

GÜNEŞLENME ŞİDDETİNİ ÖLÇEN ALETLERİN VERİLERİNİN İĞDIR İLİNDE GÖSTERDİĞİ DEĞİŞKENLİKLER VE BUNLARIN NEDENLERİNİN İNCELENMESİ

Erhan ARSLAN

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü, Ankara
erhana1985@gmail.com

Hüseyin Topal

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü
gazicevre@gmail.com

Mehmet Uğur Yıldırım

Uşak Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Uşak
ugur.yildirim@usak.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, farklı yöntemlerle elde edilen güneş enerjisi ölçümlerinin uygulamada ne tür farklılıklar meydana getireceği araştırılmıştır. Çalışma alanı olarak Iğdır-Aralık ilçesi seçilmiş, GEPA'dan alınan veriler ile Kriging metoduyla elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Bu farklılığı belirlemek amacıyla güneş enerjisi ısı sistemler uygulamasında sıcak su elde etmek için aktinograf ve otomatik istasyon verileri kullanılarak sıcak su temini için kullanılacak kolektör sayısı adedi de her iki yöntem için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çalışmada, Iğdır ilinde otomatik istasyon olmadığından verileri karşılaştırmak için en yakın istasyon olan Ağrı-Doğubayazıt istasyon verileri kullanılmıştır. Birbirine çok yakın olan istasyonlardaki verilerden farklı sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Aktinograf, Güneşlenme Şiddeti, Iğdır.

AN INVESTIGATION OF SOLAR RADIATION WHICH IS MEASURED BY DIFFERENT INSTRUMENT FOR İĞDIR

ABSTRACT

The aim of this study is investigate the differences in data of intensity of solar radiation in winter for İğdir-Aralık. Also, calculated total number of solar collector will be used to get hot water supply to show the differences in winter month, the average and total solar radiation data obtaining data by Kriging method and GEPA. In addition, another aim of this study is illustrating variability of automatic station and actinography data. Because of no automatic station in the İğdir we choose Automatic station's data belong to Ağrı-Doğubeyazıt which is nearest station to İğdir-Aralık.

