

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**LİNEER FRESNEL KOLEKTÖR TASARIMINDA KAVİSLİ REFLEKTÖR
KULLANIMININ ŞANLIURFA METEOROLOJİK KOŞULLARINDA
SİSTEM PERFORMANSINA ETKİSİ**

Hakkı KESKİN

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2022**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Önemi ve Amacı	3
1.2. Tezin Kapsamı	3
1.3. Tezin Katkısı ve Getireceği Yenilikler	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Lineer Fresnel Kolektörde Optik ve Termal Verim Olarak İncelenmesi	5
2.2. Lineer Fresnel Kolektörde Yansıtıcı Yüzey	11
2.3. Lineer Fresnel Kolektörde Isı Transfer Akışkanı Kullanımı	13
2.4. Lineer Fresnel Kolektörde İkinci Reflektör Kullanımı	16
2.5. Lineer Fresnel Kolektör Optimizasyonu	18
2.6. Lineer Fresnel Kolektör	25
2.6.1. Yansıtıcı yüzey	26
2.6.2. Alıcı yüzey	27
2.6.2.1. Absorber borusu	27
2.6.2.2. İkinci reflektör	27
2.6.2.2.1. Üç bölümlü düz trapez şeklinde ikinci reflektör	27
2.6.2.2.2. Dairesel şeklinde ikinci reflektör	28
2.6.2.2.3. Parabolik şeklinde ikinci reflektör	29
2.6.2.2.4. Birkaç parçalı düz şeklinde ikinci reflektör	30
2.6.2.2.5. İki parabol birleşimi şeklinde ikinci reflektör	31
2.6.2.3. Isı transfer akışkanı	32
2.6.3. Güneş takip sistemi	32
2.6.3.1. Sonsuz vida dişli çark mekanizması	33
2.6.3.2. Zincir dişli mekanizması	34
2.6.3.3. Açısal hareket mekanizması	34
2.7. Lineer Fresnel Kolektörde Geometrik Optik Kayıplar	35
2.8. Önceki Çalışmaların Değerlendirilmesi	36
3. MATERYAL ve YÖNTEM	37
3.1. Lineer Fresnel Kolektör Tasarımı	37
3.2. Işın İzleme	40
3.3. Optik Verim	42
3.4. Termal Verim	43
3.5. Prototip Üretimi	44
3.5.1. Prototip kurulumu için saha hazırlığı	44
3.5.2. Lineer fresnel kolektör için beton zemin işlemleri	45
3.5.3. Lineer fresnel kolektörün ayak koordinatlarının belirlenmesi	47
3.5.4. Lineer fresnel kolektör prototipin hazırlanması	49
3.5.5. Ayna konstrüksiyonunun hazırlanması	50
3.5.6. Absorberin hazırlanması	55
3.5.7. Güneş takip sistemi	57
3.5.8. İkinci reflektör	59
3.5.9. Prototip kurulumu	60
3.6. Belirsizlik Analizi	61
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	63
4.1. Model Validasyonu	63
4.1.1. Tonatiuh ve solid works sonuçlarının karşılaştırılması	63

4.1.2. Tonatiuh yazılımının ticari bir LFK ile doğrulanması.....	64
4.1.3. Deney verilerinin analizi	66
4.2. Lineer Fresnel Kolektörde Kavisli Reflektör Kullanılması	68
4.3. Lineer Fresnel Kolektörde Kavisli Reflektör ve Düz Reflektör Karşılaştırılması	75
4.4. Lineer Fresnel Kolektörde İkinci Reflektör Kullanılması.....	76
4.5. Lineer Fresnel Kolektör İçin Günlük Analiz Sonuçları	78
4.6. Lineer Fresnel Kolektör Termal Olarak İncelenmesi.....	81
4.7. Lineer Fresnel Kolektörde Ekonomik Analiz	86
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	88
5.1. Sonuçlar	88
5.2. Öneriler.....	89
5.3. Teşekkür	89
KAYNAKLAR	90
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

LİNEER FRESNEL KOLLEKTÖR TASARIMINDA KAVİSLİ REFLEKTÖR KULLANIMININ ŞANLIURFA METEOROLOJİK KOŞULLARINDA SİSTEM PERFORMANSINA ETKİSİ

Hakkı KESKİN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR
Yıl:2022, Sayfa: 94

Günümüzde geniş alanlarda kullanılan fosil bazlı yakıtların maliyeti ve çevreye verdiği zarar nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep artmıştır. Bu kaynaklar arasında en yaygın olarak kullanılan düzlemsel güneş kolektörleri, parabolik çanak, parabolik oluk, güneş kulesi ve lineer fresnel yoğunlaştırma sistemleri gibi teknolojilerle doğrudan veya dolaylı olarak kullanılabilir. Reflektör yüzey, alıcı yüzey (absorber) ve alıcı yüzey içerisinden geçen ısı transfer akışkandan oluşan lineer fresnel kolektörler, doğrusal odaklı yoğunlaştırmalı güneş enerjisi sistemlerinden biridir. Lineer fresnel kolektörler, reflektör yüzey olarak adlandırılan düz ve uzun çok sayıda ayna üzerine gelen güneş ışınlarını, odak ekseninde bulunan alıcı yüzey üzerine yansıtarak, absorber boru içerisinden geçen ısı transfer akışkanın yüksek sıcaklığa çıkmasını sağlamaktadır. Lineer fresnel kolektörde üretilen sıcak akışkan ile dolaylı olarak elektrik üretimi veya doğrudan proses ısısı olarak kullanılabilir. Fresnel kolektör sistemini diğer sistemlerden ayıran en önemli özellik diğer solar yoğunlaştırıcı sistemlere göre metrekare başına daha düşük maliyettir. Harran üniversitesi GAPYENEV araştırma ve uygulama merkezinde TUBİTAK 1003 desteğiyle yürütülen proje kapsamında lineer fresnel kolektörün tasarımı yapılarak prototip kurulumu gerçekleştirilmiştir. Bu prototip 20 ayna serili, her bir ayna serisinin uzunluğu 12 m ve ayna genişliği 20 cm, toplam 48 m² ayna açıklık alanına sahip, 3 m absorber yüksekliğinde ve tasarım kapasitesi 20 kW'dir. Bu tez çalışmasında, tasarımı gerçekleştirilen lineer fresnel kolektörde düz reflektör yerine kavisli reflektör kullanılması durumunda sistem performans detaylı olarak analiz edilmiştir. Bu amaçla, aynı açıklık alanına sahip düz reflektörlü ve kavisli reflektörlü fresnel kolektörler Tonatiuh yazılımı kullanılarak sayısal olarak incelenmiştir. Tez çalışmasının sonunda, düz reflektörlü fresnel kolektörlerde hafif kavisli reflektörlerin kullanılması durumunda optik verimin Şanlıurfa meteorolojik koşullarında önemli ölçüde arttığı (%41) belirlenmiştir. Böylelikle fresnel güneş kolektörlerinde düz reflektör yerine daha az sayıda hafif kavisli reflektör kullanılması mümkün olmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Güneş enerjisi, lineer fresnel kolektör, kavisli reflektör, düz reflektör

ABSTRACT

Master Thesis

THE EFFECT OF CURVED REFLECTOR USE IN LINEAR FRESNEL COLLECTOR DESIGN ON SYSTEM PERFORMANCE IN SANLIURFA METEOROLOGICAL CONDITIONS

Hakkı KESKİN

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR
Year:2022, Page: 94**

Today, the demand for renewable energy sources has increased due to the cost of fossil-based fuels used in large areas and the damage they cause to the environment. Planar solar collectors, which are the most widely used among these sources, can be used directly or indirectly with technologies such as parabolic dish, parabolic trough, solar tower and linear fresnel condensation systems. Linear fresnel collectors, which consist of reflector surface, absorber surface and heat transfer fluid passing through the receiver surface, are one of the linear focused condensation solar energy systems. Linear fresnel collectors provide the heat transfer fluid passing through the absorber pipe to reach high temperature by reflecting the sun rays coming on a large number of flat and long mirrors called the reflector surface onto the receiver surface located on the focal axis. With the hot fluid produced in the linear fresnel collector, it can be used indirectly as electricity generation or directly as process heat. The most important feature that distinguishes the Fresnel collector system from other systems is its lower cost per square meter than other solar concentrator systems. Within the scope of the project carried out with the support of TUBITAK 1003 in the GOPYENEV research and application center of Harran University, the linear fresnel collector was designed and a prototype was installed. This prototype has 20 mirror series, each mirror series has a length of 12 m and a mirror width of 20 cm, a total mirror opening area of 48 m², an absorber height of 3 m and a design capacity of 20 kW. In this thesis, the system performance is analyzed in detail in the case of using a curved reflector instead of a straight reflector in the designed linear fresnel collector. For this purpose, straight reflector and curved reflector fresnel collectors with the same aperture area were numerically investigated using Tonatiuh software. At the end of the thesis, it was determined that the optical efficiency of the flat reflector fresnel collectors increased significantly (41%) in the case of using slightly curved reflectors in the meteorological conditions of Şanlıurfa. Thus, it is possible to use fewer slightly curved reflectors instead of straight reflectors in fresnel solar collectors.

KEY WORDS: Solar energy, linear fresnel collector, curved reflector, flat reflector

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında değerli tecrübe ve birikimleriyle beni yönlendiren danışmanım Sayın Prof. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR'e sağladıkları olanaklardan, teknik desteklerinden ve manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Çalışmamın gerçekleştirildiği Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü ve GAPYENEV merkezi öğretim elemanları ve uzmanlarına destek ve katkıları için teşekkür ederim. Bu tez çalışmasında 118M143 proje numarası ile bursiyer olarak çalışmama destek olan TÜBİTAK'a idari işlemlerin yapılmasında yardımcı olan Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamı gerçekleştirdiğim Fen Bilimleri Enstitüsü'nün kıymetli personeline tüm süreçlerdeki destekleri ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Son olarak aileme; bana duydukları güvenden dolayı çok teşekkür ederim.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Lineer fresnel kolektör (Eddhibi, 2017).....	6
Şekil 2.2. Fresnel toplayıcının genel görünümü (Pino, 2013).....	7
Şekil 2.3. Lineer Fresnel Kolektörün şematik yerleşimi (Tsekouras, 2018)	8
Şekil 2.4. Lineer Fresnel Kolektörde ışın görünümü (Qui, 2015)	8
Şekil 2.5. Lineer Fresnel Kolektörünün görünümü (Cagnoli, 2018)	10
Şekil 2.6. Lineer Fresnel Kolektör Yapısı (Amine, 2019).....	11
Şekil 2.7. Lineer Fresnel Kolektör Şekli (Iparraguirre, 2019).....	12
Şekil 2.8. Parabolik reflektörlü Fresnel güneş yoğunlaştırıcı (Momeni, 2019).....	13
Şekil 2.9. a) İncelenen lineer Fresnel Kolektör (b) İkincil reflektör (tüm boyutlar mm olarak verilmiştir) (Bellos, 2018)	14
Şekil 2.10. DeneySEL prototip (Said, 2020).....	15
Şekil 2.11. Lineer Fresnel güneş yoğunlaştırıcısının boyutları (Ghodbane, 2019)	16
Şekil 2.12. Lineer Fresnel Kolektör modeli (Vouros, 2019).....	18
Şekil 2.13. Lineer Fresnel Kolektörün geometrisinin şematik gösterimi (Nunez, 2020)	19
Şekil 2.14. Ana geometrik özelliklere sahip bir fresnel kolektör (Abbas, 2015)	20
Şekil 2.15. Lineer Fresnel Kolektör ve depolama tankı (Bellos, 2018).....	21
Şekil 2.16. Lineer Fresnel kolektörün ana parçaları (Barbon, 2020).....	22
Şekil 2.17. Fresnel güneş yoğunlaştırıcısının geometrik detayları (Ajdad, 2018).....	23
Şekil 2.18. Gelen ışık açısı 30° olduğunda yansıtıcı görünümü (He, 2012).....	24
Şekil 2.19. Lineer Fresnel Kolektörün Temel Bileşenleri	26
Şekil 2.20. Üç bölümlü düz trapez şeklinde ikinci reflektör (Minaeian, 2020).....	28
Şekil 2.21. Dairesel şeklinde ikinci reflektör (Minaeian, 2020).....	29
Şekil 2.22. Parabolik şeklinde ikinci reflektör (Minaeian, 2020).....	30
Şekil 2.23. Birkaç parçalı düz şeklinde ikinci reflektör (Minaeian, 2020)	31
Şekil 2.24. İki parabol birleşimi şeklinde ikinci reflektör (Minaeian, 2020).....	31
Şekil 2.25. Sonsuz vida dişli çark mekanizması.....	33
Şekil 2.26. Zincir dişli mekanizması (Çetiner, 2014).....	34
Şekil 2.27. Açısal hareket mekanizması (Naizir, 2016)	34
Şekil 2.28. Geometrik Optik kayıplar: (a) kosinüs kayıpları, (b) engelleme, (c) gölgeleme	36
Şekil 3.1. Eğik ayna kullanılarak Fresnel kolektör şematik çizimi	39
Şekil 3.2. Tonatiuh'da lineer fresnel kolektör modeli ve ışın izleme	40
Şekil 3.3. Tonatiuh veri Sonuçları Ekranı	42
Şekil 3.4. Lineer Fresnel Kolektör sisteminin kurulum yeri (kuş bakışı).....	45
Şekil 3.5. Toprak zemine çakıl kumun serilmesi	45
Şekil 3.6. Kalıp içine hasır demirin bağlanması.....	46
Şekil 3.7. Sahadan betonlama işlemi görüntüleri	46
Şekil 3.8. Beton zeminin son hali.....	47
Şekil 3.9. Prototipin ayak konstrüksiyonlarının zemin üzerindeki konumu.....	48
Şekil 3.10. Ayak noktalarının beton zeminde yerlerinin belirlenmesi	48
Şekil 3.11. Lineer Fresnel Kolektör sisteminin beton zemin üzerine yerleşimi	49
Şekil 3.12. Lineer Fresnel Kolektör Konstrüksiyon kurulumu.....	50
Şekil 3.13. Fresnel kolektörün alt konstrüksiyon kurulumu.....	50
Şekil 3.14. 30x30 sigma profil görünüşleri	51
Şekil 3.15. Ayna konstrüksiyonu genel görüntüsü	51
Şekil 3.16. Ayna konstrüksiyonu detay görüntüleri	51
Şekil 3.17. Ayna konstrüksiyonuna aynanın yapıştırılması	52
Şekil 3.18. Ayna konstrüksiyonunda tutucunun kullanılması	52
Şekil 3.19. Yataklı rulman.....	53
Şekil 3.20. Bağlama şekli.....	53
Şekil 3.21. Aynaların seri bağlanması.....	54
Şekil 3.22. Temel Konstrüksiyonuna aynaların bağlanması	54
Şekil 3.23. Ayna konstrüksiyonu imalat görüntüleri	55
Şekil 3.24. Absorber borusu tesisatı	55

Şekil 3.25. Bakır boru bağlantıları	56
Şekil 3.26. Absorber boru imalatı çalışmalarını gösteren resimler	56
Şekil 3.27. Absorber boruya sızdırmazlık testi yapılması	57
Şekil 3.28. Seçici soğurucu kaplı bakır boruların güneş kolektörüne montajı	57
Şekil 3.29. Lineer Fresnel Kolektörün Görünümü	58
Şekil 3.30. Güneş takip sisteminin lineer fresnel kolektöre bağlanması	58
Şekil 3.31. Motorun sonsuz vidaya bağlanması	59
Şekil 3.32. Trapez şeklinde ikinci reflektör.....	60
Şekil 3.33. İkinci reflektörün tüm imalatlardan sonra elde edilen görüntüsü	60
Şekil 3.34. LFK prototipi dış saha genel görüntüsü	61
Şekil 3.35. LFK prototipi dış saha görüntüleri	61
Şekil 4.1. Solidworks programında elde edilen optik analiz sonuçları.....	64
Şekil 4.2. Tonatiuh yazılımında elde edilen optik analiz sonuçları	64
Şekil 4.3.Industrial Solar firmasının Fresnel Kolektörü	65
Şekil 4.4. 12.08.2021 saat 15:00 SCADA verileri	66
Şekil 4.5. 12.08.2021 saat 15:00 Tonatiuh verileri.....	67
Şekil 4.6. Fresnel Kolektörde farklı genişlikte kavisli reflektör karşılaştırılması	69
Şekil 4.7. Reflektör genişliği 40cm için ortalama odak uzaklığı.....	70
Şekil 4.8. Reflektör genişliği 50cm için ortalama odak uzaklığı.....	72
Şekil 4.9. Reflektör genişliği 60cm için ortalama odak uzaklığı.....	73
Şekil 4.10. Koordinat sistemine göre yansıtıcının parabolik eğrisi	74
Şekil 4.11. Lineer fresnel kolektörde kavisli reflektör ve düz reflektör karşılaştırılması	76
Şekil 4.12. Tonatiuh programında ikinci reflektörlü lineer fresnel kolektör modeli	77
Şekil 4.13. Tonatiuh programında ikinci reflektörsüz lineer fresnel kolektör modeli	77
Şekil 4.14. Tonatiuh programıyla ikinci reflektörlü ve ikinci reflektörsüz lineer fresnel kolektörün.... optik verimi	78
Şekil 4.15. Şanlıurfa ili için ilkbahar mevsimi optik verim sonuçları	79
Şekil 4.16. Şanlıurfa ili için yaz mevsimi optik verim sonuçları.....	80
Şekil 4.17. Şanlıurfa ili için sonbahar mevsimi optik verim sonuçları.....	80
Şekil 4.18. Şanlıurfa ili için kış mevsimi optik verim sonuçları	81
Şekil 4.19. Şanlıurfa ili için ilkbahar mevsimi termal verim sonuçları	82
Şekil 4.20. Şanlıurfa ili için yaz mevsimi termal verim sonuçları.....	83
Şekil 4.21. Şanlıurfa ili için sonbahar mevsimi termal verim sonuçları	84
Şekil 4.22. Şanlıurfa ili için kış mevsimi termal verim sonuçları	84
Şekil 4.23. Şanlıurfa ili için kavisli reflektör kullanılarak yıllık termal güç sonuçları	85
Şekil 4.24. Şanlıurfa ili için düz reflektör kullanılarak yıllık termal güç sonuçları.....	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Isı transfer yağı tipik özellikleri	32
Çizelge 3.1. Düz reflektör kullanılan lineer fresnel kolektör için tasarım parametreler.....	38
Çizelge 3.2. Şanlıurfa için tipik gün değerleri.....	41
Çizelge 3.3. Ölçüm parametrelerine ait belirsizlik oranları (%).....	62
Çizelge 4.1. Industrial Solar firmasının ürettiği LFK'nın tasarım parametreleri	65
Çizelge 4.2. Reflektörlerin absorber merkezinden uzaklığı (W=40 cm).....	69
Çizelge 4.3. Reflektörlerin odak uzaklığı (W=40 cm)	70
Çizelge 4.4. Reflektörlerin absorber merkezinden uzaklığı (W=50cm)	71
Çizelge 4.5. Reflektörlerin odak uzaklığı (W=50cm)	71
Çizelge 4.6. Reflektörlerin absorber merkezinden uzaklığı (W=60cm)	72
Çizelge 4.7. Reflektörlerin odak uzaklığı (W=60cm)	73
Çizelge 4.8. Reflektör genişliğine göre günlük ortalama optik verimler.....	74
Çizelge 4.9. Kavisli reflektör kullanılan fresnel kolektörü için tasarım parametreler	75
Çizelge 4.10. Lineer fresnel kolektörde ekonomik analiz	87

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

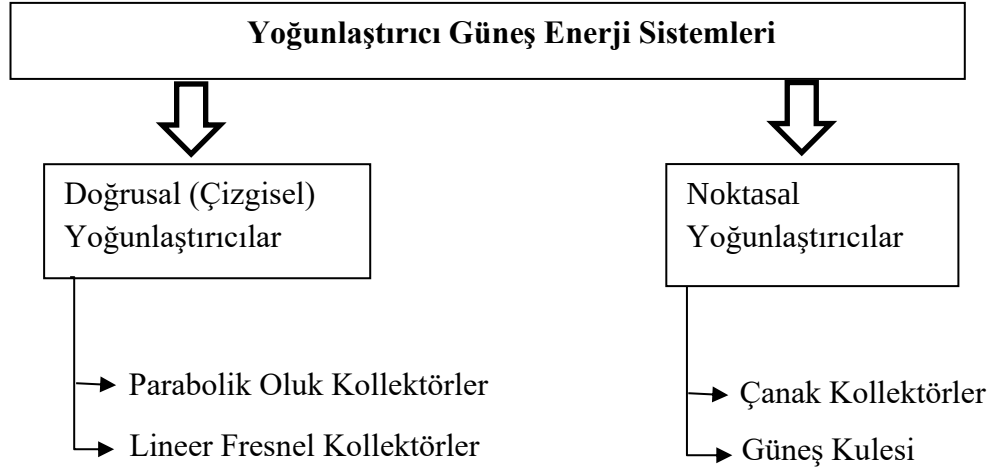
Ac	Birincil reflektörün açıklık alanı
Ac	Kollektörün açıklık alanıdır (m ²)
Afk	Doğrusal fresnel kollektörün alanı
A _G	Ayna alanı
Dab	Absorber çapı
DNI	Doğrudan normal ışıdır (W m ⁻²)
EES	Mühendislik denklem çözücü
F	Absorber yüksekliği
IC	İntercept faktörü
Lab	Absorber uzunluğu
Lay	Ayna uzunluğu
LFK	Lineer fresnel kollektörü
LFR	Lineer fresnel reflektörü
N	Ayna sayısı
η_{hem}	Termal verim
NPh	Alıcıya çarpan fotonların sayısıdır (-)
PO	Parabolik oluk
PPh	Işın izleme kullanılarak hesaplanan her bir fotonun gücüdür (W).
Qab	Emici tüp üzerindeki güç olayıdır (W)
Qac	Ayna yüzeyine gelen toplam ışıma gücünü (W)
W	Ayna genişliği
Wg	Doğrusal fresnel kollektörün genişliği
X	Aynalar arası boşluk
η_{opt}	Optik verim
α	Alıcının yutma katsayısını
ρ	Ayna yansıma katsayısını
τ	Alıcı camının geçirgenliğini

1. GİRİŞ

Sanayi Devrimi'nden bu yana fosil yakıtlara olan bağımlılığımız artmaktadır. Bunun küresel iklim ve insan sağlığı için önemli etkileri vardır. Fosil yakıtlar, büyük miktarda yerel hava kirliliğine sebep olmaktadır. CO₂ emisyonlarını ve yerel hava kirliliğini azaltmak için, dünyanın hızla yenilenebilir enerjiye yönelmesi gerekmektedir. Genellikle çevre dostu enerji olarak adlandırılan yenilenebilir enerji, doğal kaynaklardan elde edilmektedir. Bu kaynaklar güneş, biyokütle, rüzgâr, jeotermal, hidrolik ve hidrojen enerjisi olarak sıralanabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları hemen hemen her yerde bulunabilmektedir. Bilakis, nükleer enerji, kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar sadece belli bölgelerde sınırlı tutarda mevcuttur. Fosil yakıtlar tüketildikleri sürece belli bir zaman sonra tükenenlerdir (Dostuçok ve ark., 2012)

Yenilenebilir enerji kaynakları arasından popüler olan Güneş enerjisi; temiz, ucuz ve sonsuz yenilenebilir bir güç kaynağıdır. Güneş enerjisi, dünyanın neredeyse her yerinde kullanılabilir. Güneş ışığının dünyanın yüzeyine çarptığı her nokta, güneş enerjisi elde etmek için elverişli bir konumdur. Güneş enerjisi, dünyanın enerji potansiyelini karşılamak için fazlasıyla enerji sağlamakta ve fosil yakıtların aksine, sonsuz bir enerji kaynağıdır. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin tek sınırlaması, uygun maliyetli ve verimli bir şekilde enerjiye dönüştürme kabiliyetimizdir. (Momeni ve ark., 2019).

Güneş enerjisini birkaç farklı şekilde kullanabiliriz. Güneşten gelen ısıнын sıcak su ve buhar üretmek için kullanıldığı güneş termal teknolojisi, güneş ışığını elektriğe dönüştüren fotovoltaik paneller ve pasif güneş enerjisiyle ısıtma olarak sınıflandırabiliriz (Yeşilata ve ark., 2011).



Şekil 1.1. Yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemlerinin sınıflandırılması (Yeşilata ve ark., 2011).

Termal güneş enerji teknolojisi, potansiyelini etkin bir şekilde sürdürmektedir. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santralleri yansıtıcı yüzey ve yansıtıcı yüzeylere bağlı güneşi takip etme sistemleri aracılığıyla geniş bir alana düşen güneş ışınlarını küçük bir alana odaklamaktadırlar. Yoğunlaştırma işlemi noktasal yoğunlaştırma ve doğrusal yoğunlaştırma olarak iki farklı şekilde yapılmaktadır. Noktasal yoğunlaştırma, Güneş ışınlarının tamamını güneş enerjisi sisteminin belirli bir yüzeyine (odak noktası) toplayarak yoğunlaştırılma yapılmasına çalışılmaktadır. Nokta olarak bahsedilen odak noktası, bir nokta olmaktan çok, küçük bir alıcı alanıdır. Noktasal yoğunlaştırma sistemlerinin en çok kullanılan uygulamaları heliostat (güneş kuleleri) ve parabolik çanak kolektörlerdir. Doğrusal yoğunlaştırma, Güneşten belirli bir yüzeye gelen ışınlarını odak çizgisi üzerine toplanarak yoğunlaştırılmaya çalışılmasıdır. Burada doğrusal olarak bahsedilen odak, pratikte dar ve uzun bir alandan oluşmaktadır. Uygulama alanlarında sıklıkla odak noktası veya odak çizgisi üzerinden dolaştırılan ısı transfer akışkanı, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin ısını alması için kullanılmaktadır. Doğrusal yoğunlaştırma sistemleri çoğunlukla olarak, lineer fresnel kolektör veya parabolik oluk kolektörler kullanılmaktadır. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santralleri ile yüksek sıcaklıklara ulaşılabilir. Elde edilen buhar endüstriyel işlem ısısı olarak kullanılabilir veya türbin aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülebilir (Yeşilata ve ark., 2011).

1.1.Tezin Önemi ve Amacı

Fresnel kollektörler, çizgisel odaklamalı güneş enerjisi sistemlerinden biridir. Fresnel kollektör art arda sıralanan yansıtıcı yüzeylerine gelen güneş ışınlarını, odakta bulunan alıcı yüzey üzerine yansıtarak, alıcı yüzey içerisindeki akışkanın yüksek sıcaklıklara çıkmasını sağlamaktadır. Liner fresnel kollektör sistemiyle absorber boru içerisinde geçen ısı transfer akışkanının sıcaklığını 400°C mertebelerine ulaştırmak mümkün olup; direkt endüstriyel buhar üretimi olarak kullanılabilir veya buhar türbini kullanılarak elektrik üretimi mümkün olabilmektedir. Özel teknoloji gerektiren ekipmanın olmaması ve sade yapısı nedeniyle güneş yoğunlaştırıcı sistemleri içerisinde birim maliyeti en düşük sistemdir. En büyük avantajlarından biri; doğrudan buhar üretimi yapılarak endüstride rahatlıkla kullanılabilir olmasıdır. Bu projenin amacı fresnel kollektöründe kullanılan yansıtıcı yüzeylerin geometrisi üzerinde çalışılarak en verimli yüzeyin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için geliştirilecek fresnel kollektör sistemi diğer güneş yoğunlaştırıcı sistemlerine olan rekabeti arttıracaktır.

1.2.Tezin Kapsamı

Orta sıcaklık teknolojilerinde; doğrusal yoğunlaştırma yapan fresnel kolektör ile daha yüksek sıcaklıklar elde edilmektedir. Lineer fresnel kollektörler az verimli bir sistem olarak kabul edilir. Bununla birlikte, hafifçe bükülmüş reflektörlerin kullanılması, diğer yoğunlaştırıcı teknolojilerine göre bariz maliyet avantajlarıyla birlikte yüksek konsantrasyon oranlarına sahip olmaktadır. Böylelikle daha yüksek sıcaklıklar elde edilmektedir.

