

GÜNEŞ RADYASYONU YOĞUNLUK DAĞILIMININ BİNA GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ HESAPLARINDA KULLANILMASI

Zuhal OKTAY
Can COŞKUN
T. Hikmet KARAKOÇ
Bahar BAYBOZ

ÖZET

Bu çalışmada literatüre son dönemde kazandırılan güneş radyasyon yoğunluk dağılımı kavramı kullanılarak absorpsiyonlu soğutma ünitesinde kullanılması planlanan vakum tüplü güneş kolektörü için detaylı bir inceleme yapılmıştır. Yeryüzüne ulaşan güneş enerji ve ekserji miktarından farklı koşullar için ne ölçüde yararlanılabileceği hesaplanarak detaylı bir biçimde ortaya konmuştur. Belirlenen akışkan giriş-çıkış sıcaklıkları için aylık ortalama enerji verimi %55 ile %60 arasında değişirken ekserji verimi için bu değer %21 ile %52 arasında değişmektedir. Bu çalışmanın binalarda güneş enerjisi sistemi uygulamaları yapan işletmeciler ve akademisyen için pratik ve yararlı bilgiler ortaya çıkarması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş radyasyonu yoğunluk dağılımı, güneş enerji sistemleri, yenilenebilir enerji, bina uygulamaları

ABSTRACT

In this study, global solar radiation distribution is comprehensively analyzed for vacuum tube thermal collector systems. Thermal energy and exergy conversion in collector is determined for different operating condition. Monthly average energy and exergy efficiency of the chosen collector is calculated as 55-60% and 21-52%, respectively. This method can be used directly by designers, engineers and energy managers for practical applications.

Key Words: Global solar radiation distribution, solar energy systems, renewable energy, building applications.

1. GİRİŞ

Güneş kolektörleri güneşten dünyamıza ulaşan ışınımı yakalayıp ısıya veya elektriğe (PV) dönüştüren sistemlerdir. Güneş kolektörlerinin enerji-ekserji verimliliğine ve çalışma şartlarına birçok etmen etki etmektedir. Bu etmenlerden en önemlisi kolektöre ulaşan güneş ışınım yoğunluğudur. Bu değer kolektör verimini doğrudan etkilemektedir. Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren kolektörlerin verimi güneş ışınım miktarının yoğunluğuyla doğru orantılı bir biçimde artış göstermektedir[1].

Düzleme ulaşan güneş enerjisi miktarı, güneş enerji analizleri için oldukça önemli bir bilgidir. Ancak toplam güneş enerji miktarından, olası güneş ışınım dağılımı veya frekansıyla ilgili bir bilgiye

ulaşılamamaktadır. Bunun aksine güneş radyasyon değer dağılımı veya frekansı verilerinden kolaylıkla toplam güneş enerjisi verisine ulaşılabilir. Dağılım veya frekansın bilinmesi, güneşten gelen enerjinin ısıya veya elektrik enerjisine dönüşümü sürecinde ne düzeyde bir verime sahip olduğunu bilmemizi sağlar. Literatürde, günlük veya aylık bazda toplam global güneş ışınım değerini bulmamızı sağlayan birçok çalışma [2-6] bulunmaktadır. Literatür incelemesinden de görüleceği gibi birçok araştırmacı [7-10] farklı ülkeler için bu değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Literatürde, Coskun ve arkadaşları [11] olası güneş ışınımı frekansını, güneş ışınım şiddeti parametresine bağlı ifade etmişlerdir. Çalışmada, frekans dağılımı için 50W'lık bir inceleme aralığı seçilmişler ve dağılımı Balıkesir ili için bulmuşlardır.