Keywords: *Solar radiation, actinograph, intensity of solar radiation İğdir*

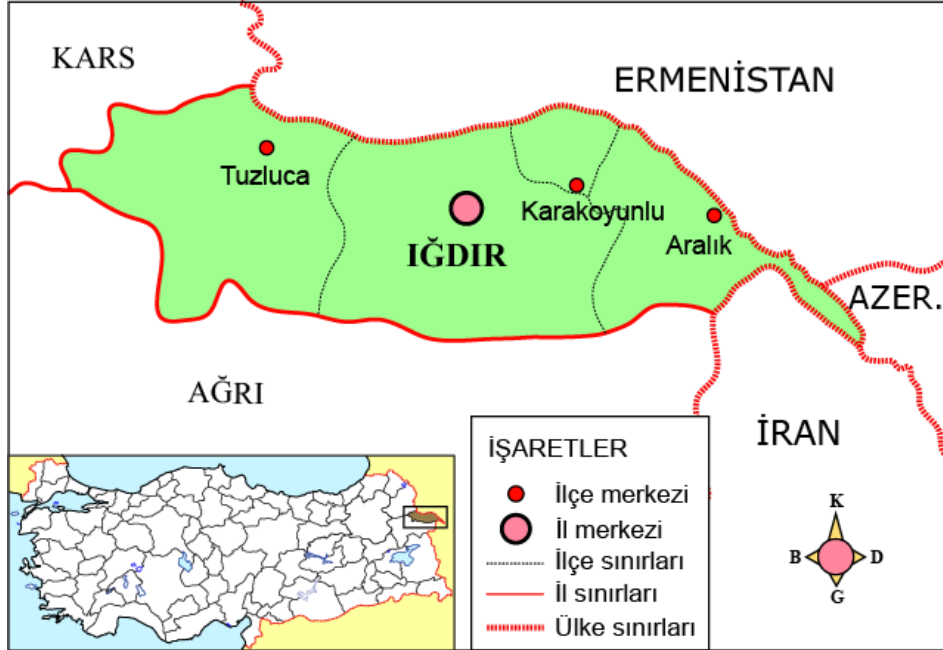
1. GİRİŞ

Ülkemizin fosil enerji kaynakları bakımından yetersiz olması ülkemizi yeni enerji kaynakları arayışına zorlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi, ülkemiz için en baskın enerji üretim kaynakları arasındadır [1]. Topkaya yaptığı çalışmada, Türkiye'nin avantajlı coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi için yüksek bir potansiyele sahip olduğunu söylemiş, 1966-1982 dönemi Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) tarafından ölçülen verilere göre, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Türkiye'nin ilk güneş enerjisi potansiyeli atlasını yapmıştır. 1985 ile 2006 yılında DMİ'nin 148 ve EİE'nin 8 adet istasyonu ile ölçülen uzun vadeli veri modeli, parametreleri hesaplamak ve model kalibre etmek için kullanılmıştır. GEPA Türkiye'nin 2738 s (7,5 saat / gün) yıllık toplam güneşlenme süresi ve 1527 kWh/m²- yıl (4,2 kWh/m²-gün) yıllık ortalama güneş radyasyona sahip olduğunu gösterdi [2]. Toğrul ve Onat, yaptıkları çalışmada, birçok güneş enerjisi uygulamasında, mühendisler, hidroloji uzmanları, tarımcılar ve mimarlar çalışma bölgelerindeki güneş enerjisi mevcudiyeti ve yeterliliği konusunda doğru bilgiye ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir [3]. Deniz ve Kemal, yaptığı çalışmada, güneş ışınım şiddeti ölçümlerinin yapılmadığı yani ölçülmüş bir meteorolojik verinin mevcut olmadığı yerler için, sıkça başvurulan pratik bir yöntem, bazı seçilmiş yerlerde ölçülen verileri kullanarak deneysel olarak kabul edilen korelasyonlar yardımıyla bu parametrelerin belirlenebileceğini tespit etmiştir [4]. Deniz ve Atik, yaptıkları çalışmada Zonguldak iline ait 1995-2004 yılları arasındaki aylık ortalamalar halindeki yedi veriye lineer ve çoklu lineer regresyon analizi uygulanarak modeller geliştirmiş, geliştirilen modeller arasından en yüksek ve en düşük korelasyona sahip olan modeller seçilerek Ocak/2005 ve Aralık/2005 arasındaki toplam güneş ışınımının aylık ortalamalarını hesaplanmış ve 2005 yılında ölçülmüş olan veriler ile karşılaştırılmıştır. Ölçülen değerler ile hesaplanan değerler arasında ortalama % 6'lık bir sapma olduğunu tespit etmişlerdir [4]. Şahinler, yaptığı çalışmada Regresyon analizinde elde edilen sonuçların güvenilir olup olmadığını belirleyebilmek için korelasyon katsayısını hesaplamıştır [5]. Karagöz ve Curtes, yaptıkları çalışmada lineer regresyon analizi bir "y" değişkeninin bir "x" değişkenine bağlı olarak göstermiş olduğu değişimin; çoklu lineer regresyon analizi ise, "y" değişkeninin birden fazla değişkene (x1, x2, x3....) bağlı olarak göstermiş olduğu değişimin belirlenmesi için kullanılan regresyon analiz yöntemleri olduğunu tespit etmiştir [6,7].

Akkoyunlu yaptığı çalışmada, cihazların yaşam döngüleri boyunca doğada karşılaşacakları ve performanslarını olumsuz yönde etkileyecek doğal koşullardan birisinin de güneş ışınması olduğunu söylemiş ve güneş ışınmasının malzemeler üzerine etkisini iki yaklaşımla incelemiştir. Bunlardan birincisi, gün boyunca malzeme üzerine gelen güneş ışınmasından direk kaynaklı ışımanın yaratmış olduğu olumsuz etkilerin tespit edilmesi, ikincisi, malzeme üzerine gelen güneş ışınmasından (morötesi bölgenin de dâhil olduğu durumda) direk kaynaklı bozulmaların olduğunu tespit etmiştir [8].