1.3. Tezin Katkısı ve Getireceği Yenilikler

Yoğunlaştırıcı güneş enerjisi teknolojilerinin verimliliğinin artırılması, araştırmacılarının güncel konularından biridir. Bu teknolojiler arasında lineer fresnel kolektörler en az gelişmiş olanlardır. Bu nedenle, fresnel kolektör teknolojisi geliştirilmeye önü açık bir sistemdir. Bu bağlamda, lineer fresnel kolektörler, maliyetleri düşürme ve üretim kolaylığındaki yeni teknolojileri açısından diğer yoğunlaştırıcı türleri arasında dikkate değer bir yer tutmaktadır. Geometrik olarak düz reflektör yerine yansıtma oranını arttıracak hafif kavisli reflektör kullanılarak sistem performansını önemli derece artıracaktır

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında olan güneş enerjisi bol ve tükenmeyen yenilenebilir enerji kaynağıdır. Termal güneş enerjisi teknolojilerinden biri olan lineer fresnel güneş kollektörü ile yüksek sıcaklıklar (400°C) elde edilmektedir. Böylelikle farklı amaçlarla kullanılabilir. Lineer fresnel kollektör geliştirilmeye önü açık bir sistemdir. Literatür incelendiğinde, lineer fresnel kolektörler üzerinde birçok çalışma mevcuttur. Bu çerçevede çoğunlukla nümerik ve deneysel süreçleri bir arada içeren konu ile ilgili literatür çalışmaları aşağıda sınıflandırılmıştır:

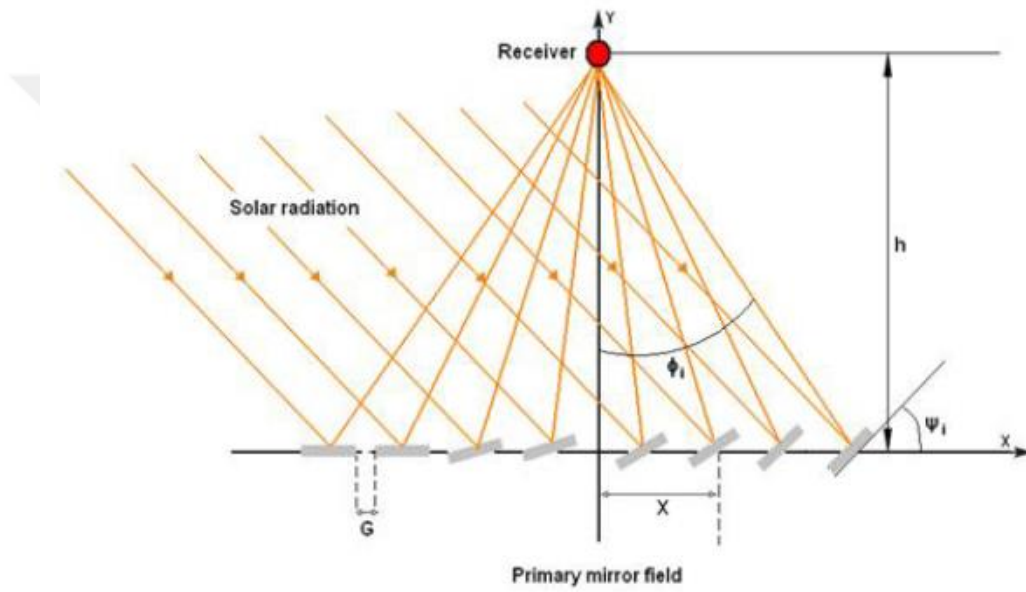
- a) Lineer fresnel kolektörde optik ve termal verim olarak incelenmesi
- b) Lineer fresnel kolektörde Yansıtıcı yüzey
- c) Lineer fresnel kolektörde ısı transfer akışkanı kullanımı
- d) Lineer fresnel kolektörde ikinci reflektör kullanımı
- e) Lineer fresnel kolektör optimizasyonu
- f) Lineer fresnel kolektör
- g) Lineer fresnel kolektörde geometrik optik kayıplar

Şeklinde yedi başlık altında sınıflandırılabilir. Bu bölümde söz konusu sınıflandırma dikkate alınarak başlıca çalışmalar sırasıyla sunulmuştur. Bölümün sonunda ise sunulan çalışmaların tez konusuyla ilgisi vurgulanmıştır.

2.1. Lineer Fresnel Kolektörde Optik ve Termal Verim Olarak İncelenmesi

Eddhibi ve ark. (2017), Bu çalışmada, Doğrusal Fresnel Güneş Kollektörü geometrisinin verimliliği üzerindeki etkisini incelemek için bir tasarım yöntemi açıklanmaktadır. Önerilen yaklaşım, geometrik parametre varyasyonunun alıcı üzerinde toplanan güneş enerjisi üzerindeki etkisini değerlendirmek ve kayıp mekanizmalarının etkisini simüle etmek için hem ışın izleme hem de Monte Carlo yönteminin bir kombinasyonunu kullanan optik bir modele dayanmaktadır. Bu nedenle, 50 m uzunluğunda ve 1 m alıcı genişliğinde bir, doğrusal fresnel Güneş

kollektörü için, engelleme ve gölgeleme etkilerini en aza indirmek için optimum boşluk 10 cm olduğunu tespit etmişlerdir. Ek olarak, alıcı yüzeyi üzerindeki güneş akısı dağılımı göz önüne alındığında, genişliği 1 m'den 0.6 m'ye azaltılabilir. Bu nedenle, optimize edilmiş prototip, %37.5'lik bir konsantrasyon oranına, 0.79'lık bir kesme faktörü ve eğik ayna kullanılarak optik verimliliği yaklaşık 0.74 olduğunu hesaplamışlardır. Optik verimlilik kışın 0,4'ten yaz aylarında 0,7'ye kadar değişir, üretilen termal akış 350kW'dan 718.27kW'a yükseldiğini gözlemlemişlerdir.



Şekil 2.1. Lineer fresnel kolektör (Eddhibi, 2017)

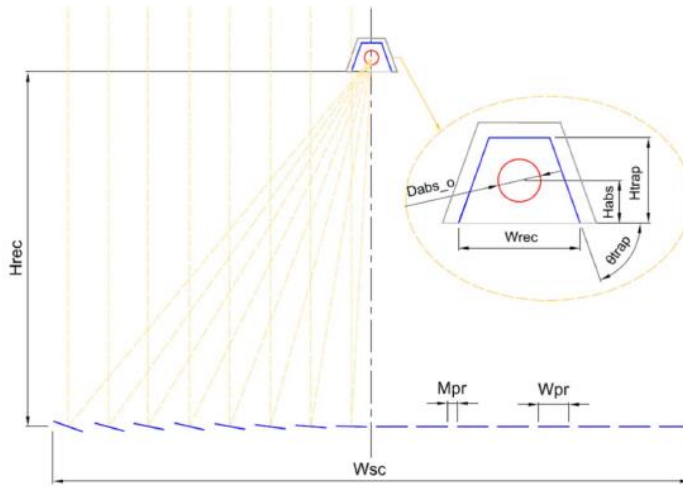
Pino ve ark. (2013), Doğrusal bir fresnel kolektör sistemini optik ve termal verim olarak tanımlamak için teorik bir modelin geliştirilmesini özetlemektedirler. Modelin işlevi, suyu ısıtmak için bir fresnel sisteminin optik ve termal dinamiklerini simüle etmektir. Model, İspanya Seville Mühendislik Üniversitesi'nde bulunan çift etkili soğurmalı soğutuculu bir soğutma tesisinden toplanan gerçek veriler kullanılmıştır. Fresnel modeli, farklı geometrileri ve termal parametreleri dikkate almak için yeterli esneklikle tasarlanmıştır ve herhangi bir konumda önerilen bir fresnel toplayıcı sisteminin performansını simüle etmek için kullanılabilir. Model sonuçları, Sevilla Mühendislik Okulu'nda bulunan bir soğurmalı soğutucuya sahip bir güneş soğutma tesisinden ölçülen gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Hesaplanan

değerlerin ölçülen değerlerle oldukça uyum içinde olduğu görülmüştür. Hesaplanan ve tesis tarafından ölçülen verilerin karşılaştırılması, hatanın optik modelde %3'ün altında ve termal modelde %7 olduğunu tespit etmişlerdir.



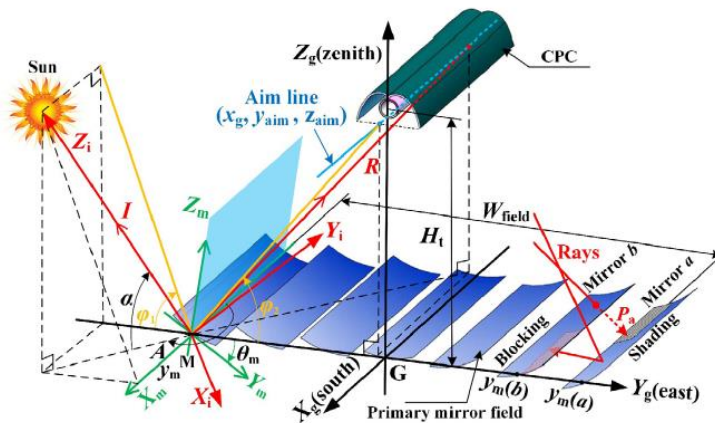
Şekil 2.2. Fresnel toplayıcının genel görünümü (Pino, 2013)

Tsekouras ve ark. (2018), Konsantre güneş kolektörlerinin 150-400 ° C civarında ısı üretimi için verimli çözümler olduğunu kanıtlayarak bu toplayıcılar, takip sistemli yansıtıcı yüzeyler ve odak alanı kullanılarak oluşturulmaktadır. Mevcut çalışmada, optik ve termal analiz açısından doğrusal bir Fresnel güneş kollektörünün bir çalışmasını detaylandırmışlardır. Kolektör, 16 seri 0.3m ayna genişliğinde ve birincil reflektör seviyesinin 3.5m üzerine yerleştirilmiş bir alıcıdan ve alıcı metal emici tek tüp, trapez şeklinde ikincil bir reflektör, reflektörün üstünde bir ısı yalıtım ceket ve altta 0,4 m genişliğinde bir cam kapaktan oluşuyordu. Yoğunlaştırma oranı 10.9 ve yer kaplama %76.2 olarak hesaplamışlardır. Güneş kolektörü başlangıçta Monte-Carlo ışın izleme metodolojisi uygulanarak analiz edilmiştir. Hafif kavisli aynalar kullanılarak en yüksek anlık verim 0.693'te hesaplanmıştır. Termal analiz, bir CFD modeli aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.3. Lineer Fresnel Kolektörün şematik yerleşimi (Tsekouras, 2018)

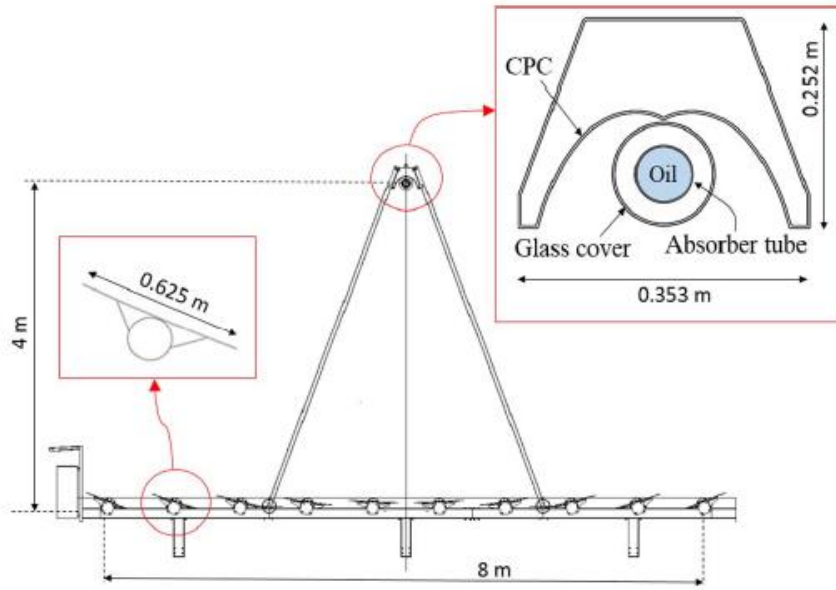
Qui ve ark. (2015), Mevcut çalışmada, ikinci reflektör ve erimiş tuz kullanan doğrusal bir fresnel kollektör tasarlamışlardır. Doğrusal fresnel kollektörün optik performansı, Monte Carlo Ray Tracing yöntemi ile sistem içerisindeki radyasyon iletimini simüle etmek için 3D optik model geliştirmişlerdir. Model baz alınarak öncelikle silindirik ve parabolik aynaların kullanıldığı sistemlerin optik performansı karşılaştırılmış ve soğurucu yüzeydeki yerel güneş akısı dağılımını ve optik verimini hesaplamışlardır. Daha sonra eğim hatası, zaman ve konum vb. etkileri incelenmişlerdir. Son olarak, termal performans Monte Carlo Ray Tracing ile Sonlu Hacim Yöntemi (FVM) birleştirerek termal analizi gerçekleştirmişlerdir.



Şekil 2.4. Lineer Fresnel Kolektörde ışın görünümü (Qui, 2015)

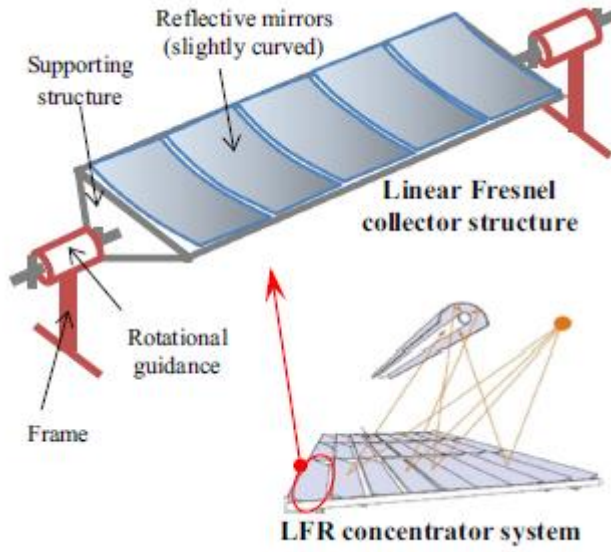
Moghim ve ark. (2017), Bu çalışmada, maksimum güneş enerjisini elde etmek (tesisin optik verimini maksimize etme), ayrıca tesis ısı kaybını (tesis ısı verimini maksimize etme) ve tesis maliyetini (tesisin ekonomik optimizasyonu) en aza indirmeye odaklanmaktadır. Bu çalışmanın performans optimizasyonu, hayali bir yaz günü boyunca tesis performansını analiz etmeye dayanmaktadır. Optimizasyonu için çok tüplü bir alıcı düşünülmüştür. Alıcı için optimum şekil, absorber sayısı, absorber yüksekliği ve yalıtım kalınlığı dikkate alınırken, ayna alanı için ayna sayısı, ayna genişliği, ayna boşlukları ve ayna odak uzaklığı optimizasyona ulaşmak için dikkate alınmıştır. İlk olarak, optik (SolTrace kullanarak), termal (bir görüş alanı yaklaşımı kullanarak) ve ekonomik performans, ANSYS DesignXplorer'da (DX) kullanılarak analizler yapmışlardır. Tüm aynalar için sabit bir optimal odak uzaklığı belirledikten sonra, minimum ısı kaybı ve minimum yalıtım malzemesi için alıcının ısı yalıtımını optimize etmek için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) programını kullanmışlardır.

Cagnoli ve ark. (2018), Üretilen elektriğin maliyetini düşürmek için, doğrusal fresnel kollektörü umut verici bir konsantre güneş enerjisi (CSP) teknolojisidir. Bu çalışmada, fresnel kollektörüne dayanan ve bir termal yağ ile soğutulan gerçek bir 1 MW pilot tesisin alıcısından ısı kayıplarının değerlendirilmesini amaçlayan ayrıntılı bir çalışma yapılmıştır. Bir soğurucu tüp ve bir parabolik şeklinde ikinci reflektörden oluşan alıcı, farklı rüzgâr yönlerinde alıcı performansını belirlemek için sayısal olarak incelenmiştir. Soğurucu tüp ve cam kapak tarafından soğurulan ısı akısının mekansal dağılımı, Monte Carlo tabanlı açık kaynaklı ışın izleme aracı Tonatiuh ile yapılan optik bir analiz ile belirlenmektedir. Kolektör ekseninde boyunda rüzgâr veya rüzgâr esmemesi durumunda, alıcının kendi ekseninde boyunda farklı konumlardaki termal davranışını simüle etmek için bir 2D CFD modeli ve kolektör ekseninde boyunda esen rüzgârın etkisini incelemek için bir 3D CFD modeli kullanılmıştır.



Şekil 2.5. Lineer Fresnel Kolektörünün görünümü (Cagnoli, 2018)

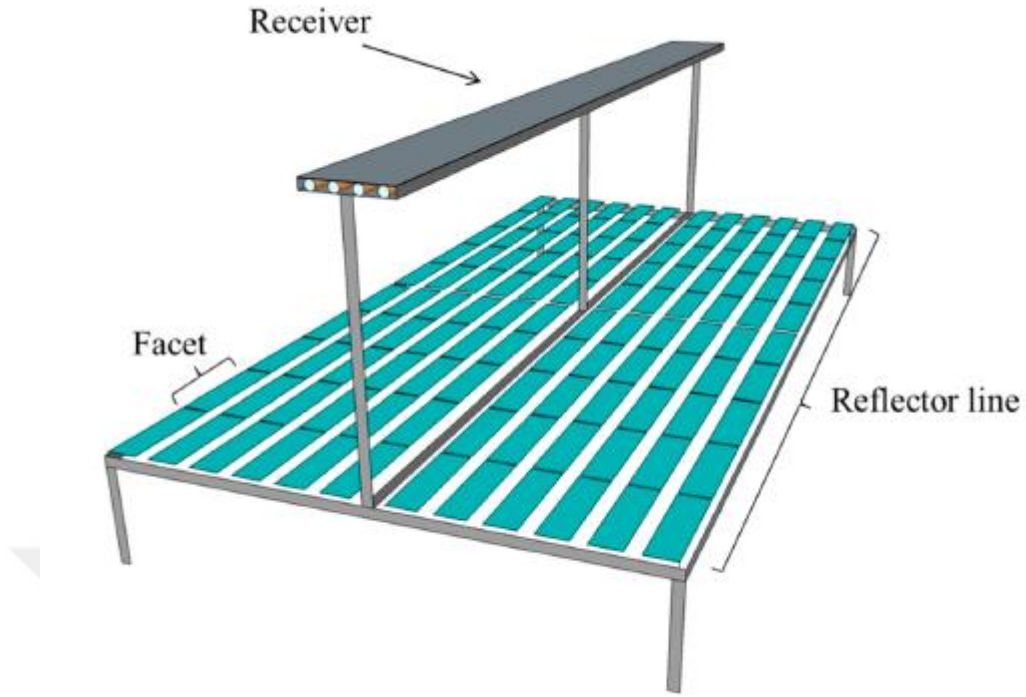
Amine ve Sallaou (2019), Konsantre güneş enerjisinin (CSP) enerji verimliliğinin artırılması, bu teknolojilerin pazar sürecini hızlandırmak için büyük önem taşımaktadırlar. CSP bileşenlerinin tasarımı, üretim maliyetinin yanı sıra enerji verimliliğini de hesaba alınmalıdır. Bu çalışmada, mevcut çevresel koşulları hesaba katarak doğrusal fresnel kolektörün optik verimliliğini analiz etmek için bir yöntem önermektedirler. Amaç, üretimi sırasında iyi bir optik verimliliği düşük hammadde tüketimi ile birleştiren fresnel kolektörünü tasarlamaktır. İlk adım, dış çevrenin kolektör yapısının mekanik davranışı üzerindeki etkisini ölçmektir. Rüzgâr etkisi ve diğer harici yüklerin neden olduğu kolektör yapısının deformasyonunu hesaba katarak yansıtıcı aynaların optik performansını ölçmek için ışın izleme yöntemi kullanılır. Önerilen yöntemi örneklemek için, optik verimlilik ve yapı ağırlığı açısından performansları en üst düzeye çıkarmak için kolektörün birçok tasarım çözümü analiz edilmiştir. Daha sonra her bir tasarım çözümünün performanslarını tek bir değerde sentezlemek için tercihe dayalı çok amaçlı bir model kullanılmıştır.



Şekil 2.6. Lineer Fresnel Kolektör Yapısı (Amine, 2019)

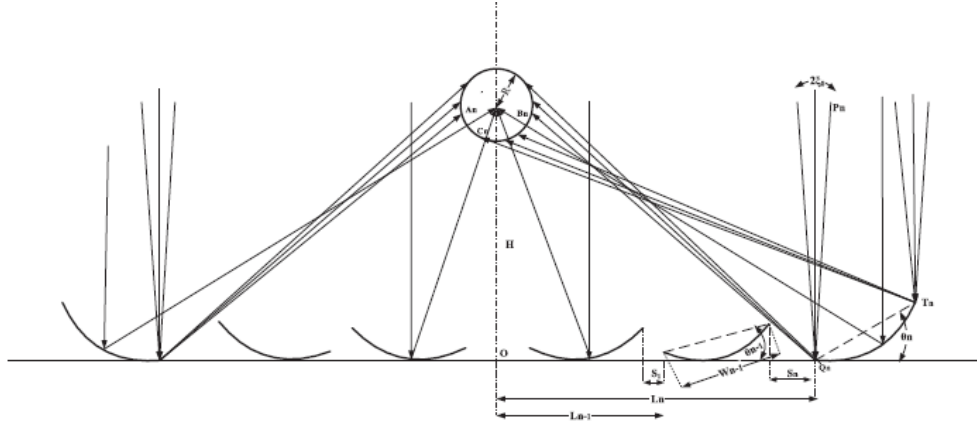
2.2. Lineer Fresnel Kolektörde Yansıtıcı Yüzey

Iparraguirre ve ark. (2019), Doğrusal fresnel kolektörün ayna yüzeylerini üretmek için farklı prosedürler bu makalede ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Üretime başlamadan önceki ilk adım, yansıtıcının geometrik şeklinin seçimidir. Üç ayna şekli ele alınmıştır: düz, silindirik ve parabolik. Optik davranıştan ödün vermeden en basit üretim sürecine götüren, uygun konfigürasyon olarak tanımlanan silindirik şekilli ayna olduğunu tespit etmişlerdir. Tek bir kavisli alüminyum plakaya vakumla yapıştırılan bir aynadan oluşan düzeneğin en iyi sonuçları verdiği görülmüştür. Bu, elde edilen optik performansa ve daha büyük bir üretim sürecini gerçekleştirmek için özel ve uygulaması kolay adımlar sağlayan montaj sürecinin teknik yönlerine dayanmaktadır. Hatalardan yanı sıra, hedef alana yoğunlaştırılmış ışık miktarı açısından yansıyan ışınlar kesinlikle optimumdur. Ayrıca, yansıyan görüntünün şekli de beklenen sınırlar içinde olduğu gözlemlenmiştir. Son olarak, bu çalışma doğrusal fresnel güneş kolektörlerinin yapımında yararlı bir araç olmayı hedefliyor ve bu yoğunlaştırıcı güneş teknolojisi gelişiminin geliştirilmesindeki pratik deneyimi yaygınlaştırmayı hedeflemektedirler.



Şekil 2.7. Lineer Fresnel Kolektör Şekli (Iparraguirre, 2019)

Momeni ve ark. (2019), bu çalışmada ilk defa düz yansıtıcılar yerine parabolik yansıtıcılar kullanımının Fresnel solar yoğunlaştırıcı üzerindeki etkileri inceleyerek bu yeni sistem için ışın izleme yöntemi ile yerel konsantrasyon oranı dağılımı belirlenmişlerdir. Absorber yüksekliği ve reflektör genişliği gibi geometrik parametrelerin konsantrasyon oranına etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar, hafif kavisli parabolik yansıtıcıların kullanılmasının absorber boru çapı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu ve fresnel kolektörde parabolik reflektör kullanıldığında daha geniş reflektörlerin kullanılabileceğini, böylece reflektör sayısının azaldığını buna bağlı olarak daha sade kontrol sisteminin kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 2.8. Parabolik reflektörlü Fresnel güneş yoğunlaştırıcı (Momeni, 2019)

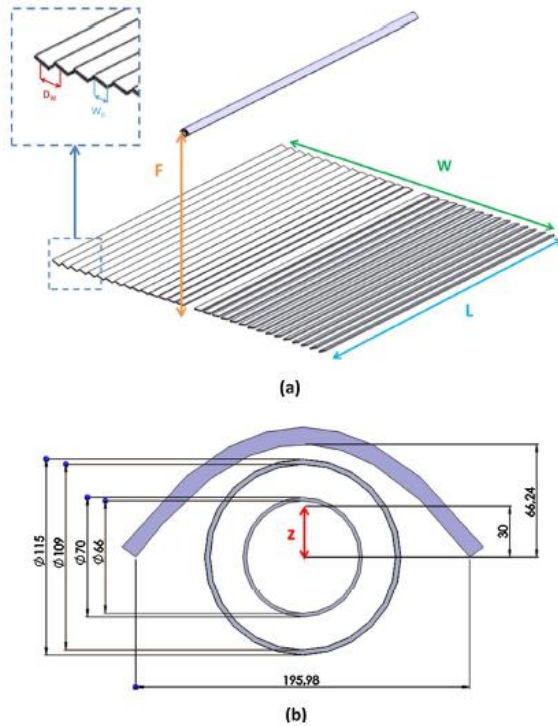
Abbas ve ark. (2013), Lineer fresnel kolektörler, maliyetleri düşürme ihtimali çok yüksek bir sistem olarak görünmektedir. Lineer fresnel kolektörler az verimli bir sistem olarak kabul edilir. Bununla birlikte, hafifçe bükülmüş aynaların kullanılması, diğer CSP teknolojilerine göre bariz maliyet avantajlarıyla birlikte yüksek konsantrasyon oranlarına sahip olmaktadır. Bu çalışmada, farklı ayna şekilleri kullanılarak düz bir alıcıda elde edilen radyasyon akısını inceler ve yıl boyunca değişimini analiz eder. Doğrusal fresnel kolektör tasarım değişkenleri gözden geçirilir ve fresdemo prototipinin ışın izleme modeli ile simüle edilmiştir. Sonuçlar beklenenden daha yüksek performans gösteriyor. Ek olarak; yaz ve kış günleri arasında önemli konsantrasyon farklılıkları olduğunu tespit etmişlerdir.

2.3. Lineer Fresnel Kolektörde Isı Transfer Akışkanı Kullanımı

Bacheliera ve Jager (2019), Bu çalışmada, ısı transfer sıvısı olarak erimiş tuz veya sıvı metaller kullanan doğrusal bir fresnel güneş kolektörü döngüsünün termal-hidrolik analizinin sonuçları sunmaktadırlar. Bu çalışmanın amacı, güneş termal elektrik santrallerine kullanılan ısı transfer akışkanı olarak sıvı metalleri (örneğin sodyum) veya erimiş tuzları (örneğin güneş tuzu) kullanmanın faydalarını ve zorluklarını karşılaştırmaktır. Sodyum ve güneş tuzunun temel termo-fiziksel özelliklerini inceledikten ve karşılaştırdıktan sonra, çeşitli tesis işletim senaryoları için ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu'nun en iyi tahmin sistem kodu TRACE

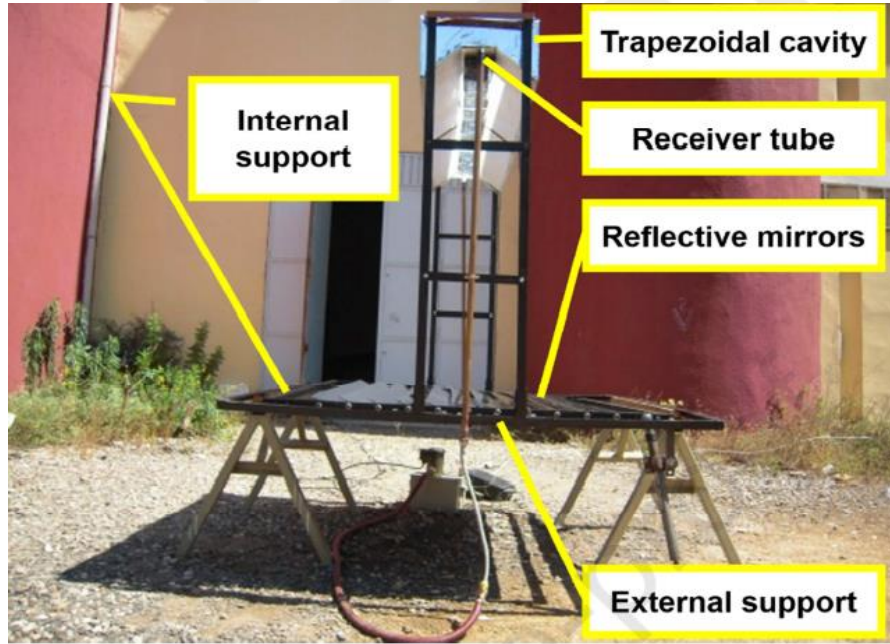
kullanılarak termal-hidrolik simülasyonlarından elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Sonuçlar, sodyumun ısı transfer sıvısı olarak kullanıldığında güneş tuzuna göre çeşitli avantajlar sunduğunu göstermektedir.

Bellos ve ark. (2018), Doğrusal fresnel kolektörleri, orta ve yüksek sıcaklıklarda güneş ışınımının kullanılması için umut verici teknolojilerdir Bu çalışmanın amacı, düz birincil aynalara ve parabolik şekilli ikincil bir yansıtıcıya sahip lineer bir fresnel toplayıcıyı optik ve termal olarak araştırmaktır. Bir sonraki adım, kolektörün üç farklı çalışma sıvısı ile termal analizidir: termal yağ, erimiş tuz ve sıvı sodyum kullanılarak analiz edilmiştir. Hem optik hem de termal analiz SolidWorks Flow Simulation ile gerçekleştirilmiştir. Sıvı sodyum, termal ve ekserji kriterlerine göre en iyi aday olarak bulunurken, sırasıyla erimiş tuz ve ısı transfer yağ takip etmektedir. Ancak, sıvı sodyum kullanımının yüksek riskleri her durumda dikkate alınmalıdır. Yüksek ısı transfer katsayısı, sıvı sodyumun üstün performansının sebebidir. Erimiş tuzun daha yüksek basınç düşüşüne ve dolayısıyla daha yüksek pompalama işi talebine sahip olduğu bulunmuştur.



