

YÜKSEK KONSANTRASYONLU SABİT, ÜÇ YANSITICILI GÜNEŞ KOLEKTÖRÜ

Tolga PIRASACI*, Mecit SİVRİOĞLU*

Güneş enerjisi temiz ve yenilenebilir bir kaynaktır. Güneş enerjisi kullanımındaki sorunlardan birisi güneş akısının endüstriyel kullanım için düşük miktarlarda olmasıdır. Güneş enerjisini daha yoğun hale getirebilmek için çeşitli sistemler (kolektörler) geliştirilmiştir.

Bu çalışmada yüksek konsantrasyonlu sabit ve üç yansıtıcı bir kolektör için optik analizler yapılmış ve kolektör boyutlarının değişimi incelenmiştir. Bu çalışmada tasarlanan kolektör, yansıtıcılar ve alıcı olmak üzere iki temel kısımdan oluşmaktadır. Yansıtıcılar, güneş akısını alıcı üzerinde odaklamak için kullanılmaktadır. Tasarlanan bu kolektör üç yansıtıcı yüzeyden oluşmaktadır. Birinci yansıtıcı tasarım açısında gelen güneş akısını alıcı üzerinde odaklamaktadır. Güneşin hareketi nedeniyle, güneş akısının açısı değiştiğinde ise birinci parabolde yansıyan güneş akısı ikinci ve/veya üçüncü parabol tarafından karşılanmakta ve alıcı üzerine yansıtılmaktadır.

Bu kolektör güneş akısının açısına bağlı kalmadan üzerine gelen bütün akıyı alıcı üzerinde odaklayabilmektedir. Bu nedenle kolektörün güneş hareketini takip etmek üzere ayarlanması gerekmemektedir.

Anahtar sözcükler: Güneş Enerjisi, Güneş Kolektörleri

Solar energy is a clean and renewable energy source. The main problem in the industrial usage of solar energy is the low values of solar radiation. In order to concentrate solar energy, various systems (collectors) have been developed.

In this study the optical analysis of the non-tracking, three-reflector solar collector of high concentration was performed and the dimensions of the collector were determined for various collector parameters. The designed collector in this study has two main components; the reflector and the receiver. The reflector is used to focus radiation flux onto the receiver. This collector composed of three reflector surfaces. The first reflector surface focuses the radiation flux from design angle direction on to the receiver. When the radiation flux angle is changed due to the sun position, the radiation flux reflected from first reflector parabola is received by the second and/or third parabolic surfaces and then it is focused on to the receiver. The designed collector can focus all radiation flux independent of flux angle onto the receiver. Thus, it is not required for this collector to follow the sun position.

Keywords: Solar Energy, Solar Collectors

* Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü

GİRİŞ

Güneş enerjisi kullanımındaki sorunlardan birisi güneş akısının endüstriyel kullanım için düşük miktarlarda olmasıdır. Güneş enerjisini daha yoğun hale getirebilmek için çeşitli sistemler (kolektörler) geliştirilmiştir. Bu sistemlerde güneş akısını bir bölgede odaklamak için yansıtıcı yüzeyler kullanılmaktadır. Odak bölgesinde ise alıcı bulunmaktadır.

Odeh vd. (1998) yaptıkları çalışmada düz parabolik kolektörlerin verimi için bir benzetim modeli oluşturmuşlardır. Eskin (1999) düz parabolik kolektörler için kararsız bir boyutlu ısı transferi analizi yaparak bu kolektörlerin enerji verimliliğini belirlemiştir. Mancini (1991) yaptığı çalışmada Sandia Ulusal Laboratuvarları tarafından geliştirilen gergin-zar kolektörlerini bir bilgisayar programı kullanarak incelemiştir. Kaushika ve Reddy (2000) yaptıkları çalışmada ekonomik açıdan ucuz olan çanak şeklindeki bir parabolik kolektörün performansını incelemiştir.

Güneş akısını bir bölgede odaklayarak yoğunlaştıran kolektörlerin kullanımındaki en önemli sorun güneş akısının yönünün zamanla değişmesidir. Bu değişime karşın kolektör veriminin en üst düzeyde tutulabilmesi için çeşitli çözümler geliştirilmiştir.

Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı, kolektörlerin güneşin hareketini takip etmesini sağlamak için geliştirilen sistemlerdir. Bir diğer çözüm ise kolektör yapısının değiştirilerek sabit kolektörlerin kullanılmasıdır. Sabit kolektörlerde güneşi takip eden sistemlerin getirdiği ek maliyetlerin olmaması ve bu kolektörlerin bakım ihtiyacının en aza indirgenmiş olması bu kolektörlerin en büyük avantajıdır.