2. ANALİZ VE HESAPLAMA YÖNTEMİ

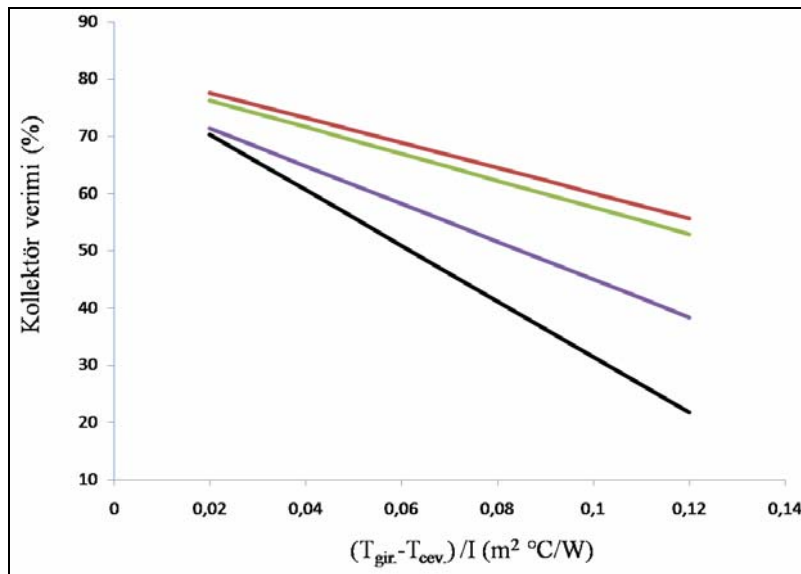
Coskun ve arkadaşlarının [11] ortaya koyduğu bakış açısı sayesinde olası güneş ışınımı frekansını, güneş ışınım şiddeti parametresine bağlı olarak bulabilmekteyiz. Çalışmalarında, frekans dağılımı için 50W'lık bir inceleme aralığı seçilmişler ve dağılımı Balıkesir ili için bulmuşlardır. Belirledikleri formülleri ve parametreleri kullanarak Balıkesir ili için vakum tüplü kolektörlerindeki enerji ve ekserji dönüşümleri elde edilmeye çalışılmıştır.

2.1. Güneş Kolektör Seçimi

Evsel kullanım için yaygın olarak iki tip güneş kolektörü bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sayılabilir;

- Düz plakalı güneş kolektörler
- Vakum tüplü güneş kolektörleri

Uygulamalarda yüksek sıcaklıklara ulaşmak için vakum tüplü güneş kolektörlerinin kullanılması daha uygun bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Vakum tüplü güneş kolektörleri düşük güneş radyasyonunda dahi, yüksek akışkan sıcaklıklarına iyi bir verim değeriyle ulaşmanın avantajına sahiptir. Bu uygulamada yüksek jeneratör sıcaklıklarına ulaşılması gerekliliğinden dolayı vakum tüplü güneş kolektörlerinin kullanılması tasarlanmıştır. Vakum tüplü güneş kolektörleri için yapılan araştırmasında dört farklı marka incelenmiştir. Değerlendirilen 4 tip vakumlu güneş kolektörünün verim grafikleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Vakum Tip Güneş Kolektörleri İçin Enerji Verim Değişim Grafiği

2.2. Isıl Enerji Eldesi

İncelenen kolektörler arasında en yüksek verim değerine sahip olan kolektör çalışmada incelenmek üzere referans alınmıştır. Bu kolektörüm verim fonksiyonu Eşitlik 1'de verilmiştir[12].

$$\eta = 0.81 - 1.23 \cdot \frac{T_{gir.} - T_{ort.}}{I} - 0.00122 \cdot G \cdot \left(\frac{T_{gir.} - T_{cev.}}{I} \right)^2 \quad (-) \quad (1)$$

Eşitlik 1'de yer alan $T_{gir.}$ ve $T_{cev.}$ sırası ile kolektör giriş su sıcaklığı ve çevre sıcaklığıdır. I (W/m²). ile verilen kavram global güneş radyasyon miktarını ifade etmektedir. Verim değişim grafiklerinden de görülebileceği üzere kolektör su giriş sıcaklığının yükselmesiyle verim değeri düşme eğilimindedir. Aynı şekilde radyasyon miktarının düşüşüyle de verim olumsuz etkilenmektedir.

İncelemeye alınan üç ay için kolektör yerleştirme açı değeri aralığında toplamda en yüksek enerji değerine 14°'de ulaşıldığı tespit edilmiştir. Bu sebepten hesaplamalarda güney yöne dönük 14° açılı kolektör seçimi yapılmıştır. Ayrıca aylık bazda en yüksek enerji değerleri haziran, temmuz ve ağustos için sırasıyla 10°, 11° ve 22° olarak hesaplanmıştır (Tablo 1).