Şekil 2.9. a) İncelenen lineer Fresnel Kolektör (b) İkincil reflektör (tüm boyutlar mm olarak verilmiştir) (Bellos, 2018)

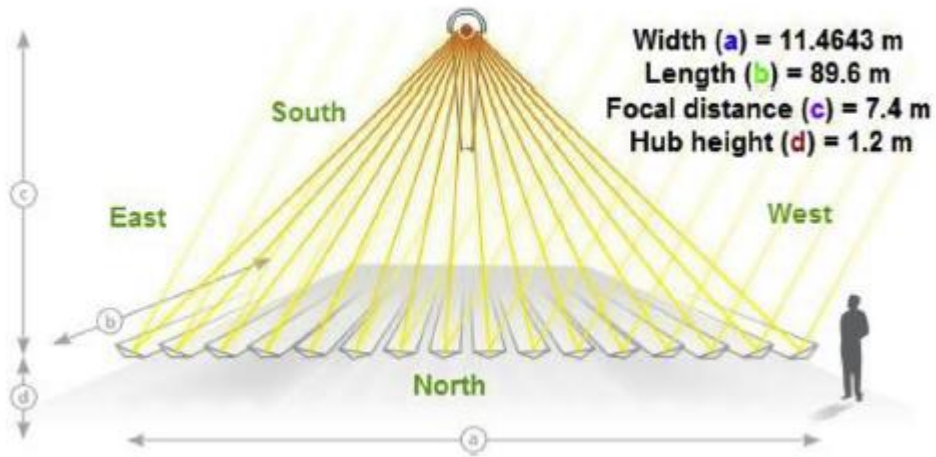
Said ve ark. (2020), Bu çalışmada, Cezayir'in Blida bölgesinde bir lokasyonda rGO-Co₃O₄ / su hibrit nanosıvılar kullanarak küçük prototip bir doğrusal fresnel kolektörün ısı transferini arttırmayı amaçlamaktadırlar. Değişen konsantrasyonlarda (ağırlıkça %0.05, ve %0.20) ve sıcaklıklarda (20-60 ° C) hibrit nanosıvılar hazırlanmıştır. 0.2 wt için. rGO-Co₃O₄ nano sıvıların % 'si, viskozite ve yoğunluk sırasıyla % 70.83 ve % 0.47 artarken, özgül ısı, baz sıvı verilerine göre 60 ° C sıcaklıkta % 0.17 azalmıştır. Alıcı boru enerji denge denklemleri MATLAB yazılımı kullanılarak çözülmüştür. Hibrit nano akışkanın ağırlıkça %0.2'sinin kullanılmasıyla, ortalama termal verimlilik % 2.75 ila % 31.95, ortalama ekserji verimliliği % 23.67 ila % 2.27 ve ortalama sıcaklık 9.42 ° C arttığı gözlemlenmiştir. Ek olarak, ortalama ısı transfer katsayısı, ortalama ısıl iletkenlik, Nusselt sayısı ve performans değerlendirme kriterleri, ağırlıkça 0.2 wt'de rGO-Co₃O₄ / su nanoakışkan kullanılarak iyileştirilmiştir. Ortalama entropi üretimi ve elektrik enerjisi tüketimi sırasıyla %59,48 ve %20,30 azalırken, CO₂ emisyon azalımı 253,94 kg olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2.10. Deneysel prototip (Said, 2020)

Ghodbane ve ark. (2019), Doğrusal fresnel kolektör, düşük maliyetle karakterize edilen yeni bir teknolojidir, ancak ısı verimliliği hala diğer yoğunlaştırıcı teknolojilerine kıyasla düşük kabul edilmektedir. Bu sorunu hafifletmenin alternatiflerinden biri, nano akışkanlar kullanarak ısı transferini ve termal performansı

artırmaktır. Bu bağlamda, ısı transferi, nanoakışkanlar kullanılırken termal performansı incelemek için küçük bir doğrusal fresnel toplayıcıda analiz edilmelidir. Bu çalışmada kullanılan çalışma sıvıları arıtılmış su (DW) ve nanopartiküller (MWCNTs)'dir. Enerji dengesi denklemlerini analiz etmek ve basitleştirmek için sonlu farklar sayısal yöntemi kullanılmıştır. Topaklaşma belirtisi olmadan altı aylık bir süre boyunca kararlı nanoakışkanlar elde edildi. Sayısal sonuçlara dayanarak, nanopartiküllerin güneş sisteminin ısı verimini iyileştirdiği sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte, deneysel araştırmalar bu sonucu doğrulamak ve nanopartikülleri kullanmanın pratik zorluklarını belirlemek için hala önemli olduğunu savunmuşlardır.



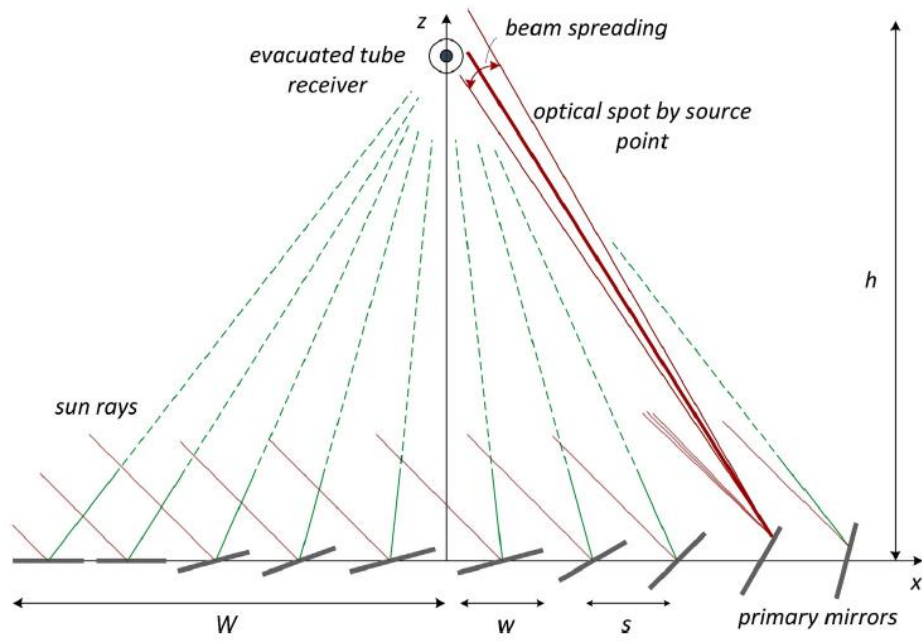
Şekil 2.11. Lineer Fresnel güneş yoğunlaştırıcının boyutları (Ghodbane, 2019)

2.4. Lineer Fresnel Kolektörde İkinci Reflektör Kullanımı

Minaeian ve ark. (2020) Bu çalışmada, ikinci reflektörlerin dairesel, düz, birkaç parçalı düz ve parabolik olmak üzere dört farklı türü incelenmiş ve optik olarak karşılaştırılmıştır. Tüm geometrik parametreler her durum için ayrı ayrı optimize edilmiştir. Absorber üzerindeki güneş akısı yoğunluğunu hesaplamak için MATLAB yazılımına dayalı olarak geliştirilen matematiksel bir kod kullanılarak bir ışın izleme yöntemi uygulanmıştır. Tüm ikinci reflektörler, değişken geometrik parametrelerle simüle edilmiştir. Akı yoğunluğu ve akı homojenliği açısından diğer durumlara kıyasla her ikincil reflektör tasarımının en verimli geometrisini elde etmek için çok çeşitli

geometrik parametreler araştırılmıştır. Sonuçlar, dairesel ve parabolik ikincil reflektörler kullanılarak güneş akısının en yüksek verime ulaştığı gözlemlenmiştir. Üretim maliyetini önemli bir parametre olarak değerlendirdiğimizde, düz reflektör akı miktarı açısından en avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Son olarak, üç kriterin tümü, yani akı miktarı, dağıtımı ve üretim maliyeti dikkate alındığında, düz reflektör en uygun ikincil reflektör olarak seçilebilir olduğu görülmüştür.

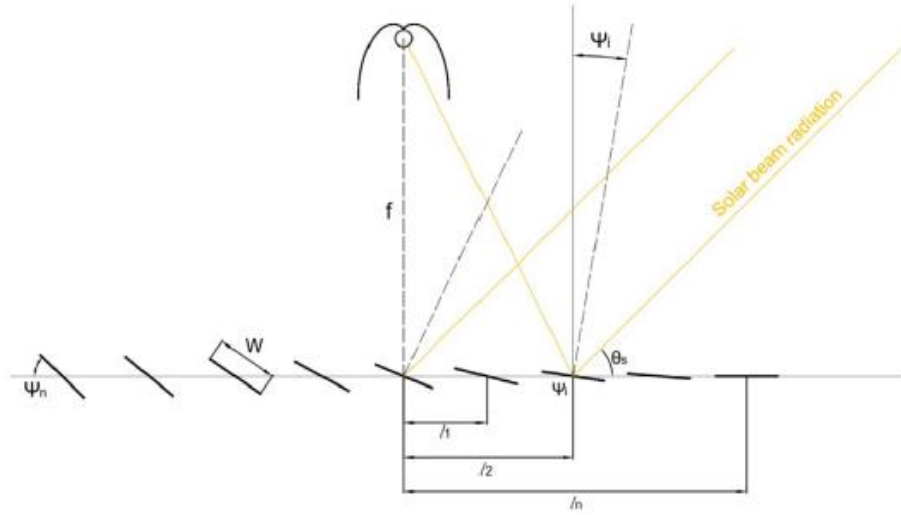
Vouros ve ark. (2019) İkinci reflektörün tasarımı için yeni bir ışın izleme optimizasyonu sunmaktadırlar. İkinci reflektörler, hedef dışı ışınları toplamak ve alıcıya geri yönlendirmek için kullanılmaktadır. Ancak, fresnel kollektörlerde birincil aynalardan yansıyan ışınların yönü değiştiğinden, hedef dışı ışınların tümünü toparlayamazlar. Maksimum performansa sahip optimize edilmiş bir ikincil reflektör tasarlamak için, ışın izleme tabanlı bir yaklaşım önerilmektedirler. Bu yöntemle göre, reflektörü oluşturmak için uyarlanmış bitişik bölümlerin yönelimleri, hedef dışı ışınların maksimum konsantrasyonunun ikincil yansıma ile alıcıya yeniden yönlendirilmesini sağlar. Fresnel toplayıcının optik verimliliği, açık kaynaklı bir ışın izleme yazılımı kullanılarak değerlendirilir. Sonuçlar, ikincil reflektörlü sistemin optik performansının önemli ölçüde arttığını göstermektedir. Çeşitli şekiller arasında en verimli olanı, alıcıdan dikey mesafenin daha küçük olmasıdır. Bu şekil için başarılı ışın oranı %95'in üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 2.12. Lineer Fresnel Kolektör modeli (Vouros, 2019)

2.5. Lineer Fresnel Kolektör Optimizasyonu

Nunez ve ark. (2020) Bu çalışmada, Hesaplamalı akışkanlar dinamiği, entropi üretim hızı ve evrimsel programlama yöntemine dayalı bir doğrusal fresnel kollektörün optimizasyonunu sunmaktadırlar. Optimizasyon sürecinin amaç işlevi, absorber boru üzerindeki emilmiş radyasyon güneş ışınının maksimize edilmesini ve toplam entropi üretim hızının minimuma indirilmesini hesaba almaktadırlar. Nesil başına her bireyin doğrusal fresnel kollektör geometrilerini oluşturmak için bir dizi tasarım denklemi kullanılmışlardır. Tasarım denklemleri, diğerlerinin yanı sıra, aynaların açıları ve mesafeleri ile ikinci reflektörün yapımı için gerekli geometrik parametreler arasındaki bir bağlantıyı dikkate almışlardır. Evrimsel Programlama, nesil başına altı kişiden oluşan küçük bir popülasyonu dikkate alır ve açıklık alanı, aynaların genişliği ve uzunluğu gibi geometrik parametreler için bir arama alanını hesaba almaktadırlar. Son olarak, hesaplamalı akışkanlar dinamiği, entropi üretim hızı ve evrimsel programlamanın kombinasyonu, doğrusal fresnel kollektör gibi bir güneş termal cihazı için en uygun geometriyi elde etmeye yardımcı olacağı sonucuna varılmıştır.



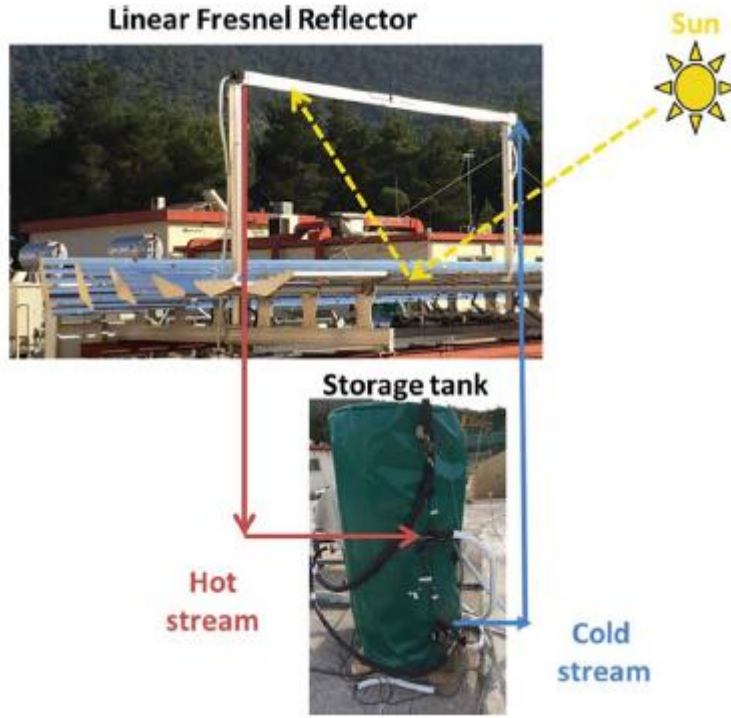
Şekil 2.13. Lineer Fresnel Kolektörün geometrisinin şematik gösterimi (Nunez, 2020)

Abbas ve ark. (2015) Doğrusal fresnel kolektör verimliliği artırmak için hala büyük bir marj sunuyor. Hem prototipler hem de ticari tesisler olmak üzere şu ana kadar kurulan bu tür güneş kolektörleri, güneş kolektörleri boyunca sabit ayna genişlikleri ile tasarlanmıştır. Bu çalışmada, farklı ayna genişlikleri kullanılarak maliyette herhangi bir artış olup olmadığı incelenmiştir. Doğrusal bir fresnel kolektörde konsantrasyon işleminin analitik bir çalışması, sistemin verimliliğini artırmaya yardımcı olabilir. Aynanın genişliğine ve konumuna bağlı olarak farklı bir etkiyle yansıyan ışın yönünde hatalara yol açan farklı nedenlerin olduğu görülmüştür. Ek olarak, komşu aynalar arasındaki gölgeleme ve engelleme etkileri de bu tür değişkenlere bağlıdır. Bu nedenle, aynaların genişliği ve kayması, sistemin verimliliğini artıran alan boyunca değişebilir.



Şekil 2.14. Ana geometrik özelliklere sahip bir fresnel kollektör (Abbas, 2015)

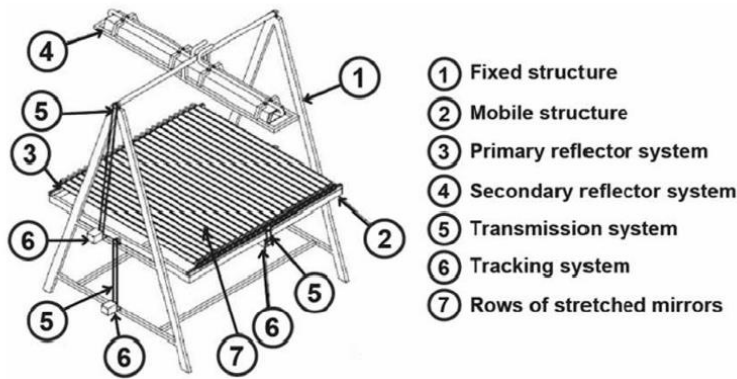
Bellos ve ark. (2018), Bu çalışmada, bir depolama tankına entegre edilmiş doğrusal bir fresnel kolektörün günlük performansını incelemişlerdir. Analiz; deneysel analiz ve araştırılan olgunun teorik formülasyonunu olarak iki yönde gerçekleştirilir. Deneyler Mayıs'tan Ekim'e kadar Atina'nın (Yunanistan) iklim koşullarında gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen matematiksel model, kollektör devresindeki ve depolama tankındaki enerji dengesini kontrol etmeye dayanmakta ve doğruluğu deneysel sonuçlarla doğrulanmaktadır. Mevcut çalışmanın ana sonuçları; Önerilen matematiksel modellemenin hem günlük hem de anlık performans açısından yeterince doğru olduğu görülmüştür. Model ve deneysel sonuçlar arasında günlük enerji üretimindeki ortalama sapma %3,6 olarak bulunmuştur. Bu model hem açık hem de bulutlu günler için geçerlidir, bu nedenle her türlü hava koşulunda uygulanabilir. Mevcut toplayıcının günlük ortalama olay açısı değiştiricisi için analitik denklemler önerilmektedir. Bu denklemler, doğrusal fresnel kollektörün hızlı ve doğru bir optik değerlendirmesine izin verir. 22 Haziran için mevcut sistemin maksimum faydalı ısı üretimi güneş öğlen saatine yakın bulunmuştur. Günlük faydalı enerji üretiminin incelenen günler arasında 50 MJ ile 260 MJ arasında değiştiği bulunmuştur. Onu etkileyen en önemli parametreler, gün içindeki güneş pozisyonu ve her gün içindeki bulutluluk derecesidir.



Şekil 2.15.Linear Fresnel Kolektör ve depolama tankı (Bellos, 2018)

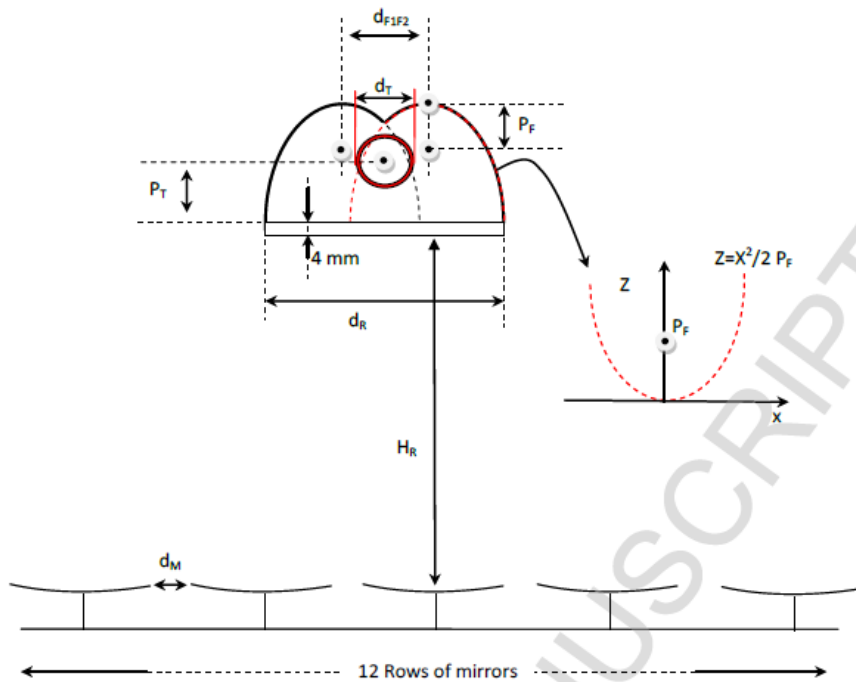
Mehrpooya ve Karimi (2020), Şimdiye kadar, hidrojen üretmek için doğrusal fresnel kollektör ve katı oksit elektroliz hücresinin termokimyasal depolama tanklarıyla eşzamanlı kullanımı üzerine hiçbir araştırma yapılmamıştır. Bu çalışmada, güneş enerjisi kullanarak sabit bir hidrojen akışı üretmek amacıyla yeni geliştirilmiş bir sistem önerilmektedir. Sistem dört ana alt sistem içerir. Bu alt sistemler arasında doğrusal fresnel güneş kollektörleri, katı oksit elektroliz hücresi, rankine güç üretim döngüsü ve termokimyasal enerji depolama birimi bulunur. Alt sistemlerin modellenmesi MATLAB ve Aspen HYSYS yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Sistem, termodinamiğin birinci ve ikinci yasaları açısından incelenmiştir. Ayrıca farklı periyotlarla termal enerji depolamanın genel performansa etkisi araştırılmıştır. Dört termal enerji depolama senaryosu ve bunların enerji ve ekserji verimliliği üzerindeki etkileri, sonuç olarak sunulmuştur. Sistem saatte 50,4 kg hidrojen üretebilmektedir. Sonuçlar, Rankine döngüsünün elektrolizör tarafından tüketilen elektrik gücünün %42,78'ini sağlama kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, termal enerji depolama süresinin bir yıla çıkarılmasıyla enerji ve ekserji verimleri sırasıyla %20,17 ve %13,73'e ulaşacağını iddia etmektedirler. Bu durumda sistem için gerekli olan enerjinin 0,83'ü güneş enerjisi ile sağlanmaktadır.

Barbon ve ark. (2020), Güneş takip sistemleri, küçük ölçekli doğrusal fresnel kollektör sistemlerinde optimum verimlilik için vazgeçilmez bir gerekliliktir. Bu nedenle, güneş takip sistemlerinde izleme hatalarının enerji üretimi üzerindeki etkisine ilişkin kapsamlı bir çalışma gereklidir. Her bir aynanın herhangi bir anda ürettiği güç, aynı zamanda, hata altındaki varyasyonunun yanı sıra açıkça hesaplanmıştır. Bu çalışmada, küçük ölçekli bir doğrusal fresnel kollektörün birinci reflektör sistemindeki olası güneş izleme hatalarının soğurulan gücü üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Önemli güç kayıplarını önlemek için güneş'in hareketinin izlenmesinin hassas olması gerekir. Özel olarak geliştirilmiş mathematica kodunu kullanarak, güneş izleme hataları altında doğrusal fresnel sisteminin her bir aynasından gelen soğurucu tüp tarafından emilen gücün doğru bir değerlendirmesini sağlamışlardır. Güneş takip hatası altındaki güç kayıplarını, optimal koşullarda teorik güç üretimi ile karşılaştırılmıştır. Ana bulgularımız, güneş izleme hatalarının, soğurulan güç kaybı oranı üzerinde oldukça doğrusal olmayan doğrudan bir etkiye sahip olduğudur: hata ne kadar büyükse, kayıp oranı o kadar büyüktür, bu nedenle çok küçük güneş izleme hataları kabul edilebilir. Ayrıca, bizim ayarlarımızda güneş izleme hatası tüm aynalar için aynı olduğundan, güç kaybı grafiği merkezi aynaya göre simetrik değildir. Güneş takip sisteminin hatasını en aza indirmek için aynaların hareketini optimize etmemize izin veren bir teknik geliştirmesi gereklidir.



Şekil 2.16. Lineer Fresnel kolektörün ana parçaları (Barbon, 2020)

Ajdad ve ark. (2018), Bu çalışmada, doğrusal fresnel kolektör güneş yoğunlaştırıcılarının Optik-geometrik optimizasyonuna parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) yönteminin uygulanmasını önermektedirler. Sistemin optik-ışınma davranışı, optik performansları ve soğurucu tüp tarafından toplanan ışıma enerjisini hesaplayan ışın izleme-Monte Carlo algoritmasına dayalı olarak modellenir. Bu sistem için, optik optimizasyon için partikül sürüsü optimizasyon yönteminin uygulanması henüz çalışılmamıştır. Bu nedenle, bu yöntemin test edilmesi ve geliştirilmesi, bu çalışmanın diğer amaçlarından biridir. Bu anlamda, esas olarak Monte Carlo ışın izleme algoritması ile parçacık sürüsü optimizasyon yöntemi arasındaki birleştirme stratejisini sunmaktadırlar. İlk olarak, oluşturulan PSO optimizasyon algoritması, doğrusal fresnel kolektör sonuçları ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır.

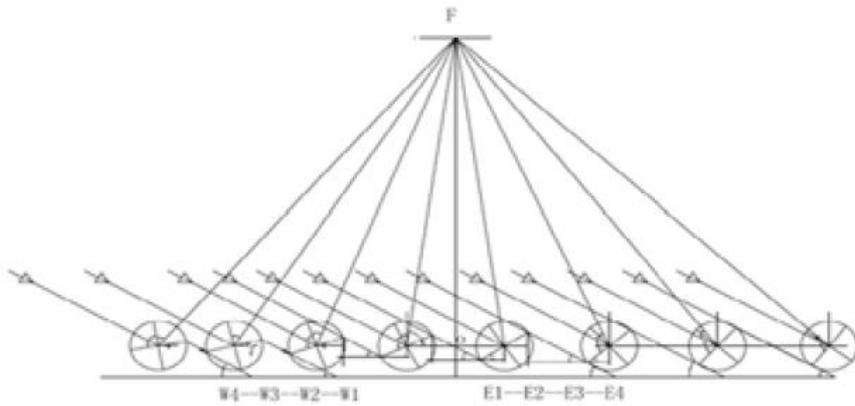


Şekil 2.17. Fresnel güneş yoğunlaştırıcısının geometrik detayları (Ajdad, 2018)

Barbon ve ark. (2020), Bu çalışmada, beş avrupa lokasyonundaki kentsel uygulamalar için küçük ölçekli doğrusal fresnel kolektörlerin alıcıda oluşan ısı kayıpları üzerindeki rüzgâr etkilerini araştırmışlardır. Kentsel uygulamalar için küçük

ölçekli doğrusal fresnel kollektörlerin kurulumu için gerekli alan kritik bir parametre olduğundan, maksimum enerji-alan oranı konfigürasyonları kullanılmıştır. Analiz, farklı rüzgâr hızları ve rüzgâr yönleri için SolidWorks Flow Simulation ile yapılmıştır. Bir küçük ölçekli doğrusal fresnel kollektörlerin ikinci reflektör sistemindeki ısı kayıplarının 3 boyutlu sayısal simülasyonları, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) modeline dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Rüzgâr hızları (1, 2.5, 5 ve 10 m/sn) için simüle edilmiş veriler ile korelasyon verileri arasında iyi bir uyum içinde olduğunu bulmuşlardır, çünkü sapmalar %6: 5'ten büyük değildir. İkinci reflektör sisteminin ısı kayıplarını değerlendirmek için CFD simülasyonları yapılmıştır. İkincil reflektör sistemindeki ısı kayıpları, farklı rüzgâr hızları, rüzgâr yönleri, maksimum enerji-alan oranı konfigürasyonu, uzunlamasına açılar, ortam sıcaklıkları ve soğurucu tüpün kaplama emisyonları için analiz edilmiştir. Rüzgâr hızının arttığı çoğu simülasyonda, kuzey rüzgâr yönünde ısı kayıpları biraz daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

He ve ark. (2012), Işın izleme teknolojisi ve geometrik analiz kullanarak, ayna elemanları kuzey-güney yönünde olan doğrusal fresnel güneş kollektörlerinin eşit genişlikteki ve değişen genişlikteki yansıtıcılar kullanarak ve alıcının değişen yükseklikte değerler kullanılarak yeni tasarım yöntemi sunmuşlardır. Ek olarak ayna elemanlarının verimliliğini tartışmışlar, 5° 'de 30° ile 150° arasında değişen değerler kullanılarak doğrusal fresnel güneş kollektörlerinin verimini hesaplamışlardır.

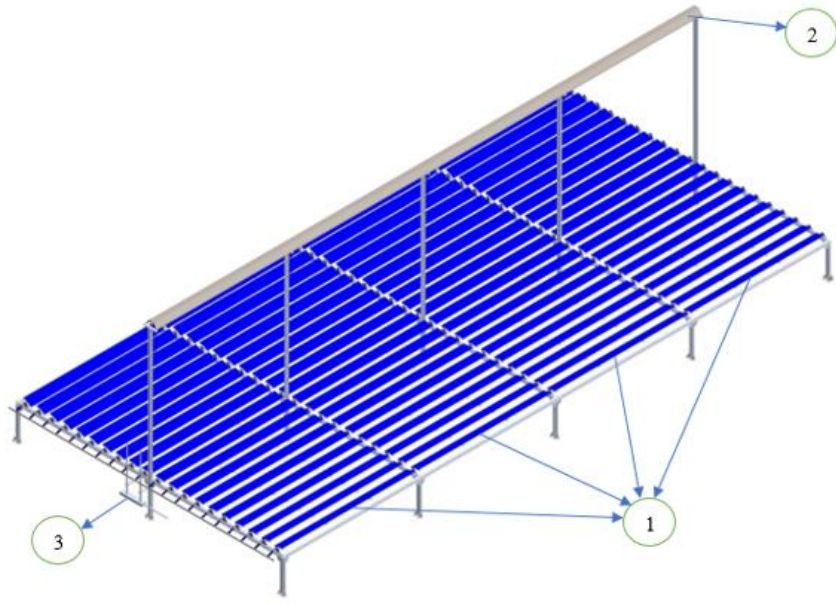


Şekil 2.18. Gelen ışık açısı 30° olduğunda yansıtıcı görünümü (He, 2012)

Ajdad ve ark. (2020), Direk Normal Işıma (DNI) seviyesine ve fosil yakıt fiyatına göre doğrusal fresnel kolektörün maliyet etkinliğinde bir adım ileriye gitmeyi hedefleyen bu çalışma, fresnel teknolojisine dayalı güneş kazanının ekonomik rekabet gücünü değerlendiriyor ve proses ısısına ihtiyaç duyan endüstriler için ısı üretmeye adanmıştır. Fresnel kolektörün endüstride kullanılabilirliği için, toplam geri ödeme süresi birkaç senaryo ile analiz edilmiştir: Doğrusal fresnel kolektör toplam geri ödeme süresi piyasada halihazırda mevcut olan kazanlarla, örn. Yakıt Kazanları, Dizel Kazanlar, vb. karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuçları, doğrusal fresnel kolektörün piyasada bulunan kazanlara mükemmel bir alternatif olabileceğini ve geri ödeme süresinin DNI seviyesine göre koşullandırıldığını ve seçilen senaryoya bağlı olarak 2 ile 9 yıl arasında değiştiğini göstermişlerdir.

