



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)
URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

Uzun Dönemli Güneş Işınımının Diyarbakır İli İçin Ekserji Analizi

Exergy Analysis of Long Term Solar Radiation for Diyarbakır Province

Yazar(lar) (Author(s)): Nesrin İLGİN BEYAZİT¹, Hüsamettin BULUT², Fatih ÜNAL³

¹ ORCID ID: 0000-0003-4708-9615

² ORCID ID: 0000-0001-7123-1648

³ ORCID ID: 0000-0001-6660-9984

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): İLGİN BEYAZİT N., BULUT H., ÜNAL F., “Uzun Dönemli Güneş Işınımının Diyarbakır İli İçin Ekserji Analizi”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(2): 01-06, (2019).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>



Uzun Dönemli Güneş Işınımının Diyarbakır İli İçin Ekserji Analizi

Nesrin İLGİN BEYAZİT^{1,*}, Hüsamettin BULUT², Fatih ÜNAL³

¹ Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin Meslek Yüksekokulu, Metal ve Teknoloji Bölümü, 47420, /MARDİN

² Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 63050, /ŞANLIURFA

³ Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin Meslek Yüksekokulu, Metal ve Teknoloji Bölümü, 47420, /MARDİN

Öz

Güneş ışınımının ekserjisi, güneş enerjisinden en yüksek oranda kazanılabilen enerjinin bağlı miktarına bağlı olarak hesaplanabilen değerdir. Bu çalışmada, Diyarbakır ili için (37.55°N, 40.14°E) 1999 ve 2008 yılları arası güneş ışınımının ekserjisi analiz edilmiştir. Güneş ışınımının ekserji analizi için üç model kullanılmıştır. Meteorolojiden alınan verilere göre Diyarbakır İli için uzun dönemli güneş ışınımının ekserji verimi, kullanılan 3 modelin uygulanmasıyla değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre; en yüksek uzun dönem aylık ortalama güneş ışınımının ekserji değeri, Haziran ayında Petela ve Spanner modellerinde 26.66 MJ/m² ve Jeter modelinde ise 27.13 MJ/m² olarak tespit edilmiştir. Güneş ışınım ekserjisinin uzun dönem aylık ortalama güneş ışınım enerjisine oranı hem Petela hem de Spanner modellerinde 0.932'den 0.939'a kadar değişmektedir. Jeter modelinde ise bu oran 0.949'dan 0.954'e kadar değişmektedir. 10 yıllık verilerin analizleri neticesinde üç modele ait güneş ışınımı ile güneş ışınımı ekserjisi arasında üç model için de korelasyon geliştirilmiştir. En yüksek yıllık güneş ışınım değeri 1999 yılında 18.19 MJ/m² ve en düşük yıllık güneş ışınım değeri ise 2007 yılında 17.36 MJ/m² olarak hesaplanmıştır.

