

UYGULAMA KONULARI

FARKLI KANAT YÜZEYLERİNİN KOLLEKTÖR VERİMİ VE MALİYETİNE ETKİSİ

Çiğdem TIRIS*, Mustafa TIRIS*

Enerji Sistemleri Bölümü, TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi
P.K. 21, Gebze 41470 KOCAELİ

Geliş tarihi: 23.02.1995

Özet: Bu çalışmada farklı kanat yüzeylerinin kollektör verimi maliyetine etkisi araştırılmıştır. Isı transferi analizlerinde alüminyum düzlemsel güneş kollektörleri baz alınmıştır. Isı akısının kanadın dış yüzeyinden iç kısma doğru olduğu kabul edilmiştir. Kollektör verimi ile kanat ucu ısı kayıp parametresi ve kanat uzunluğu ilişkisi hesaplanmış ve ekonomik değerlendirme sonucu verilmiştir.

(Anahtar kelimeler: Kanat verimi, kollektör verimi, ekonomik değerlendirme)

EFFECTS OF VARIOUS FIN SHAPES ON COLLECTOR EFFICIENCY AND COSTS

Abstract: The effect of various fin shapes on solar collector efficiency and material cost have been investigated. Heat transfer analysis based on fins used in an aluminium flat-plate solar collector have been performed. Heat fluxes of only one side of fins are considered. Fin and collector efficiencies vs fin-tip heat loss parameter and fin length are calculated and economical evaluation is given.

(Key words: Fin efficiency, collector efficiency, economical evaluation)

SEMBOOLLER

A	Kanat yüzey alanı	[m ²]	U _b	Alt ısı kayıp katsayısı	[W/m ² ·K]
A _c	Kollektör alanı	[m ²]	U _c	Yan ısı kayıp katsayısı	[W/m ² ·K]
C _p	Akışkanın özgül ısı	[J/kg·K]	U _L	Toplam ısı kayıp katsayısı	[W/m ² ·K]
D _i	Boru iç çapı	[m]	U _t	Üst ısı kayıp katsayısı	[W/m ² ·K]
G _T	Gelen güneş enerjisi	[W/m ²]	d	Boru dış çapı	[m]
F	Kanat verimi		h _{fi}	Boru iç yüzeyinden ısı taşınım katsayısı	[W/m ² ·K]
F'	Kollektör verim faktörü		h _w	Dış ortama konveksiyonla ısı transfer katsayısı	[W/m ² ·K]
F _R	Kollektör ısı kazanç faktörü		k	Kanat malzemesinin ısı iletim katsayısı	[W/m ² ·K]
I ₁ , I ₀	1.ci dereceden 0. ve 1. modifiye Bessel fonksiyonları (2ξ'de)		k _y	Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı	[W/m ² ·K]
L	Yalıtım malzemesinin kalınlığı	[m]	m	Akışkanın debisi	[kg/s]
N	Cam örtü sayısı		t	Kanat kalınlığı	[m]
Q _u	Faydalı ısı	[W]	w	Kanat genişliği	[m]
S	Kollektör tarafından absorplanan güneş ışınnmı miktarı	[w/m ²]	β	Kollektör eğim açısı	
T _a	Çevre sıcaklığı	[C]	ε _g	Camın ışınnm yayma katsayısı	
T _i	Akışkanın kollektöre giriş sıcaklığı	[C]	ε _p	Plakanın ışınnm yayma katsayısı	
T ₀	Akışkanın kollektörden çıkış sıcaklığı	[C]	η	Kollektör verimi	
T _{pm}	Yutucu plaka sıcaklığı	[C]			

*Yazarlar daha önceki sayılarımızda tanıtılmıştır.

1. GİRİŞ

Güneş kolektörleri performansının bir ölçüsü de kolektör verimidir. Bu verim: belli bir zaman periyodunda kolektörden sağlanan faydalı enerjinin, aynı zaman periyodunda, kolektör üzerine gelen güneş enerjisine oranı olarak verilmektedir [1,2].

Güneş enerjisi sistemlerinin dizaynında, gerekli enerjinin en az maliyetle karşılanması amaçlanır. Bu nedenle, bazı durumlarda teknik olarak mümkün olabilecek verimlere ulaşılacak istenmeyebilir [3].