2.6. Lineer Fresnel Kolektör

Fresnel kolektörler, çizgisel odaklamalı güneş enerjisi teknolojilerinden biridir. Temel bileşenleri; reflektör, alıcı yüzey ve alıcı yüzey içerisinden geçen ısı transfer akışkanıdır. Reflektör olarak adlandırılan düz ve uzun birçok reflektör üzerine gelen güneş ışınlarını, odak ekseninde bulunan bir boru (alıcı yüzey ya da yutucu) yüzey üzerine yansıtarak, absorber borusu içerisinden geçen akışkanın yüksek sıcaklığa çıkmasını sağlamaktadır. Lineer fresnel kolektörler ile absorber borusu içerisinden geçen ısı transfer sıcaklığını 400°C mertebelerine ulaştırmak mümkün olup; direkt endüstriyel buhar üretimi ya da bir buhar türbini devresi kullanılarak elektrik üretimi mümkün olabilmektedir. Lineer fresnel kolektör sisteminin ana bileşenleri Şekil 2.19'da gösterilmiştir.



Şekil 2.19.Linear Fresnel Kolektörün Temel Bileşenleri

- Yansıtıcı yüzey (reflektör)
- Alıcı yüzey (absorber: yutucu)
- Güneş takip sistemi

2.6.1. Yansıtıcı yüzey

Yansıtıcı yüzey, üzerine düşen ışınları yansıtan herhangi bir pürüzsüz ve parlak yüzey olarak tanımlayabiliriz. Düz ve birbirine paralel yansıtıcı şeritlerinden oluşmaktadır. Yansıtıcı olarak ayna tercih ediliyor. Yoğunlaştırıcı sistemler için solar ayna kullanılmaktadır. Yansıtıcı yüzey için en önemli tasarım parametreleri; ayna genişliği, Ayna sıra sayısı ve ardışık iki ayna arasındaki boşluklardır. Birincil reflektörler, yüksek yansıtma özelliğine sahip düz veya elastik olarak kavisli aynalardan oluşabilir.

2.6.2. Alıcı yüzey

Alıcı yüzey; absorber, yutucu veya soğurucu olarak adlandırılabilir. Alıcının ana bileşenleri; absorber borusu, ikinci reflektör ve ısı transfer akışkanıdır.

2.6.2.1. Absorber borusu

Absorber borusu silindir şeklinde olup iletkenliği yüksek malzemeler tercih edilmektedir. Genellikle bakır boru kullanılmaktadır. Bazı çalışmalarda absorber borusu paslanmaz çelik olarakta kullanılabilir.

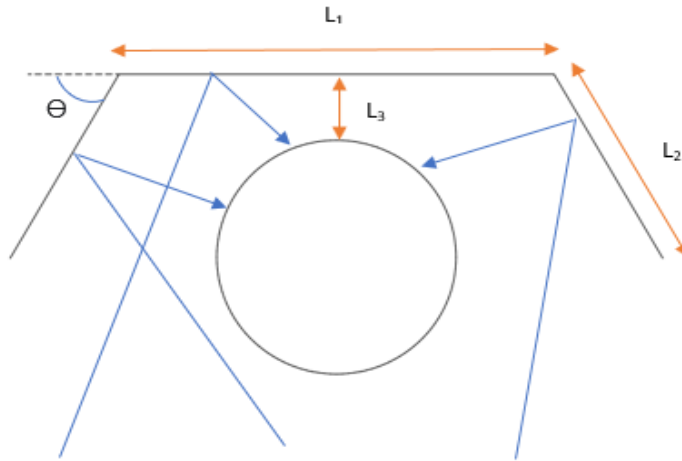
2.6.2.2. İkinci reflektör

Fresnel kolektörlerinin absorber borusu üzerine ikinci bir reflektör yerleştirilerek, kaybolan ışınlar çoğunlukla absorber borusuna yönlendirilir ve daha yüksek bir optik verimlilik elde edilir. İkincil reflektörlerin geometrisi ve konfigürasyonu, optik verimlilik üzerinde yoğun bir etkiye sahiptir. Bu nedenle ikincil reflektörlerin en uygun şeklinin ve konfigürasyonunun belirlenmesine ihtiyaç vardır. Aşağıda ikinci reflektör çeşitleri sıralanmıştır (Minaeian, 2020).

2.6.2.2. 1. Üç bölümlü düz trapez şeklinde ikinci reflektör

Bu konfigürasyon, üç bölümlü düz bir reflektörden oluşur (Şekil 2.20). Bölümler arasındaki boyut ve açı, uygun koşulları elde etmek için ayarlanması gerekir. Yan bölümler, simetrik olarak orta bölümün etrafına yerleştirilmiştir. Bu reflektörün performansına ilişkin etkili parametreler aşağıdaki gibidir (Minaeian, 2020).

- kanatçıkların yataya (Θ) göre eğimi,
- orta bölüm genişliği (L_1),
- yan bölümlerin genişliği (L_2),
- soğurucu tüpün üzerindeki dikey mesafe (L_3).



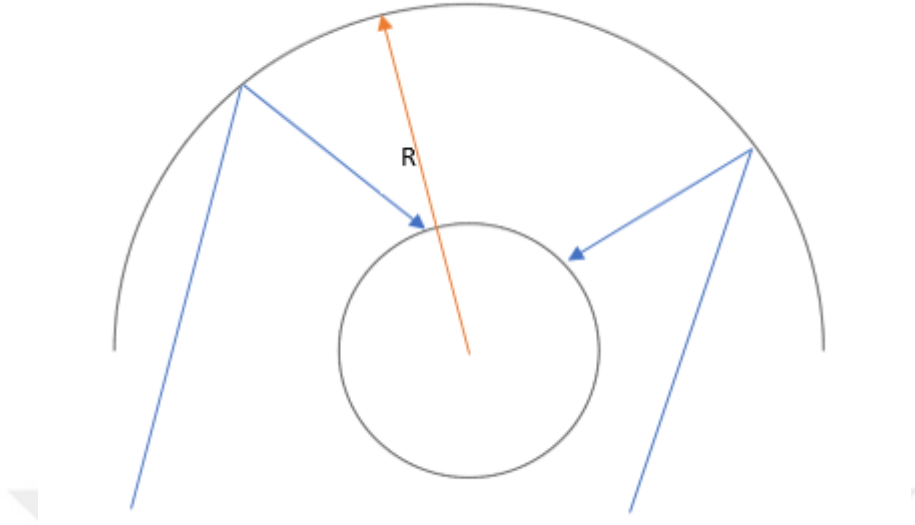
Şekil 2.20. Üç bölümlü düz trapez şeklinde ikinci reflektör (Minaeian, 2020)

2.6.2.2.2. Dairesel şeklinde ikinci reflektör

Bu konfigürasyon, Dairesel bir reflektörden oluşur (Şekil 2.21). Bu reflektörün performansına ilişkin etkili parametreler aşağıdaki gibidir (Minaeian, 2020).

- ikincil reflektörün yarıçapı (R),
- reflektör merkezi ile birincil reflektörler arasındaki dikey mesafe (h).

Dairesel reflektörün yarıçapındaki (R) veya yüksekliğindeki (h) küçük değişiklikler bile, absorber üzerindeki radyasyon akışında oldukça büyük değişikliklere yol açar. Bu nedenle, bu durum parametrelere o kadar duyarlıdır ki, bu konfigürasyonun uygulanmasının amaçlanması durumunda iyi analiz edilmelidir.

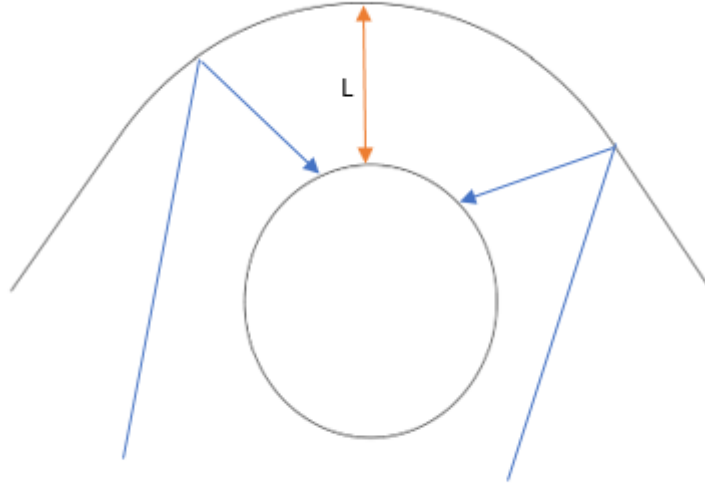


Şekil 2.21. Dairesel şekilde ikinci reflektör (Minaeian, 2020)

2.6.2.2.3. Parabolik şekilde ikinci reflektör

Parabolik yoğunlaştırıcılar, güneş enerjisi santrallerinde yaygın olarak kullanıldıkları için uygun ikinci reflektörler gibi görünmektedir (Şekil 2.22). Bu konfigürasyon için değişken parametreler aşağıdaki gibidir (Minaeian, 2020).

- parabol odak mesafesi (h),
- soğurucu tüp ile parabolik reflektör arasındaki dikey mesafe (L).



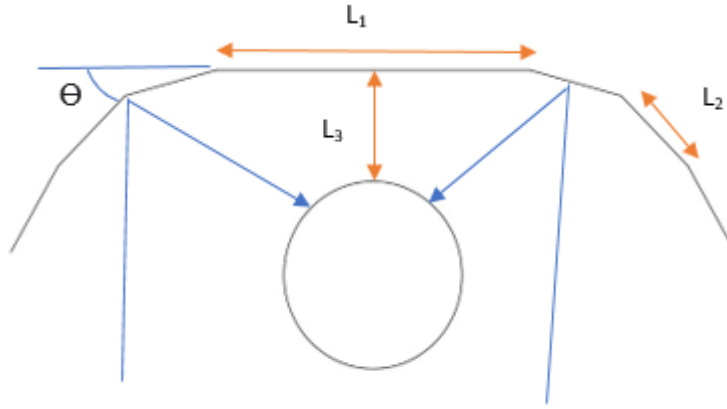
Şekil 2.22. Parabolik şeklinde ikinci reflektör (Minaeian, 2020)

2.6.2.2.4. Birkaç parçalı düz şekilde ikinci reflektör

Sistemin performansını iyileştirmek için, düz reflektör ve dairesel reflektör birleştirilerek birkaç düz parçalı reflektör elde edilebilir (Şekil 2.23). Bu durumda değişkenler aşağıdaki gibidir (Minaeian, 2020).

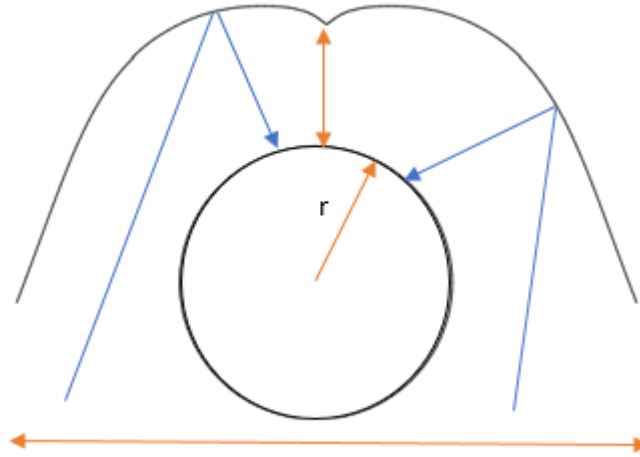
- her düz parçanın genişliği (L_1, L_2),
- yatay bölüm ve absorber (L_3) arasındaki mesafe,
- yataya göre her bir bölümün eğimi (Θ).

Bu konfigürasyonun bir avantajı, her bölümün daha hassas bir şekilde ayarlanabilmesidir. Dahası, yapım maliyeti dairesel reflektöre göre daha düşüktür.



Şekil 2.23. Birkaç parçalı düz şekilde ikinci reflektör (Minaeian, 2020)

2.6.2.2.5. İki parabol birleşimi şeklinde ikinci reflektör



Şekil 2.24. İki parabol birleşimi şeklinde ikinci reflektör (Minaeian, 2020)

Bu konfigürasyon, iki parabolardan oluşur (Şekil 2.24). Bu reflektörün performansına ilişkin etkili parametreler aşağıdaki gibidir (Minaeian, 2020).

- Absorber borusunun yarıçapı (r),
- İkinci reflektör ve absorber (L_1) arasındaki mesafe,
- İkinci reflektör genişliği (L_2).

2.6.2.3. Isı transfer akışkanı

Isı Transfer akışkanı absorber borusunun içinde bir pompa yardımıyla dolaşmaktadır. Absorber borusu, yoğunlaştırılan güneş ışınları sayesinde yüzeyi ısınması sonucu iletim yoluyla ısısını absorber borusunun içinde dolaşan akışkana vererek akışkan sıcaklığı 400°C mertebelerine ulaşabilmektedir. Isı transfer akışkanı olarak ısı transfer yağı kullanılabilir. Ayrıca sistemin verimini arttırmak için ısı transfer akışkanının ısı taşınım kapasitesini arttırmak için ısı transfer yağı içerisine nano boyutlarda grafit partikülleri ilave edilebilir. Çizelge 2.1’de ticari bir firmanın ısı transfer yağı tipik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Isı transfer yağı tipik özellikleri

Özellikler							
Sıcaklık °C	0	20	40	100	150	200	250
Yoğunluk kg/m ³	870	857	844	805	772	740	707
Kinematik Viskozite mm ² /s	270	149.5	29	5.1	3.25	1.4	-
özgül ısı kapasitesi kJ/kg°K	1.962	2.049	2.137	2.400	2.619	2.838	3.058
Termal iletkenlik W/m°K	0.136	0.135	0.133	0.129	0.125	0.121	0.118

2.6.3. Güneş takip sistemi

İzleme mekanizmasının amacı, aynaları maksimum miktarda güneş ışınımını yoğunlaştırmak için döndürmek değil, aynı zamanda bakım ve acil durum sırasında aynaları odak dışı bırakmaktır. Buna ek olarak izleme, aynaların çalışma saatleri sona erdiğinde başlangıç konumlarına geri dönmelerine de izin verir. Lineer fresnel kolektörde yalnızca tek eksenli izleme yapılır. Paralel ayna şeritlerinin hareketi, aynanın konumuna değil sadece güneş yoluna bağlıdır. Her ayna güneşi aynı açısal hızda ayrı ayrı izlemektedir. Bir izleme mekanizmasını çalıştıran temel unsurlar -step

motor ve takip sistemi mekanizmasıdır. Aşağıda doğrusal fresnel kolektörde kullanılan güneş takip mekanizmaları sıralanmıştır.

2.6.3.1. Sonsuz vida dişli çark mekanizması



Şekil 2.25. Sonsuz vida dişli çark mekanizması

Her ayna serisine bağlı bir dişli ve her dişlinin olduğu kısımda sonsuz vida bulunmaktadır. Tüm aynalar gelen ışını alıcıya aktaracak şekilde sonsuz vidaya bağlanıyor. Sonsuz vidalar motor yardımı ile döndürülerek hareketi dişlilere aktarmaktadır. Böylelikle aynalar dönmektedir. Şekil 2.25’de bir örneği görülmektedir (Jirakajhonkun, 2015).

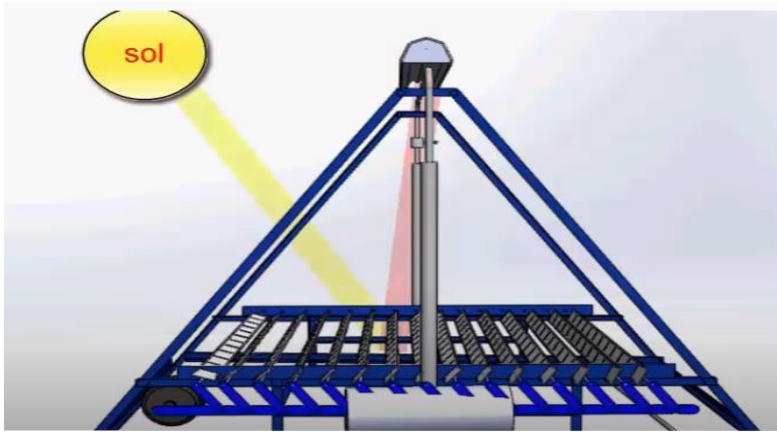
2.6.3.2. Zincir dişli mekanizması



Şekil 2.26. Zincir dişli mekanizması (Çetiner, 2014)

Şekil 2.26.'de görüldüğü gibi her aynaya bağlı bir dişli bulunmaktadır. Aynalar arasında ilişkiyi kurarak zincir yardımıyla tüm aynalar birbirine bağlanmaktadır. Böylelikle sadece bir noktadan hareket verilerek aynaları doğu batı yönünde döndürebiliriz.

2.6.3.3. Açısal hareket mekanizması



Şekil 2.27. Açısal hareket mekanizması (Naizir, 2016)

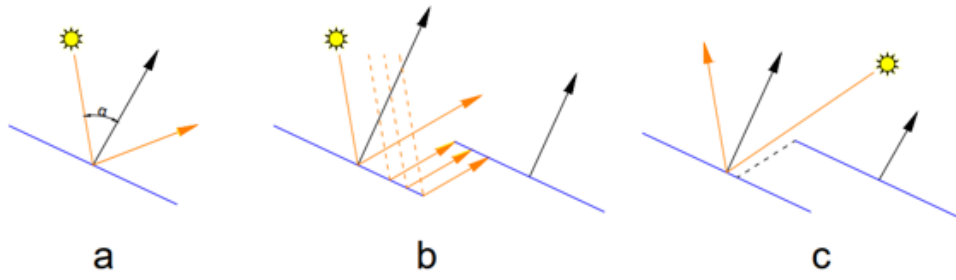
Şekil 2.27 'da görüldüğü gibi her aynaya bağlı bir kol (krank) bulunmaktadır ve tüm kollar bir çubuk ile sabitlenmiştir. Doğrusal hareket yaptığında çubuğa bağlı tüm

kolların (krankların) aynı anda açısal hareket yapmasını sağlayabiliriz. Böylelikle tüm aynaların dönmesini sağlayabiliriz.

2.7. Lineer Fresnel Kolektörde Geometrik Optik Kayıplar

Güneş Yoğunlaştırma teknolojileri, güneş ışığını bir alıcıya yoğunlaştırmak için yansıtıcı yüzeyler (ayna) kullanır. Lineer Fresnel Kolektör Sistemleri, Güneş ışınlarını yüksekte monte edilmiş sabit bir doğrusal alıcıya yansıtan uzun, dar, düz veya hafif kavisli aynalar kullanır. Küçük ölçekte bile, genellikle tek eksenli izleme mekanizmaları kullanılır. Bu nedenle, gelen güneş ışınları genellikle eğik olduğundan, bu Sistemlerin optik kayıplara sahip olmaması kaçınılmazdır: kosinüs kayıpları, gölgeleme ve engelleme kayıpları olarak üç tür geometrik kayıp vardır. Bu nedenle, diğer teknolojilere kıyasla (basitlik, sağlamlık ve düşük sermaye maliyeti) bazı avantajlara sahip olmalarına rağmen, aynı zamanda verimliliklerini önemli ölçüde sınırlandıran önemli dezavantajları ve sınırlamaları da vardır. Literatürde bu Sistemlerin optik kayıplarını tahmin etmek için yeterli sayıda çalışma mevcuttur. Bununla birlikte, gölgeleme, engelleme ve kosinüs kaybını hesaba katmak için genellikle ışın izleme yöntemleri kullanılmaktadır (Karathanasis, 2019).

Lineer fresnel kolektör sistemi, sabah güneşin doğması ile çalışmaya başlar gün batımına kadar devam eder. Öğlen vakti daha yüksek miktarda güç üretir. Bu tür kolektörlerde Şekil.2.28’de gösterilen kosinüs, gölgeleme ve engelleme (bloklama) nedeniyle yansıyan ışınların belli bir yüzdesi kaybolur. Güneş enerjisinin konsantre edilmesinde, optik kalite temel bir parametredir ve sistemin verimliliğini etkiler (Karathanasis, 2019).



Şekil 2.28. Geometrik Optik kayıplar: (a) kosinüs kayıpları, (b) engelleme, (c) gölgeleme

Şekil 2.28’de görüldüğü gibi geometrik optik kayıplar gösterilmektedir. Kosinüs kayıpları güneş takip sisteminden meydana gelen kayıplardır, Engelleme kayıpları birincil reflektörlerin güneş ışınlarını alıcıya yansıtırken önündeki aynadan dolayı alıcıya tamamını yansıtamaz ve gölgeleme kayıpları güneş ışınlarının birincil reflektöre gelirken önündeki aynadan dolayı güneş ışınlarını tam olarak almaz (Karathanasis, 2019).

2.8. Önceki Çalışmaların Değerlendirilmesi

Lineer fresnel kolektörü için yapılan literatür taramasından anlaşılabacağı üzere günümüzde konu ile ilgili gerek akademik ve gerekse endüstriyel ARGE çalışmalarında genel trend optimal tasarım parametrelerinin belirlenmesinde, nümerik simülasyonların kullanılmasıdır. Bu deneysel ölçüm süreçlerindeki zorlukların yanı sıra süreçlerin yüksek maliyette olmasının bir sonucudur. Önceki paragrafta sözü edilen genel trend ve bu trendeki zorluğu açmak için literatürde izlenen yöntem; (i) mevcut bir doğrusal fresnel kolektörü için yürütülen nümerik simülasyonların linner fresnel kolektörü için ölçülen performans değerleriyle doğrulanması ve (ii) doğrulanmış nümerik simülasyon süreçleriyle farklı geometri parametrelerin optik verime etkisinin araştırılması şeklinde, iki adımda özetlenebilir. Bu tez çalışması sürecinde de aynı yöntem izlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada lineer fresnel kolektörde hafif kavisli reflektör kullanımının sistem performansına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla sistem tasarımı için Tonituih programı kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında takip edilen tasarım ve üretim aşamaları aşağıda verilmiştir.

3.1. Lineer Fresnel Kolektör Tasarımı

Endüstriyel proses ihtiyacı için 20 kW kapasiteye sahip lineer fresnel kolektör teknoloji tasarımını Şanlıurfa meteorolojik şartlarına göre ve enlem $37^{\circ} 10' 19''$, boylam $39^{\circ} 0' 16''$ konumunda gerçekleştirilmiştir. Tasarımda, absorber borusunun ısı kayıplarını en aza getirmek ve optik verimi arttırmak için ikinci reflektör kullanılmıştır. İkinci reflektör trapez şeklinde olup iç yüzeyleri ayna ile kaplıdır. Absorber borusundaki ısı kayıplarını azaltmak için reflektörün alt kısmı cam ile kapatılmıştır.

Tasarımın ilk adımında, lineer fresnel kolektörde düz reflektör kullanılarak boyutlandırma yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan tasarım parametreleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Birincil reflektörün açıklık alanını denklem 1'den, doğrusal fresnel kolektörün genişliğini denklem 2'den, doğrusal fresnel kolektörün alanını denklem 3'ten ve doğrusal fresnel kolektörün kapladığı yeri denklem 4'ten hesaplayabiliriz.

Çizelge 3.1. Düz reflektör kullanılan lineer fresnel kolektör için tasarım parametreler

	Sembol	Değer
Ayna genişliği	W	20 m
Ayna seri sayısı	N	20
Ayna uzunluğu	L	12 m
İki ayna arasındaki boşluk	G	10 m
Alıcı yüksekliği	h	3 m
Birincil reflektörün açıklık alanı	A_{br}	48 m ²
Linner fresnel kolektörün genişliği	W_g	5.9 m
Linner fresnel kolektörün alanı	A_{fk}	70.8 m ²
Linner fresnel kolektörün kapladığı yer	KY	%67.8
X/h		0.9

Tasarımda kullanılan eşitlikler aşağıda sunulmuştur.

Birincil reflektörün açıklık alanı:

$$A_{br}=N.W.L \quad (1)$$

Doğrusal fresnel kolektörün genişliği:

$$W_g=(N.W)+(N-1).G \quad (2)$$

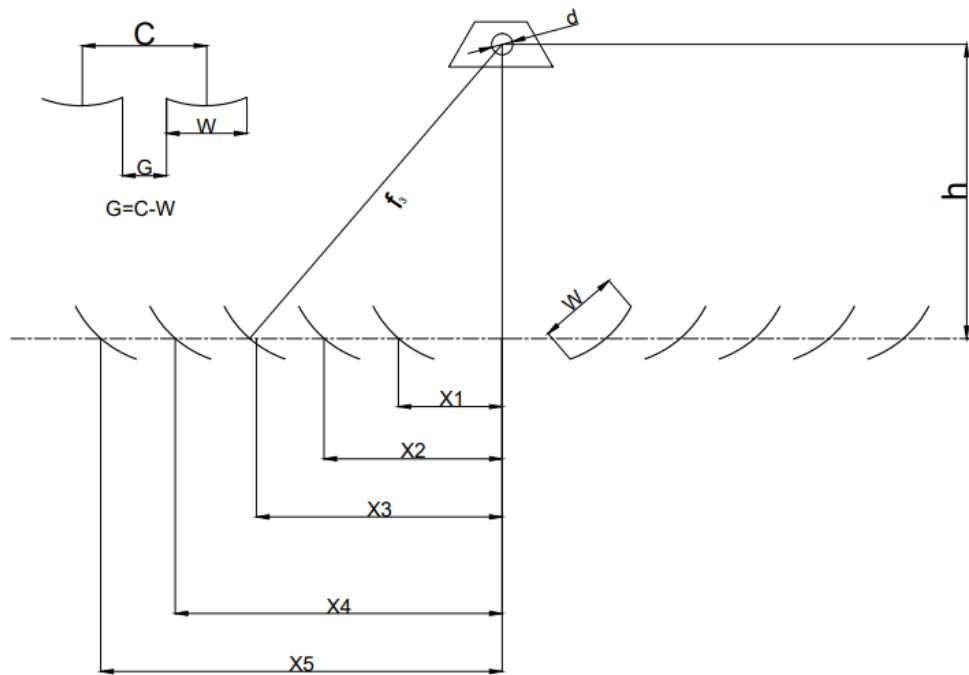
Doğrusal fresnel kolektörün alanı:

$$A_{fk}=W_g.L \quad (3)$$

Doğrusal fresnel kolektörün kapladığı yer:

$$KY:A_{br}/A_{fk} \quad (4)$$

Tasarımın ikinci adımında, aynı kapasite ve özelliğe sahip olan lineer fresnel kolektörde düz reflektör yerine hafif kavisli reflektör kullanılmıştır. Şekil 3.1’de hafif kavisli ayna kullanılarak oluşturulan fresnel kolektörün şematik çizimi gösterilmiştir



Şekil 3.1. Eğik ayna kullanılarak Fresnel kolektör şematik çizimi

Şekil 3.1’de gösterilen fresnel kolektörde kullanılan kavisli aynaların hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır. Lineer fresnel kolektörde kavisli ayna için ideal parabol denklemi eşitlik 5 ile bulunmuştur (Karathanasis, 2019).

$$y = \frac{1}{4f} x^2 \quad (5)$$

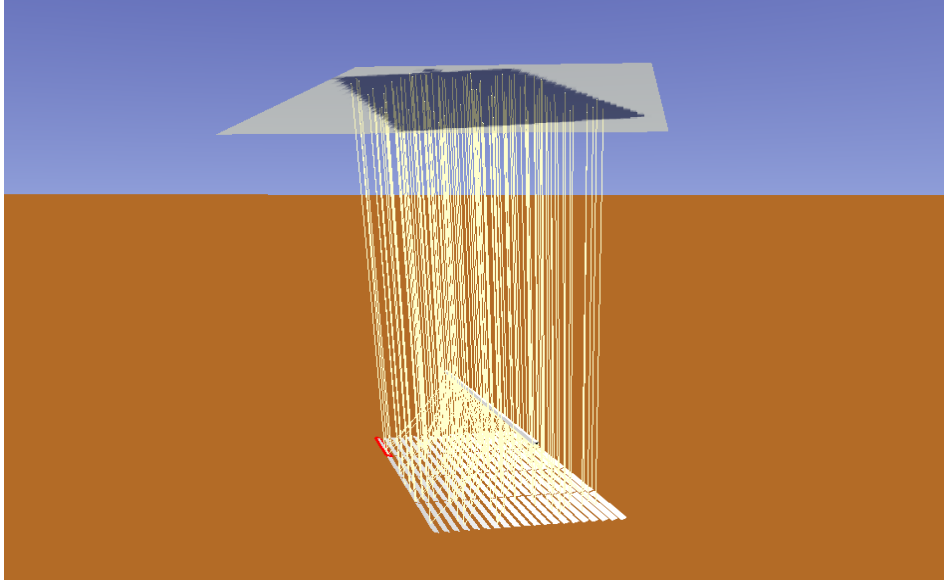
Burada f , reflektör merkezinden absorber boru merkezine 2 boyutlu düzlemdeki mesafedir (odak uzaklığı) ve eşitlik 6 ile hesaplanır (Karathanasis, 2019).

$$f_3 = \sqrt{X_3^2 + h^2} \quad (6)$$

Burada X_3 , 3. reflektörün merkezinden kolektör simetri çizgisine olan mesafeyi gösterir, h ise ayna alanından dikey olarak absorber borusuna olan mesafedir.