2. ÇALIŞMA ALANI VE MATERYAL

Çalışma alanı olarak Iğdır ili Aralık ilçesi seçilmiştir (Şekil 1). Mikroklima özelliği gösteren bu bölgede kış aylarında sıcak su temini için gerekli kollktör adedi GEPA'dan alınan veriler ve Kriging yöntemiyle elde edilen değerler karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. Iğdır ili Aralık ilçesi

Güneş ve gökyüzünden yatay bir yüzey üzerine düşen radyasyonu yani güneş ışınları şiddetini ölçmek için kullanılan yazıcı alete aktinograf denir. Diyagramları günlüktür. Çünkü bu alet günün her saatindeki güneş enerjisini

cal.cm²/dak. cinsinden verir (Şekil 1). Aktinograf diyagramları her akşam saat 21.00 rasadında değiştirilir. Diyagramlar değiştirildikten sonra mutlaka sıfır ayarının yapılması gerekir. Aktinograf diyagramları iki şekilde değerlendirilir:

I) Diyagram üzerindeki değerlerin ortalaması alınarak,

II) Planimetre ile alan ölçerek.

I) Diyagram üzerindeki değerlerin ortalaması alınarak:

I) Diyagramlarda aletin çizdiği çizgiler günün koşullarına uygun olarak;

a) Muntazam,

b) Muntazam olmayan (zikzaklı) şekilde olurlar.

a) Hava açık olduğu zaman alet muntazam çizgi çizer. Muntazam çizgiyi değerlendirmek için, iki saat arasında çizginin en yüksek ve en düşük iki noktasındaki (yani) saat başlarındaki değerler toplanarak ikiye bölünür ve böylece o saatin ortalama cal/cm² dak. Olarak değeri bulunur. Bulunan bu değer 60 ile çarpılarak o saate ait kalori miktarı cal/cm² saat olarak hesaplanır [9].

Meteoroloji istasyonlarında ufuk düzlemine (dünyanın merkezini gösteren çekül doğrultusunu 90 derece ile kesen ve o noktada yerküreye teğet geçtiği kabul edilen yüzey) doğrudan ve yayınlık ışık olarak ulaşan toplam enerjinin ölçülmesi için aktinograf kullanılmaktadır. Güneşten doğrudan ve gökyüzünden yayınlık olarak yatay bir yüzey (ufuk düzlemi) üzerine düşen güneş ışınları şiddetini ölçmek için kullanılan yazıcı alete *aktinograf* denir ve diyagramları günlüktür. Aktinograf günün her saatindeki güneş enerjisini cal/cm².dak cinsinden verir [10,11]. Meteoroloji istasyonlarına ait olarak bültenlerde belirtilen güneş ışınları şiddeti Günlük Ortalama Güneşlenme şiddeti (GOGŞ) olarak verilir. GOGŞ'nin belirlenmesi çalışmalarında öncelikle her an ölçülen güneşlenme şiddeti verilerinden yararlanılarak dakikalık ortalama güneşlenme şiddeti (cal/cm²) belirlenir. Daha sonra saatlik toplam ve o günün güneşlenme süresi dikkate alınarak o günün güneşlenme şiddeti hesaplanır (cal/cm².dak olarak). Bundan sonraki adımda ise her gün için hesaplanan toplam değerlerden yararlanılarak içinde bulunulan ayın ortalama ve gözlem dönemindeki aynı ayların değerlerinin ortalamasının alınması işlemi gerçekleştirilir [12].

Aktinograf, yatay bir yüzeye gelen toplam radyasyon şiddetini kalori cinsinden ölçer. Güneş ışınlarına maruz kalan bimetalik levhalardan siyah olanı daha fazla enerji absorbe eder. Stil kısmına bağlı uç aşağı doğru hareket eder. Beyaz bimetal ise siyah bimetale göre daha az hareket ederek, siyah bimetalle irtibatlı ucu aşağı doğru kıvrılır. İşte farklı renkteki bu bimetaller genleşmeleri arasındaki farklılık meydana getirdiği ve bu fark miktarı hareket iletim sistemi ile diyagrama iletilmektedir. Güneş ışınlarının zayıf olduğu anlarda bimetallerin genleşmesi, yani bimetalleri harekete geçiren kuvvet çok zayıf olmakta ve gerek eylemsizlik momenti, gerekse kalem ile diyagram arasındaki sürtünme kuvveti bu kuvveti engelleyici olmaktadır. Böylece saatlerde, yani güneş ışınları şiddetinin zayıf olduğu güneşin doğuş-batış saatleri ile kış gökyüzünün fazla bulutlu olduğu saatlerde, hafif bir titreşim hareketi yapılarak aletin eylemsizlikten kurtarılması gerekmektedir [13]. Aksoy'un yaptığı araştırmaya göre güneşlenme şiddeti ölçümü için tüm dünyada uzun yıllar kullanılan aktinograf cihazları ölçümlerinde yıllık bazda %14.7, aylık bazda %42.1 oranında hatalı değerler olabildiği tespit edilmiştir. Aktinograf hassas kısımlarının (sensör) mekanik aksamının sıcaklık duyarlılığı düzenli olarak kalibre edilemediğinden dolayı, elde edilen ölçümler yeterince güvenli değildir. Bu gerekçeyle güneşlenme süresi ile güneş ışınması arasındaki ilişkiye dayanarak geliştirilen bazı ikinci dereceden denklemler vasıtasıyla güneş ışınması (radyasyonu) değerleri tahmin edilmeye çalışılmış, ulaşılan sonuçlar ile çalışılan nokta için ölçülen piranometre değerleri karşılaştırıldığında yıllık bazda ancak % 4 lük bir hata payı tespit edilmiştir [14].