Düzlemsel güneş enerjisi kolektörlerinde yutucu yüzey genellikle kanat içermektedir. Kanatlarda kullanılan malzeme miktarı güneş kolektörünün maliyetine direkt etki ettiğinden, gerekli enerjiyi az maliyetle transfer edebilecek kanat yapısının belirlenmesi ekonomik açıdan önemlidir [4]. Bu çalışmada, kolektör verimi kabul edilebilir değerlerde iken, farklı kanat şekillerinde maksimum malzeme kazancı amaçlanmıştır.

2. ISI TRANSFERİ ANALİZİ

Isı transferi analizinde kullanılan formüller, aşağıda verilmiştir. Eşitliklerin çözümündeki zorluk nedeniyle, bir bilgisayar programı yazılmıştır.

Kolektör verimi (η) [3,5,7]

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c \cdot G_T} \quad (1)$$

Kolektör toplam ısı kayıp katsayısı (U_L) [3,5,7]

$$U_L = U_t + U_b + U_c \quad (2)$$

dir. Burada:

(a) Üst ısı kayıp katsayısı

$$U_t = \left[\frac{N}{\frac{C}{T_{pm}} \cdot \left(\frac{T_{pm} - T_a}{N+f} \right)^e + \frac{1}{h_w}} \right]^{-1} + \frac{\sigma \cdot (T_{pm} + T_a) \cdot (T_{pm}^2 + T_a^2)}{(e_p + 0,00591Nh_w)^{-1} + \frac{2N+f-1+0,133e_p}{e_g} - N} \quad (3)$$

olmaktadır. Formülde,

$$f = (1 + 0,089h_w - 0,1166h_w e_p) \cdot (1 + 0,07866N)$$

$$C = 520 \cdot (1 - 0,000051\beta^2) ; \quad 0^\circ < \beta < 70^\circ$$

$$e = 0,430 \cdot \left(1 - \frac{100}{T_{pm}} \right) \text{ 'dir.}$$

(b) Alt ısı kayıp katsayısı

$$U_b = \frac{k}{L} \text{ 'dir.} \quad (4)$$

(c) Yan ısı kayıp katsayısı

$$U_c = \frac{(UA)_{yan}}{A_c} \quad (5)$$

olmaktadır. Burada $(UA)_{yan}$, yan ısı kayıp katsayısı ile yan alan çarpımıdır.

Kanat verimi (F)

(a) Dikdörtgen kanatlar için (Şekil 1), kanat verimi [8,9]:

$$F = \frac{\tanh(mw)}{mw} \quad (6)$$

olmaktadır. Burada

$$m = \sqrt{\frac{U_L}{kt}} \text{ 'dir.}$$

(b) Basamaklı kanatlar için (Şekil 2), kanat verimi [4,10]:

$$F = \frac{1}{Z} \cdot \frac{B+C}{D+E} \text{ 'dir.} \quad (7)$$

Burada

$$y = \frac{l}{w} ,$$

$$Z = \sqrt{\frac{U_L \cdot w^2}{2kt}} ,$$

$$B = [\sqrt{p} \cdot \sinh(yz) \cdot \tanh(yz\sqrt{p}) - p \cdot \cosh(yz)] \cdot \sinh(z) ,$$

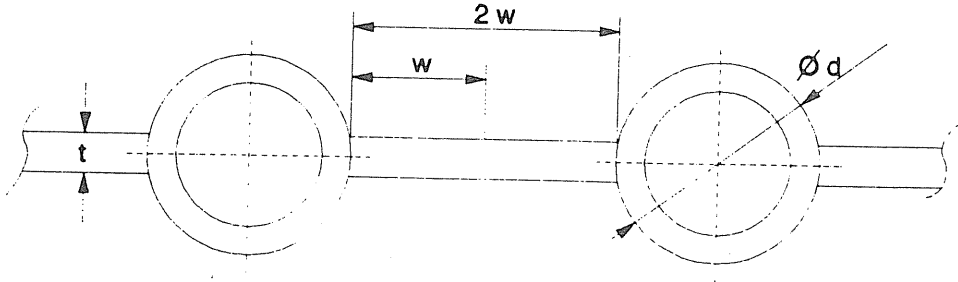
$$C = [p \cdot \sinh(yz) - \sqrt{p} \cdot \cosh(yz) \cdot \tanh(yz\sqrt{p})] \cdot \cosh(z) ,$$

$$D = [\sqrt{p} \cdot \sinh(yz) \cdot \tanh(yz\sqrt{p}) - p \cdot \cosh(yz)] \cdot \cosh(z) ,$$