3.2. Işın İzleme

Işın izleme yazılımı, Monte Carlo yöntemine dayanmaktadır. Monte Carlo yöntemi, istatistiksel örnekleme tekniğini kullanarak bir matematik problemini çözer ve geleneksel sayısal teknikle ele alınması oldukça zor olan nispeten karmaşık senaryoları çözmek için çok uygundur. Bu nedenle, Linner Fresnel Kolektör alan parametrelerinin optik performansı üzerindeki etkisini belirlemek için bu çalışmada ışın izleme programı "Tonatiuh" kullanılmıştır. Tonatiuh programı açık kodlu bir program olup kullanımı için lisans gerekmemektedir. Tonatiuh'da örnek bir ışın izleme Şekil 3.2. 'de gösterilmektedir. Geometrik prensiplerini kullanır optik, yanı sıra bir güneş konsantrasyon sisteminin davranışını simüle eden istatistiksel bir yöntem, simüle edilmiş bir kaynaktan ışınlar üreterek ve ışınlar ile sistemin yüzeyleri arasındaki etkileşimleri gözlemleyerek, Güneş yoğunlaştırma sistemlerinin tasarımında ve analizinde yararlı bir araç olarak düşünülmüştür. Güneş yoğunlaştırma kollektörlerinin optik özelliklerini analiz etmenin yaygın bir yöntemi ışın izleme programlarını kullanmaktır.



Şekil 3.2. Tonatiuh'da lineer fresnel kollektör modeli ve ışın izleme

İncelenen farklı linner fresnel kolektör tasarımları için kullanılan Tonatiuh programı ile elde edilen sonuçların doğrulanması için piyasada satışı yapılan ve performans verileri bilinen bir lineer fresnel kolektörün analizi yapılmıştır. Firmanın yayınladığı performans değerleri ile Tonatiuh programından elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında her iki performans değerleri arasında çok yakın bir uyum görülmüştür.

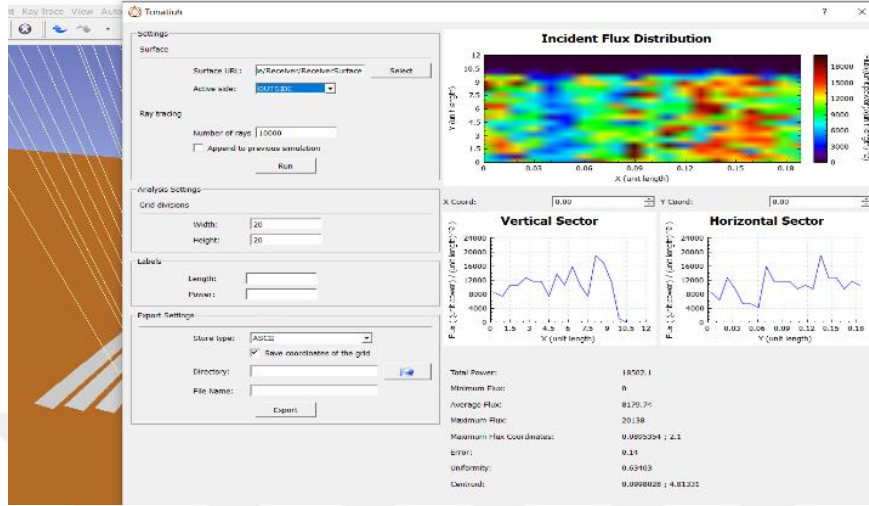
Lineer fresnel kolektörde Kavisli reflektörler kullanılarak Şanlıurfa meteorolojik koşullarına göre birincil ayna alanı optik davranışını incelemek için, gün doğumundan gün batımına kadar güneş ışınımı hesaplamaları, bir ayın bütün günleri yerine, aylık ortalama değerine denk gelen her ayın belli bir gününe (ortalama gün) göre optik analizler yapılmıştır. Literatürde bu yöntem tipik gün denilmektedir. Şanlıurfa için kullanılan tipik gün değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Tipik günler için optik verim hesaplamasında kullanılan saatlik direkt ışınım (DNI) değerleri ASHREA yöntemi kullanılarak elde edilmiştir (Duffie ve ark., 2013).

Çizelge 3.2. Şanlıurfa için tipik gün değerleri

Ay	Tipik Gün	Aylar	Tipik Gün
Ocak	17.	Temmuz	17.
Şubat	16.	Ağustos	16.
Mart	16.	Eylül	15.
Nisan	15.	Ekim	15.
Mayıs	15.	Kasım	14.
Haziran	11.	Aralık	10.

3.2.1.Tonatiuh veri sonuçları



Şekil 3.3 Tonatiuh veri Sonuçları Ekranı

Tasarlanan modelin sonuçlarını Tonatiuh programından almak için Şekil 3.3'te gösterildiği gibi bir ekran çıkmaktadır. Tonatiuh'da modellenen LFK sisteminin çalıştırması sonucu absorber (alıcı) yüzeyine gelen toplam ışıyım miktarını hesaplamaktadır ve Termal analiz için absorber yüzeyine gelen her bölgenin ışıyım miktarını verecek bir dosya vermektedir. Alınan bu sonuç dosyası CFD programlarında kullanılarak (örneğin Ansys Fluent programı) LFK sisteminin termal analiz yapılabilir.

3.3. Optik Verim

Optik analizin temel amacı, aynalardan yansıyan ve herhangi bir güneş pozisyonunda alıcı tarafından absorbe edilen güneş ışınlarını belirlemektir. Alıcı tarafından emilen güneş enerjisi ile reflektörlere çarpan güneş enerjisi oranı optik verimliliktir. Lineer fresnel kolektörün optik verimi (η) eşitlik 7 ile hesaplanır (Eddhibi, 2017).

$$\eta = \alpha \cdot \rho \cdot \tau \cdot IC \quad (7)$$

Burada;

α : Alıcının yutma katsayısını,

ρ : Ayna yansıma katsayısını,

τ : Alıcı camının geçirgenliğini gösterir.

Lineer fresnel kolektör performansını gösteren diğer bir göstergede Intercept faktörü olarak ifade edilen (*IC*), alıcı yüzeyine ulaşan toplam ışımanın, ayna yüzeyine ulaşan toplam ışıma oranıdır ve eşitlik 8 ile bulunur.

$$IC=Q_{ab}/Q_{ac} \quad (8)$$

Eşitlik 8’de, Q_{ab} : alıcı yüzeyine gelen toplam ışıma gücünü (W) ve Q_{ac} : Ayna yüzeyine gelen toplam ışıma gücünü (W) gösterir.

3.4. Termal Verim

Bu çalışma sırasında optik analiz yapılır. Bununla birlikte, optimize edilmiş prototipin karlılığını incelemek ve doğrulamak için alıcı bileşen üzerinde bulunan çalışma akışkanına aktarılan termal akışı hesaplamak önemlidir (Eddhibi, 2017).

Termal verim, eşitlik 9 ile tanımlanır:

$$\phi_{\text{termal}}=W_{ac}.DNI. \eta \quad (9)$$

W_{ac} yansırıcı yüzey alanı olmak üzere eşitlik 10 ile hesaplanır.

$$W_{ac}=W.L.n \quad (10)$$

Bu eşitliklerde;

W ayna genişliğini (m), L ayna uzunluğunu (m), n ayna sayısını ve DNI ise direkt güneş ışımasını (W/m^2) göstermektedir.

Alıcı tarafından absorbe edilen toplam enerji $\dot{Q}_a$, eşitlik 11 ile bulunur.

$$\dot{Q}_a = m.C_p.\Delta T \quad (11)$$

3.5. Prototip Üretimi

Harran Üniversitesi GAPYENEV araştırma ve uygulama merkezinde TÜBİTAK 1003 öncelikli alanlarda desteklenen “Yenilikçi Yerli Endüstriyel Ölçekte Fresnel Kollektör Geliştirmesi ve Prototip Üretimi” başlıklı proje yürütülmektedir. Bu proje kapsamında, tamamen yerel imkanlarla lineer fresnel güneş kolektörü tasarlanmış ve prototip kurulumu gerçekleştirilmiştir. Tezin bu bölümde prototip kurulum aşamaları sunulmuştur.

3.5.1. Prototip kurulumu için saha hazırlığı

Lineer Fresnel Kollektör prototipi kurulumu için GAPYENEV merkezine ait dış sahada 18x10 metre boyutlarında bir alan belirlenmiştir. Belirlenen bu alanın koordinatları, CORS özellikli GNSS alıcısı ile tespit edilmiştir. Arazi üzerinde alınan bu koordinatların tam olarak Kuzey-Güney doğrultusundaki koordinatını elde etmek için dönüklük hesaplaması yapılmış ve koordinatlar tekrar CORS özellikli GNSS alıcısına yüklenmiştir. Şekil 3.4’te GAPYENEV binasının Güney cephesinde kurulacak tesisin konumu ile arazide alınan yaklaşık koordinatlar (Kırmızı üçgen) ve Kuzey-Güney doğrultusuna yönlendirilmiş kesin koordinatlar (Yeşil üçgen) yer almaktadır.



Şekil 3.4. Lineer Fresnel Kolektör sisteminin kurulum yeri (kuş bakışı)

3.5.2. Lineer fresnel kolektör için beton zemin işlemleri

Arazide tespit edilen alanın temizlenmesi ve tesviye edilmesi için iş makinası kullanılmıştır. Tesviye edilen toprak zemin çakıl kum (mucur) serilmiştir. Şekil 3.5’de Çakıl kumun zemine serilmesi için yapılan saha çalışmaları görülmektedir.



Şekil 3.5. Toprak zemine çakıl kumun serilmesi

Daha önce köşe koordinatları belirlenen zeminde Doğu-Batı doğrultusunda 10 m, Kuzey-Güney doğrultusunda 18 m ve kalıp yüksekliği 15 cm olacak şekilde kalıp oluşturulmuştur. Kalıplama yapıldıktan sonra hasır demir kullanılarak beton zeminin mukavemeti artırılmıştır. 180 m² kalıp alanının tamamını kaplayacak şekilde hasır demir kullanılmıştır. Şekil 3.6’da saha çalışmaları gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Kalıp içine hasır demirin bağlanması

Betonlama işleminde kalıba zarar vermeden ve donatıyı oynatmayacak şekilde 15 cm kalınlığında toplam 27 m³ hacminde C25 hazır beton kullanılmıştır. Bu işlemle ilgili görseller Şekil 3.7’de verilmiştir. Şekil 3.8’de fresnel kolektörün kurulacağı beton zemin görülmektedir.



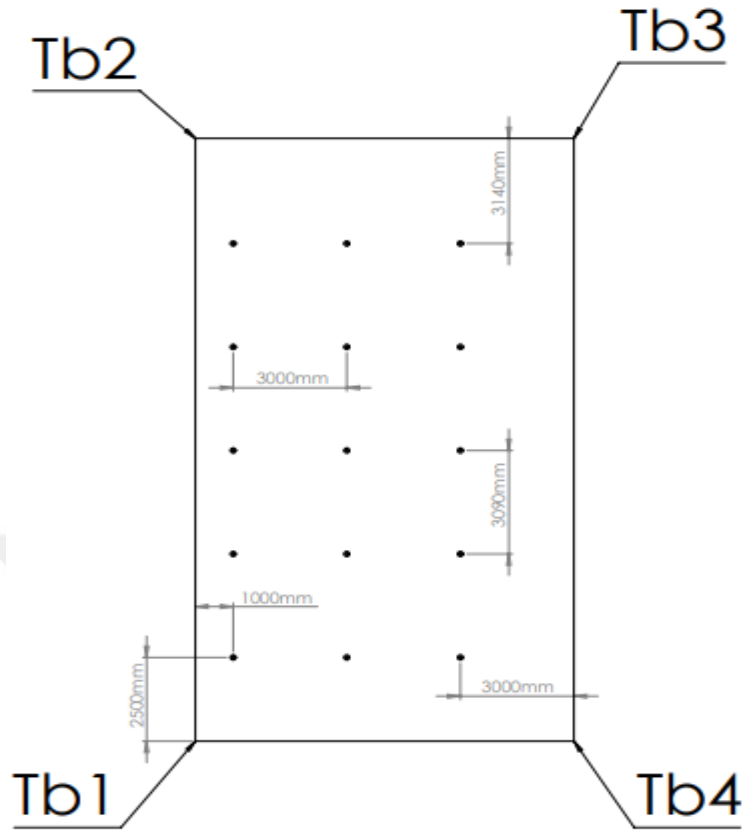
Şekil 3.7. Sahadan betonlama işlemi görüntüleri



Şekil 3.8. Beton zeminin son hali

3.5.3. Lineer fresnel kolektörün ayak koordinatlarının belirlenmesi

Lineer Fresnel Kolektörü için oluşturulan prototipin alt yapı konstrüksiyonu 15 ayaktan oluşmaktadır. Konstrüksiyon ayaklarının noktalarının konumu Şekil 3.9’da verilmiştir. Prototip Kuzey Güney doğrultusunda coğrafi Güney’e yerleştirilmiştir (Şekil 3.10).



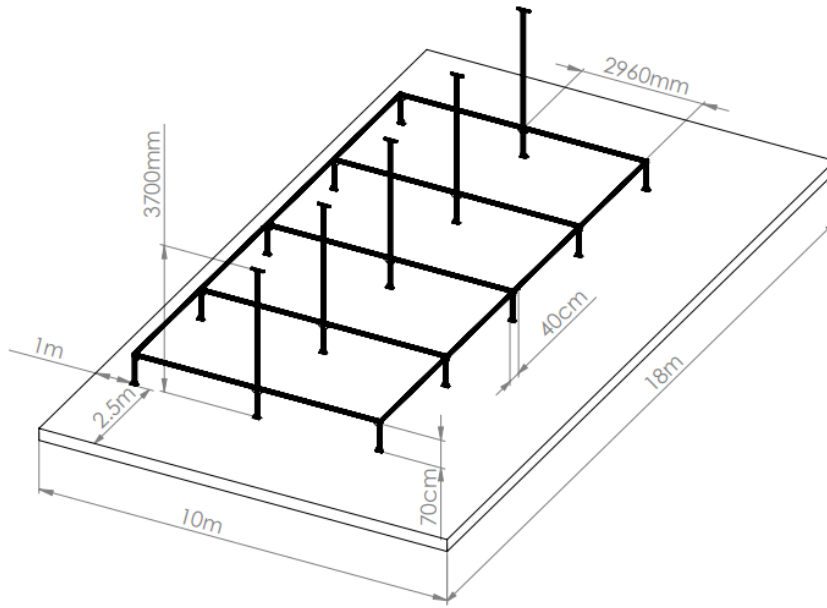
Şekil 3.9. Prototipin ayak konstrüksiyonlarının zemin üzerindeki konumu



Şekil 3.10. Ayak noktalarının beton zeminde yerlerinin belirlenmesi

3.5.4.Lineer fresnel kolektör prototipin hazırlanması

Bu çalışmada tasarımı yapılan lineer fresnel kolektörün prototipinde alt yapı konstrüksiyonu olarak sigma profil kullanılmıştır. Şekil 3.11’de tasarlanan sistemin alt yapı konstrüksiyonunun beton zemin üzerine yerleşimi görülmektedir.



Şekil 3.11. Lineer Fresnel Kolektör sisteminin beton zemin üzerine yerleşimi

Fresnel kolektör konstrüksiyonu için sigma profillerin istenilen ölçüye getirilmesinde ve sistem kurulumunda GAPYENEV merkezinde bulunan makina teçhizat ve el aletleri kullanılmıştır. Lineer Fresnel Kolektör konstrüksiyon kurulumu GAPYENEV ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.12’de sahadan kurulum fotoğrafları görülmektedir. Absorber direğininin rüzgar kuvvetine daha dirençli olması için direkler üst noktalarından alt konstrüksiyona halat ile bağlanılmıştır. Şekil 3.13’de Fresnel kolektörün alt konstrüksiyon kurulumu görülmektedir.



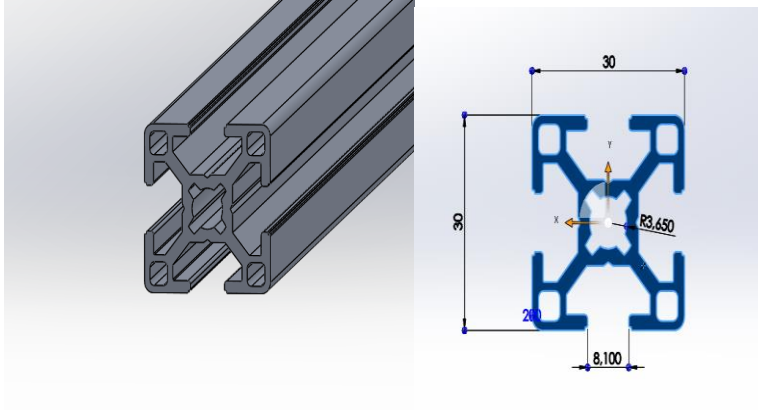
Şekil 3.12. Lineer Fresnel Kolektör Konstrüksiyon kurulumu



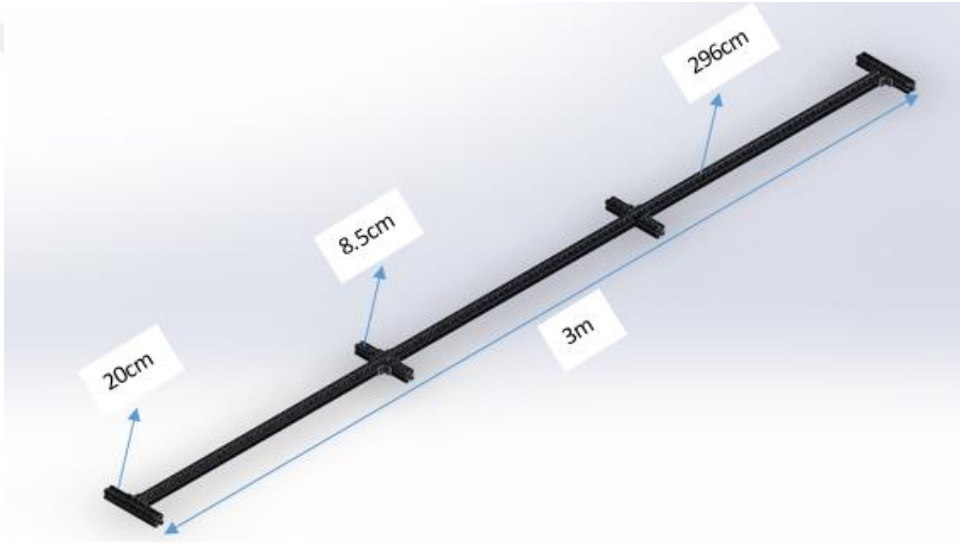
Şekil 3.13. Fresnel kolektörün alt konstrüksiyon kurulumu

3.5.5. Ayna konstrüksiyonunun hazırlanması

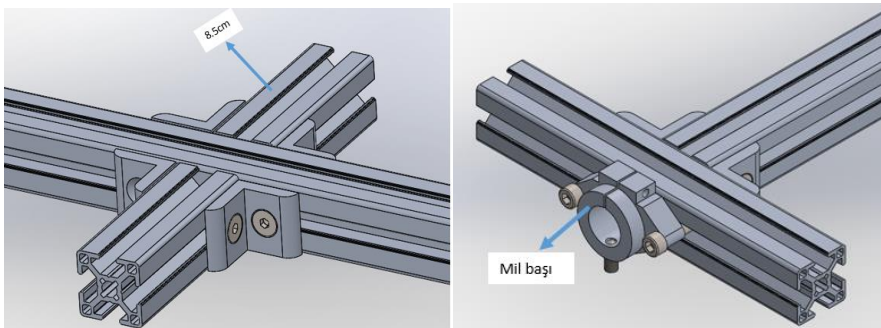
LFK sisteminin güneş ışınımını absorbere yansıtan elemanı olan aynaların tasarımı yapılarak mekanik analiz çalışması ile boyutlandırılması yapılmıştır. LFK prototipinde 12 m boyunda 20 adet ayna serisi kullanılmıştır. Aynalar Şekil 3.14’te görülen 30x30 sigma profil kullanılarak üretilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen ayna konstrüksiyonu şematik olarak Şekil 3.15’de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi 2 adet 20 cm, 4 adet 8.5 cm ve 1 adet 296 cm uzunluğunda sigma profilden oluşmaktadır. Her bir ayna serisi 3 m boyunda 4 adet ayna konstrüksiyonundan oluşmaktadır. Konstrüksiyonun detayları Şekil 3.16’da verilmiştir.



Şekil 3.14. 30x30 sigma profil görünüşleri

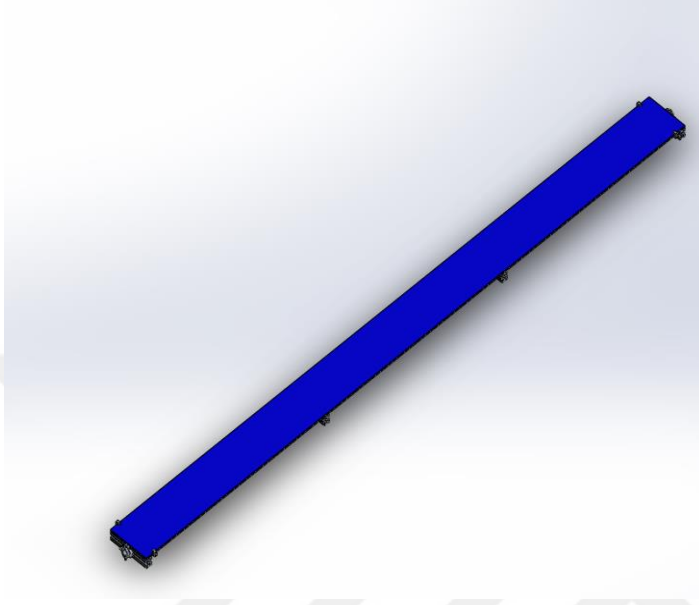


Şekil 3.15. Ayna konstrüksiyonu genel görüntüsü

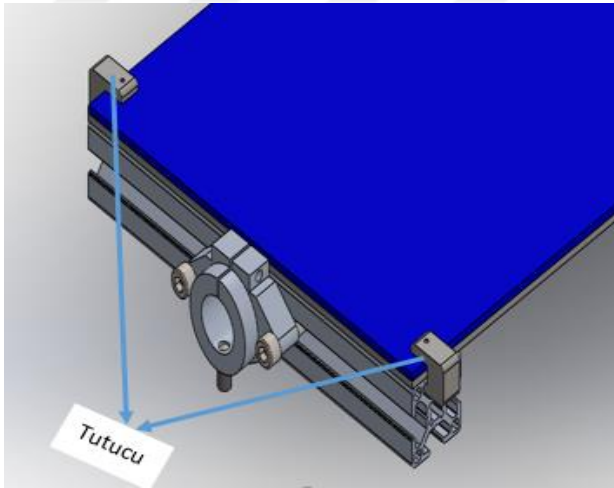


Şekil 3.16. Ayna konstrüksiyonu detay görüntüleri

Ayna konstrüksiyonuna aynayı bağlamak için özel ayna yapıştırıcısı (Şekil 3.17) ve tutucular (Şekil 3.18) kullanılmıştır.

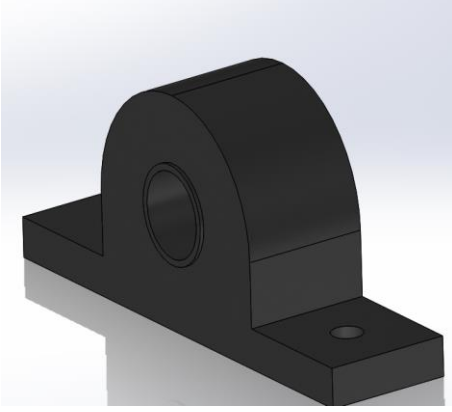


Şekil 3.17. Ayna konstrüksiyonuna aynanın yapıştırılması

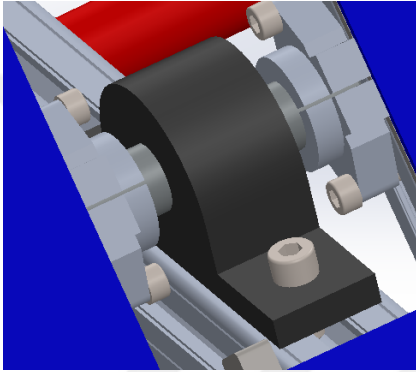


Şekil 3.18. Ayna konstrüksiyonunda tutucunun kullanılması

İki ayna konstrüksiyonunu seri olarak bağlamak için mil başı ve güneş takip sisteminden gelen hareketin aynalara iletiminde Şekil 3.19’da görülen yataklı rulmanlar kullanılmıştır.

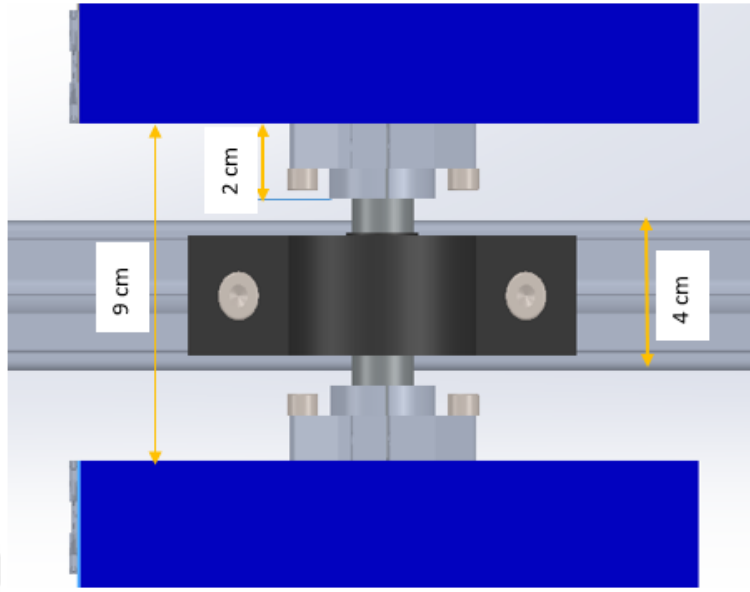


Şekil 3.19. Yataklı rulman

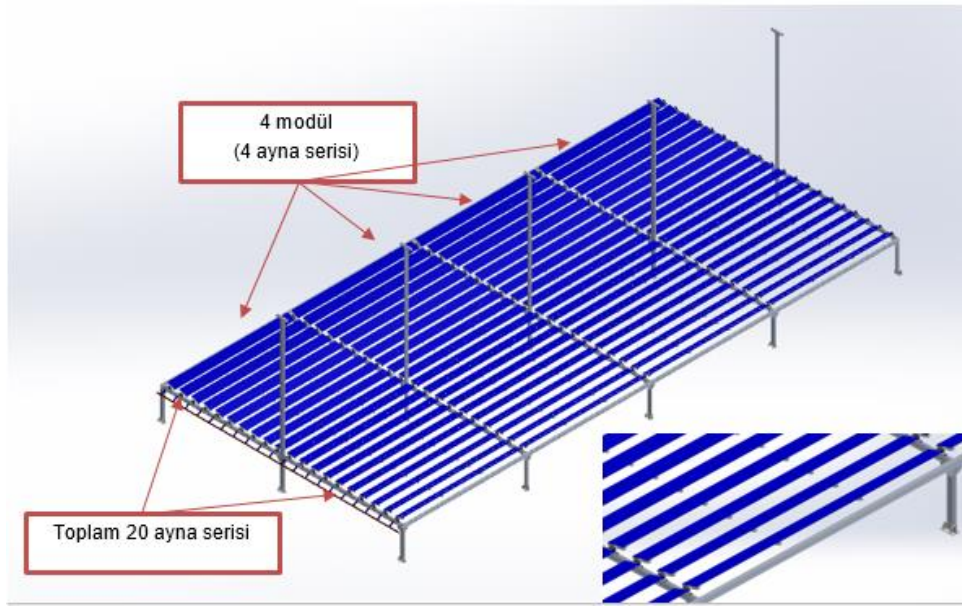


Şekil 3.20. Bağlama şekli

Aynaları seri olarak bağlamak için 20 mm çapında 9 cm uzunluğunda mil kullanılmıştır. Şekil 3.20’de iki aynanın seri olarak bağlanması detaylı olarak gösterilmiştir. Ayna serilerinin temel konstrüksiyona yerleştirilmesi Şekil 3.21’de verilmiştir. 5 kW gücünde 4 adet modül ve her modülde 20 adet ayna bulunmaktadır. Şekil 3.23’de GAPYENEV merkezinde gerçekleştirilen ayna konstrüksiyonları imalatından görüntüler sunulmuştur.