Türkiye'de güneş enerjisinin en yaygın kullanımı sıcak su ısıtma sistemleridir [15]. Kollektörler iki önemli prensibe dayalı olarak çalışmaktadır. Bunlar, Güneş radyasyonunu emen siyah bir yüzey ve ısıyı tutmak için gereken camdır. Şekil 3.5'te en yaygın olarak kullanılan düzlem kollektörün kesiti bulunmaktadır. Yüzeyi güneş enerjisi kazanımı için solar radyasyon yönüne dik olmalıdır. Suyun ısıtılması için, güneş ışınları bu cam yüzeyden geçip siyah metal tarafından emilmelidir. Isı yalıtımı sağlandığı için ısının çoğunu tutar. Su, içindeki ısı ile kullanılacak olan yere doğru hareket eder. Bu sistem, sıcak suyun kendisinden daha soğuk olan suyun bir miktar hareket etmesi ilkesiyle açıklanabilir. Bu durumu Şekil 3.5'teki termosifon örneğinde de görebiliriz. Toplayıcı, ısınan suyu tankın dışındaki boruya iter. Isınan bu sıcak su, daha sonra tankın içindeki soğuk suyla yer değiştirerek soğuk suyu dışarı iter. Bu ısı

kaynaklı sirkülasyon, aşağı itilen ve yuvarlak toplayıcıya gelen su ile tamamlanır. Tüm bu düzenlemeler, düzlem kollektörlerin topoğrafik ve meteorolojik şartlara bağlı olarak 40-80°C derece gibi tipik sıcaklıklara ulaşması için yapılır [16].

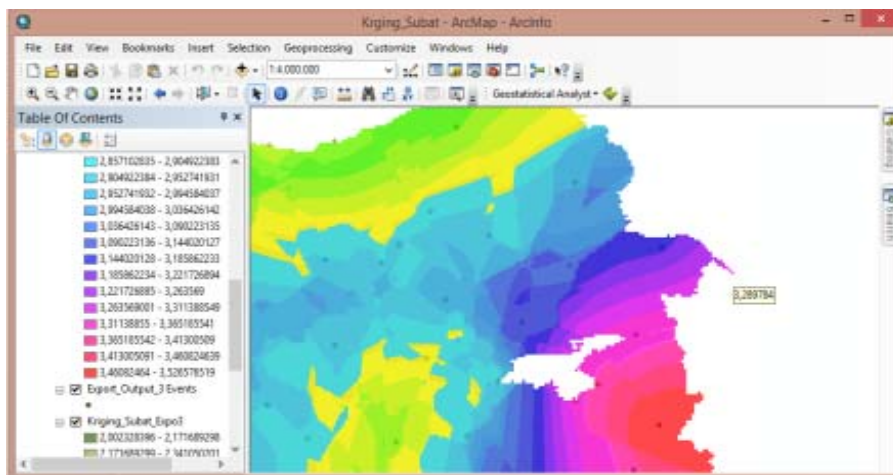
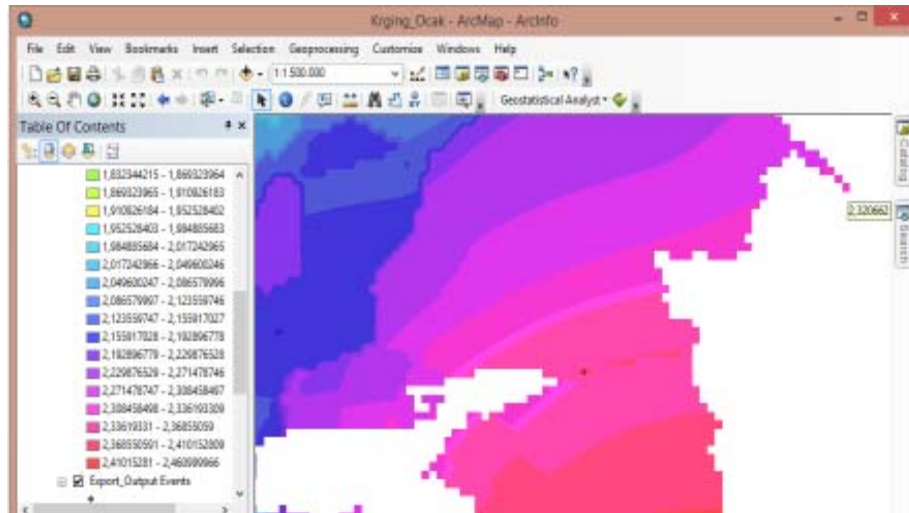
Farklı ölçüm teknikleriyle elde edilen değerlerin nasıl farklı sonuçlar doğuracağını göstermek için yapılan bu çalışmada güneş enerjisinin ölçümünde kullanılan aktinograf ve otomatik istasyon değerlerinin sıcak su temini için gerekli olan kollektör adedi hesaplanmıştır.