Soğutmanın gerekli olduğu haziran, temmuz ve ağustos ayları için inceleme yapıldı. Saatlere ve güneş radyasyon yoğunluklarına bağlı olarak Balıkesir iline ulaşan enerji miktarları tespit edildi. Bölge için saatlik dış sıcaklık dağılımı Ref.[13]'de verilen yöntem kullanılarak tespit edildi. Saatlik bazda güneş yoğunluk dağılımı, güneş enerji miktarı ve dış sıcaklık dağılımının tespitinin ardından farklı sıcaklıktaki akışkan giriş-çıkış değerleri için elde edilebilecek enerji miktarları bulunarak Tablo 2 ve 3'de verilmiştir. Farklı koşullar için ortalama kolektör enerji verimleri de yine aynı Tablolarda verilmektedir. Bu tablo sayesinde saatlik bazda güneş enerjisinden ne düzeyde bir yararlanma sağlanabileceği kolayca görülebilmektedir. Bu çalışmada kolektöre akışkan giriş sıcaklığı yüksek bir seviyededir. İstenirse farklı uygulamalar için akışkan giriş-çıkış sıcaklıkları düşük değerler için hesaplanabilir.

Tablo 1. Kolektör Açısına Bağlı Gelen Toplam Işınım Miktarı

Kolektör Açısı	Haziran	Temmuz	Ağustos	
	Toplam Işınım Miktarı (kWh/m ²)		Toplam	
0°	189.00	192.97	164.61	546.58
10°	189.94	195.54	171.60	557.08
11°	189.81	195.58	172.11	557.50
12°	189.63	195.57	172.54	557.74
13°	189.44	195.45	172.93	557.82
14°	189.20	195.40	173.30	557.90
15°	188.89	195.24	173.62	557.75
16°	188.50	195.07	173.96	557.53
17°	188.14	194.84	174.16	557.14
18°	187.64	194.55	174.38	556.57
19°	187.28	194.28	174.58	556.14
20°	186.74	193.91	174.70	555.35
21°	186.20	193.47	174.78	554.45
22°	185.57	193.05	174.84	553.46
23°	184.96	192.53	174.81	552.30
24°	184.25	191.98	174.81	551.04
25°	183.53	191.42	174.71	549.66
26°	182.72	190.86	174.57	548.15
27°	181.97	190.19	174.42	546.58
28°	181.16	189.44	174.20	544.80
29°	180.24	188.78	173.95	542.97
30°	179.29	187.92	173.68	540.89

Tablo 3. Aylara, Saatlere ve Akışkan Giriş-Çıkış Sıcaklıklarına Göre Kolektör Yüzeyine Gelen ve Isıya Çevrilen Enerjinin Işınım Şiddetine Bağlı Gösterimi

Aylar	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	Toplam Enerji (kWh/m ² ay)
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.57	1.26	1.74	2.25	2.91	3.86	5.24	7.03	9.18	11.54	13.76	15.38	15.76	14.01	9.09	112.2
	75/80																		
	0.00	0.00	0.00	0.46	1.16	1.66	2.17	2.83	3.77	5.13	6.91	9.04	11.38	13.59	15.21	15.59	13.87	9.00	110.5
	75/90																		
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.34	1.06	1.57	2.09	2.74	3.68	5.03	6.79	8.90	11.22	13.42	15.03	15.43	13.74	8.92	109.9
	75/95																		
	0.00	0.00	0.00	0.24	0.96	1.48	2.01	2.66	3.60	4.93	6.67	8.76	11.07	13.26	14.86	15.27	13.61	8.84	108.2
	189.2																		
Ağustos	0.53	1.83	2.68	3.69	4.16	4.40	4.84	5.66	7.02	9.02	11.64	14.73	18.03	21.04	23.10	23.29	20.44	13.11	189.2
	75/80																		
	0.00	0.00	0.00	0.40	1.63	2.09	1.84	3.60	5.23	4.31	8.13	9.25	12.43	15.43	17.67	20.25	13.29	2.97	118.3
	75/85																		
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.31	1.50	1.98	1.77	3.50	5.11	4.22	7.99	9.11	12.26	15.24	17.47	20.04	13.16	2.95	116.4
	75/90																		
	0.00	0.00	0.00	0.23	1.37	1.88	1.71	3.40	4.98	4.14	7.85	8.97	12.09	15.05	17.27	19.83	13.04	2.92	114.5
	75/95																		
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.15	1.24	1.77	1.64	3.30	4.86	4.05	7.71	8.83	11.92	14.86	17.07	19.62	12.91	2.89	112.6
	195.4																		
	0.48	1.97	2.07	2.61	5.46	5.28	3.91	6.94	9.41	7.35	13.33	14.71	19.21	23.35	26.25	29.63	19.19	4.25	195.4
	75/80																		
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.47	0.96	1.43	2.19	3.37	5.00	7.03	9.25	11.42	13.21	14.19	13.85	11.68	7.08	0.77	101.9
	75/85																		
	0.00	0.00	0.00	0.38	0.89	1.36	2.11	3.28	4.89	6.89	9.09	11.25	13.03	14.01	13.69	11.56	7.02	0.77	100.2
	75/90																		
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.28	0.81	1.29	2.03	3.18	4.77	6.75	8.94	11.07	12.85	13.84	13.53	11.44	6.95	0.76	98.5
	75/95																		
	0.00	0.00	0.00	0.19	0.73	1.21	1.96	3.09	4.65	6.62	8.78	10.9	12.67	13.66	13.38	11.32	6.88	0.75	96.8
	173.3																		
Ağustos	0.81	2.21	2.61	3.00	3.14	3.57	4.67	6.49	9.00	11.99	15.17	18.15	20.44	21.47	20.59	17.10	10.23	1.10	173.3
	Gelen enerji																		