Makale Bilgisi

Başvuru: 23/07/2018

Düzeltilme: 12/09/2018

Kabul: 29/05/2019

Anahtar Kelimeler

*Işınım
Güneş Işınımı
Ekserji
Güneş Ekserjisi
Diyarbakır*

Keywords

*Radiaton
Solar Radiation
Exergy
Solar Exergy
Diyarbakır*

Exergy Analysis of Long Term Solar Radiation for Diyarbakır Province

Abstract

The exergy of solar radiation is determined based on the relative potential of the maximum energy available from radiation. The main purpose of this study is to determine the solar radiation exergy for Diyarbakır province (37.55°N, 40.14°E) between 1999 and 2008. In this context, three models have been used to determine the exergy of solar radiation. The exergy of solar radiation for Diyarbakır province was assessed by applying the three models with long-term meteorological data. According to the results; the highest long-term average monthly exergy of solar radiation value was determined as 26.66 MJ/m² in Petela and Spanner models and 27.13 MJ/m² in Jeter model in June. The ratio of solar radiation exergy to long-term average monthly solar radiation energy varies from 0.932 to 0.939 in both the Petela and Spanner models. In the Jeter model, this ratio ranges from 0.949 to 0.954. The highest annual solar radiation value was calculated as 18.19 MJ/m² in 1999 and the lowest annual solar radiation value was calculated as 17.36 MJ/m² in 2007. As a result of long-term analyzes, the correlation has been developed between solar radiation and solar radiation exergy for used models.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji maliyetlerinin arttığı, iklim değişikliği ve çevresel kaygıların olduğu günümüz şartlarında binalarda konfor şartlarını sağlamak için artan enerji talebiyle karşı karşıya kalınmaktadır. Artan enerji talebi, fosil enerji kaynaklarının giderek azalması ve yeni enerji kaynaklarının arayışının yanı sıra var olan enerji kaynaklarından daha fazla verim elde etme çalışmaları da yapılmaktadır. Çünkü enerjinin etkin kullanımı açısından sistemlerin değerlendirilmesinin en fazla fayda sağlama bakış açısı ile yapılması gereklidir. Yenilenebilir enerji teknolojilerinde ve sistemleri içerisinde en çok kullanılan güneş enerjisinde, temel enerji kaynağı güneş ışınımıdır.

*Nesrin İLGİN BEYAZİT, e-mail: nesrinilgin@gmail.com

Güneş ışınımının miktarsal değeri yanında kalite olarak değerini de belirleyen ekserji analizinin de yapılması gerekmektedir. Literatürde güneş ışınımının ekserji analizi ile ilgili yurtiçi ve yurtdışı çok değerli çalışmalar yapılmıştır. Uçkan, Van ilinin güneş ışınımının 1993-2007 yılları arası literatürde kullanılan modeller için ekserji analizini yapmıştır [1]. Hepbaslı, yenilenebilir enerji kaynaklarının ekserji analizini yapıp ekserji faktörü kavramını önermiştir [2]. Öztürk, yıllık ortalama, en yüksek ve en düşük güneş ışınım ekserjisi değerlerini Güneydoğu Anadolu Bölgesi için tespit etmiştir [3].

Petela, parabolik güneş ocağının ekserji analizini incelemiştir. Sistemin ekserji verimliliğinin 10 kat daha düşük olduğunu belirlenmiştir [4]. Öztürk, Akdeniz Bölgesi için yıllık ortalama, en yüksek ve en düşük güneş ışınımının ekserji değerlerini belirlemek için çalışma yapmıştır [5]. Öztürk, güneş ışınımının yararlı işe dönüştürülebilir kısmının ekserji analizi ile haritalandırılmasının yatırım yapmak isteyen girişimlere faydalı olacağını ifade etmiştir [6].

Kaymak, rüzgar enerji sistemi ve fotovoltaik pillerin ekserji analizini İstanbul iklim koşulları için incelemiştir. Rüzgar-güneş hibrit sistemlerinin uygulanabilirliğini değerlendirmiştir [7]. Candau, çeşitli ekserji analizi yapan modelleri incelemiş ve klasik termodinamik kavramlara dayanan ekserji modeli türetilmesi gerektiğini belirlemiştir [8]. Chow, cam örtülü ve cam örtüsüz fotovoltaik panellerin ekserji analizini incelemiştir. Güneş ışınımından maksimum faydalanmak için cam örtüsüz bir sistemin maksimum verimde olacağını ancak rüzgar etkeni göz önünde bulundurulunca sistemin cam örtülü olmasının ekserji analizi açısından enerji kayıplarının önlenildiğini belirlemiştir [9].