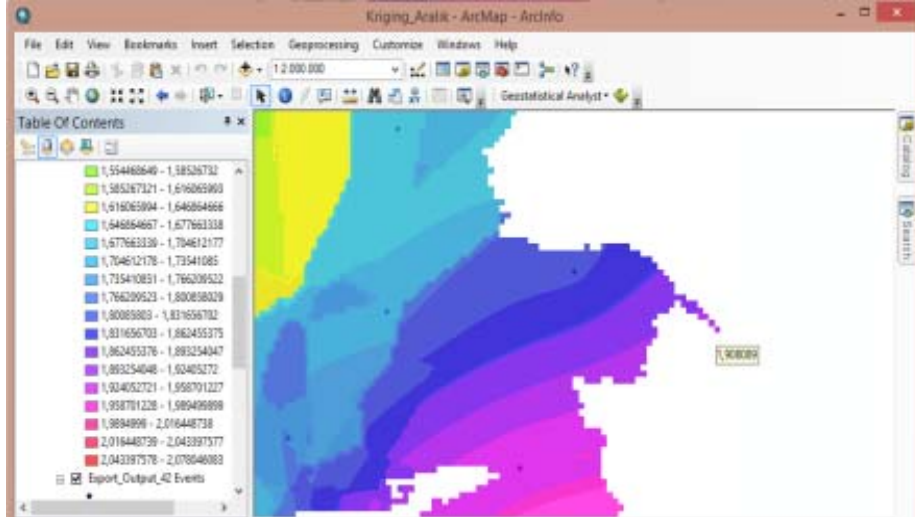
3. SONUÇLAR VE BULGULAR

Iğdır ili Aralık ilçesinin, Kriging Metoduyla kış aylarındaki güneşlenme şiddeti değerleri Ocak/2,32, Şubat/3,30 ve Aralık/1,91 olarak hesaplanmıştır (Şekil 2) [18]. Bu değerler Meteoroloji Genel Müdürlüğü Türkiye Veri Arşiv Sistemi'nden alınmış, cal/cm^2 olarak ölçülen değerler kWh/m^2 'ye olarak dönüştürülmüştür.

Kriging interpolasyon yöntemi, bilinen yakın noktalardan alınan verileri kullanarak, diğer noktalardaki verilerin optimum değerlerini kestiren bir interpolasyon yöntemidir. Bu yöntemin ArcGIS programı içerisindeki aşamaları Şekil 4.2'de verilmiştir. Kriging interpolasyon, yarivaryogram yapısal özellikleri kullanarak örneklenmiş noktalardaki konumsal değişikliklerin yansız tahmininin en uygun şekilde yapıldığı bir tekniktir. Kriging interpolasyonu diğer yöntemlerden ayıran önemli bir özelliği, tahmin edilen her bir nokta veya alan için bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir ki bu tahmin edilen değerlerin güven derecesinin bir ölçüsüdür. Kriging uzay bilgisinin kaybolmasına izin vermeyen bir jeostatistiksel yöntemdir. Yukarıda adı geçen yöntemlere göre daha zor olmasına rağmen özellikle düşük yoğunluklu ve düzensiz dağılmış istasyon ağlarından elde edilen veriler için oldukça uygundur. Nitekim Kriging pek çok araştırmacı tarafından tercih edilen bir yöntemdir [19-25].