2.3 Ekserji Eldesi

Literatürde yapılan araştırma sonucunda; güneş enerjisi dönüşüm verimliliğinin hesaplanması sürecinde dört farklı yol olduğu ifade edilebilir. Bunlar sırasıyla Petela [14], Spanner [15], Jeter [16] ve Zamfirescu and Dincer [17] tarafından ortaya konmuştur. Bu çalışma ekserji hesaplamaları için Zamfirescu ve Dincer tarafından ortaya konan denklemler kullanılacaktır. Güneş enerjisinin ideal dönüşüm etkinliği sırasıyla Jeter ve Dincer için Eşitlik 2 ve 3'de verilmektedir.

$$\eta_{Jeter} = 1 - \frac{T_0}{T_S} \quad (-) \quad (2)$$

$$\eta_{Zamfirescu \text{ ve Dincer}} = 1 - \frac{T_0}{T_S} \cdot \frac{I_{sc}}{I_{T_0}} \quad (-) \quad (3)$$

Ayrıca güneş ışınımından elde edilebilecek maksimum iş miktarı Eşitlik 4'den aşağıdaki formda bulunabilir.

$$Ex = \eta \cdot I_{T_0} \quad (W/m^2) \quad (4)$$

Eşitlik 3 ve 4'de geçen I_{T_0} ve I_{sc} terimleri sırasıyla Eşitlik 5 ve 6'da belirtilen biçimiyle şu şekilde bulunabilir[18].

$$I_{T_0} = \frac{I_T}{\cos \theta_i} \quad (W/m^2) \quad (5)$$

$$I_{sc} = \left[1 + 0.033 \cdot \cos \left(\frac{360^\circ n}{365.25} \right) \right] \cdot I_0 \quad (W/m^2) \quad (6)$$

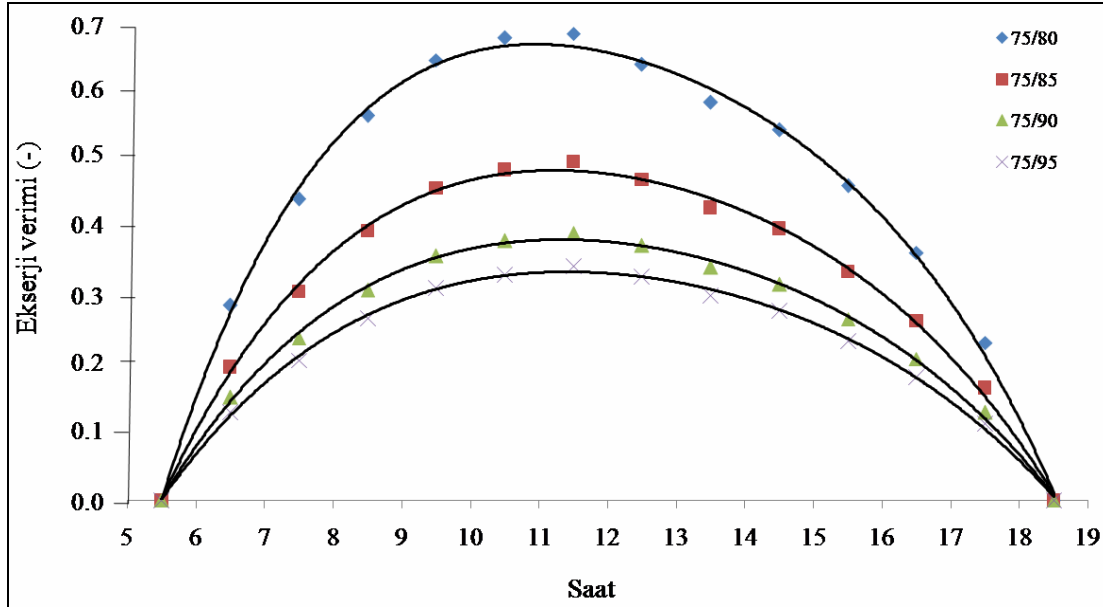
Eşitlik 6'da yer alan I_0 terimi 1373 W/m^2 değerine eşittir. n değeri ise Ocak 1 için 1'e eşit olmak üzere kaçınıcı gün olduğunu ifade etmektedir. I_{T_0} değeri toplam normal ışım miktarını ifade etmektedir.

