

Türkiye’de 2006 Yılı için CM-SAF SIS ve Yüzey Işınım Verilerinin Karşılaştırması

Serhat Şensoy

Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Klimatoloji Şube Müdürlüğü
Ankara
ssensoy@mgm.gov.tr

Ercan Karakoç

Meteoroloji Genel Müdürlüğü
İç Denetim Birimi
Ankara
ekarakoc@mgm.gov.tr

Christine Trager-Chatterjee

DWD, CM-SAF Climate Monitoring
Offenbach
Christine.Traeger-Chatterjee@dwd.de

ÖZET

Yüksek kalitede yüzey radyasyon verisi Dünya radyasyon bütçesinin izlenmesi ve güneş enerjisi uygulamaları için ön koşuldur. Bu çalışmada, 2006 yılı İklim İzlemede Uydu Uygulamaları Fırsatları (CM-SAF) uzaktan algılama SIS (Yüzeye Gelen Güneş Radyasyonu) verileri ile yüzeyde aktinograf ile ölçülen ışınım verileri karşılaştırıldı. 1971 yılından 2000 yılına kadar ölçümü yapılan güneşlenme süresi ve ışınım verilerine göre, Türkiye'nin yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi 2573 saat, günlük ortalama güneşlenme süresi 7 saat ve ortalama toplam ışınım, metre kareye 1474 KWh'tır. Bu değerler Türkiye'nin güneş enerjisi açısından şanslı bir konumda olduğunu göstermektedir. Yerde 161 noktada aktinograf ile yapılan güneş ışınımı gözlem verileri Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi (TUMAS)'tan, bu noktalara karşılık gelen lokasyonlar için CM-SAF SIS verileri ise IDL Sanal Makine yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Her iki platform için elde edilen veriler, Coğrafi Bilgi Sistemi (ArcGIS) altında Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) mekânsal enterpolasyon yöntemi kullanılarak tüm Türkiye için haritalanmıştır. Elde edilen fark haritasından, batıda CM-SAF SIS verilerinin, doğuda ve dağlık alanlarda ise yer gözlem verilerinin daha yüksek ışınım değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Çalışmada bu farklılığın nedenlerine değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Türkiye; CM-SAF; SIS; ışınım; karşılaştırma.

1. GİRİŞ

Dünyaya gelen güneş enerjisinin küçük bir kısmı insan ihtiyaçlarını karşılamak için yeterlidir. Bu nedenle günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı atmosferi korumak için son derece önemlidir. Coğrafi verinin mekânsal dağılımı, bu verilerden elde edilebileceği gibi tahmin haritaları, ölçülen değerlerle mekânsal ilişkisi olan ikincil değişkenler kullanılarak da elde edilebilir [1]. Bu çalışma, 2006 yılı için CM-SAF SIS verisi ile Türkiye yüzey radyasyon verilerinin karşılaştırılmasını içerir.

2. MATERYAL VE METOTLAR

Veriler hakkında açıklayıcı bilgileri edinmek için, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) radyasyon verileri ve CM-SAF SIS verileri Excel'de düzenlenip aynı birime (KWh/m²/yıl) dönüştürülmüştür. İki seri arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemi altında veri serilerine ait enterpolasyon haritaları üretilmiş ve bu iki haritanın farkları kalıntı haritası olarak üretilmiştir.