Şekil 2'de ArcGIS programı yardımıyla Kriging metodu kullanılarak elde edilen güneş enerjisi şiddeti değerleri gösterilmiştir. Buna göre kış aylarında Iğdır ili Aralık ilçesi kuzey çevrelerine göre daha iyi güneşlenmeye sahip olduğu görülmektedir.





Şekil 2. Kriging İnterpolasyon Yöntemiyle Elde Edilen İli Aralık İlçesinin Ocak, Şubat ve Aralık aylarının Güneşlenme Şiddeti Değerleri

Kriging İnterpolasyon yöntemiyle elde edilen değerlerin GEPA örneğinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Aylar/ kWh/m ²	OCAK	ŞUBAT	ARALIK
Kriging	2,32	3,30	1,91
GEPA	1,55	2,26	1,30

Çizelge 1. Iğdır ili Kış aylarına ait güneşlenme şiddeti değerleri

Çizelge 1’de GEPA’dan alınan değerler [17] ve Kriging yöntemi ile elde edilen değerlerin kWh/m² birimine çevrilen değerleri gösterilmiştir. Ölçülen bir değerlerin interpolasyon ve regresyon yöntemleri ile nasıl değiştiğini belirlemek için GEPA’dan alınan değerler bu yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Iğdır ilinin kış aylarındaki güneşlenme şiddeti arasındaki fark yukarıdaki şekilde gösterilmiştir.

Kış aylarına ait bu farklılığı görmek için, 2010 yılının kış aylarına ait otomatik istasyon ve aktinografla ölçülen değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Ayrıca, bu farklılığa dikkat çekmek için 300 litre suyu 0°den 50°ye çıkarmak için kaç adet kollektör kullanılması gerektiği hesaplanmıştır. Çalışmamızda Iğdır ilinde otomatik istasyon bulunmadığı için en yakın istasyona olan Ağrı-Doğubeyazıt otomotaik istasyon verilerini kullanılmıştır.

İstasyon	Yıl	Ay	Işınım Şiddeti kWh/m ²	Gerekli Kollektör Adedi	İstasyon	Işınım Şiddeti kWh/m ²	Gerekli Kollektör Adedi
17720	2009	12	1,64	7,2	17100	1,39	8,5
17720	2010	1	2,09	5,7	17100	1,71	7
17720	2010	2	2,49	4,8	17100	1,75	6,8

Çizelge 2. Otomatik İstasyon (17720) ve Aktinograf (17100) verilerinin karşılaştırılması