I_T ölçülen ışım miktarıdır. θ_i (incidence angle) ise güneş geliş açısını ifade etmektedir. Eşitlik 2 ve 3'de verilen T_S güneş sıcaklığını tanımlamaktadır ve hesaplamalarımızda yaklaşık olarak 5762 K olarak alınmıştır. T_0 referans çevre sıcaklığıdır. Ortaya konan formüller yardımıyla yeryüzüne ulaşan ekserji miktarı kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Örnek bir çözümleme haziran ayında belirlenen örnek bir gün için 14° kolektör açısında hesaplanmış ve Tablo 4'de verilmiştir. 14° eğimli yüzeye ulaşan 3 aylık ortalama exergy değeri; toplamda 726.4 kWh/m^2 , enerji değeri ise 557.9 kWh/m^2 dir. Haziran ayı için farklı sıcak su giriş-çıkış sıcaklıkları için güneş panelinin ekserji verim değişimi Şekil 2'de verilmektedir.

Saatlik bazda güneş yoğunluk dağılımı, güneş enerji miktarı ve dış sıcaklık dağılımının tespitinin ardından farklı sıcaklıktaki akışkan giriş-çıkış değerleri için elde edilebilecek ekserji miktarları bulunarak Tablo 5 ve 6'da verilmiştir. Farklı koşullar için ortalama kolektör ekserji verimleri de yine aynı Tablolarda verilmektedir

Tablo 4. Örnek Bir Gün İçin Elde Edilebilecek Ekserji Miktarı (14° Kolektör Açısı)

Saat	$\cos \theta_i$	I_T (W/m ²)	T_0 (°C)	I_{T_0} (W/m ²)	η_p (-)	Ex (W/m ²)
7:30	0.474	230	18.0	485.2	0.862	418.0
8:30	0.648	363	20.0	560.2	0.879	492.6
9:30	0.793	516	21.0	650.7	0.896	582.8
10:30	0.897	627	23.0	698.9	0.902	630.6
11:30	0.952	739	25.0	776.3	0.911	707.5
12:30	0.956	830	27.0	868.2	0.920	799.0
13:30	0.906	774	28.8	854.3	0.918	784.6
14:30	0.807	593	30.2	734.8	0.905	664.8
15:30	0.666	558	31.6	837.8	0.916	767.5
16:30	0.494	369	32.0	746.9	0.906	676.5
17:30	0.307	402	31.1	1309	0.946	1238.8

**Şekil 2.** Haziran Ayı Örnek Bir Gün İçin Saatlik Bazda Kolektör Ekserji Veriminin Değişimi

Tablo 5. Aylara, Saatlere ve Akışkan Giriş-Çıkış Sıcaklıklarına Bağlı Olarak Kolektör Yüzeyine Gelen ve Isıya Çevrilen Enerji Miktarları