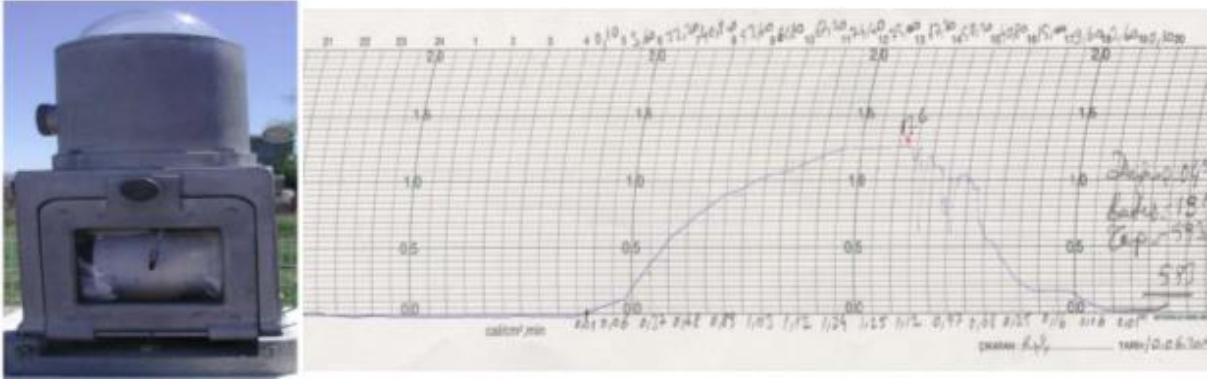
2.1. Kullanılan yazılımlar

2006 yılı CM-SAF SIS verilerini elde etmek için, CM-SAF web sayfasından temin edilen IDL tabanlı CM-SAF GUI yazılımı kullanılmıştır [8]. Veriler Excel kullanarak düzenlenmiş ve hesaplanmıştır. Mekânsal enterpolasyon ve haritalama faaliyetleri için ArcGIS 9.3 yazılımı kullanılmıştır. ArcGIS 9.3, Mekânsal Analiz, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak 2 adet harita elde edilmiştir. IDW enterpolasyon yöntemi enterpole edilen yüzeyin yakındaki noktadan daha fazla, uzaktaki noktadan ise daha az etkilendiği varsayımına dayanır [6]. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon içerisinde çeşitli seçenekler mümkündür. Mekânsal Analiz içerisindeki Raster hesaplama tekniği kullanılarak kalıntı haritaları üretilmiştir.

2.2. Kullanılan veriler

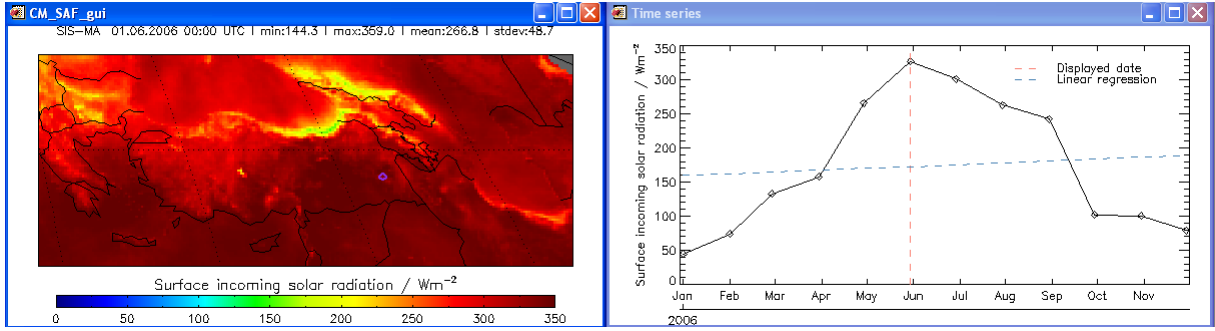
Türkiye yüzey radyasyon verileri 161 istasyonda yerleştirilmiş aktinograf gözlemlerinden elde edilmiştir (Şekil 1) ve birimi cal/cm²/gün'dür.

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 1: Robitzch Aktinograf ve diyagramı. 1 dakikalık radyasyon $2\text{cal}/\text{cm}^2$ den büyük olamaz. Saatlik radyasyon verisi için 2 noktanın ortalaması alınarak 60 ile çarpılır. Eğer çizgi bulutluluk nedeniyle düzgün değilse 5 noktanın ortalaması alınarak 60 ile çarpılır.

CM-SAF'ın yüzeye gelen güneş radyasyonu (SIS) verileri IDL tabanlı CM-SAF GUI yazılımı kullanarak elde edilmiştir ve birimi W/m^2 dir.(Şekil 2).



Şekil 2: CM-SAF yüzeye gelen güneş radyasyon (SIS) verileri. 2006 yılı Haziran ayı SIS verileri haritası (sol); seçilmiş noktaya ait SIS değerlerinin 2006 yılı zaman serisi (sağ).

Söz konusu bu iki birim aşağıdaki formüller kullanarak, $\text{KWh}/\text{m}^2/\text{yıl}$ 'a dönüştürülmüştür:

2.3. Kullanılan Formüller

$$\text{kWh}/\text{m}^2/\text{year} = \left(\sum_{i=1}^{12} \text{Aylıkortalama}[\text{cal}/\text{cm}^2] \right) * 365/1000 * 11.63 \text{ (MGM verisi için)} \quad (1)$$

$$\text{kWh}/\text{m}^2/\text{year} = \left(\sum_{i=1}^{12} \text{Aylıkortalama}[\text{W}/\text{m}^2] \right) * 365 * 24/12000 \text{ (CM-SAF verisi için)} \quad (2)$$

Birim dönüşüm formülleri www.birimcevir.com sitesinden alınmıştır [7].