Kış aylarında belirtilen bölgede sıcak su temini için iki istasyonda da farklı sayıda kollektör adedi hesaplanmıştır. Iğdır Aktinograf değerleri daha düşük değerlere sahip olduğundan daha çok sayıda kollektör adedine ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, Iğdır Aralık ilçesindeki otomatik istasyon ve aktinograf değerleri arasındaki farklılık tespit edilmiştir. Bu farklılığı ortaya koymak için 2010 kış aylarına ait veriler kullanılarak sıcak su temini için gereken kollektör sayıları hesaplanmıştır. Her iki değer için ayrı sayıda kollektör bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Dinçer, F. (2011) "Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli-Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme", *KSU Mühendislik Dergisi*, 14 (1):
- [2] Topkaya, S. O. (2012) "A Discussion on Recent Development in Turkey's Emerging Solar Power Market", *Renewable and Sustainable Energy Review*. 16.3754-3765
- [3] Toğrul, İ. T., Onat, E. (1999) A Study for Estimating Solar Radiation in Elazığ Using Geographical and Meteorological Data, *Energy Conversion & Management*, 40, 1577-1584.
- [4] Deniz E., Kemal A. (2007) Coğrafik ve Meteorolojik Veriler Kullanılarak Zonguldak'ta Güneş Işınım Şiddetinin Tahmini İçin Bir Çalışma. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12(2), 35-42.
- [5] Şahinler, S. (2000) En Küçük Kareler Yöntemi ile Doğrusal Regresyon Modeli Oluşturmanın Temel Prensipleri, *M. K. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1-2), 57-73.
- [6] Karagöz, İ. (2001) *Sayısal Analiz ve Mühendislik Uygulamaları*, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 176, Vıpaş A. Ş., ISBN: 975-564-115-7, Bursa.
- [7] Curtes, F. G. (1980) *Applied Numerical Analysis*, Addison-Wesley Publishing Company, California Polytechnic State University.
- [8] Akkoyunlu O. (2013, 26-28 Eylül) *Güneş Işımasının Cihazlar Üzerinde Etkisinin Testine Yönelik Prosedürel Yaklaşımlar*. VIII. Ulusal Ölçümbilim Kongresi, Gebze Kocaeli.
- [9] Yalçın G., Demircan, M., Ulupınar Y., Bulut E., (Editörler). (2005). *Klimatoloji - I*, Ankara:Dmi Yayınları, 136-143.
- [10] Tarıkahya, R. (1973) *Meteorolojik Aletler*. Baçbakanlık Basımevi, Ankara.

- [11] Doğan, Ş. Ayman, B. Balıca, H. ve Kaya, N. (1982) *Meteoroloji Teknik Lisesi, Klimatoloji I, II*, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Basımevi, Ankara.
- [12] Koç, T. Ve Kesmen E. (2011) *Kaz Dağı'nda Yüze Gelen Güneş Enerjisinin Dağılımında Topografyanın Etkisi, Coğrafi Bilimler Dergisi 9 (1), 101-115.*
- [13] Ayaz F. (1989) *Türkiye'de Aktinograf Gereci ile Ölçülen, Yatay Yüzey Üzerine Gelen Toplam Güneş Radyasyonu Değerlerinin Piranometre Ölçüm Değerleri ile Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi enstitüsü Enerji Anabilim Dalı, İzmir, 16-22.
- [14] Aksoy B. (1996) Estimated monthly average global radiation for Turkey and its comparison with observations. *RCIInmh/c t-Ilergr*, 10(4), 625-633.
- [15] Varınca, K. B., Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye'de Güneş Enerji Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma.1. Ulusal Güneş ve Hidrojen Kongresi, Eskişehir.
- [16] Şen, Z. (2008). *Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques*. (36). London/England: 2008 Springer-Verlag London Limited, 246-255.
- [17] <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/76.aspx>
- [18] Arslan, E. (2014) *Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgesel Analizi ve Enerji sistemlerine Uyarlanması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [19] Delfiner, P., Delhomme, J. P. (1973). Optimum Interpolation by Kriging, Displayand Analysis of Spatial Data, ed: Davis J. C., McCullagh M. J., Nato Advanced StudyInstitute, John WileyandSons, London.
- [20] Tabios, G. Q., Salas, J. D. (1985). A Comparative Analysis of Techniques for Spatial Interpolation of Precipitation, *Water Resources Bulletin*, 21(3), 265-380.
- [21] Lebel, T., Bastin, G., Obled, C., Creutin J.D. (1987). On theAccuracy of Areal Rainfall Estimation: a Case Study. *Water Resour Res*, 23(11), 2123-2134.
- [22] Saveliev, A.A., Mucharamova, S.S., Piliugin, G.A. (1998). Modeling of the Daily Rainfall Values Using Surface Under Tensionand Kriging., *J. Geogr. Inf. Decis. Anal.*,22, 52-64.
- [23] Campling, P., Gobin, A., Feyen J. (2001). Temporal and Spatial Rainfall Analysis Across a Humid Tropical Catchment, *Hydrol Process*, 15, 359-375.
- [24] Lloyd, C. D. (2005). Assessing the Effect of Integrating Elevation Data Into the Estimation of Monthly Precipitation in Great Britain. *J Hydrol* 308, 128-150.
- [25] Cheng, Q., Ko, C., Yuan, Y., Ge, Y., Zhang, S. (2006). GIS Modeling for predicting river run off volume in ungauged drainages in Greater Toronto Area, Canada, *Computers and Geosciences*, 32:1108-1119.