Muschaweck vd. (2000) yaptıkları çalışmada sabit kolektörler için en uygun yansıtıcı şekillerini bulmaya çalışmışlardır. Chaves vd. (2000) yaptıkları çalışmada son derece düz yansıtıcı kolektörlerin tasarımlarını incelemiştir.

Bu çalışmada değişik açılardan gelen güneş akısını belirli bir bölgede yoğunlaştıracak basit yapıya sahip bir güneş kolektörünün optik tasarımı yapılmış ve boyutları belirlenmiştir (Pirasacı, 2002).

Ayrıca bu çalışma sonucunda tasarlanan yeni kolektörün düz parabolik kolektörlerden daha yüksek konsantrasyon değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

KOLEKTÖR YAPISI

Bu çalışmada tasarlanan kolektör, yansıtıcılar ve alıcı olmak üzere iki temel kısımdan oluşmaktadır. Bu tasarımın şematik çizimi Şekil 1'de gösterilmiştir.

Yansıtıcılar, güneş akısını alıcı üzerinde odaklamak için kullanılmaktadırlar. Tasarlanan bu kolektör üç yansıtıcı yüzeyden oluşmaktadır. Birinci yansıtıcı tasarım açısında gelen güneş akısını alıcı üzerinde odaklamaktadır. Güneşin hareketi nedeniyle, güneş akısının açısı değiştiğinde ise birinci parabolden yansıyan güneş akısı ikinci ve/veya üçüncü parabol tarafından karşılanmakta ve alıcı üzerine yansıtılmaktadır. Bu nedenle bu kolektör güneş akısının açısına bağlı kalmadan üzerine gelen bütün akıyı alıcı üzerinde odaklayabilmektedir. Bu nedenle kolektörün güneş hareketini takip etmek üzere ayarlanması gerekmemektedir.

Alıcı tüp, içerisinde ısıtıcı akışkanı bulundurur ve üzerine düşen güneş akısını alarak iş akışkanına aktarır. Alıcı tüp, kolektörde güneş enerjisinin emildiği kısımdır. Bu nedenle kolektörden yüksek verim alınabilmesi için bu tüpten olan ısı kaybının azaltılması ve ısıtıcı akışkana ısı geçişinin sağlanması gerekmektedir.

KOLEKTÖR OPTİK HESAPLARI

Güneş kolektörlerinin performansını etkileyen faktörlerden bir tanesi kolektörün optik yapısıdır. Bu yapı kolektörün, konumlandırılma şekline, yön ve açısına, güneş hareketini takip edip etmeyeceğine ve güneş akısının geometrisine bağlı olarak tayin edilir.

Bu çalışmada tasarlanan sistemde kolektör optik eksenini doğu-batı yönündedir ve kolektör yatay olarak konumlandırılmıştır (Şekil 2).

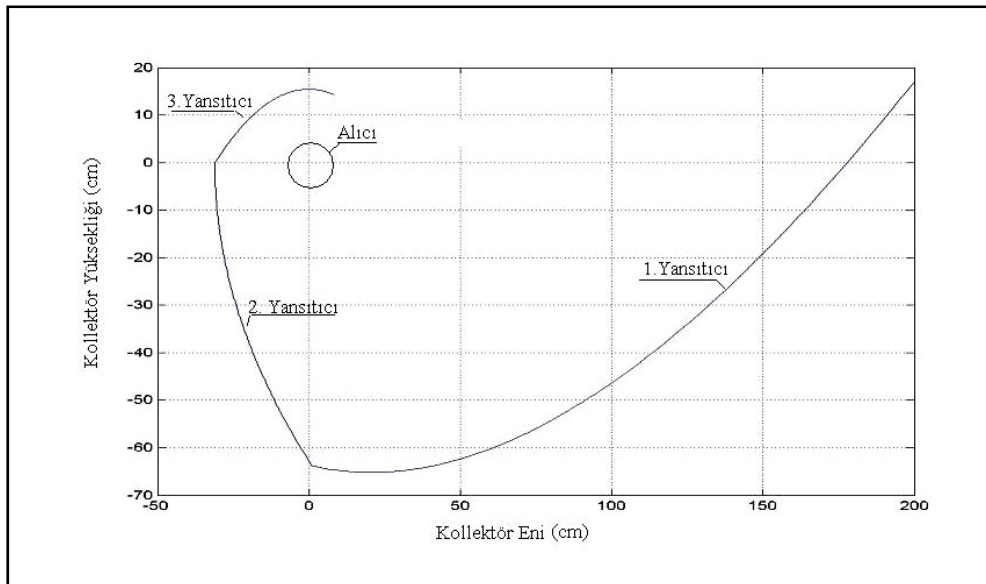
Şekilde;