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

Korelasyon katsayısı aşağıda verilen Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısı formülü ile hesaplanmıştır [9]:

$$\rho_{X,Y} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_X \cdot \sigma_Y} \quad (3)$$

where;

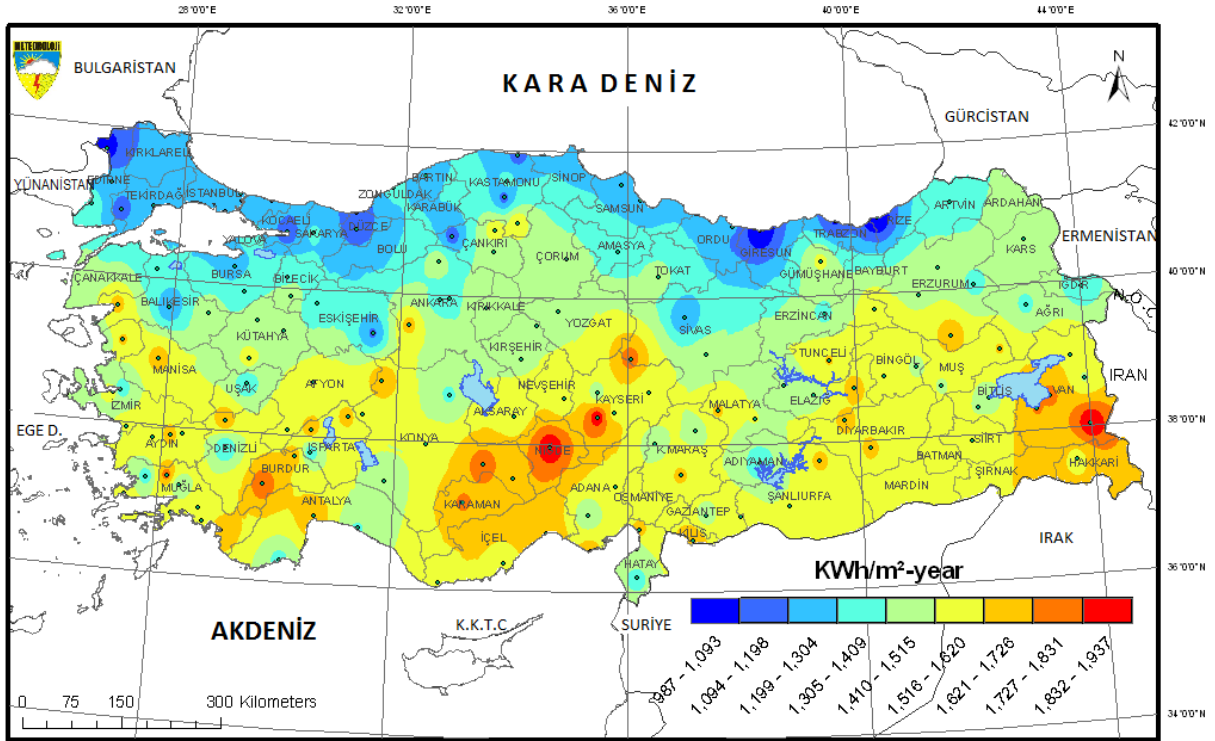
$$-1 \leq \rho_{xy} \leq 1$$

and

$$Cov(X,Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_X)(y_i - \mu_Y)$$

3. ANALİZLER

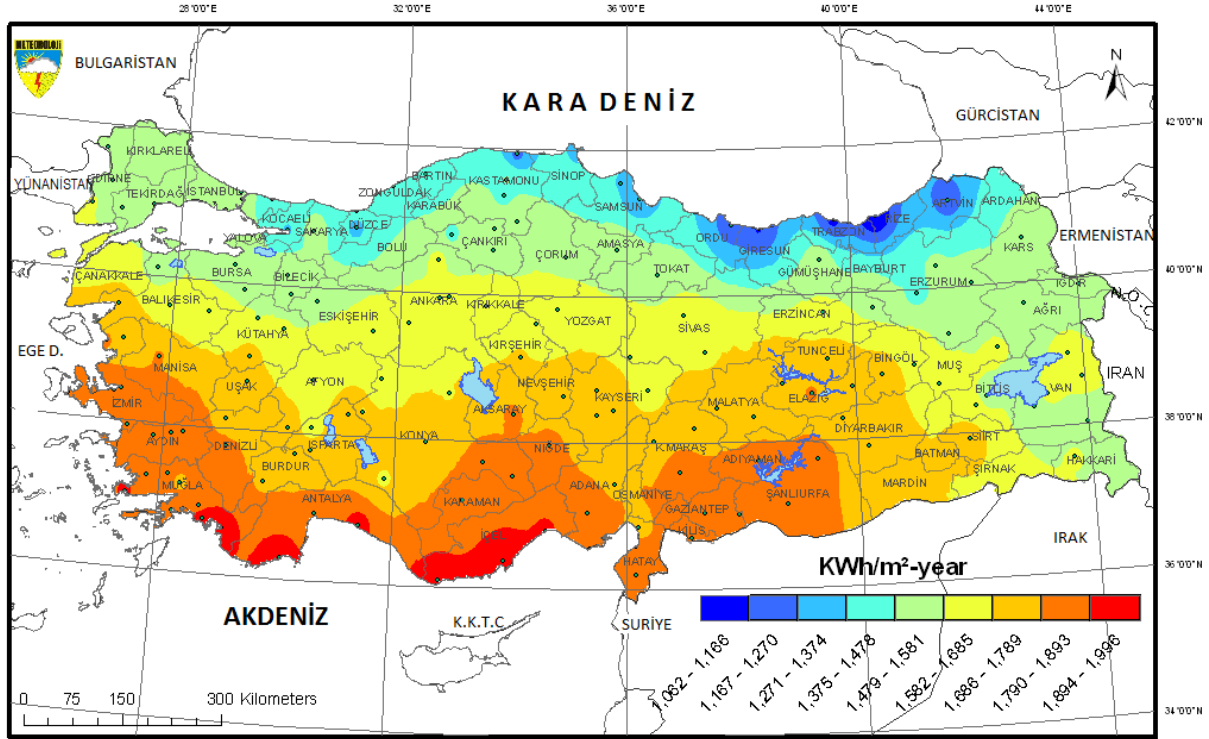
Elde edilen yüzey ışıınım verileri ile, CM-SAF SIS verileri kullanılarak ArcGIS 9.3, Mekânsal Analiz, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak 2 adet harita elde edilmiştir (Şekil 3, Şekil 4).



Şekil 3: Aktinograftan elde edilen 2006 yılı yüzey ışıınım verileri dağılımı

Yüzey radyasyon verisinin enterpolasyonu, ArcGIS 9.3 altında Mekânsal Analiz, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak elde edildi (Şekil 3). IDW enterpolasyon metodu, enterpole edilen yüzeyin yakındaki noktadan daha fazla, uzaktaki noktadan ise daha az etkilendiği varsayımına dayanır [6].