Badescu, güneş enerjisinin maksimum oranda işe dönüşebilmesi için güneş ışınım miktarının tahmininde kullanılan bileşenleri göz önünde bulundurarak analiz etmiştir [10]. Sudhakar ve Tulika, Bhopalda kurulu PV panelin elektriksel ve termal ekserji çıkışını değerlendirmişlerdir. Enerji verimliliğinin %6 ile %9 arasında değiştiğini ancak ekserji verimliliğinin elektrik üretimi için düşük olduğunu belirtmişlerdir. Eğer ısınma problemi çözülebilirse ekserji verimliliğinin artırılacağına belirlemiştir [11].

Bu çalışmada 1999 ile 2008 yılları arası için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan Diyarbakır ili güneş ışınım verileri kullanılarak Petela, Spanner ve Jeter modelleri ile ekserji analizi yapılmış ve sonuçlar mukayese edilmiştir.

2. METERYAL METOD (METERIAL METOD)

Petela tarafından, ısı ışınımının ekserjisi üzerine ilk yaklaşım ve çalışmalar yapılmıştır [12]. Spanner, Petela tarafından geliştirilen ekserji eşitliğini, doğrudan güneş ışınımının ekserjisi için düzenlemiştir [13]. Daha sonra Jeter, Carnot etkinliğine bağlı olarak belirlenebileceğini değerlendirmiştir [14]. T_0 ortam sıcaklığındaki bir yüzey için termodinamik eşitliklerden yararlanarak, siyah cisim ışınım ekserjisi için ilk temel eşitlik Petela tarafından geliştirilmiştir [15].

$$E_{X_{rad}} = \frac{ac}{4} 3T^4 + T_0^4 + 4T_0T^3 \quad (2.1)$$

Burada a, evrensel sabit (7.561×10^{-19} kJ / m³ K⁴), c ise vakumda ışık hızı olup T mutlak sıcaklıktır. Yayma değeri (ϵ), dikkate alınarak etkin gri yüzey için ise ekserji eşitliği Petela tarafından aşağıdaki şekilde geliştirilmiştir [12].

$$E_{X_{rad,g}} = \epsilon \frac{ac}{4} 3T^4 + T_0^4 + 4T_0T^3 \quad (2.2)$$

Yapılan çalışmada güneş ışınımının ekserji analizinde kullanılan ekserji modelleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Literatürde kullanılan Ekserji Modelleri

Modeller	Güneş Işınım Enerji ve Ekserji Oranı
----------	--------------------------------------

Petela	$\Psi_p = 1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_o}{T_1} \right)^4 - \frac{4 T_o}{3 T_s}$
Spanner	$\Psi_s = 1 - \frac{4 T_o}{3 T_s}$
Jeter	$\Psi_s = \frac{T_s - T_o}{T_s} = 1 - \frac{T_o}{T_s}$

3. ARAŞTIRMA BULGULARI (RESEARCH FINDINGS)

Diyarbakır ili için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ)'den alınan 10 yıllık güneş ışınım değerleri ve dış ortam sıcaklıkları (T_o) esas alınarak güneş ışınımının ekserjisi hesaplanmıştır. Bu çalışmada Diyarbakır ilinin güneş ışınımının ekserjisi Petela, Spanner ve Jeter tarafından önerilen 3 farklı yaklaşıma göre incelenmiştir Diyarbakır iline ait 10 yıllık bir sürede elde edilen uzun dönem aylık güneş ışınımının ekserji değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde, aylık en yüksek ve en düşük sıcaklıklar sırasıyla Temmuz ayında 304.51 (K) ve Ocak ayında 274.38 (K) olarak belirlenmiştir. Diyarbakır ili için Petela ve Spanner yaklaşımı ile güneş ışınımının ekserji değeri 7.29 ile 26.66 MJ/m² arasında değişirken, Jeter yaklaşımı ile güneş ışınımının ekserji değeri 7.41 ile 27.13 MJ/m² arasında değişmektedir. Bu çalışmada yapılan hesaplamalarda Petela ve Spanner modellerinin birbirine çok yakın değerler verdiği, Jeter modelinin ise diğer modeller ile arasında çok küçük bir fark olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Diyarbakır ili Uzun Dönem Aylık Ekserji Değerleri