E, kolektör eni; H kolektörün alıcı merkezinden olan yüksekliği; M, kolektörün alıcı merkezi ile ikinci ve üçüncü yansıtıcının odakları arasındaki mesafedir.

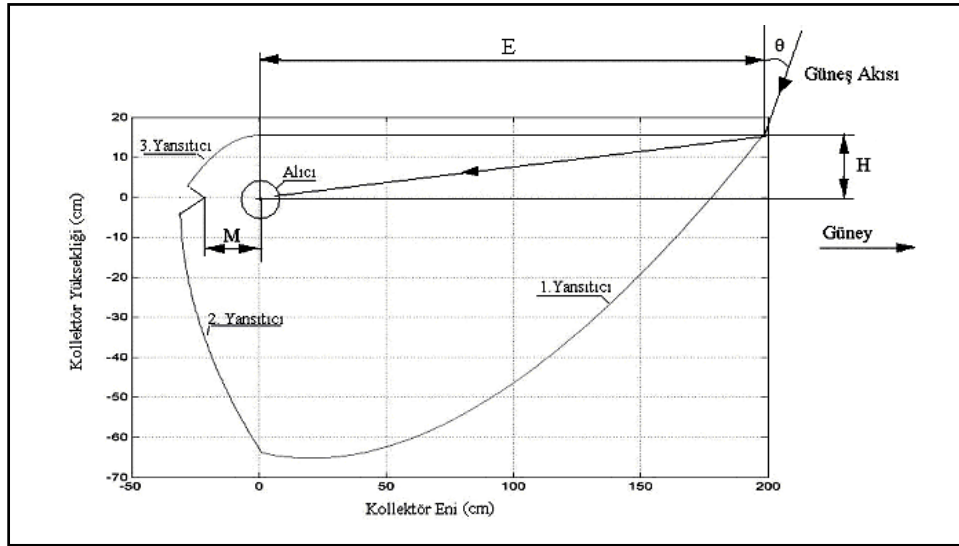
Güneş kolektörünün tasarımında optik bağlantılar ve yansıma kuralları dikkate alınmıştır. Eğri yansıtıcı yüzeylerin birçok düz yüzeyden oluştuğu varsayılmıştır. Düz yüzeylerin boyutları çok küçük olup bir araya getirildiklerinde eğri yüzeyi oluşturmaktadırlar (Şekil 3).

Şekilde;

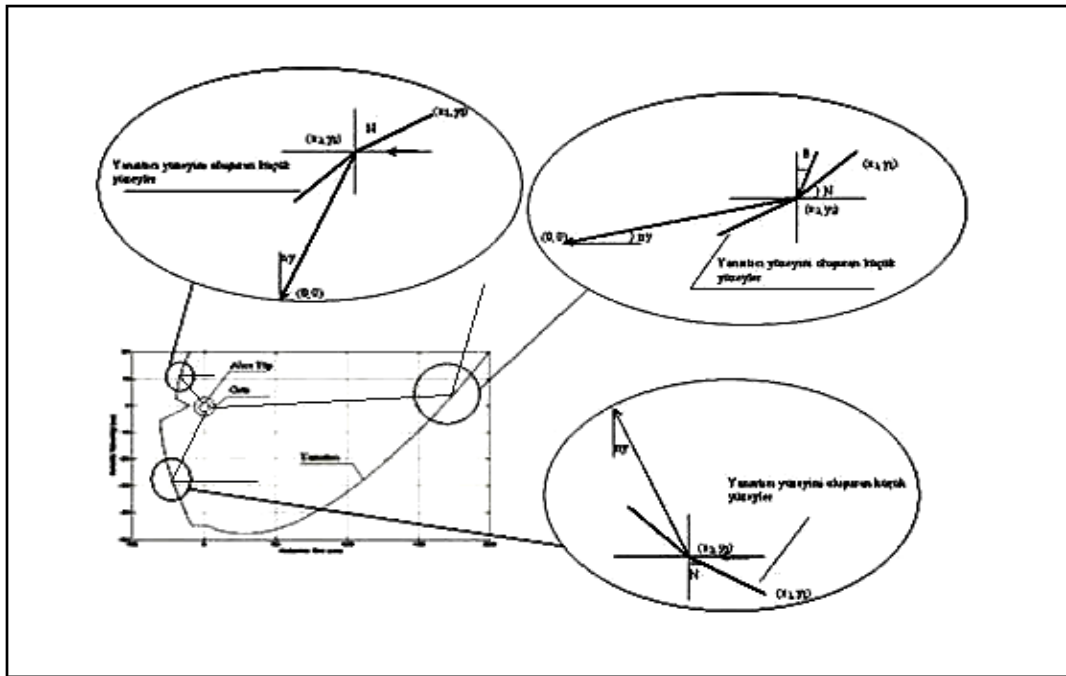
Alıcı tüpün merkezi (odak noktası) orjin olarak kabul edilmiştir. N, küçük yüzeyin eğimi, n_y küçük yüzeyin alt