Şekil 3.21. Aynaların seri bağlanması



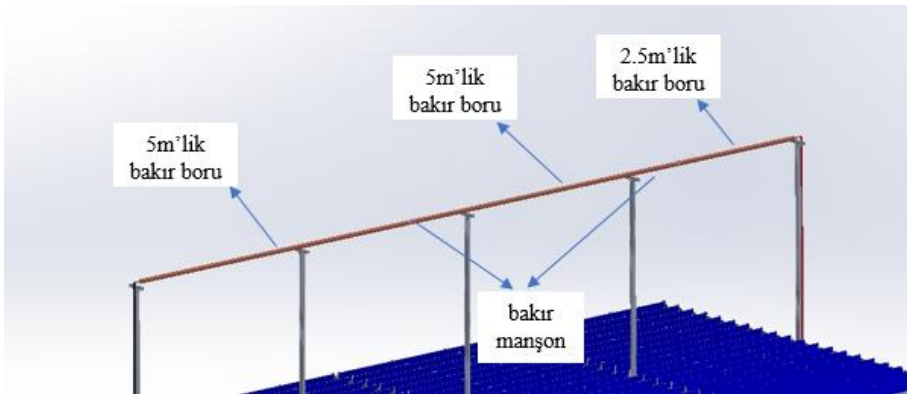
Şekil 3.22. Temel Konstrüksiyonuna aynaların bağlanması



Şekil 3.23. Ayna konstrüksüyonu imalat görüntüleri

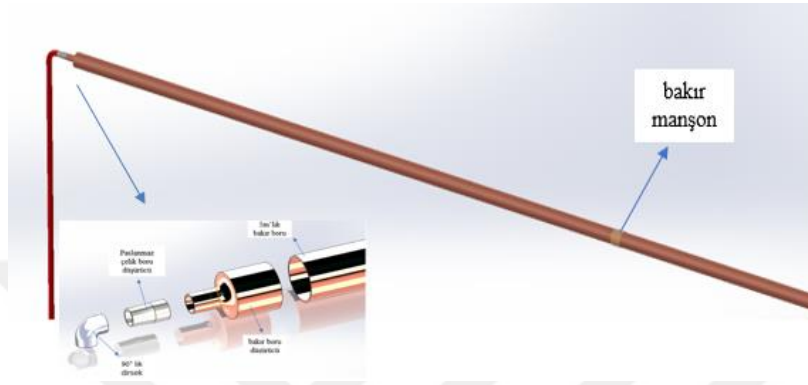
3.5.6.Absorberin hazırlanması

Güneş enerjisinin yoğunlaştırıldığı bölge olan absorber boru 66 mm dış çapında ve 12.5 m boyunca 2 mm et kalınlığında bakır malzemeden üretilmiştir. Absorber tesisatı şematik olarak Şekil 3.24'te gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Absorber borusu tesisatı

Şekil 3.25'te detaylı olarak tesisatı görülen absorber boru, 3 adet 5 m uzunluğunda 66 mm çapında 2 mm et kalınlığında bakır boru, 2 adet 66 mm'den 35 mm'e bakır düşürücü (redüksiyon), 2 adet 35 mm'den 30 mm'e paslanmaz çelik boru düşürücü (redüksiyon) ve 2 adet 90 derece dirsek paslanmaz çelikten oluşturulmuştur.



Şekil 3.25. Bakır boru bağlantıları

Absorber borusu üzerine seçici yüzey kaplaması yapılan bakır borular (5m'lik 2 adet ve 2.4m'lik borular) oksijen kaynağıyla sahada birleştirilmiştir. Sahadan çalışmaları gösteren fotoğraflar Şekil 3.26'da verilmiştir. Birleştirme sonrasında absorber boruya hava kompresörüyle 5 bar basınçta hava basılarak sızdırmazlık testi yapılmıştır. Şekil 3.27'de bu işlemin resimleri görülmektedir. Bu işlemlerden sonra hazır hale gelen Absorber boru, Şekil 3.28' de gösterildiği gibi lineer fresnel güneş kolektörüne montajı yapılmıştır.



Şekil 3.26. Absorber boru imalatı çalışmalarını gösteren resimler



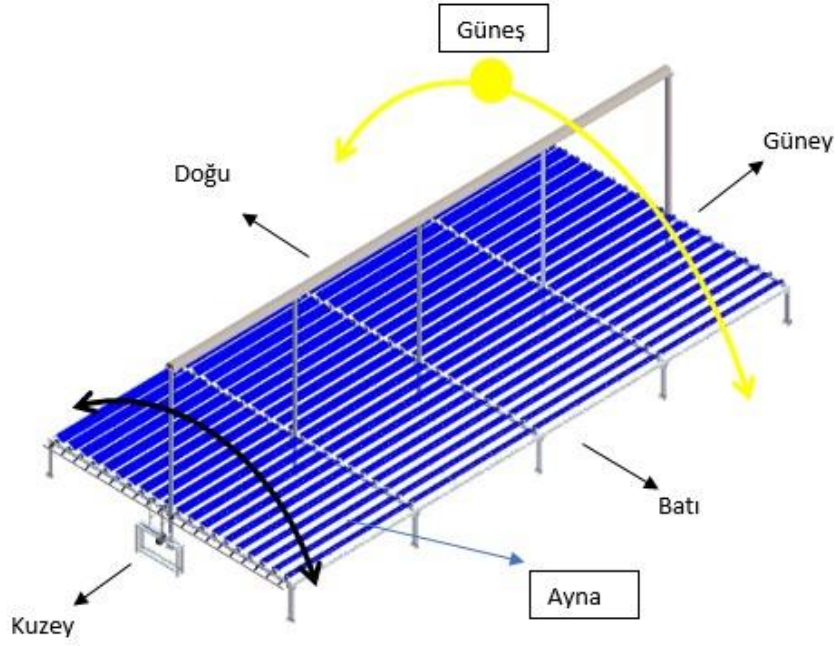
Şekil 3.27. Absorber boruya sızdırmazlık testi yapılması



Şekil 3.28. Seçici soğurucu kaplı bakır boruların güneş kolektörüne montajı

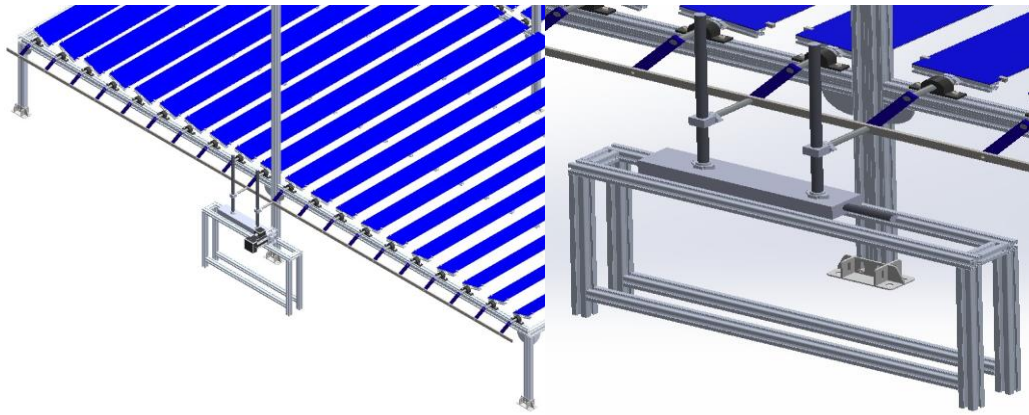
3.5.7.Güneş takip sistemi

Şekil 3.29’da bu çalışmada tasarımı yapılan lineer fresnel kolektörün görünümü verilmiştir. Bu tasarımda güneş takip sistemi kolektörün arka tarafına (Kuzey) yerleştirilmiştir.



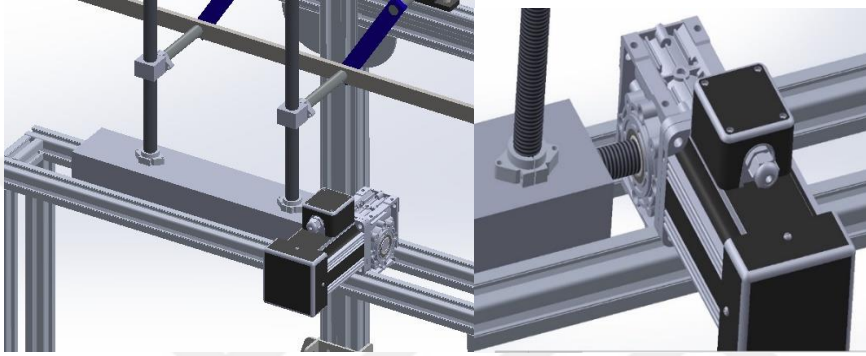
Şekil 3.29. Lineer Fresnel Kolektörün Görünümü

Güneş takip sistemi; ayna serilerine kol bağlantıları ve kolları birbirine bağlayan çubuk ile motordan tahrik edilerek aynaların aynı açısal hızla güneş takibi kolayca yapılmaktadır (Şekil 3.30).



Şekil 3.30. Güneş takip sisteminin lineer fresnel kolektöre bağlanması

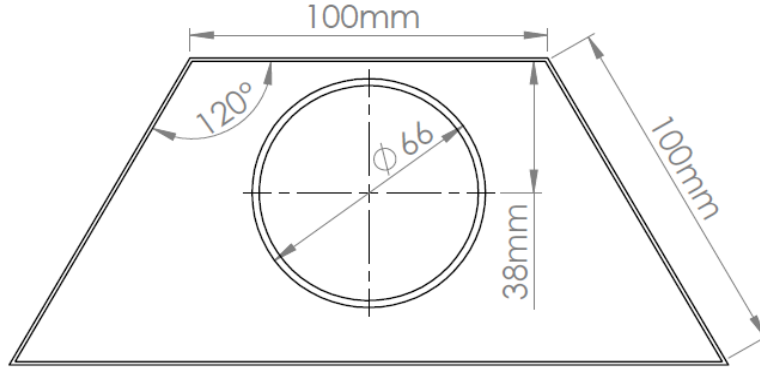
Şekil 3.30’da görüldüğü gibi çubuk iki noktadan tablaya bağlantısı yapılmıştır. Tablanın altında dişli ve dişliye bağlı sonsuz vida bulunmaktadır. Tablaya bağlı olan dişli sabitlenmiştir. Motor döndüğünde buna bağlı olan sonsuz vida dönmektedir. Böylelikle Tabla doğrusal hareket etmektedir. Tablaya bağlı olan iki çubuk yardımıyla aynalara hareket verilmektedir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Motorun sonsuz vidaya bağlanması

3.5.8.İkinci reflektör

İkinci reflektörler, hedef dışı ışınları toplamak ve alıcıya geri yönlendirmek için kullanılmaktadır. Ancak, fresnel kollektörlerde birinci reflektörde yansıyan ışınların yönü değiştiğinden, hedef dışı ışınların tümünü toparlayamazlar. Kurulumu gerçekleştirilen prototipte Şekil 3.32’de kesiti gösterilen trapez şeklindeki ikinci reflektör kullanılmıştır. Şekil 3.33’te, ikinci reflektörün tüm imalatlardan sonra elde edilen görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.32. Trapez şeklinde ikinci reflektör



Şekil 3.33. İkinci reflektörün tüm imalatlardan sonra elde edilen görüntüsü

3.5.9. Prototip kurulumu

Kurulumu gerçekleştirilen Lineer fresnel kolektörün dış saha genel görüntüsü Şekil 3.34’te verilmiştir. Şekil 3.35’de LFK sisteminin farklı noktalardan görüntüleri gösterilmiştir. Kolektör boyutu dıştan dışa 6mX12m (72 m²) ve ayna açıklık alanı 48 m²’dir. Prefabrik bina içerisinde bulunan makine odasına akümülayon tankı, eşanjör, pompa, yağ deposu, valfler ve diğer yardımcı ekipman yerleştirilerek sistem oluşturulmuştur.



Şekil 3.34. LFK prototipi dış saha genel görüntüsü



Şekil 3.35. LFK prototipi dış saha görüntüleri

3.6.Belirsizlik Analizi

Bu çalışmada sıcaklık ve debi ölçümlerinde oluşacak belirsizlik Eşitlik 12'ye göre hesaplanmış ve elde edilen belirsizlik değerleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

$$W_Q = \left[\left(\frac{\partial Q}{\partial \dot{m}} w_{\dot{m}} \right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial \Delta T} w_{\Delta T} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

Çizelge 3.3. Ölçüm parametrelerine ait belirsizlik oranları (%)

Parametre	Birim	Belirsizlik oranı (%)
LFK giriş sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,2$
LFK çıkış sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,2$
Isı transfer yağ debisi	kg/s	$\pm 0,4$
Toplam Hata Değeri		
Absorbe edilen toplam enerji	W	± 5

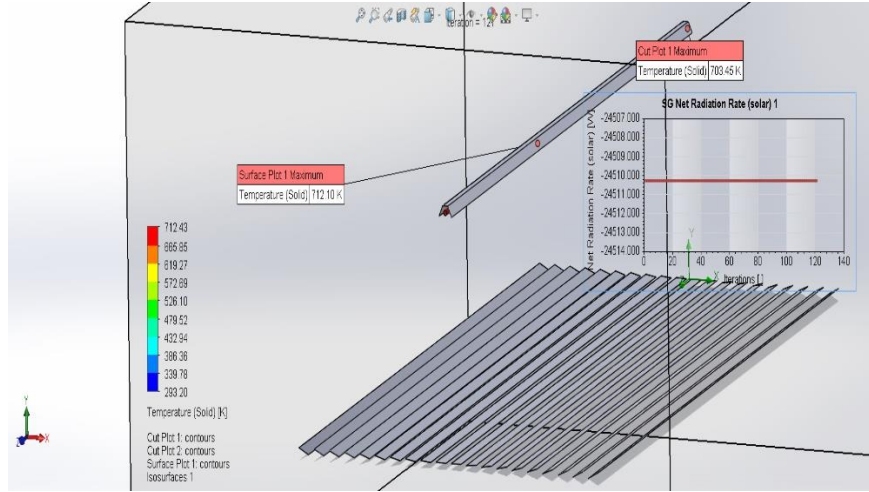
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Model Validasyonu

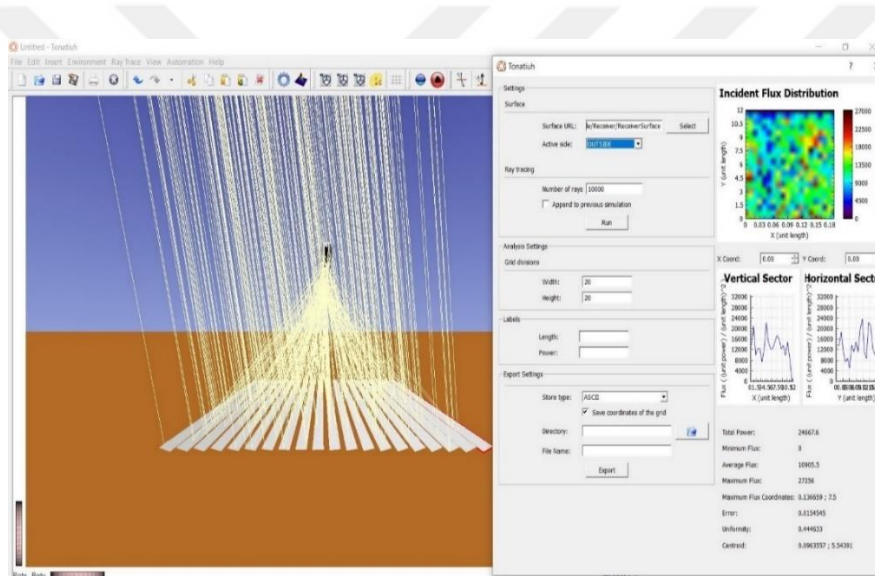
Bu çalışmada analiz için Tonatiuh programı kullanılmıştır. Bu tezde üzerine çalışılan Lineer fresek kolektör modelinin Şanlıurfa meteorolojik koşullarında Tonatiuh programı ile elde edilen sonuçlarının doğrulanması için aşağıda belirtilen işlemler yapılmıştır.

4.1.1. Tonatiuh ve solid works sonuçlarının karşılaştırılması

Tonatiuh yazılımını doğrulamak 11 Haziran tipik günün için Solidworks programı ile bir karşılaştırma yapılmıştır. Bunun için LFK modeli Tonatiuh ve Solidworks programlarında güneş dik pozisyonundayken simule edilmiştir. Şekil 4.1.'de ve Şekil 4.2.'de iki programın analiz sonuçları gösterilmektedir. Aynı LFK modelin alıcısına gelen toplam güç Solidworks programı ile 24510 W olarak bulunmuştur. Tonatiuh programı ile LFK modelinin alıcısına gelen toplam güç 24667 W olarak tespit edilmiştir. Her iki program ile elde edilen sonuçlar arasında yaklaşık %0.64'lık bir fark olduğu anlaşılmaktadır.



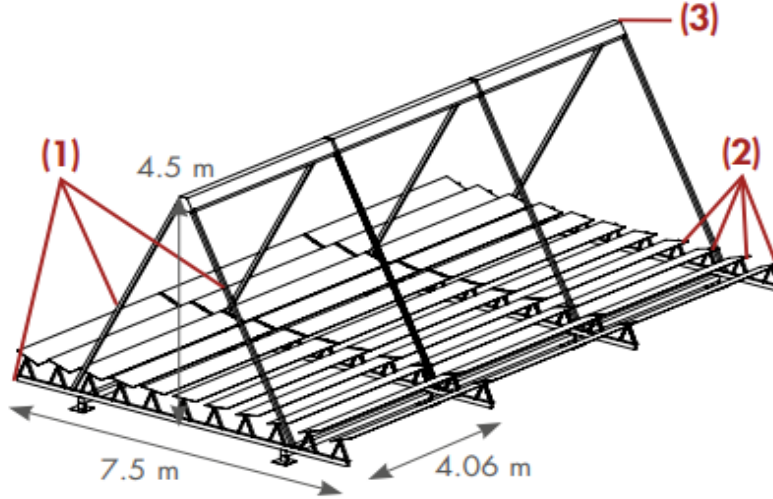
Şekil 4.1. Solidworks programında elde edilen optik analiz sonuçları



Şekil 4.2. Tonatiuh yazılımında elde edilen optik analiz sonuçları

4.1.2. Tonatiuh yazılımının ticari bir LFK ile doğrulanması

Çalışmanın bu bölümünde, Industrial Solar firması tarafından ticari bir ürün olarak geliştirilen bir lineer fresnel kolektörün tasarım parametreleri kullanılarak optik simülasyon çalışması yapılmıştır. Şekil.4.3'te Industrial Solar firmasının lineer fresnel kolektör tasarımı gösterilmektedir. Bu ürüne ait tasarım parametreleri Çizelge.4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.3.Industrial Solar firmasının Fresnel Kolektörü

Çizelge 4.1. Industrial Solar firmasının ürettiği LFK'nın tasarım parametreleri

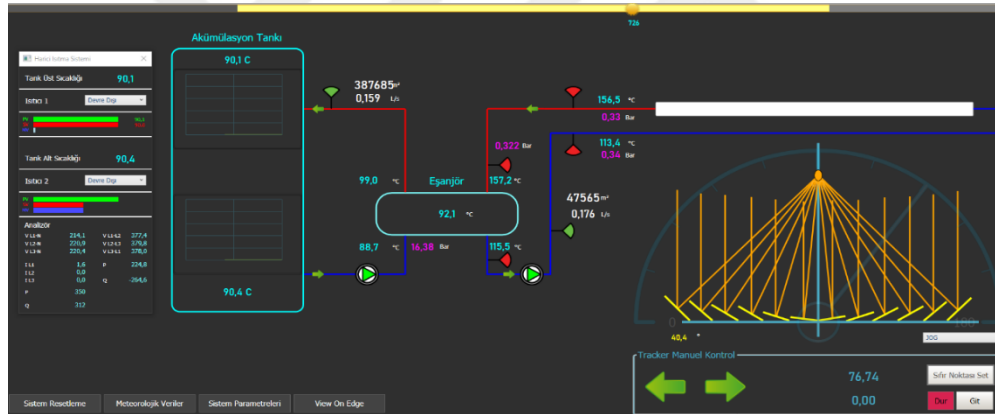
Modül genişliği	7.5 m
Modül uzunluğu	4.06 m
Birinci reflektörün açıklık alanı	23 m ²
Bir modülün kapladığı alan	30.45 m ²
Alıcının birinci reflektör yüzeyinden mesafesi	4.0 m
Birinci reflektörün yer seviyesinden yüksekliği	0.5 m
Paralel sıralar arasındaki minimum boşluk	0.2 m

Industrial Solar firmasının ürün kataloğunda LFK sisteminin optik verimi %69'dir. Industrial Solar firmasının LFK sisteminde kavisli ayna kullanmıştır. Bu çalışmada, Çizelge.4.1'de verilen fresnel kolektör sisteminin parametrelerini kullanarak Tonatiuh yazılımında analiz gerçekleştirilmiştir. Tohaniuh ile yapılan analiz sonucunda fresnel kolektör sisteminin optik verimi %68.5 olarak yaklaşık % 0.07 'lik bir fark ile bulunmuştur.

4.1.3. Deney verilerinin analizi

Çalışmanın bu bölümünde, prototip kurulumu gerçekleştirilen LFK sisteminin optik verimi hesaplanarak Tonatiuh simülasyon sunucu ile karşılaştırılmıştır.

Optik verim analizi için 12.08.2021 tarihinde alınan deney kullanılmıştır. Prototipten alınan deneysel sonuç ekranı Şekil 4.4.'te gösterilmiştir. Buna göre, absorber giriş sıcaklığı $T_{giriş}$ 127 °C ve $T_{çıkış}$ 184°C, yağın debisi $M_s = 0.120$ l/s = 432 kg/s, yağın özgül ısısı $C_p = 2.639$ kJ/kgK, sistemdeki dolaşan yağın basıncı $P = 0.33$ bar'dır.



Şekil 4.4. 12.08.2021 saat 15:00 SCADA verileri

Optik verimin hesaplaması için öncelikle debi ve sıcaklık farkı kullanılarak alıcı emilen ışıyım miktarı hesaplanmıştır. Alıcı tarafından absorbe edilen toplam enerji $\dot{Q}_a$, eşitlik 11 ile bulunmuştur. Buna göre;

$$\dot{Q}_a = 432 \cdot 2,639 \cdot 57$$

$$\dot{Q}_a = 64982 \text{ kJ/s} = 18,045 \text{ kW}$$

Alıcı tarafından absorbe edilen toplam enerji $\dot{Q}_a$, yaklaşık 18 kW olarak hesaplanmıştır. Absorber yüzeyinde emilen ışıyım, aynaların, absorberin ve ikinci

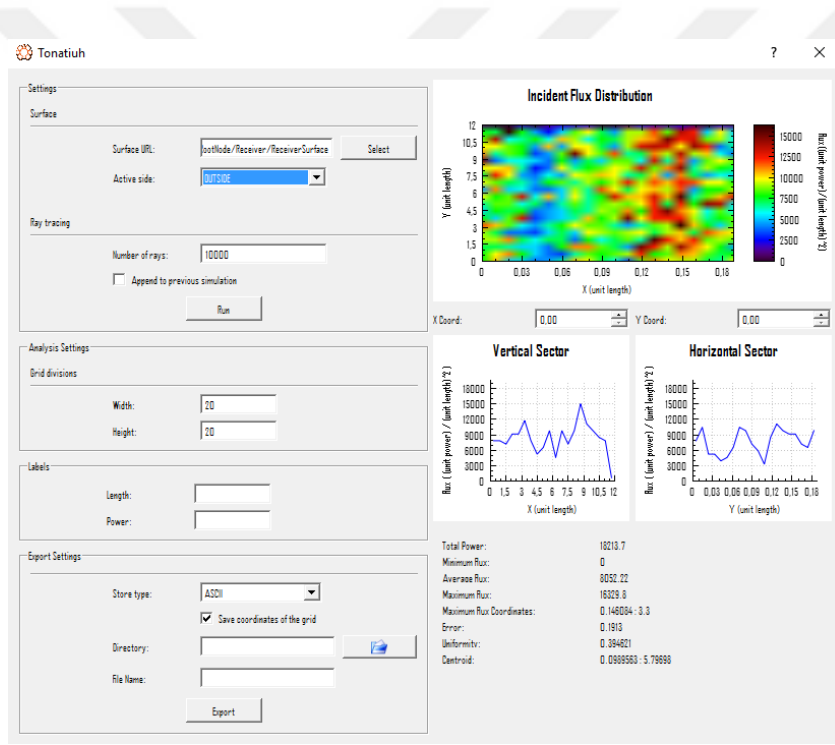
reflektör muhafaza camının optik parametreleri ile birlikte intercept faktör (IC) kullanılarak optik verim, η , eşitlik 7 ile şekilde hesaplanmıştır.

$$IC = \frac{18000}{0.2 \cdot 12 \cdot 20 \cdot 682}$$

$$IC = 0.55$$

$$\eta = 0.94 \cdot 0.92 \cdot 0.98 \cdot 0.55$$

$$\eta = 0.466 = \%47$$



Şekil 4.5. 12.08.2021 saat 15:00 Tonatiuh verileri

Tonatiuh analizi sonucunda 12.08.2021 saat 15:00'da Tonatiuh sonucu Şekil.4.5'te verilmiştir. Alıcı yüzeyine toplanan ortalama ışınım değeri 18154 Watt olduğundan optik verim 0.470 bulunmuştur. Aynı tarih ve saatte deney setinden alınan optik verim 0.466 dır. Sonuç olarak hesaplanan optik verim yaklaşık %0.86 'lık bir fark olduğu tespit edilmiştir.

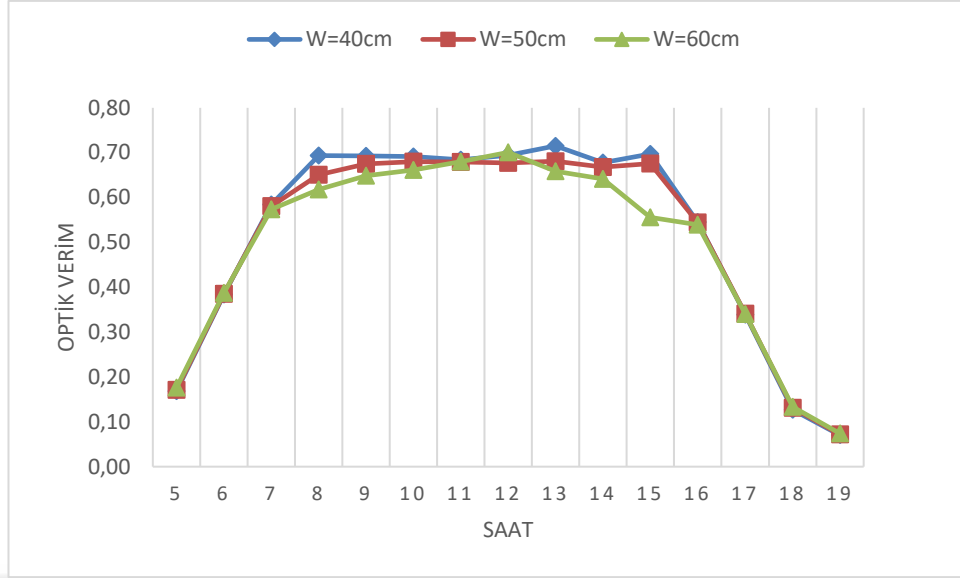
Sonuç olarak bu tez çalışmasında Tonatiuh yazılımı ile elde edilen sonuçların güvenilirliğinin tespiti için;

- Solidworks programı kullanılarak elde edilen sonuçlar tonatiuh programından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.
- Optik verimi bilinen bir ticari fresnel kolektörün optik analizi Tonatiuh programı ile yapılarak optik verim sonuçları karşılaştırılmıştır.
- Deneysel çalışma sonuçlarından elde edilen optik verim değeri Tonatiuh programı ile yapılan çözüm ile karşılaştırılmıştır.

Her üç analizde karşılaştırma sonuçları %1'in altına yakınsamış olması Tonatiuh yazılımının güvenilir sonuçlar verdiği sonucunu doğurmaktadır. Dolayısıyla, bu tezde gerçekleştirilen analizlerde Tonatiuh programının kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

4.2. Lineer Fresnel Kolektörde Kavisli Reflektör Kullanılması

Lineer Fresnel Kolektörde farklı genişliklerde hafif kavisli reflektör kullanılarak optik verimin değişimi incelenmiştir. Birinci reflektör genişliği 40cm, 50cm ve 60 cm genişliklerini kullanarak tipik günler arasında bulunan 11 Haziran için saat 05:00'den 19:00 saatleri arasında optik verim hesaplanmıştır. Yansıtıcı yüzeyi 48 m² sabit tutularak farklı genişliklerde kavisli reflektörler kullanılarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.6. Fresnel Kolektörde farklı genişlikte kavisli reflektör karşılaştırılması

Şekil 4.6’da görüldüğü gibi saat 05:00’den 08:00 e kadar farklı genişliklerde reflektör kullanılmasına rağmen sabit olduğu görülmektedir. Farklı genişliklerde reflektör genişliği için 08:00’den sonra optik verim değişimi meydana gelmektedir. Reflektör genişliği arttıkça optik verimin düştüğünü gözlemlenmektedir. Reflektör genişliği 40cm için saat 05:00’den 19:00 ‘a kadar ortalama optik verim %52, 50cm için %51 ve 60cm için %49 olduğu hesaplanmıştır. Reflektör genişliği 40cm için maksimum optik verim %72 50cm için %68 ve 60cm için %0.70 olduğu hesaplanmıştır. Reflektör genişliği 40cm’den 50cm’e çıkarıldığında optik verim %1.96’lık ve 50cm’den 60cm’e çıkarıldığında ise %4.1’lik bir optik kayıp gerçekleşmektedir. Reflektör genişliği 40 cm için çizelge 4.2’de her reflektörün absorber merkezinden uzaklığı verilmiştir.