Aylar	Saat																								Toplam Ekserji Verimi (kWh/m ² ay)	Ekserji Verimi (-)
	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00											
Haziran	75/80	-	4.53	8.23	12.21	13.63	14.27	14.26	13.27	12.13	11.22	9.66	6.45	3.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	123.2	0.478
	Kolektör Giriş/Çıkış (°C)	75/85	-	3.10	5.71	8.55	9.66	10.19	10.34	9.75	8.91	8.23	7.03	4.66	2.41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88.5	0.343
		75/90	-	2.39	4.44	6.67	7.57	8.00	8.18	7.75	7.09	6.54	5.57	3.68	1.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69.8	0.271
		75/95	-	2.05	3.82	5.76	6.57	6.96	7.16	6.81	6.23	5.74	4.88	3.21	1.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60.8	0.236
	Gelen ekserji	11.11	15.92	18.72	21.73	21.19	21.11	20.92	20.83	20.85	20.74	21.04	17.83	14.69	11.05	-	-	-	-	-	-	-	-	257.7		
Temmuz	75/80	-	3.65	5.97	11.69	12.83	13.34	14.09	13.10	11.34	10.56	9.25	4.69	2.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	113.2	0.437
	Kolektör Giriş/Çıkış (°C)	75/85	-	2.50	4.15	8.19	9.09	9.52	10.21	9.62	8.33	7.74	6.73	3.38	1.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81.4	0.314
		75/90	-	1.92	3.22	6.38	7.12	7.48	8.08	7.66	6.63	6.15	5.33	2.67	1.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64.2	0.248
		75/95	-	1.65	2.78	5.51	6.18	6.51	7.07	6.72	5.82	5.40	4.67	2.33	1.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55.9	0.216
	Gelen ekserji	13.16	16.59	18.81	21.05	21.11	20.88	20.95	20.86	20.62	20.65	20.34	17.86	15.22	10.84	-	-	-	-	-	-	-	-	258.9		
Ağustos	75/80	-	3.53	5.76	11.24	12.30	12.77	13.43	12.44	10.77	10.03	8.80	4.47	2.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108.1	0.515
	Kolektör Giriş/Çıkış (°C)	75/85	-	2.43	4.02	7.92	8.78	9.18	9.82	9.23	7.99	7.43	6.47	3.25	1.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.4	0.374
		75/90	-	1.87	3.13	6.19	6.90	7.24	7.80	7.37	6.38	5.93	5.14	2.58	1.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62.0	0.296
		75/95	-	1.61	2.70	5.36	6.00	6.31	6.84	6.50	5.62	5.22	4.52	2.26	1.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54.2	0.258
	Gelen ekserji	4.89	11.21	14.89	17.78	19.05	19.28	19.43	19.42	19.03	18.63	17.17	14.11	10.22	4.67	-	-	-	-	-	-	-	-	209.8		

Tablo 6. Aylara, Saatlere ve Akışkan Giriş-Çıkış Sıcaklıklarına Göre Kolektör Yüzeyine Gelen ve Isıya Çevrilen Enerjinin Işınım Şiddetine Bağlı Gösterimi

Aylar	Güneş ışınım şiddeti (W/m ²)																		Toplam Ekserji (kWh/m ² ay)	
	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850		900
Haziran	75/80	0.10	0.97	1.53	2.61	3.12	3.31	3.52	4.04	4.95	6.21	7.92	9.90	11.84	13.51	14.66	14.48	12.59	7.99	123.2
	75/85	0.07	0.68	1.07	1.84	2.20	2.32	2.49	2.86	3.52	4.43	5.65	7.09	8.51	9.75	10.60	10.50	9.15	5.82	88.5
	75/90	0.05	0.53	0.84	1.44	1.72	1.81	1.95	2.24	2.76	3.48	4.44	5.58	6.70	7.69	8.37	8.31	7.25	4.61	69.8
	75/95	0.05	0.46	0.72	1.24	1.48	1.57	1.69	1.94	2.40	3.02	3.87	4.86	5.85	6.72	7.32	7.27	6.34	4.04	60.8
	Gelen ekserji	3.62	12.03	12.26	5.55	10.79	13.84	10.44	7.96	12.72	10.77	16.37	18.88	20.76	22.13	22.77	27.75	19.26	9.81	257.7
Temmuz	75/80	0.18	1.69	2.47	2.46	2.38	2.59	3.35	4.61	6.23	8.19	10.16	11.84	13.13	13.62	12.87	10.53	6.26	0.67	113.2
	75/85	0.13	1.18	1.73	1.72	1.67	1.84	2.37	3.28	4.44	5.85	7.29	8.53	9.48	9.86	9.34	7.66	4.56	0.49	81.4
	75/90	0.10	0.92	1.35	1.34	1.30	1.44	1.86	2.57	3.49	4.60	5.74	6.73	7.49	7.79	7.39	6.07	3.61	0.39	64.2
	75/95	0.09	0.80	1.16	1.16	1.13	1.25	1.61	2.23	3.03	4.00	5.00	5.87	6.54	6.81	6.47	5.31	3.17	0.34	55.9
	Gelen ekserji	3.90	15.18	9.97	6.49	13.53	12.81	7.04	11.40	15.05	10.25	16.62	17.80	20.88	23.72	25.38	27.50	17.53	3.86	258.9
Ağustos	75/80	0.18	1.62	2.37	2.37	2.28	2.49	3.21	4.42	5.96	7.83	9.72	11.31	12.53	12.98	12.26	10.02	5.95	0.64	108.1
	75/85	0.12	1.14	1.67	1.67	1.62	1.77	2.29	3.16	4.28	5.64	7.02	8.21	9.12	9.48	8.98	7.36	4.38	0.47	78.4
	75/90	0.10	0.89	1.31	1.30	1.26	1.39	1.80	2.49	3.37	4.45	5.55	6.50	7.23	7.52	7.13	5.85	3.48	0.37	62.0
	75/95	0.08	0.77	1.13	1.13	1.10	1.21	1.57	2.16	2.94	3.88	4.85	5.69	6.33	6.59	6.26	5.14	3.06	0.33	54.2
	Gelen ekserji	6.01	5.97	6.43	9.46	7.60	6.27	12.39	11.45	8.88	12.06	16.09	16.84	22.62	21.74	22.86	17.28	4.95	0.89	209.8

