı gibi yenilenebilir enerjiye geçiş mümkün olabilecektir. Sanayi sektörünün orta ve düşük sıcaklık uygulamaları için ısıl enerji ihtiyaçlarının karşılanması **yoğunlaştırıcı tip ısıl güneş enerjisi teknolojilerine** geçişi zorunlu kılmaktadır. Yoğunlaştırıcı Isıl Güneş Enerjisi Sistemleri, yerli Ar-Ge ve üretim altyapısı sürekli olarak geliştirilmesi gereken öncelikli alanlar arasındadır. Bu kapsamda TUBİTAK tarafından desteklenen projemizde, yoğunlaştırıcı ısıl güneş enerjisi teknolojisinden biri olan lineer Fresnel güneş kolektörlerinin tasarım yaklaşımı detaylı olarak ele alınmış ve tasarımı yapılan prototipin kurulumu gerçekleştirilmiştir.

1.1. Güneş Kolektörleri

Güneşten gelen ışınımı, faydalı ısıya dönüştüren cihazlara güneş kolektörleri (toplayıcı) denir. Güneş kolektörleri üzerine gelen ışınımı absorber (soğurucu) tüp içerisinde akan ısı transfer akışkanına ileterek akışkanın sıcaklığının artmasını sağlar. En temel ve bilinen kolektör çeşidi düzlemsel tip kolektörlerdir. Bu tip kolektörlerde, içerisinde dolaşan akışkanın sıcaklığını 100 °C'ye kadar yükseltmek mümkündür. Güneş kolektörlerinde daha yüksek sıcaklıklar elde etmek için yoğunlaştırma teknolojilerinin (CSP) kullanılması gerekir. Çizelge 1.1'de Güneş kolektörlerinin sınıflandırılması verilmiştir.

Çizelge 1.1. Güneş kolektörlerinin sınıflandırılması

	Düz	Yoğunlaştırıcı	
Kolektör Çeşidi	<ul style="list-style-type: none">DüzlemselVakum tüp	<ul style="list-style-type: none">Parabolik olukLineer Fresnel	<ul style="list-style-type: none">ÇanakGüneş Kulesi
Sıcaklık Aralığı	Düşük Sıcaklık 100 °C'ye kadar	Orta Sıcaklık 120°C'den 400°C'ye kadar	Yüksek Sıcaklık ≤400 °C'den yüksek
Odaklama	Yok	Çizgisel	Noktasal
Yoğunlaştırma oranı	Yok	30-100 10-50	2000'e ulaşabilir (Letcher, 2022)
Güneş takip sistemi	Yok	Tek eksen	Çift eksen

Yoğunlaştırıcı güneş kolektörleri, yansıtıcı yüzeye (ayna) gelen güneş ışınımının absorber yüzeyine yönlendirilmesi prensibine dayanır. Böylece birim yüzeye gelen güneş ışınımının artırılması sağlanır. Sıcaklık artışı yoğunlaşma oranıyla orantılıdır. Yoğunlaştırıcı güneş kolektörleri ile orta sıcaklık (400 °C'ye kadar) ve yüksek sıcaklık (≤400 °C) uygulamaları için gerekli sıcaklıklar elde edilebilir. Yoğunlaştırıcı güneş kolektörlerinde, güneş ışınımının yoğunlaştırması çizgisel ve noktasal odaklı olarak iki şekilde yapılır. Çizgisel odaklı yoğunlaştırıcı güneş kolektörlerinin parabolik oluklu ve lineer Fresnel tipleri vardır. Bu tür kolektörler ile orta sıcaklık değerlerine ulaşmak mümkündür. Noktasal odaklı kolektörler, çanak tipi güneş kolektörü ile merkezi güneş kuleleridir. Bu tür kolektörler ile 1000 °C gibi yüksek sıcaklıklar elde edilmektedir. Yoğunlaştırıcı güneş sistemleriyle, buhar ile elektrik üretimi,

endüstriyel ısı/soğutma prosesleri, kimyasal işlem ve distilasyon gibi çeşitli proseslerin ısı ihtiyaçları karşılanabilir.

Dünyada en yaygın kullanılan yoğunlaştırma teknolojisi çizgisel odaklı kolektörlerdir. Bu kolektörler arasında parabolik oluk (PTC) kolektörler projelerde daha fazla kullanılmaktadır. Dolayısıyla, PTC'ler lineer Fresnel kolektörlere (LFK) göre daha olgunlaşmış bir teknolojiye sahiptir (Evangelos, 2019; Turchi vd., 2017). Ancak, *LFK sistemleri sabit absobere sahip olduğundan PTC'deki esnek bağlantı zorunluluğunu ortadan kaldırması en büyük avantajıdır. Bunun sonucunda LFK sistemleri daha basit bir teknolojiye ve daha düşük bir kurulum maliyetine (Turchi vd., 2017) sahip olmaktadır.*