Çizelge 4.2. Reflektörlerin absorber merkezinden uzaklığı (W=40 cm)

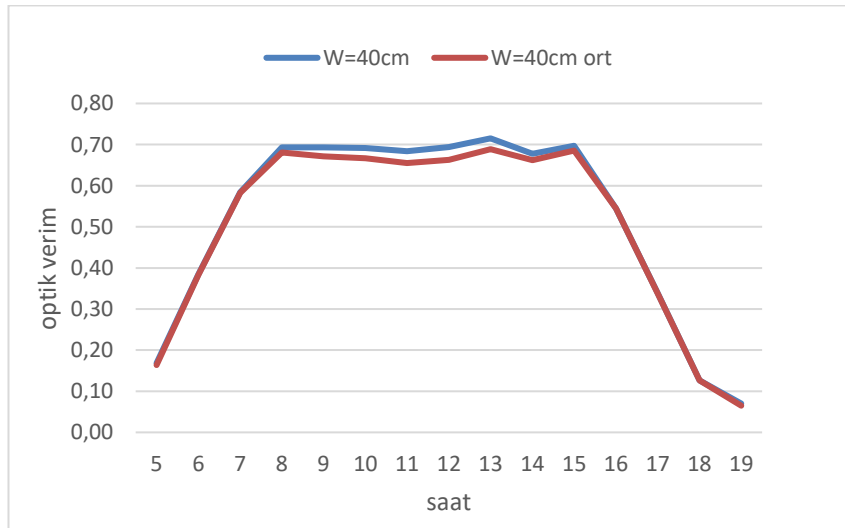
	Reflektörlerin absorber merkezinden uzaklığı (m)
X ₁	0.3
X ₂	0.9
X ₃	1.5
X ₄	2.1
X ₅	2.7

Lineer Fresnel kolektörde kavisli reflektör kullanıldığında her reflektörün bir odak uzaklığı oluşmaktadır. Reflektör genişliği 40 cm için çizelge 4.3'te her reflektörün odak uzaklığı verilmiştir.

Çizelge 4.3. Reflektörlerin odak uzaklığı (W=40 cm)

	Reflektörlerin odak uzaklığı (m)
f1	3.01
f2	3.13
f3	3.35
f4	3.66
f5	4.03
f _{ort}	3,44

Lineer fresnel kolektörde kavisli reflektör kullanıldığında her aynanın konumu farklı olduğundan her reflektörün bir odak uzaklığı oluşmaktadır. Buna bağlı olarak her aynanın kavis değişmektedir. Çizelge 4.2'de her reflektörün odak uzaklığı bulunmaktadır. Endüstride her reflektöre ayrı ayrı kavis vermek sistem maliyetini arttıracaktır. Sistem maliyetini azaltmak için ortalama odak uzaklığı kullanarak sadece bir kavis için sistem tasarımı gerçekleştirilebilir.



Şekil 4.7. Reflektör genişliği 40cm için ortalama odak uzaklığı

Reflektör genişliği 40cm için her reflektöre ayrı kavis verilerek ortalama optik verim %52 iken; ortalama odak uzaklığını kullanarak ortalama optik verim %51'e düşmektedir. Şekil 4.7'de görüldüğü gibi her reflektörün odak uzaklığı kullanılarak maksimum optik verim %72, ortalama odak uzaklığı kullanılarak maksimum %69 olmaktadır. Sonuç olarak Şekil 4.7'de görüldüğü gibi optik verim fazla değişmediğinden dolayı sistem tasarımında ortalama odak uzaklığını kullanılabilir. Reflektör genişliği 50 cm için çizelge 4.4'te her reflektörün absorber merkezinden uzaklığı verilmiştir.

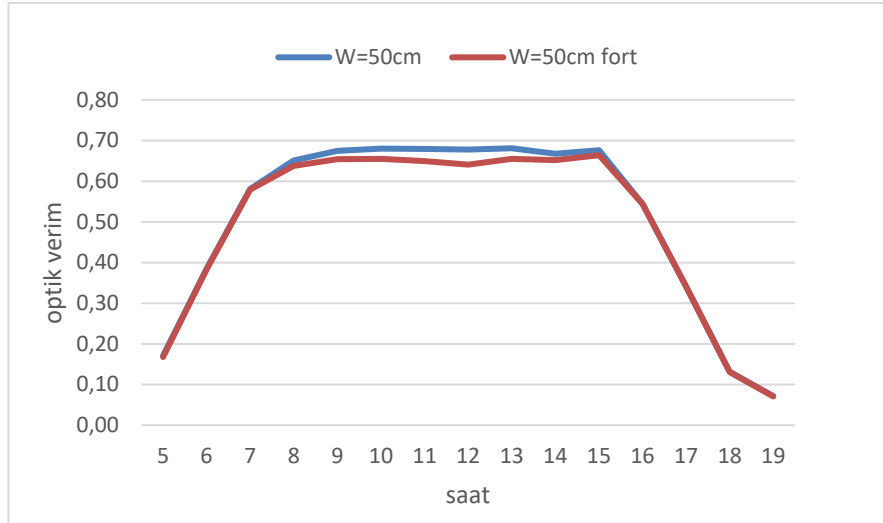
Çizelge 4.4. Reflektörlerin absorber merkezinden uzaklığı (W=50cm)

	Reflektörlerin absorber merkezinden uzaklığı (m)
X ₁	0.4
X ₂	1.2
X ₃	2
X ₄	2.8
X ₅	0.4

Reflektör genişliği 50 cm için çizelge 4.5'de her reflektörün odak uzaklığı verilmiştir.

Çizelge 4.5. Reflektörlerin odak uzaklığı (W=50cm)

	Reflektörlerin odak uzaklığı (m)
f ₁	3.03
f ₂	3.23
f ₃	3.61
f ₄	4.10
f _{ort}	3,49



Şekil 4.8. Reflektör genişliği 50cm için ortalama odak uzaklığı

Reflektör genişliği 50 cm için her reflektöre ayrı kavis verilerek ortalama optik verim %51 iken; ortalama odak uzaklığını kullanarak ortalama optik verim %49' a düşmektedir. Şekil 4.8'de görüldüğü gibi her reflektörün odak uzaklığı kullanılarak maksimum optik verim %68, ortalama odak uzaklığı kullanılarak maksimum %65 olmaktadır. Reflektör genişliği arttıkça odak uzaklığının önemi artmaktadır. 40cm'e göre optik verim değişimi daha fazla olmaktadır. Reflektör genişliği 60 cm için çizelge 4.6'da her reflektörün absorber merkezinden uzaklığı verilmiştir.

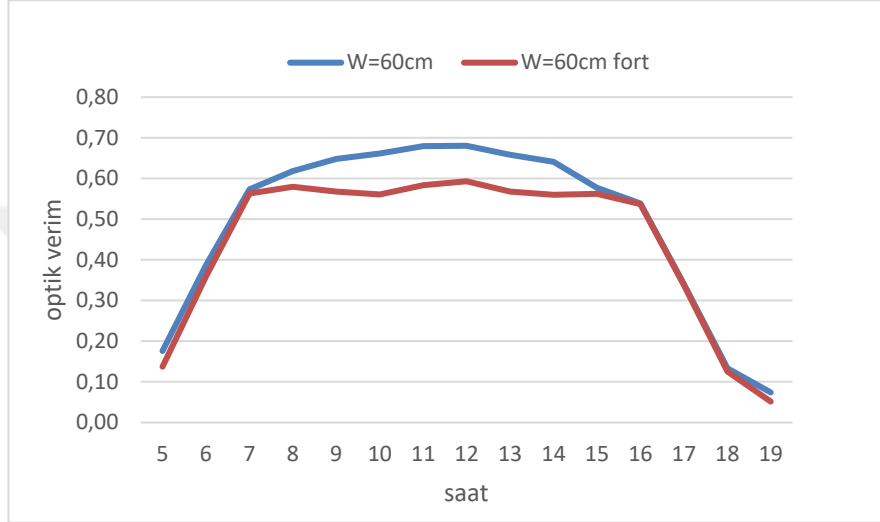
Çizelge 4.6. Reflektörlerin absorber merkezinden uzaklığı (W=60cm)

	Reflektörlerin absorber merkezinden uzaklığı (m)
X ₀	0
X ₁	1
X ₂	2
X ₃	3

Reflektör genişliği 60 cm için çizelge 4.8'de her reflektörün odak uzaklığı verilmiştir

Çizelge 4.7. Reflektörlerin odak uzaklığı (W=60cm)

	Reflektörlerin odak uzaklığı (m)
f ₀	3
f ₁	3,16
f ₂	3,60
f ₃	4,24
f _{ort}	3,5



Şekil 4.9. Reflektör genişliği 60cm için ortalama odak uzaklığı

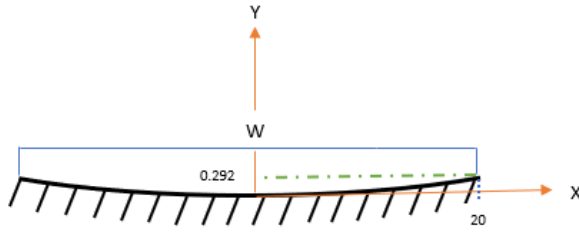
Reflektör genişliği 60cm için her reflektöre ayrı kavis verilerek ortalama optik verim %49 iken; ortalama odak uzaklığını kullanarak ortalama optik verim %45'e düşmektedir. Şekil 4.9'da görüldüğü gibi her reflektörün odak uzaklığı kullanılarak maksimum optik verim %68, ortalama odak uzaklığı kullanılarak maksimum %59 olmaktadır.

Burada yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda çizelge 4.8'de sunulmuştur. Çizelgede görüleceği gibi ortalama odak uzaklığı kullanılarak reflektör genişliği 40 cm için optik verim %4, reflektör genişliği 50cm için %4 ve reflektör genişliği 60cm olduğunda ortalama odak uzaklığı kullanıldığında optik verim %15 düşmektedir.

Çizelge 4.8. Reflektör genişliğine göre günlük ortalama optik verimler

Reflektör genişliği	Farklı odak uzaklığı	Ortalama odak uzaklığı
40cm	0.72	0.69
50cm	0.68	0.65
60cm	0.68	0.59

Lineer Fresnel kolektörde kavisli reflektörün koordinat sistemine göre parabolik eğrisi şekil 4.9’da görülmektedir. Burada x koordinat değeri ayna genişliğinin yarısı kadardır ve y koordinat değeri eşitlik 5 ile bulunmaktadır. Buna göre ayna genişliği 40 cm için yansıtıcının parabolik eğri değerleri (20cm, 0.292cm) olarak bulunmuştur.



Şekil 4.10. Koordinat sistemine göre yansıtıcının parabolik eğrisi

Ayna genişliği 40 cm kavisli reflektör kullanılması durumunda LFK sistemi tasarımı yapılmıştır. Çizelge 4.9’da elde edilen tasarım parametreleri sunulmuştur. LFK sistemi tasarımında optimum boyutlandırma için önerilen X/h değeri 0.9-1.14 arasında alınarak sistem verimliliği maksimize edilmiştir (He J. Ve ark., 2012). Burada X birinci reflektörün absorber merkezinden uzaklığı, h ise absorber boru merkezinin birinci reflektör yüzeyine olan yüksekliğidir.

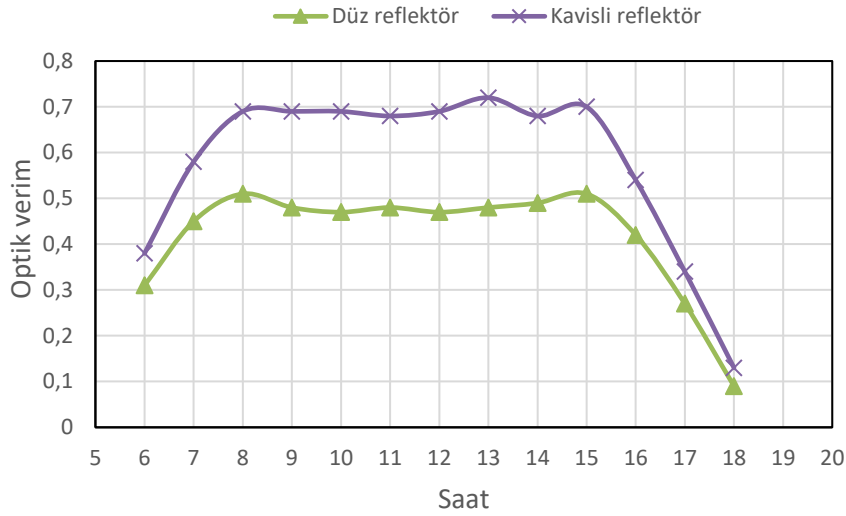
Çizelge 4.9. Kavisli reflektör kullanılan fresnel kolektörü için tasarım parametreler

	Sembol	Değer
Ayna genişliği	W	40 cm
Ayna seri sayısı	N	10
Ayna uzunluğu	L	12 m
İki seri arasındaki boşluk	G	20 cm
Alıcı yüksekliği	h	3 m
Birincil reflektörün açıklık alanı	A_{br}	48 m ²
Doğrusal fresnel kolektörün genişliği	W_g	5.8 m
Doğrusal fresnel kolektörün alanı	A_{fk}	69.6 m ²
Doğrusal fresnel kolektörün kapladığı yer	KY	0.68
X_5 / h oranı	-	0.9

4.3. Lineer Fresnel Kolektörde Kavisli Reflektör ve Düz Reflektör Karşılaştırılması

Bu çalışmada Çizelge 3.1’de verilen düz reflektörlü LFK modeli ile Çizelge 4.10’da verilen hafif kavisli LFK modelinin Şanlıurfa meteorolojik koşullarında Tonatiuh programı ile simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.11’de bu çalışmada incelenen her iki tasarım modelinin Haziran ayı tipik günü (11 Haziran) için optik verimlerin saatlik dağılımı gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi, düz reflektör kullanıldığında optik verim maksimum %51 iken kavisli reflektörler kullanılan tasarımda optik verim %72 olarak bulunmuştur. Kavisli reflektör kullanılan modelde optik verim düz reflektör kullanılan modele göre %41 oranında yükselmiştir.



Şekil 4.11. Lineer fresnel kolektörde kavisli reflektör ve düz reflektör karşılaştırılması

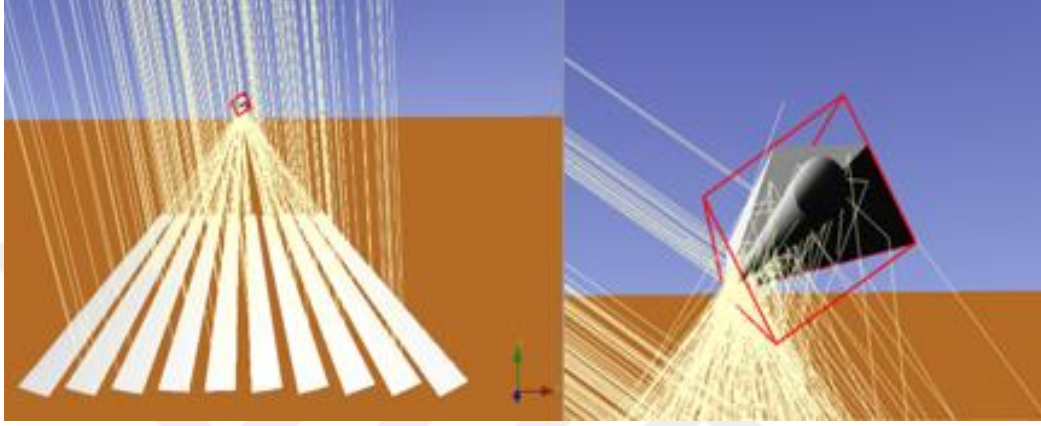
4.4. Lineer Fresnel Kolektörde İkinci Reflektör Kullanılması

Çalışmanın bu bölümünde, kavisli reflektör kullanılan LFK modelinde absorberde ikinci reflektör kullanılmasının etkisi incelenmiştir. Bunun için Tonatiuh programıyla ikinci reflektörlü ve ikinci reflektörsüz LFK modeli Şanhurfa meteorolojik koşullarında 11 Haziran tipik günü için simule edilmiştir. Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te incelenen modellerin Tonatiuh programıyla elde edilen görüntüleri sunulmuştur.

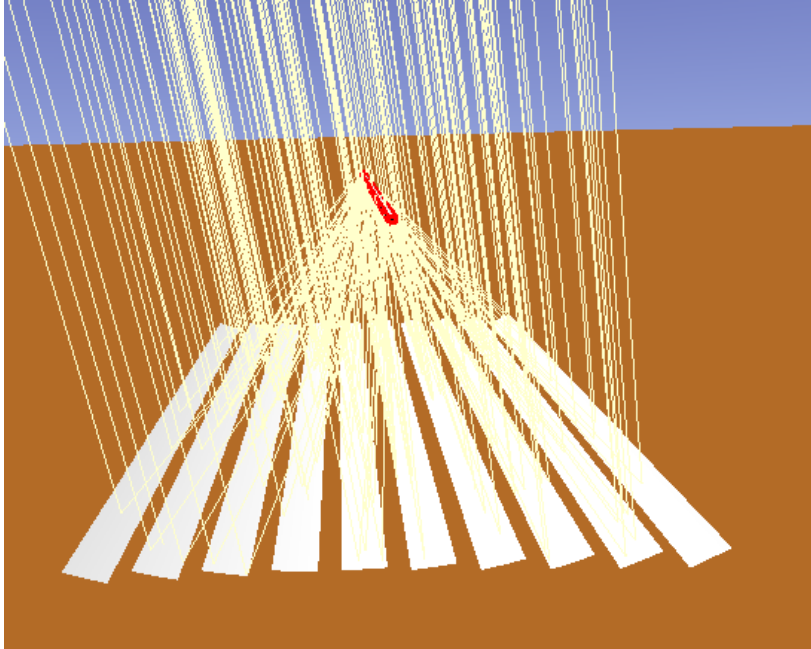
Şekil 4.14'te kavisli reflektörlü Fresnel kolektörde ikinci reflektörün kullanıldığı ve kullanılmadığı modellerde optik verimin günlük dağılımı sunulmuştur. Şekil 4.14'te görüldüğü gibi, ikinci reflektörün kullanıldığı modelde maksimum optik verim %72, ikinci reflektör kullanılmadığı modelde maksimum optik verim %69 olmaktadır.

Lineer Fresnel kolektörde kavisli reflektör kullanıldığında ikinci reflektörün önemi düz reflektörde kullanıldığı gibi optik verimi fazla artırmamaktadır. Sonuç olarak, Lineer fresnel kolektörde ikinci reflektörün önemi daha büyüktür. Çünkü LFK'de reflektörler düz olduğundan ışınların tümünü absorbere odaklayamazlar. IC değeri 0.27 den 0.54'e optik verim %24'ten %49'a yükselmiştir. Lineer Fresnel

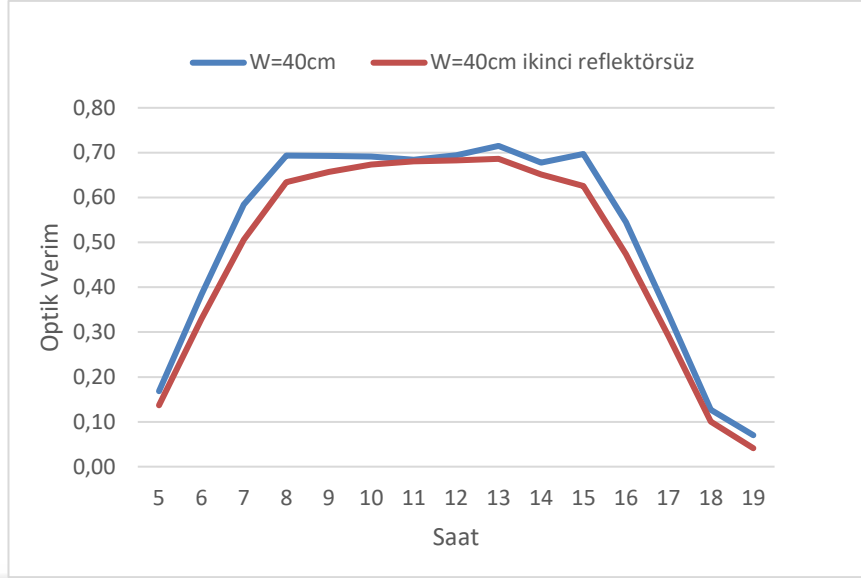
kolektörde birinci reflektör düz olduğunda ikinci reflektör kullanıldığında optik verim %104 artmıştır. Lineer fresnel kolektörde kavisli reflektör kullanıldığında absorbere daha iyi odaklama yapmaktadır. Böylelikle Lineer Fresnel kolektörde kavisli reflektör kullanıldığında optik verim %4 artmıştır.



Şekil 4.12. Tonatiuh programında ikinci reflektörlü lineer fresnel kolektör modeli



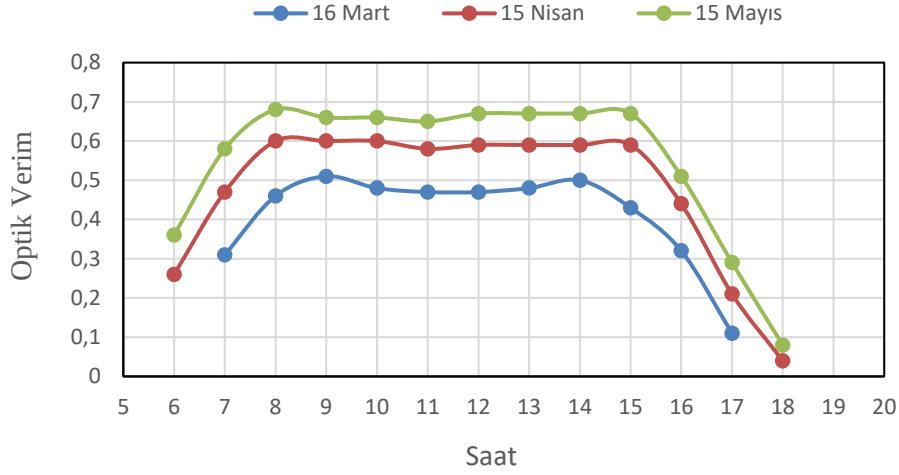
Şekil 4.13. Tonatiuh programında ikinci reflektörsüz lineer fresnel kolektör modeli



Şekil 4.14. Tonatiuh programıyla ikinci reflektörlü ve ikinci reflektörsüz lineer fresnel kolektörün optik verimi

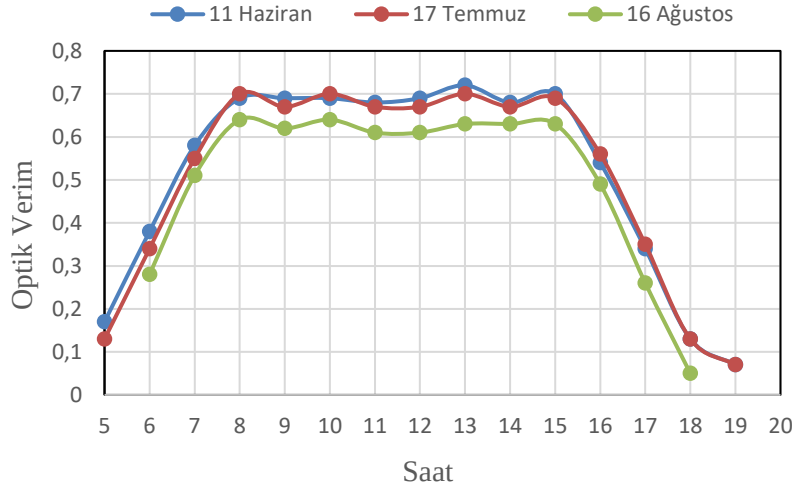
4.5. Lineer Fresnel Kolektör İçin Günlük Analiz Sonuçları

Bu çalışmada ayları temsil eden tipik günler için kavisli ayna yerleştirilen lineer fresnel sisteminin optik verimleri hesaplanmıştır. Şekil 4.15'te Şanlıurfa ili için ilkbahar aylarında (16 Mart, 15 Nisan ve 15 Mayıs) kavisli ayna yerleştirilen lineer fresnel sistemin optik veriminin günlük dağılımı gösterilmiştir. 16 Mart için saat 7:00'de sistem çalıştırılmaya başlayıp saat 17:00'ye kadar toplam olarak 10 saat çalıştırılmıştır. Mart ayında direk ışınlam (DNI) değeri 600 W/ m^2 değerinin üzerine çıkmaktadır. Şekil.4.14'te görüleceği gibi, Çalışma saatleri boyunca optik verim %51 değerine ulaşılmıştır. 15 Nisan itibariyle DNI değeri 700 W/ m^2 olup 6:00 ile 18:00 arasında maksimum optik verim %60 değerine ulaşılmıştır. Mayıs ayında DNI değeri 800 W/ m^2 değerinin gözlenmiş ve çalışma saatleri boyunca optik verim %68 değerine ulaşılarak ilkbahar mevsimi boyunca maksimum değere bu ayda ulaşılmıştır.



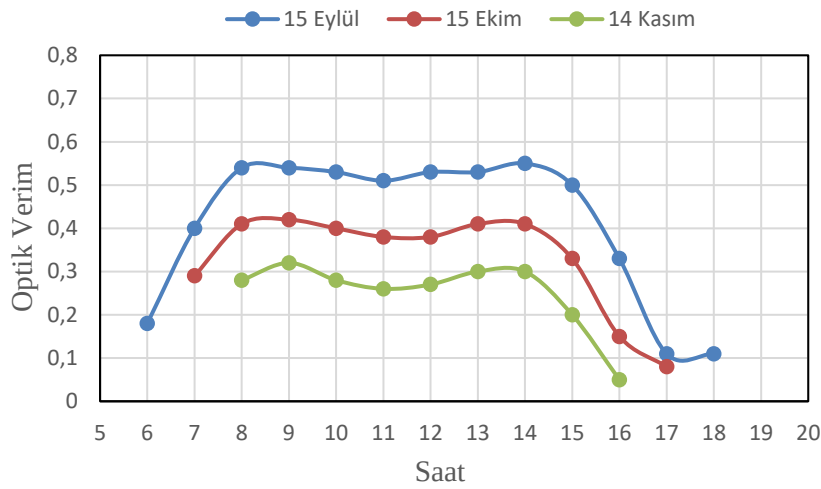
Şekil 4.15. Şanlıurfa ili için ilkbahar mevsimi optik verim sonuçları

Yaz mevsimi boyunca lineer fresnel kolektörü için iyi bir çalışma koşulu oluşmaktadır. Şekil 4.16'da Şanlıurfa ili için yaz aylarında kavisli ayna yerleştirilen lineer fresnel sistemin optik veriminin günlük dağılımı gösterilmiştir. Haziran ayında DNI değeri 900 W/m^2 değerine yaklaşılarak hedeflenen maksimum optik verime ulaşılmıştır. 11 Haziran saat 5:00 ile 19:00 saatleri arasında toplam 14 saat ve Mayıs ayına göre 2 saat daha fazla güneşlenme süresine ulaşılmıştır. Bu ayda 8:00 ile 15:00 saatleri arasında optik verim yaklaşık olarak %72 civarındadır. Şekil 4.16'da görüleceği gibi, temmuz ayında elde edilen optik verimin günlük profili, Haziran ayında elde edilen profile benzerdir. Yaz ayları içinde en düşük performans ağustos ayında olup maksimum optik verim %64'e kadar düşmüştür.



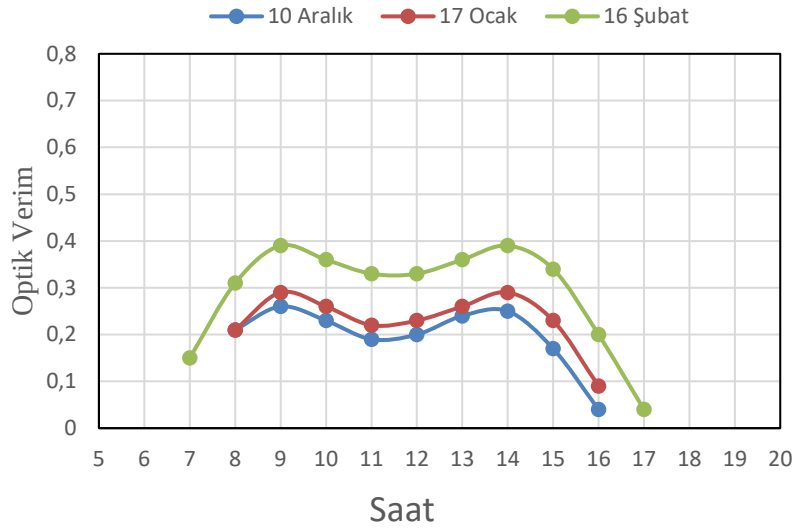
Şekil 4.16. Şanlıurfa ili için yaz mevsimi optik verim sonuçları

Şekil 4.17’de görüldüğü gibi Sonbahar mevsiminin ilk ayında DNI değeri 700 W/m² üzerindedir. 15 Eylül günü saat 6:00 ile 18:00 saatleri arasında 12 saat güneş enerjisi alınmıştır. Saat 8:00 ile 15:00 değerleri arasında optik verim %55 değerine ulaşmaktadır. Sonbahar mevsiminin sonlarına doğru DNI değerleri azalmaktadır. 15 Ekim’de güneşlenme süresi saat 7:00 ile 17:00 arasında toplam 10 saattir. Bugünde maksimum optik verim %42 olarak tespit edilmiştir. 14 Kasım’da DNI değeri 400 W/m² ve güneşlenme süresi 8:00 ile 16:00 arasındadır. Bugünde sistemin maksimum optik verimi %32’dir.