SONUÇ

Çalışma sonrasında elde edilen sonuçları ana hatlarıyla aşağıdaki biçimde ifade edilebilmektedir.

- Kolektöre giren akışkan sıcaklığı ile çıkış sıcaklığı arasındaki fark arttıkça kolektör enerji ve ekserji verimi düşüş göstermektedir. Ayrıca kolektör giriş sıcaklığının çok yüksek olmaması kolektör veriminin artmasına olumlu etki yapmaktadır.
- Öğle sürecinde en yüksek güneş radyasyonu ve sıcaklıklara ulaşılması nedeni ile en yüksek kolektör verim değerlerine ulaşılmaktadır.
- Bir noktaya ulaşan toplam enerji miktarı farklı saatler için aynı dahi olsa elde edilecek olan yararlı enerji ve ekserji miktarları farklı olmaktadır. Bunun ana iki sebebi ise radyon yoğunluğu ve dış sıcaklıklar arasındaki farktır. Bu sebepten dolayı toplam enerji miktarını bilmemiz tek başına ortalama kolektör verimini belirlememizde yeterli değildir.
- Belirlenen akışkan giriş-çıkış sıcaklıkları için aylık ortalama enerji verimi %55 ile %60 arasında değişirken ekserji verimi için bu değer %21 ile %52 arasında değişmektedir.
- Saatlik bazda en yüksek güneş enerji değerine tahmin edilebileceği üzere 11:00 ile 13:00 arasında ulaşılmaktadır. Belirlenen üç ay için bu 2 saatlik aralıkta yeryüzüne ulaşan enerji miktarı toplam enerjinin %24.8'lik kısmını oluşturmaktadır. Güneş radyasyon aralığı bakımından en yüksek enerji değerine haziran, temmuz ve ağustos ayı için sırasıyla 750-800, 750-800 ve 650-700 W/m² değerlerinde ulaşılmaktadır.
- Bu dağılım sayesinde hangi saat aralıklarında ne kadar bir güneş enerjisinin yeryüzüne ulaştığını ve belirlediğimiz şartlar doğrultusunda bu enerjiden ne ölçüde yararlanabileceğimiz kolayca belirlenebilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] STINE, WB., GEYER, M., "Power from the sun", <http://www.powerfromthesun.net>
- [2] GUEYMARD, CA., "The sun's total and spectral irradiance for solar energy applications and solar radiation models", *Solar Energy* 2003;76:423–53.
- [3] GUEYMARD, C., JIDRA, P., EATRADA-CAJIGAI, V., "A critical look at recent interpretations of the Angström approach and its future in global solar irradiation prediction", *Solar Energy* 1995;54:357–63
- [4] GUEYMARD, C., "Mathematically integrable parametrization of clear-sky beam and global irradiances and its use in daily irradiation applications", *Solar Energy* 1993;50:385–89
- [5] SUEHRCKE, H., "On the relationship between duration of sunshine and solar radiation on the earth's surface: Angström's equation revisited", *Solar Energy* 2000;68:417–25
- [6] KENISARIN, MM., TKACHENKOVA, NP., SHAFEEV, AL., "On relationship between diffuse and global solar radiation", *Gelioteclintka* 1990:26-72
- [7] BARBARO, S, COPPOLINO, S., LEONE, C., SINAGRA, E., "Global solar radiation in Italy". *Solar Energy* 1978;20:431
- [8] HEPBASLI, A., ULGEN, K., "Prediction of solar-radiation parameters through the clearness index for Izmir, Turkey", *Energy Source* 2002;24(8):773–85
- [9] ULGEN, K., HEPBASLI, A., "Comparison of solar-radiation correlations for Izmir, Turkey", *Int J. Energy Res.* 2002;26(5):413–30
- [10] DINCER, I., DILMAC, S., TURE, IE., EDIN M., "A simple technique for estimating solar radiation parameters and its application for Gebze", *Energy Conversion and Management* 1996;37(2):183-98
- [11] COSKUN, C., OKTAY, Z., DINCER, I., "Estimation of Monthly Solar Radiation Intensity Distribution for Solar Energy System Analysis" *Energy* 2010: doi:10.1016/j.energy.2010.11.009
- [12] <http://thermomax.com/Efficiency.php>
- [13] COSKUN, C, OKTAY, Z., DINCER, I., "A New Approach for Cooling Degree-Hours Calculation: An Application for 58 Cities in Turkey" 5th Ege energy symposium and exhibition (IEESE-5), June 27-30, 2010, Denizli, Turkey.
- [14] PETELA, R., "Exergy of undiluted thermal radiation", *Solar Energy* 2003;74:469–88
- [15] SPANNER, DC, *Introduction to Thermodynamics Academic*, London, 1974.