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 4: 2006 Yılı CM-SAF yüzeye gelen güneş radyasyon (SIS) verileri dağılımı

CM-SAF SIS verisinin enterpolasyonu, ArcGIS 9.3 altında Mekânsal Analiz, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak elde edildi (Şekil. 4).

MGM Yüzey radyasyon verisi birimi $\text{cal/cm}^2/\text{gün}$ ve CM-SAF SIS verisi birimi W/m^2 dir. MGM radyasyon verileri ve CM-SAF SIS verileri Excel'de düzenlenip aynı birime ($\text{KWh/m}^2/\text{yıl}$) dönüştürülmüşlerdir (Tablo 1) [7].

Tablo 1'de her iki veri serisine ait değerler, bunların farkları, ve aralarındaki korelasyon katsayısı görülmektedir. Genellikle uydu radyasyon verisinin, yerde yapılan gözlemlerden yüksek olduğu görülmektedir. Sarı renkle gösterilen illerde büyük farklar bulunmuştur. Ayrıca Van, Artvin, Niğde, Hakkâri ve Erzurum'da negatif farklar bulunmuştur. İki veri serisi arasındaki korelasyon katsayısı 0.71 olarak bulunmuştur. Bu da iki veri arasında pozitif yönde bir ilişkinin olduğunu göstermektedir (Tablo 1).