Şekil 1. Üç Yansıtıcılı Kolektör Şeması



Şekil 2. Kolektör ile Güneş Akısı Arasındaki Geometrik İlişki



Şekil 3. Kolektör Yansıtıcı Yüzeyleri İçin Geometrik Özellikler

noktasının odak noktası ile yaptığı açı, x_1 , y_1 ve x_2 , y_2 yüzeyi oluşturan noktaların koordinatlarıdır.

Bu çalışmada, kolektör yansıtıcı yüzeyinin şeklinin ve boyutlarının belirlenebilmesi için yüzeyleri oluşturan noktaların koordinatları Tablo 1'de gösterilen denklemler

yardımıyla belirlenmiş ve orijini, alıcı merkezi olarak kabul edilen bir grafik üzerinde gösterilmiştir.

Denklemleri belirlenen bu noktalar birleştirilerek bu noktaların oluşturduğu yansıtıcı yüzey şekli belirlenebilmekte ve kolektör yansıtıcı boyutları tespit edilmektedir.

Tablo 1. Yüzeyleri Oluşturan Noktaların Koordinatlarının Belirlenmesinde Kullanılan Denklemler

	1. Yansıtıcı	2. Yansıtıcı	3. Yansıtıcı
N	$N = \frac{90 + ny - \theta}{2}$	$N = \frac{ny}{2}$	$N = \frac{ny}{2}$
x_2	$x_2 = \frac{y_1 - x_1 \tan(N)}{\tan(ny) - \tan(N)}$	$x_2 = \frac{y_1 - x_1 \tan(N)}{\tan(ny) - \tan(N)}$	$y_2 = \frac{x_1 - y_1 \tan(N)}{\tan(ny) - \tan(N)}$
y_2	$y_2 = x_2 \tan(ny)$	$y_2 = x_2 \tan(ny)$	$x_2 = y_2 \tan(ny)$

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, kolektör yüzey şeklinin belirlenebilmesi için oluşturulan Tablo 1'deki denklemler, MATLAB teknik programlama dili kullanılarak hazırlanan bir bilgisayar programı (Pirasacı, 2002) ile bir araya getirilmiş ve yüzey şekli şematik olarak oluşturulmuştur. Kolektör boyutlarının belirlenebilmesi için tasarım sırasında kabul edilen güneş akısı, kolektörün eni, odak merkezinden yüksekliği ile ikinci ve üçüncü yansıtıcıların bitim noktalarının belirlenmesi gerekmektedir.