Aylar	Sıcaklık T_o (K)	Ekserjinin Enerjiye Oranı			Güneş Işınımının Ekserji Değerleri (MJ/m ²)		
		Ψ_p	Ψ_s	Ψ_j	Ex_p	Ex_s	Ex_j
Ocak	274,38	0,939029	0,939027	0,954270	7,93	7,93	8,06
Şubat	276,84	0,938481	0,938479	0,953860	10,81	10,81	10,99
Mart	282,08	0,937318	0,937316	0,952987	14,98	14,98	15,23
Nisan	286,77	0,936274	0,936272	0,952204	18,51	18,51	18,83
Mayıs	292,20	0,935068	0,935066	0,951300	23,18	23,18	23,59
Haziran	299,75	0,933392	0,933390	0,950042	26,66	26,66	27,13
Temmuz	304,51	0,932333	0,932330	0,959248	25,62	25,62	26,08
Ağustos	303,85	0,932480	0,932477	0,959358	22,37	22,37	22,77
Eylül	297,90	0,933803	0,933801	0,950351	19,24	19,24	19,59
Ekim	290,86	0,935365	0,935363	0,951523	13,76	13,76	14,00
Kasım	282,03	0,937329	0,937327	0,952995	9,78	9,78	9,94
Aralık	276,21	0,938622	0,938620	0,953965	7,29	7,29	7,41

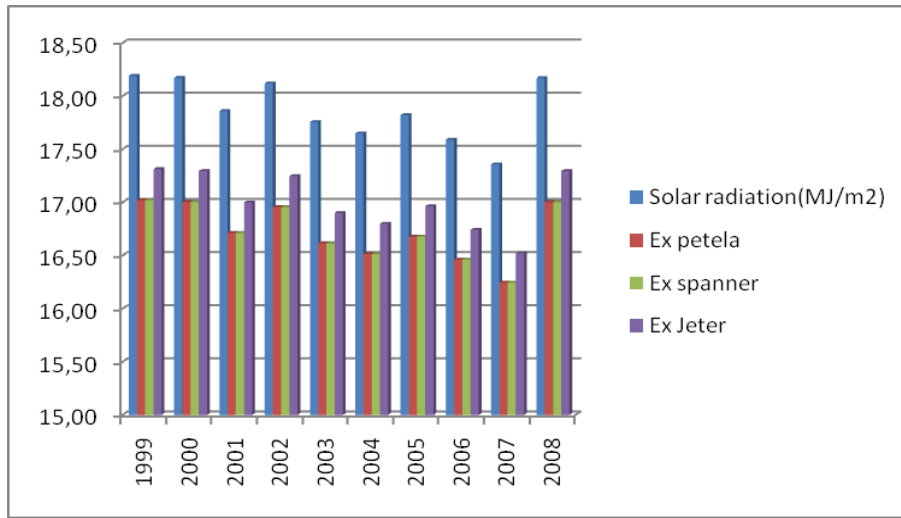
1999 ile 2008 yılları arasında on yıllık bir süre boyunca ekserji verimliliği ve yıllık ortalama güneş ışınımı ekserji değerlerinin yıllara göre değişimleri Tablo 3'te verilmiştir. Güneş ışınımının ekserji değerlerinin uzun vadede Petela ve Spanner yaklaşımı kullanılarak 16.25 ile 17.02 MJ/m² arasında değiştiği gözlenmiştir. Jeter'in yaklaşımına göre güneş ışınımının ekserji değerleri 16.52 - 17.31 MJ/m² arasında değişmektedir. Petela ve Spanner yaklaşımına göre uzun dönemli ekserji enerji oranlarının birbirine çok yakın olduğu ve üç yaklaşıma göre enerji oranlarının ekserji ile 0,9356'ten 0,9358'e kadar değiştiği belirlenmiştir.