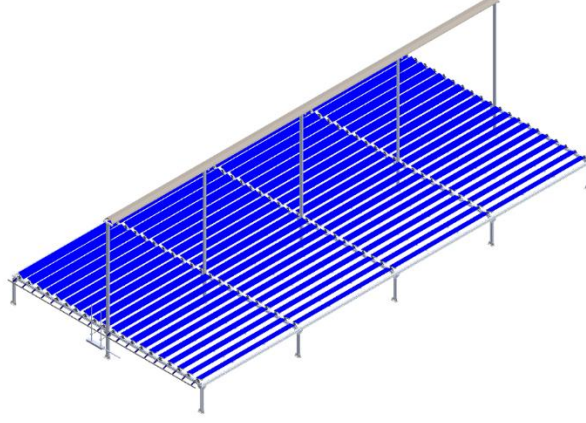
1.2. Lineer Fresnel Kolektör Teknolojisi

Fresnel kolektörler, çizgisel odaklamalı güneş enerjisi teknolojilerinden biridir. Temel bileşenleri; yansıtıcı (ayna) yüzey, yutucu (absorber) yüzey ve yutucu yüzey içerisinden geçen ısı transfer akışkanıdır. Yansıtıcı yüzey olarak adlandırılan düz ve uzun çok sayıda ayna serisi üzerine gelen güneş ışınlarını, odak ekseninde bulunan alıcıya (absorber yüzey üzerine) yansıtarak, boru içerisinden geçen akışkanın yüksek sıcaklığa çıkmasını temin eder. Fresnel kolektörler ile absorber boru içerisinden geçen akışkanın sıcaklığını 400°C mertebelerine ulaştırmak mümkündür. LFK sisteminde üretilen ısı enerjisi ile direkt endüstriyel buhar üretimi ya da bir buhar türbini devresi kullanılarak elektrik enerjisi üretimi sağlanabilmektedir.

Bu projede kurulumu gerçekleştirilen lineer Fresnel kolektörün konstrüksiyon modeli ana hatlarıyla Şekil 1.1'de gösterilmiştir. Mevcut modellerden farklı olarak bu projede geliştirilen konstrüksiyon modelinde, aynaların montaj edildiği alt konstrüksiyon ile absorberin montaj edildiği direkler yekpare olarak yapılmıştır. Bu şekilde en az oranda malzeme kullanımının yanı sıra konstrüksiyonun rijitliği de sağlanmıştır. Geliştirilen konstrüksiyon modelinde, belli ısı güç kapasitesinde üretilen modüler sistem art arda eklenerek istenilen kapasiteye ulaşmak mümkündür.

Şekil 1.1'de görüleceği gibi, lineer Fresnel kolektör sistemi, alt sehpa grubuna yerleştirilmiş ayna serileri, ayna serilerinin çizgisel odağına yerleştirilmiş absorber tüp ve ayna serilerinin güneş izlemesini yapacak güneş takip sisteminden oluşmaktadır. Bu tip kolektörlerde ayna yüzeyine gelen güneş ışınımı çizgisel odakta bulunan absorber tüpe yönlendirilerek, absorber yüzeyinde güneş ışınımının yoğunlaşması sağlanır. Güneş ışınımını yüksek oranda alan absorber tüp, içerisinden akan ısı transfer akışkanının sıcaklığını yükseltir. Sabah güneşin doğması ile çalışmaya başlayan bu sistem, gün batımına kadar devam eder.

Öğle vakti güneş ışınım şiddetine bağlı olarak ısı transfer akışkanının sıcaklığı maksimum değere ulaşır.



Şekil 1.1. Lineer Fresnel kolektörün üç boyutlu görünüşü

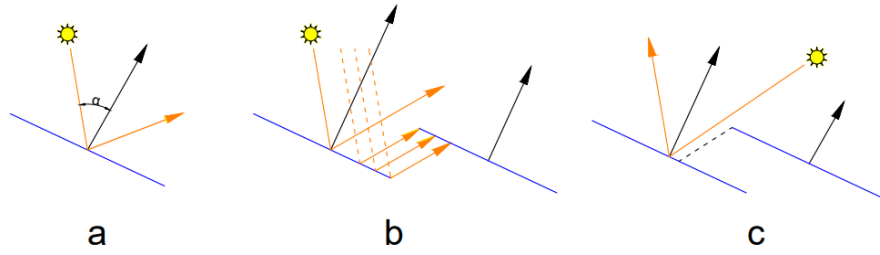
Lineer Fresnel güneş kolektörleri, güneş enerjisini toplamak ve ısı enerji üretmek için kullanılan sistemlerdir. Bu kolektörlerin performansını değerlendirmek ve optimize etmek için optik ve ısı verimler kullanılır.