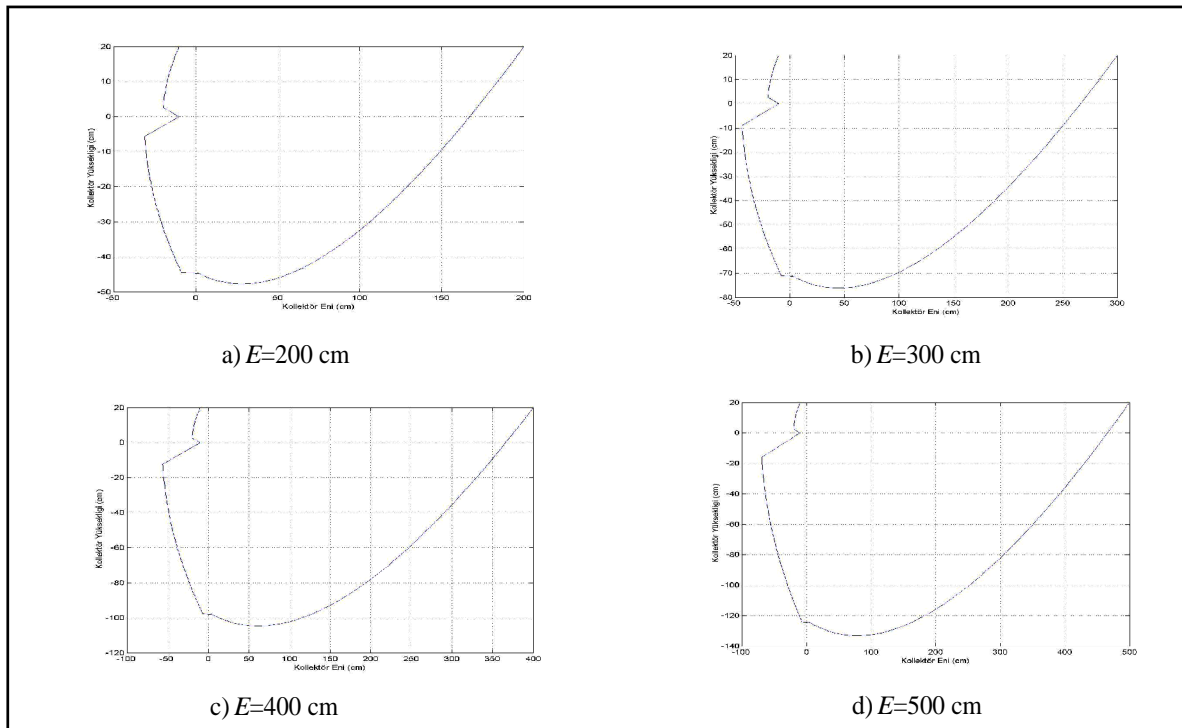
Kolektör eninin değişiminin kolektör yüzey şekline ve kolektör boyutlarına etkisinin incelenebilmesi için yapılan

analizlerde Tablo 2'deki sabit parametreler dikkate alınmıştır.

Yapılan analizler sonucunda Şekil 4'de gösterilen kolektör yansıtıcı yüzey şemaları elde edilmiştir.

Tablo 2. Sabit Kolektör Parametreleri (değişken E değerleri için)

Güneş akısı zirve açısı, θ_z	30°
Kolektörün odak merkezinden yüksekliği, H	20 cm
İkinci ve üçüncü yansıtıcıların bitim noktası, M	10 cm

**Şekil 4.** Değişik Kolektör Eni Değerleri İçin Yansıtıcı Yüzey Şekilleri

Yüzey şekillerinde de görüldüğü gibi kolektör eninin arttırılması kolektör derinliğini arttırmaktadır. Ancak kolektör eninin arttırılması ile yansıtıcılar tarafından toplanarak alıcı üzerine yansıtılan güneş radyasyonu miktarı da artmaktadır.

Güneş akısı zirve açısının değişiminin kolektör yüzey şekline ve kolektör boyutlarına etkisinin incelenebilmesi için yapılan analizlerde Tablo 3'deki sabit parametreler dikkate alınmıştır.

Yapılan analizler sonucunda Şekil 5'de gösterilen kolektör yansıtıcı yüzey şemaları elde edilmiştir.

Tablo 3. Sabit Kolektör Parametreleri (değişken değerleri için)

Kolektör eni E	200 cm
Kolektörün odak merkezinden yüksekliği, H	20 cm
İkinci ve üçüncü yansıtıcıların bitim noktası, M	10 cm