Ayrıca, yıllık ortalama sıcaklık farkının, çok yıllı varyasyonlar için çok küçük olup bu sıcaklık farkı 1999-2008 yılları arasında 288.30 (K) ila 289.67 (K) arasında değişmektedir. Yani, çok yıllı varyasyonlar için ekserji-enerji oranları arasında daha fazla bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 3. Diyarbakır ili Uzun Dönem Yıllık Ekserji Değerleri

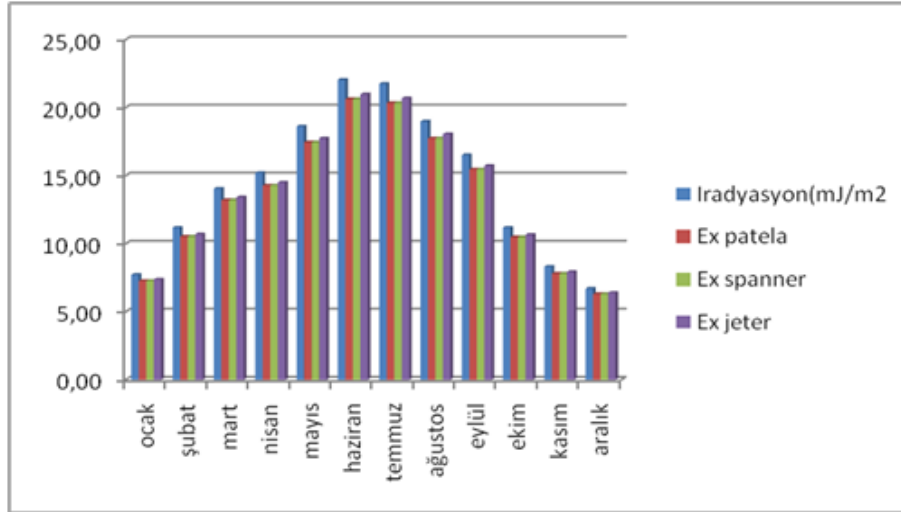
Aylar	Sıcaklık T_s (K)	Ekserjinin Enerjiye Oranı			Güneş Işınımının Ekserji Değerleri (MJ/m ²)		
		Ψ_p	Ψ_s	Ψ_j	Ex _p	Ex _s	Ex _j
1999	289,67	0,93563103	0,935629219	0,951721914	17,02	17,02	17,31
2000	289,157	0,93574603	0,935744232	0,951808174	17,00	17,00	17,30
2001	289,227	0,935729912	0,935728113	0,951796084	16,71	16,71	17,00
2002	288,677	0,935852342	0,935850556	0,951887917	16,96	16,96	17,25
2003	289,19	0,9357374	0,935735601	0,951801701	16,61	16,61	16,90
2004	288,65	0,935857533	0,935855748	0,951891811	16,52	16,52	16,80
2005	289,06	0,935765951	0,935764155	0,951823116	16,68	16,68	16,96
2006	289,19	0,935735462	0,935733663	0,951800247	16,46	16,46	16,74
2007	288,30	0,935934083	0,935932306	0,951949229	16,25	16,25	16,52
2008	288,92	0,935796186	0,935794394	0,951845795	17,00	17,00	17,29

Şekil 1’de yıldan yıla değişimi saptamak için küresel güneş ışınımının yıllık ortalama enerji ve ekserji değerlerinin değişimi verilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde, 1999-2008 yılları arasında büyük bir fark olmadığı görülmektedir. Diyarbakır İli için güneş ışınımının yıllık en yüksek enerji ve ekserji değerleri, 1999 yılı için sırasıyla 18.25 MJ/m² ve 17.25 MJ/m² olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde Diyarbakır İli için güneş ışınımının yıllık en düşük enerji ve ekserji değerleri, 2007 yılı için sırasıyla 17.31 MJ/m² ve 16.5 MJ/m² olarak belirlenmiştir. Petela ve Spanner yaklaşımına göre değerlendirilen yıllık ortalama güneş ışınımının ekserji değerleri 16.25-17 MJ/m² arasında değişirken Jeter yaklaşımında bu değerlerin 16.5-17.31 MJ/m² arasında değiştiği belirlenmiştir. Güneş ışınımının ekserji değerlerine ait yıllık ortalamaların üç yaklaşım için birbirine yakın olduğu görülmektedir.