- [16] JETER, S.J., “Maximum conversion efficiency for the utilization of direct solar radiation”, Solar Energy 1981;26(3):231-36
- [17] ZAMFIRESCU, C., DINCER, I., “How much exergy one can obtain from incident solar radiation? ”, Journal of Applied Physics 2009;105(4):044911-044916
- [18] RABL, A., “Active Solar Collectors and their Applications”, Oxford University Press, New York, 1985.

ÖZGEÇMİŞ

Zuhal OKTAY

1970 yılı Ankara doğumludur. 1991 yılında Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü dönem birincisi olarak bitirmiştir. Aynı üniversiteden 1994 yılında Yüksek Mühendis ve 1999 yılında Doktor unvanını almıştır. 1994–1999 yılları arasında Balıkesir Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2000–2006 yılları arasında Balıkesir Üniversitesinde Yard. Doç. Dr. olarak görev yapmıştır. 2006 yılından bu yana aynı üniversitede Doçent olarak görev yapmaktadır. 2002 yılından bu yana EİE tarafından verilen Sertifikalı Enerji Yöneticisi olarak çalışmaktadır. Isıl sistemlerin enerjetik ve ekserjetik analizi konusunda yurtdışında birçok projede görev almıştır. Yenilenebilir enerji, yakma sistemleri, enerji-ekserji analizi ve kurutma konularında çalışmaktadır.

Can COŞKUN

Erzincan doğumludur. 2005 yılında Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bölüm birinciliği ile bitirmiştir ve onur sertifikasına layık görülmüştür. Balıkesir Üniversitesinden 2007 yılında Yüksek Mühendis unvanını almıştır. 2011 yılı itibarıyla Balıkesir Üniversitesinde doktora tezini yazmış ve doktora sınavına girmeyi beklemektedir. Aynı üniversitede 2006 yılından bu yana Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Soğutma, yenilenebilir enerji ve ısı transferi konularında çalışmaktadır.

T. Hikmet KARAKOÇ

1959 yılı Eskişehir doğumlu olan T. Hikmet KARAKOÇ, 1980 yılında Eskişehir Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi, Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 1983 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Anabilim dalından Yüksek Mühendis unvanını almıştır. 1987 yılında Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim dalında Doktorasını bitirerek, Doktor unvanını almıştır. 1991 yılında Anadolu Üniversitesi, Makine Mühendisliği bölümünde doçent olarak göreve başlamıştır. 1997 yılından bu yana Anadolu Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulunda Profesör olarak görev yapmaktadır. 2010 yılından bu yana Sivil Havacılık Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürü olarak görev yapmaktadır.

Bahar BAYBOZ

1966 yılı Balıkesir doğumlu olan Bahar BAYBOZ, 1988 yılında Uludağ Üniversitesi Balıkesir Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 1989 yılında aynı Üniversitede Yüksek Lisans ve Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. 1992 yılında Yüksek Lisansını tamamlayarak, aynı üniversite de Doktora başlamıştır. 1997 yılında Doktora çalışmasını tamamlamıştır. Halen Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi'nde Termodinamik Anabilim Dalında görevini sürdürmektedir.