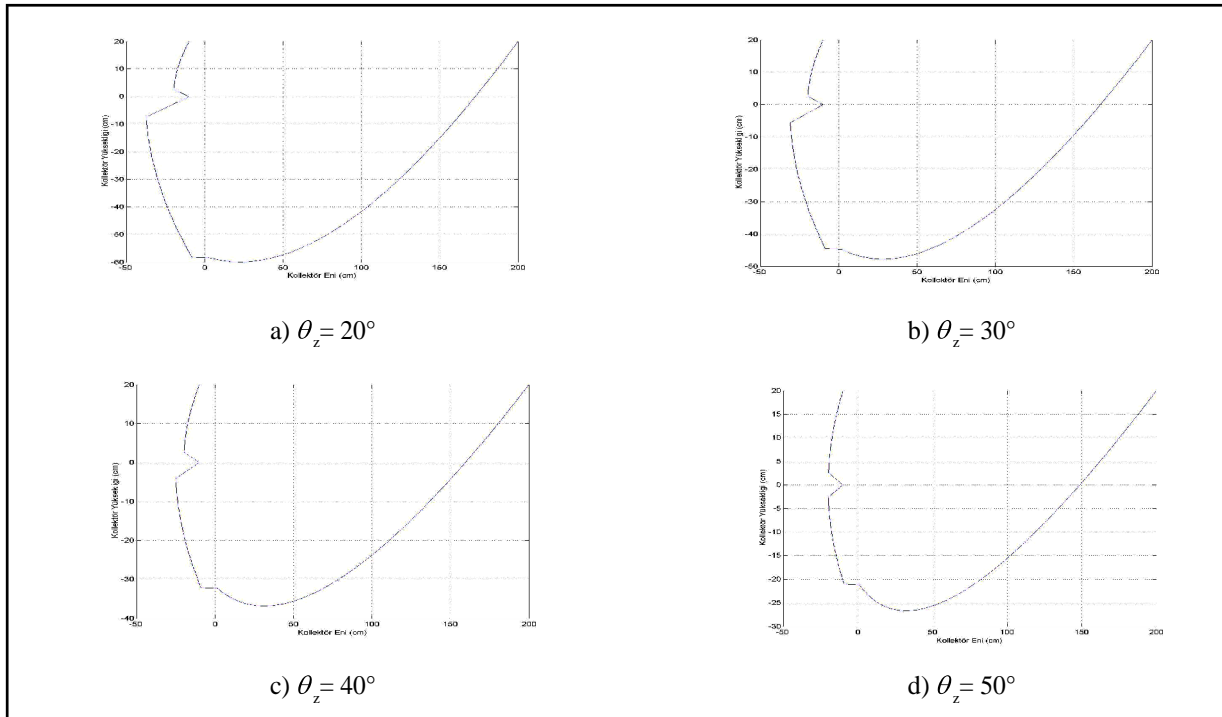
Şekil 5'de görüldüğü gibi tasarım için kabul edilen güneş akısı zirve açısı değerleri arttıkça kolektör yüksekliği azalmaktadır. Bu açının değeri sistemin boyutlarının belirlenmesinin istendiği gün ve zamana göre yapılmalıdır.

Kolektörün odak merkezinden yüksekliğinin değişiminin kolektör yüzey şekline ve kolektör boyutlarına etkisinin incelenebilmesi için yapılan analizlerde Tablo 4.'deki sabit parametreler dikkate alınmıştır.

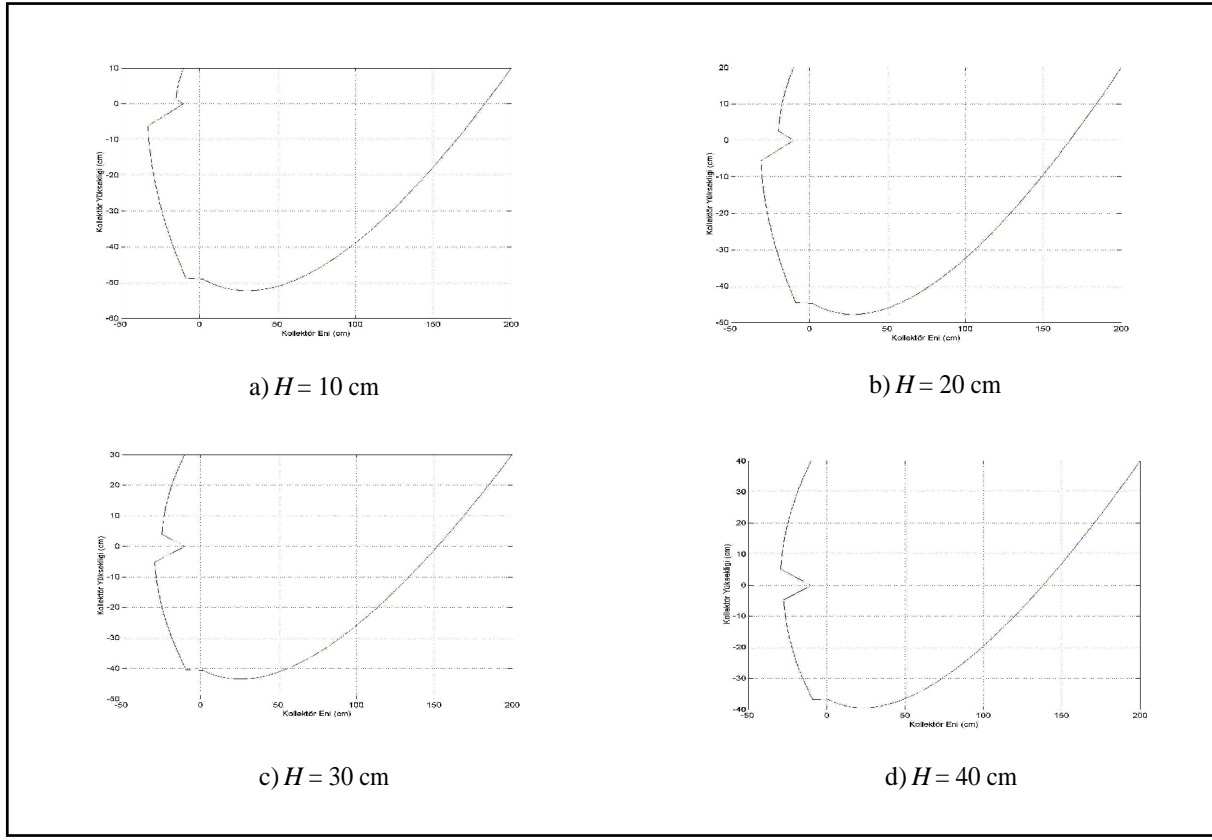
Tablo 4. Sabit Kolektör Parametreleri (değişken h değerleri için)