Optik verim, ayna yüzeylerine gelen güneş ışığının alıcı yüzeye ne kadar etkili bir şekilde odaklandığını gösterirken, ısı verim odaklanan güneş enerjisinin ne kadarının ısı enerjisine dönüştürdüğünü gösterir. Optik verim aynaların kalitesine, yüzey pürüzlülüğüne, yüzeyin yutma ve yansımaya oranına bağlıdır. Yüksek optik verim, daha fazla güneş ışığının alıcıya odaklanmasına ve toplanmasına olanak tanır. Isıl verim ise, alıcı içindeki ısı transfer akışkanının özelliklerine ve alıcının ısı kayıplarından etkilenir. Isıl verimin yüksek olması, kolektörde daha fazla ısı enerjisinin üretilmesine (ısı kazancına) neden olur. Aynı zamanda, ısı verim güneş enerjisinin ısı enerjisiye dönüşüm oranını gösterir.

İki verim arasında doğrudan bir nedensel ilişki yoktur, ancak her ikisi de güneş kolektörünün performansını etkileyen önemli faktörlerdir. İdeal olarak, yüksek optik verim ve yüksek ısı verim, daha fazla enerji toplanmasına olanak tanır. Böylece güneş enerjisinden daha fazla enerji kullanımı sağlanır.

Lineer Fresnel kolektörlerde sistem performansını etkileyen optik ve ısı kayıplar görülmektedir. LFK sisteminde alıcıya yönlendirilen güneş ışınlarının tamamı alıcıya ulaşamaz, belli bir yüzdesi optik kayıplar nedeniyle kaybolur. Güneş enerjisinin yoğunlaştırılmasında, optik kalite temel bir parametredir ve sistemin verimliliğini etkiler. Bu tür kolektörlerde üç farklı

optik kayıp görülür. Şekil 1.2'de optik kayıplar şematik olarak gösterilmiştir. Bu kayıplardan ilki alıcı üzerindeki odaklamayı olumsuz etkileyen ve güneşin yükseklik açısına göre oluşan kosinüs kayıplarıdır (Şekil 1.2-a). LFK sistemlerinde alıcıya (absorber tüpün) odaklanan güneş ışınları güneş açısının büyüklüğüne göre alıcı ekseninde kayarak sabit olan alıcının uç kısmında karanlık bölgeler (odaklanma olmaz) oluşturur. Bundan dolayı kosinüs kayıpları, uç kayıpları olarak da adlandırılır. Kış sezonunda güneş yükseklik açısının büyük olması uç kaybını artırmaktadır. Ayna serileri arasındaki mesafe, ayna genişliği gibi ayna geometrisinden etkilenecek oluşan kayıplara bloklama ve gölgeleme kayıpları denilir. Bloklama kayıpları, ayna yüzeyinden alıcıya hedeflenen ışınımın diğer aynanın arkasına düşerek ışınım engellemesiyle oluşur (Şekil 1.2-b). Gölgeleme kayıpları ise ayna yüzeylerinin birbiri üzerlerine düşürdükleri gölgeden dolayı oluşan (Şekil 1.2-c) kayıplardır. Ayrıca, LFK sisteminde alıcının gölgesi daima alt tarafta kalan ayna yüzeylerine düştüğünden gölgeleme kayıpları olmaktadır. Dolayısıyla, sistem tasarımında optik verimi maksimum yapacak boyutlandırma yapılması gerekir.



Şekil 1.2. Optik kayıpların şeması: (a) kosinüs kayıpları, (b) bloklama, (c) gölgeleme

Lineer Fresnel kolektörde ısı transfer akışkanının içinden geçtiği absorber ve tesisat bölümlerinden çevreye olan ısı geçişleri ısı kayıplarını oluşturmaktadır. Bunun için LFK sistemindeki tesisat bölümlerine ısı yalıtımı yapılması ısı kaybını azaltacaktır.

1.3. Lineer Fresnel Kolektör Geliştirilmesi

Lineer Fresnel kolektörler, özel ve pahalı üretim teknolojisi gerektirmeyen ve basit/sade yapısı nedeniyle yoğunlaştırıcı güneş kolektörleri arasında birim maliyeti en düşük sistemdir. En büyük avantajlarından biri; odak çizgisinde güneşin sadece yansıtıcı yüzeyi oluşturan aynalar vasıtasıyla takip edilmesi sayesinde, odak eksenindeki absorber borusunun sabit kalmasıdır. Ayrıca, LFK'larda ayna serileri arasında bırakılan boşluklardan dolayı büyük rüzgâr yüklerine karşı dayanımı yüksektir. Bu durum özellikle parabolik oluklu tip kolektörlere göre

önemli bir avantajdır. Üretiminin nispeten basit olması, yatırım maliyetinin düşük olması ve işletimindeki kolaylığa karşın Türkiye’de Fresnel kolektörü üretimi yapan endüstriyel bir firma bulunmamaktadır.