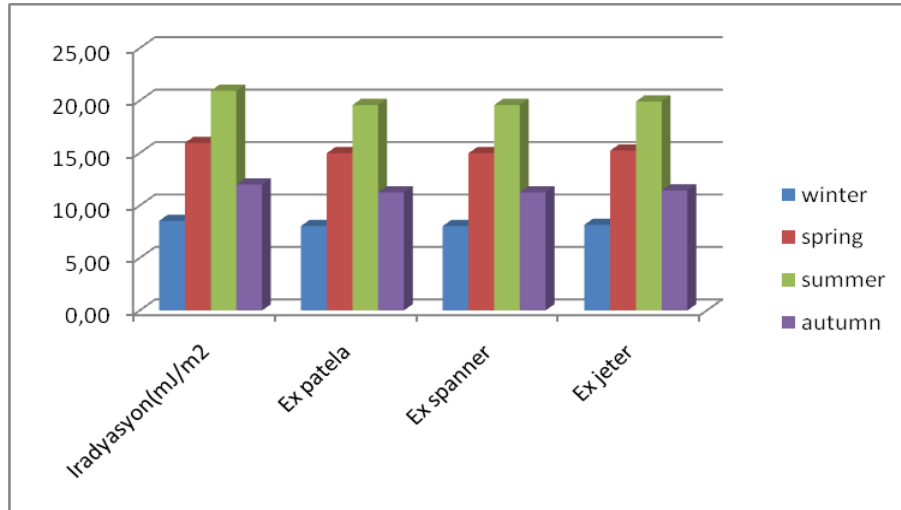
Şekil 1. Yatay yüzeye gelen toplam ışınımının yıllık ortalama değerleri ve on yıllık ekserji değişimi.

Küresel güneş ışınımının enerji değerlerinin aylık ortalama değişimi ve uzun süreli periyot için güneş ışınımının ekserji değişimi Şekil 2’de gösterilmiştir. Ortalama küresel güneş ışınımı aylık en yüksek uzun vadeli enerji ve ekserji değerleri sırasıyla Petela’ya göre 28.72 MJ/m² ve 26.86 MJ/m² ile Haziran ayında gözlenmiştir. On beş yıllık periyottaki en düşük güneş ışınım enerji ve ekserji değerleri Aralık ayında Petela’ya göre sırasıyla 8.68 MJ/m² ve 8.15 MJ/m² olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Yatay yüzeye gelen toplam ışınımının aylık ortalama değerleri ve uzun dönem ekserji değişimi.

Şekil 3'te uzun vadede kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimi için küresel güneş ışınımının enerjisi ve güneş ışınımının ekserji ortalama değerlerinin değişimi verilmiştir. Mevsimsel küresel güneş ışınım enerjisi ve uzun süreli periyot için güneş ışınımının ekserjisi hesaplanmıştır. İklim ve mevsimlerin güneş ışınım ekserjisi üzerindeki etkileri on beş yıllık döneme ait veriler dikkate alınarak incelenmiştir. Güneş ışınımı enerjisinin yaz sezonunda 20.22 MJ/m^2 ile en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Bu bağlamda, yaz sezonunda 19.10 MJ/m^2 ile uzun süreli güneş ışınım ekserjisinin maksimum değerinin ve 7.25 MJ/m^2 ile kışın uzun süreli güneş ışınım ekserjisinin minimum değerinin gözlemlendiği belirlenmiştir.