Kolektör eni E	200 cm
Güneş akısı zirve açısı, θ_z	30°
İkinci ve üçüncü yansıtıcıların bitim noktası, M	10 cm

Yapılan analizler sonucunda Şekil 6'da gösterilen kolektör yansıtıcı yüzey şemaları elde edilmiştir.



Şekil 5. Değişik Güneş Akısı Zirve Açısı Değerleri İçin Yansıtıcı Yüzey Şekilleri



Şekil 6. Değişik Yükseklik Değerleri İçin Yansıtıcı Yüzey Şekilleri

Şekil 6'da görüldüğü gibi kolektör üst yüzeyinin odak merkezinden itibaren yüksekliğinin artırılması kolektör yüksekliğini arttırmaktadır.

Kolektörün İkinci ve üçüncü yansıtıcıların bitim noktasının değişiminin kolektör yüzey şekline ve kolektör boyutlarına etkisinin incelenebilmesi için yapılan analizlerde Tablo 5'deki sabit parametreler dikkate alınmıştır.

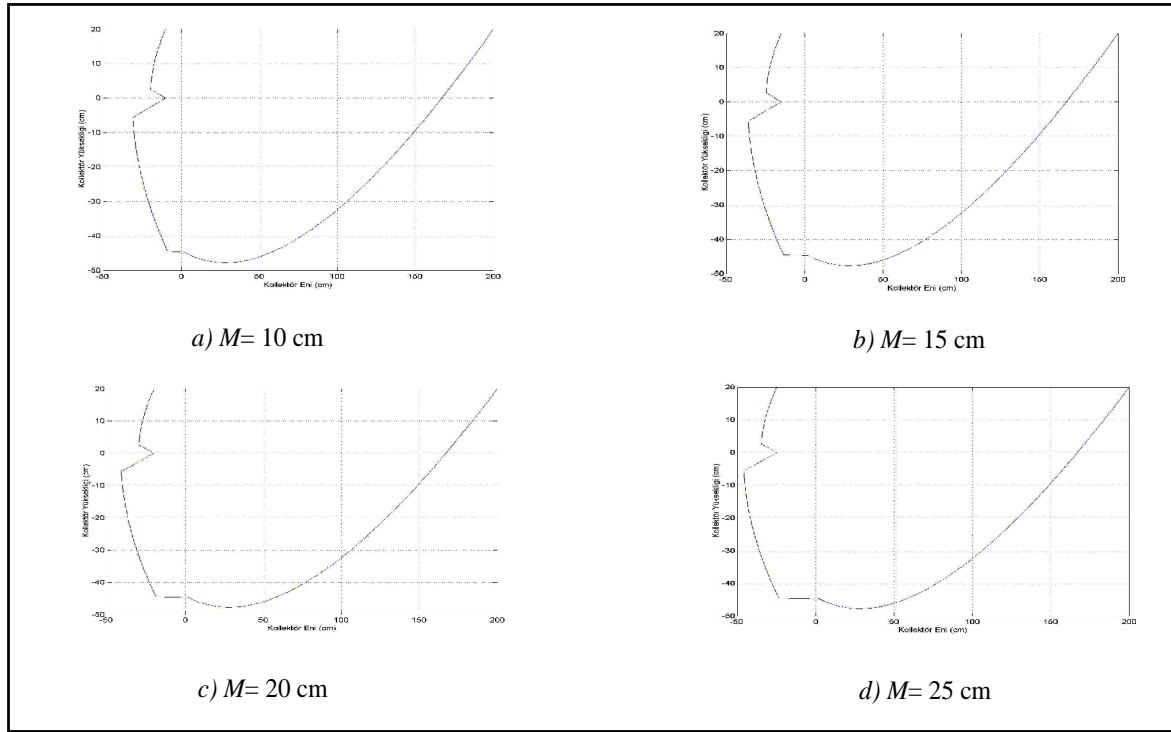
Yapılan analizler sonucunda Şekil 7'de gösterilen kolektör yansıtıcı yüzey şemaları elde edilmiştir.