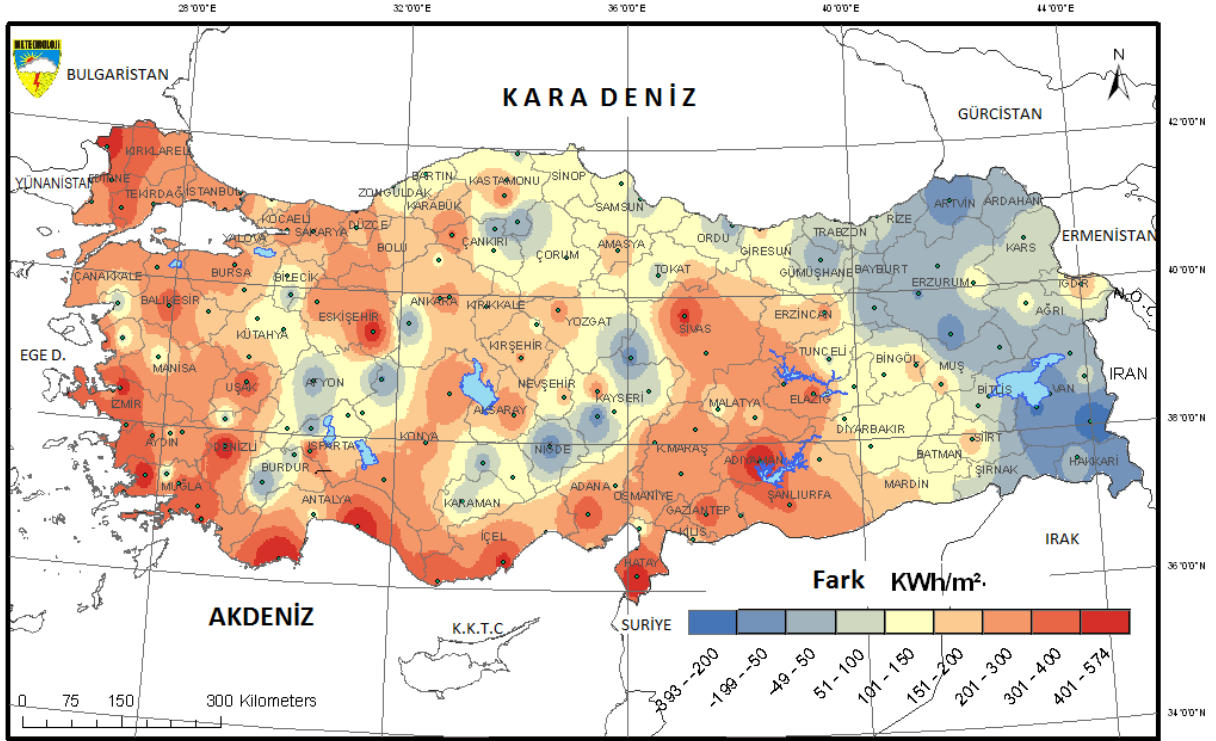
II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