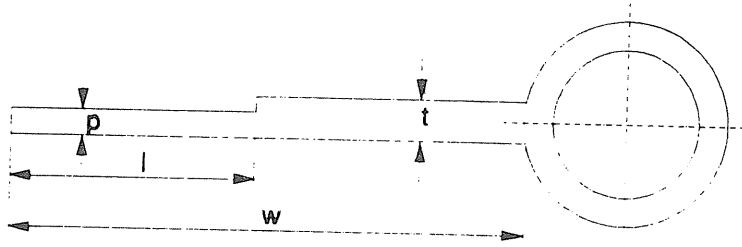
$$E = [p \cdot \sinh(yz) - \sqrt{p} \cdot \cosh(yz) \cdot \tanh(yz\sqrt{p})] \cdot \sinh(z) \text{ 'dir.}$$

Optimum şartlarda, $p=t/3$ ve $l=0,43 \cdot w$ alınmıştır [4].

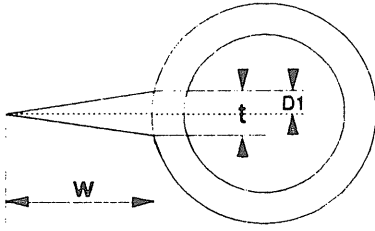
(c) Üçgen kanatlar için (Şekil 3), kanat verimi [8,9]:



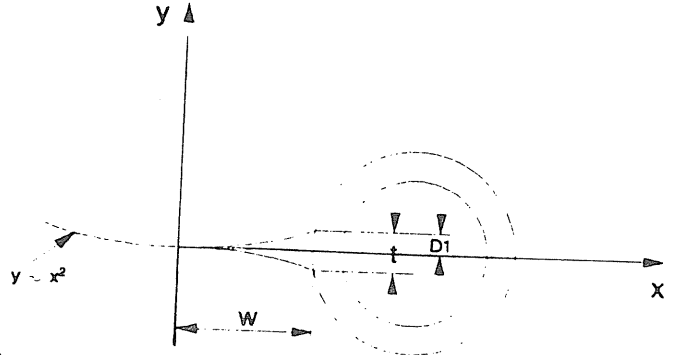
Şekil 1. Dikdörtgen kanat.



Şekil 2. Basamaklı kanat.



Şekil 3. Üçgen kanat.



Şekil 4. Azalan parabolik kanat.

$$F = \frac{1}{\xi} \cdot \frac{I_1}{I_0}$$

olmaktadır. Burada

$$\xi = \sqrt{w^3} \cdot \sqrt{\frac{U_L}{kA}},$$

$$A = w \cdot D_1 \text{ 'dir.}$$

(d) Azalan parabolik kanatlar için (Şekil 4), kanat verimi [8,9]:

$$F = \frac{2}{1 + \sqrt{1 + \frac{8}{3} \cdot \xi^2}} \text{ 'dir.} \quad (9)$$

Burada ξ üçgen kanatlar için verilen formülün aynıdır. Ancak $A = (2/3) \cdot D_1 \cdot w$ 'dir.

Kollektör verim faktörü (F') [3,11]:

$$F' = \frac{1}{\frac{U_L}{2w+d}} \cdot \left[\frac{1}{U_L} \cdot (d + 2wF) + \frac{1}{\pi D_i h_{fi}} \right] \quad (10)$$

Kollektör ısı kazanç faktörü (F_R) [3,11]:

$$F_R = \frac{m^* \cdot C_p}{A_c \cdot U_L} \cdot \left[1 - \frac{\exp(-A_c \cdot U_L \cdot F')}{m^* \cdot C_p} \right] \quad (11)$$

Kollektörden akışkana geçen faydalı enerji (Q_u) [10]:

$$Q_u = A_c \cdot F_R \cdot [S - U_L \cdot (T_i - T_o)] \quad (12)$$

Akışkanın Kollektörden çıkış sıcaklığı (T_0):

$$T_0 = T_i + \frac{Q_u}{m \cdot C_p} \quad (13)$$

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Alüminyum yutucu yüzeye sahip güneş kollektörü gözönüne alınarak, dört farklı kanat şekline sahip kollektörlerin ısı transferi analizleri yapılmıştır. Bu kanat tipleri: (a) dikdörtgen kanat, (b) basamaklı kanat, (c) üçgen kanat, (d) azalan parabolik kanattır.