Şekil 4.17. Şanlıurfa ili için sonbahar mevsimi optik verim sonuçları

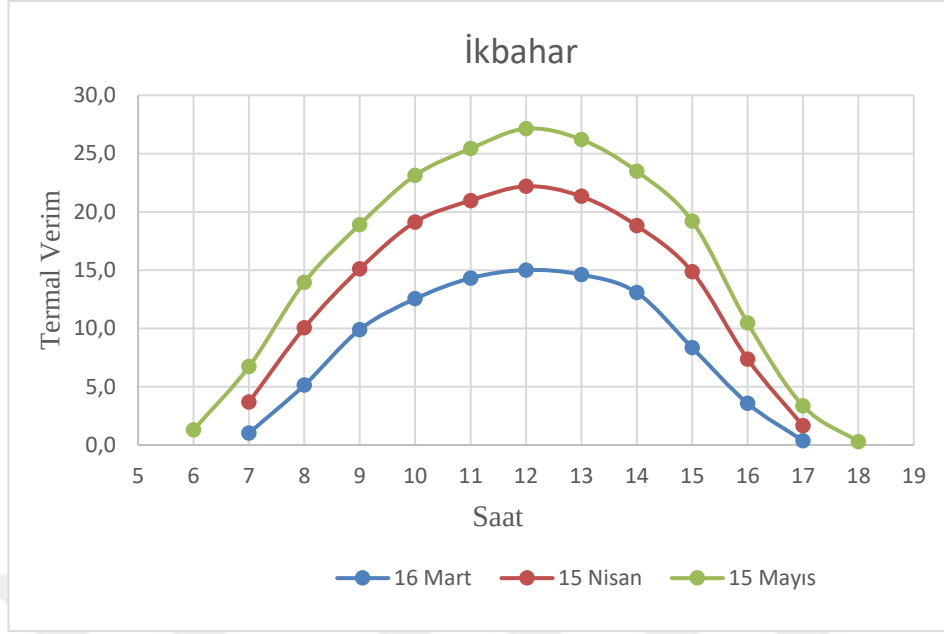
Beklendiği gibi kış döneminde DNI ve güneşlenme süreleri çok azalmaktadır. Bunun sonucunda sistemin performansı en düşük bu dönemde gözlenmiştir. Şekil 4.18’de görüldüğü gibi 10 Aralık için saat 8:00 ile 16:00 saatleri arasında maksimum optik verim %26, 17 Ocak için saat 8:00 ile 16:00 saatleri arasında maksimum optik verim %29 ve 16 Şubat için saat 7:00 ile 17:00 saatleri arasında maksimum optik verim %39’a ulaşılmıştır.



Şekil 4.18. Şanlıurfa ili için kış mevsimi optik verim sonuçları

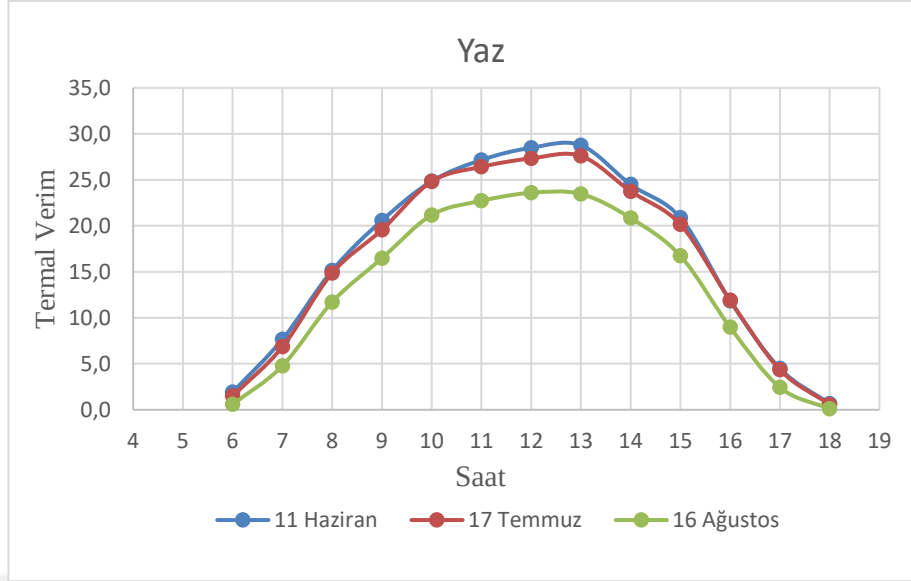
4.6. Lineer Fresnel Kolektör Termal Olarak İncelenmesi

Lineer Fresnel kolektörünün saatlik, aylık ve günlük güç değerinin belirlenmesinde Tonatiuh programı kullanılmıştır. İstenilen zaman için (bir günün gündeği ile gün batışı arasında tüm saat başlarında) model simule edilerek güç çıkışı tespit edilmiştir. Simülasyondan elde edilen sonuçlara göre LFK modelinin yıllık çıkış gücü bulunmuştur.



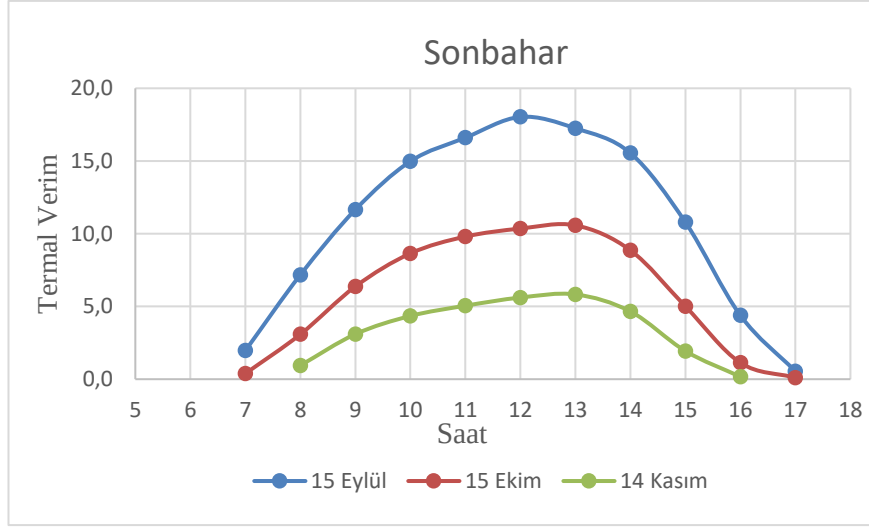
Şekil 4.19. Şanlıurfa ili için ilkbahar mevsimi termal verim sonuçları

Şekil 4.19’da görüldüğü gibi Şanlıurfa ili için ilkbahar mevsimin ilk ayı olan mart ayının 16’sında maksimum 15 kW, toplam olarak günde 97.9 kW, Mart ayı için yaklaşık olarak ayda 3034 kW termal güç üretmektedir. 15 Nisan için maksimum 22.2 kW, toplam olarak günde 155.2 kW, Nisan ayı için yaklaşık olarak ayda 4656 kW termal güç üretmektedir. 15 Mayıs için, maksimum 27.1 kW, toplam olarak günde 199.6 kW, Mayıs ayı için yaklaşık olarak ayda 6187.6 kW termal güç üretmektedir. Sonuç olarak ışıınım değeri arttığından yaz mevsimine doğru termal güç çıkışı artmaktadır.



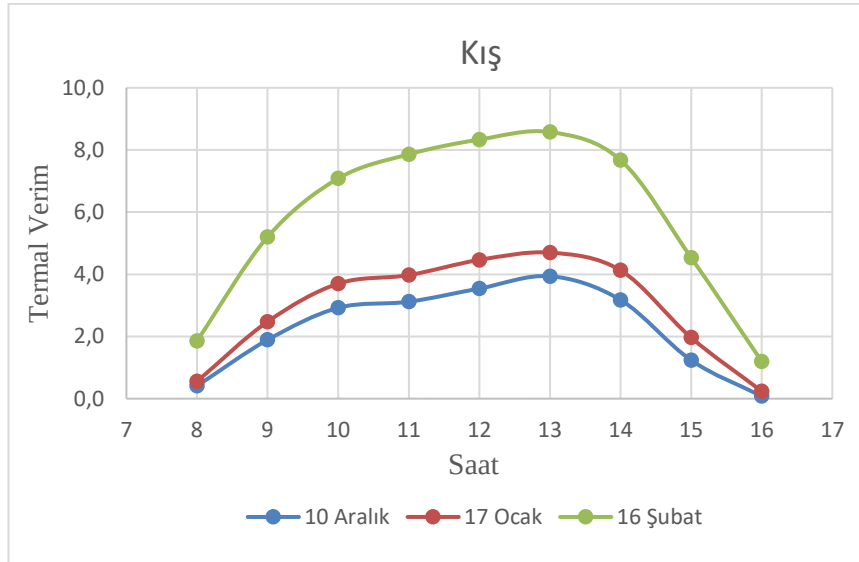
Şekil 4.20. Şanlıurfa ili için yaz mevsimi termal verim sonuçları

Şekil 4.20’de görüldüğü gibi Şanlıurfa ili için yaz mevsimin ilk ayı olan Haziran ayının 11’inde maksimum 28.8 kW, toplam olarak günde 216.9 kW, Haziran ayı için yaklaşık olarak ayda 6507 kW termal güç üretmektedir. 17 Temmuz için maksimum 27.6 kW, toplam olarak günde 209.6 kW, Temmuz ayı için yaklaşık olarak ayda 6497.6 kW termal güç üretmektedir. 16 Ağustos için, maksimum 23.6 kW, toplam olarak günde 173.6 kW, Ağustos ayı için yaklaşık olarak ayda 5381.6 kW termal güç üretmektedir.



Şekil 4.21. Şanlıurfa ili için sonbahar mevsimi termal verim sonuçları

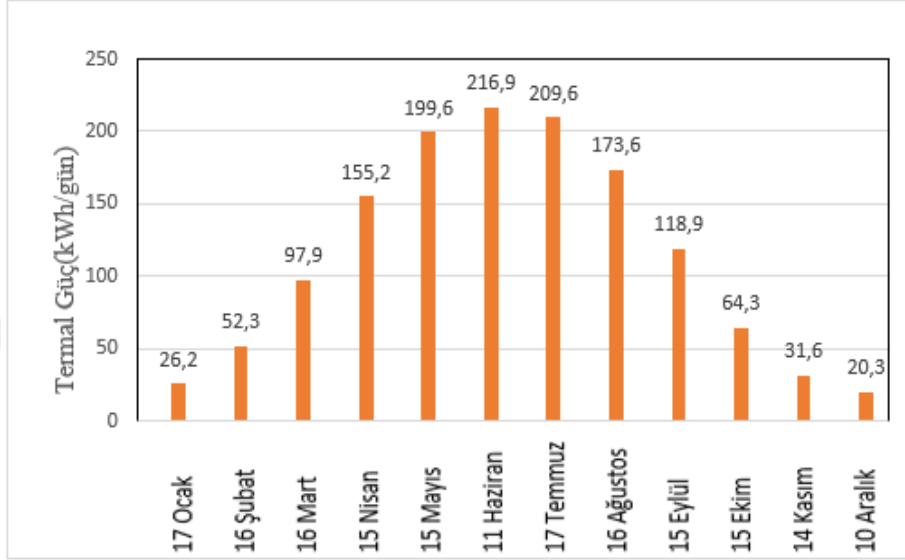
Şekil 4.21'de görüldüğü gibi Şanlıurfa ili için sonbahar mevsimin ilk ayı olan Eylül ayının 15'inde maksimum 18 kW, toplam olarak günde 118.9 kW, Eylül ayı için yaklaşık olarak ayda 3567.9 kW termal güç üretmektedir. 15 Ekim için maksimum 10.6 kW, toplam olarak günde 64.3 kW, Ekim ayı için yaklaşık olarak ayda 1994.5 kW termal güç üretmektedir. 14 Kasım için, maksimum 5.8 kW, toplam olarak günde 31.6 kW, Kasım ayı için yaklaşık olarak ayda 949.4 kW termal güç üretmektedir.



Şekil 4.22. Şanlıurfa ili için kış mevsimi termal verim sonuçları

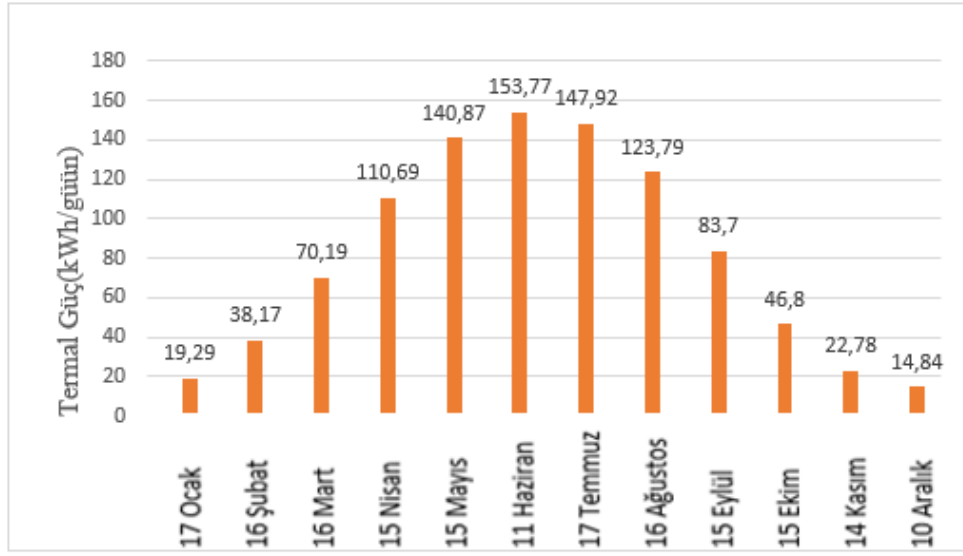
Şekil 4.22'de görüldüğü gibi Şanlıurfa ili için kış mevsimin ilk ayı olan Aralık ayının 10'nunda maksimum 3.9 kW, toplam olarak günde 20.3 kW, Aralık ayı için

yaklaşık olarak ayda 629.6 kW termal güç üretmektedir. 17 Ocak için maksimum 4.7 kW, toplam olarak günde 26.2 kW, Ocak ayı için yaklaşık olarak ayda 812.2 kW termal güç üretmektedir. 16 Şubat için, maksimum 8.6 kW, toplam olarak günde 52.3 kW, Şubat ayı için yaklaşık olarak ayda 1465.1 kW termal güç üretmektedir.



Şekil 4.23. Şanlıurfa ili için kavisli reflektör kullanılarak yıllık termal güç sonuçları

Şanlıurfa ili için tasarlanan Lineer fresnel kolektörde kavisli reflektör kullanılarak bir yıl boyunca termal güç sonuçları Şekil 4.23'te verilmiştir. 11 Haziran'da ışıınım değeri daha fazla olduğundan ve güneş ışınları dik geldiğinden dolayı maksimum termal güç çıkışını bu ayda elde etmektedir. 11 Haziran tipik günü için 216.9 kW termal güç çıkışı vermektedir. Haziran ayında toplam 6507 kW ve bir yıl boyunca toplam 41731.2 kW termal güç üretmektedir.



Şekil 4.24. Şanlıurfa ili için düz reflektör kullanılarak yıllık termal güç sonuçları

Şanlıurfa ili için tasarlanan lineer fresnel kolektörde düz reflektör kullanılarak bir yıl boyunca termal güç sonuçları Şekil 4.24'te verilmiştir. 11 Haziran'da ışıınım değeri daha fazla olduğundan ve güneş ışınları dik geldiğinden dolayı maksimum termal güç çıkışını bu ayda elde etmektedir. 11 Haziran tipik günü için 153.77 kW termal güç çıkışı vermektedir. Haziran ayında toplam 4613.1 kW ve bir yıl boyunca toplam 29709.8 kW termal güç üretmektedir.

4.7. Lineer Fresnel Kolektörde Ekonomik Analiz

Lineer fresnel kolektörde düz reflektör yerine kavisli reflektör kullanıldığında sistem perfonmasını önemli derecede arttırmaktadır. Bunun yanında maliyette artmaktadır.

Çizelge 4.10. Lineer fresnel kolektörde ekonomik analiz

Teknoloji Türü	İlk yatırım maliyeti (\$/m ²)
LFK’de düz reflektör	650
LFK’de kavisli reflektör	800

Lineer fresnel kolektörde 48 m² reflektör alanı kullanılarak düz reflektör ve kavisli reflektör tasarımı gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.10’da lineer fresnel kolektörde düz ve kavisli reflektör kullanımının ilk yatırım maliyeti gösterilmektedir. Lineer fresnel kolektörde; düz reflektör kullanıldığında 48 m² için ilk yatırım maliyeti 31.200 \$ (650\$/m²), kavisli reflektör kullanıldığında ise 38.400 \$ (800 \$/m²) ilk yatırım maliyetidir. Lineer fresnel kolektörde düz reflektör kullanıldığında Şekil 4.24’te görüldüğü gibi 29709.8 kW/yıl, kavisli reflektör kullanıldığında 41731.2 kW/yıl termal güç üretmektedir. Dolayısıyla, 48 m² kavisli reflektör kullanıldığında bir yılda yaklaşık olarak 12000 kW daha fazla termal güç üretmektedir. Bu yatırımın basit amortisman süresinin 4-5 yıl arasında olacağı hesaplanmıştır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Düşük verimli bir teknoloji olarak kabul edilmelerine rağmen lineer fresnel kollektörler, yapılacak iyileştirmeler ile maliyetleri düşürme potansiyeli taşımaktadır. Bu tezde, hafif kavisli reflektörlerin kullanılmasının sistem performansı üzerindeki etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Bu çalışma, Harran Üniversitesi GAPYENEV araştırma ve uygulama merkezinde kurulu olan 20 kW ısı gücüne sahip lineer fresnel kollektör dikkate alınarak Şanlıurfa (Enlem 37.1019°- Boylam 39.016°- Rakım 510 m) meteorolojik koşullarında gerçekleştirilmiştir. Lineer fresnel kollektör sistemi analizinde Tonatiuh yazılımı kullanılmıştır. Lineer fresnel kollektör (LFK) için geliştirilen model Tonatiuh yazılımı dışında Solidworks programı ile karşılaştırılarak doğruluğu tespit edilmiştir. Böylece Tonatiuh yazılımının güvenilir sonuçlar verdiği ve bu araştırma için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu tez çalışmasında aşağıda verilen çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

- LFK sisteminde hafif kavisli reflektör genişliğinin performansa etkisi
- LFK sisteminde hafif kavisli ve düz reflektör kullanımının sistem performansa etkisi
- LFK sisteminin ikinci reflektörlü ve ikinci reflektörsüz olması durumunda hafif kavisli reflektörün performansa etkisi,

Sonuç olarak, Lineer fresnel kolektörde düz reflektör kullanıldığında ikinci reflektörün önemi daha büyüktür. Çünkü LFK’de reflektörler düz olduğundan ışınların tümünü absorbere odaklayamazlar. İntrecept faktör değeri 0.27 den 0.54’e optik verim %24’ten %49’a yükselmiştir. Lineer Fresnel kolektörde birinci reflektör düz olduğunda ikinci reflektör kullandığımızda optik verim %104 artmıştır. Lineer fresnel kolektörde kavisli reflektör kullanıldığında absorbere daha iyi odaklama yapmaktadır. Buna bağlı olarak Lineer Fresnel kolektörde kavisli reflektör kullanıldığında, ikinci reflektör optik verimi %4 daha artmaktadır.

Düz reflektör kullanıldığında optik verim maksimum %51 iken kavisli reflektörler kullanılan tasarımda optik verim %72 olarak bulunmuştur. Kavisli reflektör kullanılan modelde optik verim düz reflektör kullanılan modele göre %41 oranında yükselmiştir.

Şanlıurfa için yıl içinde en iyi performans haziran ayında bulunmuştur. Bu sistemin optik verimi %72 değerine ulaşmıştır. Yaz ve kış günleri arasında önemli konsantrasyon farklılıkları olduğunu tespit edilmiştir. 11 Haziran tipik günü için 216,9 kW termal güç çıkışı ve bir yıl boyunca toplam 41725,4kW termal güç üretebilmektedir.

Sonuç olarak, hafif kavisli reflektörlerin kullanılmasının önemli derecede optik verim arttırdığını ve kavisli fresnel kolektör sisteminde daha geniş yansıtıcıların kullanılabileceğini, böylece yansıtıcı sayısının azaldığını ve daha basit kontrol sisteminin kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

5.2. Öneriler

Yapılan bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlara bakıldığı zaman, kavisli reflektör kullanılarak sistem veriminin önemli derecede artırılacağı sonucu görülmektedir. Yerli imkanlarla üretimi yapılacak fresnel güneş kolektörleri ile endüstrinin ısıl proses ihtiyacının karşılanması mümkün görünmektedir. Bundan sonraki çalışmalarda, tekstil, gıda işleme gibi endüstrinin çeşitli sektörlerinde doğrudan buhar üretimi olmak üzere kurutma, ısıtma, soğutma gibi diğer ısıl proses ihtiyaçlarının karşılanması için teknolojik analizlerin ve işletmelere yönelik fizibilite çalışmalarının yapılması uygulamaların yaygınlaşmasında önemli katkılar sağlayacaktır.

5.3. Teşekkür

118M143 nolu Yenilikçi Yerli Sanayi Ölçekli Fresnel Kolektör Geliştirme ve Prototip Üretimi başlıklı projemizi destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- AJDAD H, AL MERS A, BOUATEM A, IDRİSSİ B.B and EL ALJ S. Preliminary cost-effectiveness assessment of a Linear Fresnel Concentrator. Case Studies in Thermal Engineering 2020.
- "Advanced Energy Technologies and Systems I", Springer Science and Business Media LLC, 2022.
- BARBON, A., BARBON, N., BAYON, L. and OTERO, J. A. (2016). Optimization of the length and position of the absorber tube in small-scale Linear Fresnel Concentrators. Renewable Energy, 99, 986-995. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.07.070>.
- BARBON, A., BARBÓN, N., BAYÓN, L. and SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, J. A. (2018). Parametric study of the small scale linear Fresnel reflector. Renewable Energy, 116, 64-74. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.09.066>.
- BELLOS E, TZIVANİDİS C and PAPADOPOULOS A. Optical and thermal analysis of a linear Fresnel reflector operating with thermal oil, molten salt and liquid sodium. Applied Thermal Engineering 2018;70:80-10.
- BELLOS E. (2019). Progress in the design and the applications of linear Fresnel reflectors—A critical review. Thermal Science and Engineering Progress, 10, 112-137. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2019.01.014>.
- BURBIDGE D., MILLS D. R. And MORRISON G. L. (2000). Stanwell solar thermal power project. In Proceedings of the 10th SolarPACES International Symposium of Solar Thermal Concentrating Technologies, Solar Thermal. 8-10. https://www.academia.edu/download/43977883/stanwell_clfr.pdf.
- D.Y. GOSWAMI and F. KREITH, Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy, Crc Press, 2007.
- DUFFİE, J. A., and BECKMAN, W. A. (2013). Solar engineering of thermal processes (4th ed.). Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.
- FACAO, J., and OLIVEIRA, A. C. (2011). Numerical simulation of a trapezoidal cavity receiver for a linear Fresnel solar collector concentrator. Renewable Energy, 36(1), 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.06.003>.
- FAMIGLIETTI A. and LECUONA A. "Smallscale linear Fresnel collector using air as heat transfer fluid: experimental characterization", Renewable Energy, 2021.
- FELDHOF, J. F. (2012). Linear Fresnel Collectors. línea], Disponible en: http://sfera.sollab.eu/downloads/Schools/Fabian_Feldhoff_Linear_Fresnel.pdf. [Accedido: 11-mar-2019].
- FOSSA M., BOCCALATTE A. and MEMME S. "Solar Fresnel modelling, geometry enhancement and 3D ray tracing analysis devoted to different energy efficiency definitions and applied to a real facility", Solar Energy, 2021.
- GAPYENEV(2020).KONU BAŞLIĞI. 20 Ekim 2021 tarihinde www.gabyenev2020.harran.edu.tr adresinden erişildi.
- HACK, M., ZHU, G., and WENDELİN, T. (2017). Evaluation and comparison of an adaptive method technique for improved performance of linear Fresnel secondary designs. Applied Energy, 208, 1441-1451. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.009>.
- HE, J., QIU, Z., LI, Q. and ZHANG Y. (2012). Optical design of linear Fresnel

- reflector solar concentrators. *Energy Procedia*, 14, 1960-1966.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.12.1194>.
- HUANG F., LI L. and HUANG W. "Optical performance of an azimuth tracking linear Fresnel solar concentrator", *Solar Energy*, 2014.
- KALOGIROU S., *Sol. Ener. Eng: processes and systems / Soteris Kalogirou*. 1st ed.p. cm.
- KARATHANASIS S. "Linear Fresnel Reflector Systems for Solar Radiation Concentration", Springer Science and Business Media LLC, 2019.
- KEIFER C.P. and RIO P.D.. "Analysing the barriers and drivers to concentrating solar power in the European Union. Policy implications", *Journal of Cleaner Production*, 2020.
- MILLS, D. R., Le Lievre, P. and Morrison, G. L. (2004). First results from compact linear Fresnel reflector installation. *Proceedings of ANZSES Solar2004*.
<https://www.researchgate.net/publication/242170632>
- MİNAEİAN, A., ALEMRAJABI, A., CHAVOSHI, M., MOSTAFAEIPOUR, A., and SEIFI, Z. (2020). Effect of secondary reflector on solar flux intensity and uniformity of a Fresnel concentrator. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 12(3), 033703. <https://doi.org/10.1063/5.0007604>
- MOMENI S, MENBARI A, ALEMRAJABI A.A and MOHAMMADI P. Theoretical performance analysis of new class of Fresnel concentrated solar thermal collector based on parabolic reflectors. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 2019;25:33-8.
- MONTENON, A. C., FYLAKTOS, N., MONTAGNINO, F., PAREDES, F., and PAPANICOLAS, C. N. (2017, June). Concentrated solar power in the built environment. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1850, No. 1, p. 040006). AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/1.4984402>.
- MONTES, M. J., RUBBIA, C., ABBAS, R., and MARTÍNEZ-VAL, J. M. (2014). A comparative analysis of configurations of linear Fresnel collectors for concentrating solar power. *Energy*, 73, 192-203.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.06.010>.
- MORIN, G., DERSCH, J., PLATZER, W., ECK, M., and HÄBERLE, A. (2012). Comparison of linear Fresnel and parabolic trough collector power plants. *SolarEnergy*, 86(1),1-12. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.06.020>
- PINO F.J, CARO R., ROSA F and GUERRA J. Experimental validation of an optical and thermal model of a linear Fresnel collector system. *Applied Thermal Engineering* 2013;1463:1471-8.
- PUROHIT I. and PUROHIT P. 2017. Technical and economic potential of concentrating solar thermal power generation in India. *Renewable and sustainableenergyreviews*,78:648-667.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.059>
- QIU Y, HE Y, CHENG Z and WANG K. Study on optical and thermal performance of a linear Fresnel solar reflector using molten salt as HTF with MCRT and FVM methods. *Applied Energy* 2015;162:173-11.
- RAFIEI A., LONI R., NAJAFI G. and YUSAF T. "Study of PTC System with Rectangular Cavity Receiver with Different Receiver Tube Shapes Using Oil, Water and Air", *Energies*, 2020.
- RUNGASAMY A.E., CRAIG K.J. and MEYER J.P. "A review of linear Fresnel primary optical design 16.

- S.A. KALOGİROU, S. EDİTİON and S.A. KALOGİROU, Solar Energy Engineering: Processes and Systems, Academic Press, 2013.
- TSEKOURAS P, TZİVANİDİS C and ANTONOPOULOS K. Optical and thermal investigation of a linear Fresnel collector with trapezoidal cavity receiver. Applied Thermal Engineering 2018:379:388-9.
- WANG K.J., YANG S.H. and DUNG N.D.T. "Design of a solar concentrator system for a green community-A dualobjective stochastic optimization model" , Journal of Renewable and Sustainable Energy, 2021.
- YANQİNG Z, JİFU S, YUJİAN L, LEİLEİ W, QİZHANG H and GANG X. Design and experimental investigation of a stretched parabolic linear Fresnel reflector collecting system. Energy Conversion and Management 2016:89:98-9.
- Yeşilata, B., H. Bulut, Çetiner, C. Ersavaş, A, "Termal Güneş Enerjisi Teknolojileri Ve Gap Bölgesine Yönelik Fırsatlar", Mühendis ve Makina, 52/622, 47-56, (2011).
- ZHU J and HUANG H. Design and thermal performances of Semi-Parabolic Linear Fresnel Reflector solar concentration collector. Energy Conversion and Management 2014:733:737-4.
- ZHU, G., WENDELİN, T., WAGNER, M. J., and KUTSCHER, C. (2014). History,. current state, and future of linear Fresnel concentrating solar collectors. Solar Energy, 103, 639-652. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.05.021>.
- ZHU, J. and CHEN, Z. (2018). Optical design of compact linear fresnel reflector systems. Solar Energy Materials and Solar Cells, 176, 239-250. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2017.12.016>.
- ZİUKU S., SEYİTİNİ L., MAPURİSA B., CHİKODZİ D.and KOEN VAN K., Ener. for Sust. Develp. 23 (2014) 220–227.