Şekil 3. Uzun süreli güneş ışınım enerjisi ve ekserjisinin mevsimsel ortalama değişimi

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Çalışma sonuçlarına göre; Petela ve Spanner modellerinde güneş ışınım ekserjisinin, uzun dönem aylık ortalama güneş ışınım enerjisine oranı 0.932'den 0.939'a kadar değiştiği belirlenmiştir. Jeter modelinde ise bu oran 0.949'dan 0.954'e kadar değişmektedir. En düşük yıllık güneş ışınım değeri 2007 yılında 17.36 MJ/m^2 , en yüksek yıllık güneş ışınım değeri ise 1999 yılında 18.19 MJ/m^2 olarak hesaplanmıştır. Uzun dönem aylık ortalama güneş ışınımının ekserji değeri en yüksek, Haziran ayında Petela ve Spanner modelleri için 26.66 MJ/m^2 , Jeter modelinde ise 27.13 MJ/m^2 olarak gözlemlenmiştir. Üç modele ait güneş

ışınımı ile güneş ışınımının ekserjisi arasında, yapılan analizler neticesinde uzun dönemde üç model için de korelasyon geliştirilmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

GAP YENEV 2018 KONGRESİ düzenleme kurul üyeleri ve Harran Üniversitesi Dergisi Editör ve Hakemlerine teşekkürü borç bilir saygılar dileriz..

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Uçkan, İ. "Exergy Analysis of Solar Radiation Based on Long Term for Van City" *Politeknik Dergisi*, 20(3): 579-584,2017.
- [2] Hepbasli A., "A key review on exergetic analysis and assessment of renewable energy resources for a sustainable future" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12: 593–661, 2008.
- [3] Öztürk, M., Hepbaşlı A., Akdeniz, C., Bulut, H., Duran, A.Ş., Kaçıra, M., "Güneydoğu Anadolu bölgesi için Güneş Işınımı Ekserjisinin incelenmesi", GAP V. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, 26-28 Nisan 2006, Şanlıurfa
- [4] Petela, Richard. "Exergy analysis of the solar cylindrical-parabolic cooker." *Solar energy*, 79(3): 221-233,2005.
- [5] Öztürk, H. H. "Experimental determination of energy and exergy efficiency of the solar box-cookers." *International Journal of Exergy*, 1(2):202-214,2004.
- [6] Öztürk, M., A. Elbir, and N. Özek. "Akdeniz Bölgesine Gelen Güneş Radyasyonunun Ekserji Analizi." *Proc. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'II)*.
- [7] Kaymak, M.K.. "İstanbul İklim Şartlarında Rüzgar ve Güneş Sistemlerinin Modellenmesi ve Ekserji Analizi", Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- [8] Candau, Yves. "On the exergy of radiation", *Solar Energy*,, 75(3): 241-247, 2003.
- [9] Chow, Tin Tai, et al. "Energy and exergy analysis of photovoltaic–thermal collector with and without glass cover." *Applied Energy* 86.3 (2009): 310-316.
- [10] Badescu, V. Accurate upper bound efficiency for solar thermal power generation. *International journal of solar energy*, 2000, 20.3: 149-160.
- [11] Sudhakar, K., and Tulika S., "Energy and exergy analysis of 36 W solar photovoltaic module." *International Journal of Ambient Energy* 35.1 (2014): 51-57.
- [12] Petela, R., "Exergy of Radiation of a Perfect Gray Body." *Energetyka*, Vol 5 (1961): 33-45.
- [13] Spanner, D. J., "Introduction to Thermodynamics", Academic Press, 1964, London.
- [14] Jeter, S.M., "Maximum Conversion Efficiency for the Utilization of Direct Solar Radiation.", *Solar Energy*, 26.3 (1981):231-236
- [15] Petela, R., "Exergy of Heat Radiation.", *J. Heat Transfer*, Vol 2 (1964) : 187-192