Isı transferi analizinde, aşağıdaki parametreler kabul edilmiştir;

$T_a = 20^\circ\text{C}$, $T_i = 30$, $A_c = 1,92 \text{ m}^2$, $G_T = 710 \text{ W/m}^2$, $t = 2 \text{ mm}$, $w = 4 \text{ cm}$, $d = 16 \text{ mm}$, $k = 211 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Isı transferi analizi ve ekonomik değerlendirme sonuçları Çizelge 1 ve 2'de verilmektedir. Kanat veriminin; kanat-ucu ısı kayıp parametresi ve kanat uzunluğu ile değişimi Şekil 5 ve 6'da görülmektedir.

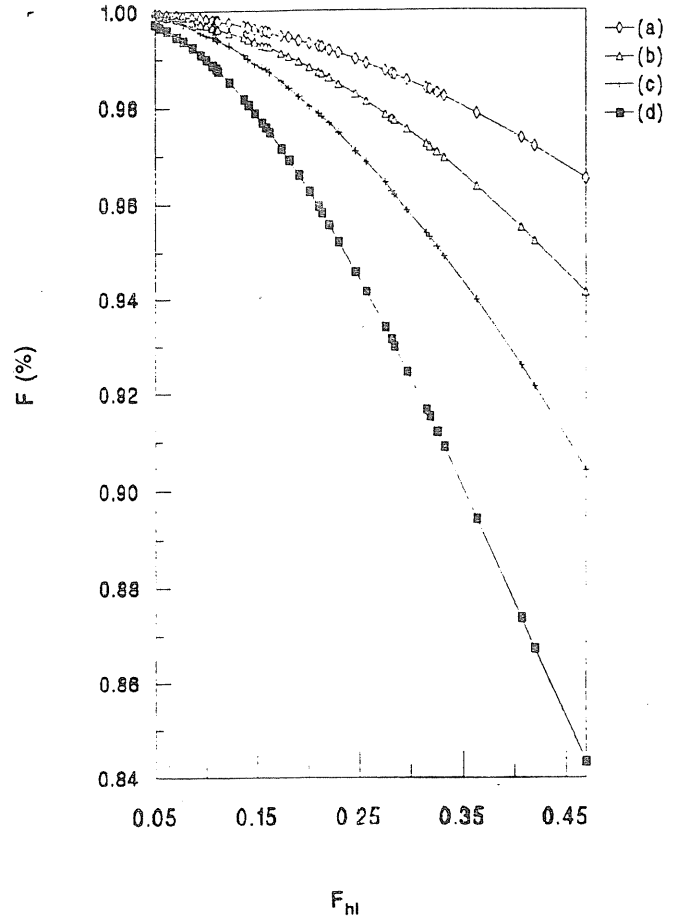
Tablo 1. Isı transferi analizi sonuçları.

Kanat tipi	F	F'	F _R	Q _u	T ₀	η
(a)	0,990	0,901	0,8232	984,6	39,10	0,591
(b)	0,981	0,895	0,8183	680,5	39,05	0,587
(c)	0,970	0,888	0,8122	675,4	38,98	0,583
(d)	0,945	0,870	0,7976	663,3	38,81	0,572

Tablo 2. Ekonomik değerlendirme sonuçları (dikdörtgen kanat baz alınmıştır).

Kanat tipi	Kanat verimindeki azalma (%)	Kollektör verimindeki azalma (%)	Malzeme maliyetindeki azalma* (kollektör başına, %)
(a)	0,00	0,00	0,0
(b)	0,86	0,59	6,9
(c)	1,93	1,34	12,0
(d)	4,44	3,11	16,0

* Alüminyum levhanın fiyatı 4,5 \$/kg [11] ve kollektörün fiyatı 150 \$/modül [12] alınmıştır.



Şekil 5. Kanat veriminin kanat ucu kayıp ısı ile değişimi: (a) dikdörtgen kanat, (b) basamaklı kanat, (c) üçgen kanat, (d) azalan parabolik kanat.