Şekil 7'de görüldüğü gibi ikinci ve üçüncü yansıtıcıların bitim noktalarının odak merkezinden uzaklaştırılması kolektör boyutlarını çok fazla miktarda etkilememektedir. Bu nedenle bu oranın alıcı çapına göre belirlenmesi uygun olacaktır.

Bu çalışmada kolektör tasarım parametrelerinin değişiminin kolektör boyutları üzerindeki etkisi incelenerek (Şekil 4., Şekil 5., Şekil 6., Şekil 7.), yüzey şekilleri ve kolektör boyutları belirlenmiştir.

Tablo 5. Sabit Kolektör Parametreleri (değişken m değerleri için)

Kolektör eni E	200 cm
Güneş akısı zirve açısı, θ_z	30°
Kolektörün odak merkezinden yüksekliği, H	20 cm



Şekil 7. Değişik İkinci ve Üçüncü Yansıtıcı Bitim Noktası Değerleri İçin Yansıtıcı Yüzey Şekilleri

SONUÇ

Literatürdeki güneş kolektörleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde güneş akısından en üst seviyede yararlanılabilmesi için çeşitli sistemler geliştirildiği görülmektedir. Ancak bu sistemler genel olarak güneş hareketini takip etmektedir. Bu çalışmada tasarlanan güneş kolektörü ise güneşi takip etmeden güneş akısından yararlanmaktadır.

SEMBOLLER

E	kolektör eni
H	kolektörün alıcı merkezinden itibaren yüksekliği
L	kolektör boyu
M	kolektörün alıcı merkezi ile ikinci ve üçüncü yansıtıcının odakları arasındaki mesafe
n_y	Küçük yüzeyin alt noktasının odak noktası ile yaptığı açı
N	Kollektörü oluşturan küçük yüzeylerin eğimi
x_1, y_1, x_2, y_2	Küçük yüzeyi oluşturan noktaların koordinatları
θ_z	Zirve açısı

KAYNAKÇA

1. **Chaves, J., Collares-Pereira, M.,** 2000, Ultra Flat Ideal Concentrators of High Concentration, Solar Energy, cilt 69, no 4, sayfa 269-281.
2. **Eskin, N.,** 1999, Transient Performance Analysis of Cylindrical Parabolic Concentrating Collectors and Comparison with experimental Results, Energy Conversion & Management, cilt 40, sayfa 175-191.
3. **Kaushika, N.D., Reddy, K.S.,** 2000, Performace of a Low Cost Solar Paraboloidal Dish Steam Generating System, Energy Conversion & Management, cilt 41, sayfa 713-726.
4. **Mancini, T.R.,** 1991, Analyisis and Design of Two Stretched-Membrane Parabolic Dish Concentrators, Journal of Solar Energy Engineering, cilt 113, sayfa 180-187.
5. **Odeh, S.D., Morrison, G.L., Behnia, M.,** 1998, Modelling of Parabolic Trough Direct Steam Generation Solar Collectors, Solar Energy, cilt 62, no 6, sayfa 395-406.
6. **Pırasacı, T.,** 2002, Güneş Enerjisi ile Çalışan, Stirling Motorlu Elektrik Enerjisi Üretim Sistemi, Yüksek Lisans Tezi (Makina Mühendisliği), G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.