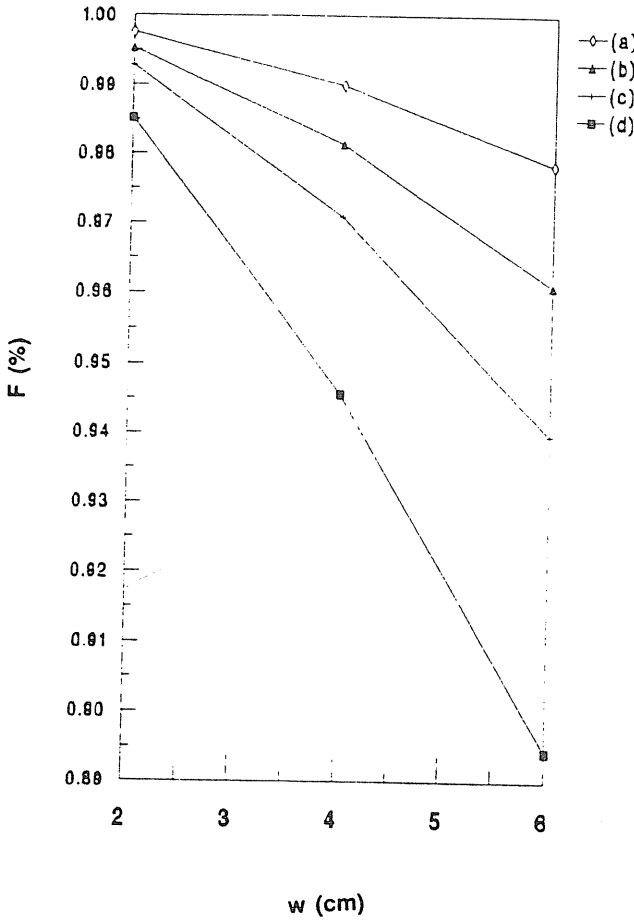
Isı transferi ve ekonomik değerlendirme sonuçları, daha az malzeme kullanılan kanat yüzeylerinin kanat verimini çok fazla etkilemediğini (en çok %3,11), buna karşılık kollektör başına malzeme maliyetini çok daha yüksek oranlarda etkilediğini (%16'ya kadar) göstermiştir. Ancak Şekil 3 ve 4'te verilen kanat yüzeylerinin, seri üretim aşamasında bazı problemler doğurabileceği de gözönünde bulundurulmalıdır.

TEŞEKKÜR

Waterloo Üniversitesi'nden (Ontario-Kanada), Professor K.G.T. Hollands'a, 10 numaralı kaynağı sağladığı için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1]. Emery, M., and Rogers, B.A., "Solar Energy", 33, 117, 1984.
- [2]. Suzuki, A., "Trans. of ASME", 108, 172, 1986.



Şekil 6. Kanat veriminin kanat uzunluğu ile değişimi:
 (a) dikdörtgen kanat, (b) basamaklı kanat,
 (c) üçgen kanat, (d) azalan parabolik kanat.

[3]. Duffie, J.A., and Beckman, W.A., "Solar Engineering of Thermal Processes", John Wiley & Sons, New York, 1991.

- [4]. Hollands, K.G.T., and Stedman, B.A., "Solar Energy", 49, 493, 1992.
- [5]. Zhang, H.F., and Lavan, Z., "Solar Energy" 34, 175, 1985.
- [6]. Kreider, J.F., and Kreith, F., "Solar Energy Handbook", McGraw-Hill, New York, 1981.
- [7]. Tiris, Ç., ve Varol, H.S., "Sıvılı Düzlemsel Güneş Kollektörlerinin Optimizasyonu, İmalatı ve Türkiye'nin Farklı Bölgelerine Uygulamaları", Proje Raporu (16.1.002), Enerji Sistemleri Bölümü, TÜBİTAK-M.A.M., Kocaeli, 1994.
- [8]. Shneider, P.J., "Conduction Heat Transfer", Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1955.
- [9]. Özışık, M.N., "Basic Heat Transfer", McGraw-Hill, New York, 1977.
- [10]. Stedman, B.A., "Optimization of an Absorber Plate Fin Having a Step Change in Local Thickness", Final Year Project Report, Dept. of Mech. Eng., University of Waterloo, Waterloo, Ontario, 1986.
- [11]. AL Alüminyum A.Ş., Kişisel Görüşme, İstanbul (19 Aralık 1994).
- [12]. Bayrak Isı Merkezi A.Ş., Kişisel Görüşme, Kocaeli, (12 Kasım 1994).