Tablo 1: Yüzey ve uydu radyasyon verilerinin karşılaştırması

Longitude	Latitude	Station	Surface Radiation		CM-SAF SIS	Differences
			2006-Kcal	2006-KWh/m2	2006-KWh/m2	
35.34	37.04	ADANA	122.0	1418.7	1821.4	402.7
38.28	37.74	ADIYAMAN	113.3	1318.1	1850.6	532.5
30.54	38.73	AFYON	136.8	1591.3	1595.1	3.7
43.04	39.71	AGRI	119.5	1390.3	1503.8	113.5
34.04	38.38	AKSARAY	131.7	1531.8	1799.5	267.7
35.84	40.64	AMASYA	119.5	1390.3	1569.5	179.2
32.86	39.96	ANKARA	119.2	1386.3	1602.4	216.1
36.16	36.19	ANTAKYA	117.5	1366.4	1850.6	484.2
30.67	36.91	ANTALYA	147.2	1711.9	1854.2	142.3
41.81	41.18	ARTVIN	116.1	1350.1	1215.5	-134.7
27.83	37.83	AYDIN	134.1	1559.4	1865.2	305.8
27.93	39.61	BALIKESIR	103.1	1199.1	1580.5	381.4
32.34	41.63	BARTIN	109.6	1274.3	1390.7	116.4
29.97	40.14	BILECIK	118.8	1381.7	1522.1	140.4
40.49	38.86	BINGOL	135.1	1571.2	1719.2	148.0
42.09	38.36	BITLIS	129.8	1509.6	1609.7	100.0
30.29	37.71	BURDUR	145.2	1688.7	1730.1	41.4
29.01	40.23	BURSA	105.1	1222.6	1529.4	306.8
26.39	40.13	CANAKKALE	122.5	1424.5	1642.5	218.0
33.61	40.61	CANKIRI	124.0	1442.6	1562.2	119.6
34.92	40.54	CORUM	124.0	1442.1	1551.3	109.2
29.09	37.76	DENIZLI	111.6	1297.9	1792.2	494.3
40.19	37.89	DIYARBAKIR	139.8	1626.0	1752.0	126.0
31.14	40.84	DUZCE	100.3	1166.3	1354.2	187.8
26.54	41.68	EDIRNE	89.0	1034.5	1518.4	483.9
39.24	38.64	ELAZIG	125.9	1463.9	1795.8	331.9
39.49	39.74	ERZINCAN	119.2	1386.9	1602.4	215.5
41.16	39.94	ERZURUM	129.8	1509.4	1452.7	-56.7
30.51	39.81	ESKISEHIR	112.5	1308.7	1576.8	268.1
37.34	37.04	GAZIANTEP	126.8	1474.9	1825.0	350.1
38.38	40.91	GIRESUN	86.1	1001.5	1160.7	159.2
39.46	40.46	GUMUSHANE	132.5	1540.8	1544.0	3.1
43.73	37.56	HAKKARI	137.1	1594.2	1584.1	-10.1
44.04	39.91	IGDIR	113.1	1315.9	1511.1	195.2
30.56	37.78	ISPARTA	114.0	1326.1	1719.2	393.1
29.05	41.14	ISTANBUL	112.1	1303.4	1544.0	240.6
27.08	38.39	IZMIR	136.4	1586.1	1817.7	231.6
36.92	37.59	KAHRAMANMARAS	140.6	1634.9	1846.9	212.0
33.21	37.19	KARAMAN	149.3	1736.8	1806.8	70.0
43.09	40.61	KARS	123.7	1439.1	1496.5	57.4
33.78	41.36	KASTAMONU	99.3	1155.4	1452.7	297.3
35.48	38.71	KAYSERI	124.6	1448.9	1704.6	255.6
37.11	36.69	KILIS	148.6	1728.0	1887.1	159.0
33.51	39.84	KIRIKKALE	125.1	1455.1	1638.9	183.8
34.14	39.16	KIRSEHIR	127.9	1487.8	1690.0	202.2
29.91	40.76	KOCAELI	95.5	1111.2	1361.5	250.3
32.54	37.97	KONYA	130.8	1521.6	1737.4	215.8
29.97	39.41	KUTAHYA	126.5	1471.7	1587.8	116.0
38.21	38.34	MALATYA	130.4	1516.5	1686.3	169.8
34.63	36.79	MERSIN	148.4	1726.5	1909.0	182.5
28.36	37.21	MUGLA	121.8	1416.6	1759.3	342.7
41.48	38.68	MUS	129.7	1508.8	1675.4	166.5
34.68	37.96	NIGDE	166.2	1932.6	1810.4	-122.2
37.89	40.97	ORDU	103.5	1204.2	1233.7	29.5
40.49	41.03	RIZE	84.9	986.9	1062.2	75.3
30.39	40.76	SAKARYA	113.2	1317.0	1522.1	205.1
36.24	41.34	SAMSUN	104.9	1219.6	1295.8	76.1
38.78	37.14	SANLIURFA	130.6	1518.9	1821.4	302.5
41.94	37.91	SIIRT	137.6	1600.1	1781.2	181.1
35.14	42.03	SINOP	104.1	1210.9	1354.2	143.2
37.01	39.74	SIVAS	103.8	1207.2	1631.6	424.3
27.49	40.97	TEKIRDAG	111.2	1293.0	1562.2	269.2
36.56	40.29	TOKAT	123.8	1439.6	1522.1	82.5
39.74	41.00	TRABZON	93.3	1085.3	1146.1	60.8
39.54	39.11	TUNCELI	139.9	1626.6	1719.2	92.6
29.39	38.66	USAK	112.7	1310.9	1719.2	408.2
43.34	38.46	VAN	150.7	1752.9	1606.0	-146.9
29.28	40.66	YALOVA	115.2	1339.8	1481.9	142.1
34.79	39.81	YOZGAT	121.6	1413.9	1635.2	221.3
31.78	41.44	ZONGULDAK	114.0	1325.9	1416.2	90.3

Korelasyon Katsayısı (Yüzey Radyasyonu, CM-SAF SIS) = 0.71

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 5: 2006 yılı CM-SAF SIS ve yüzey radyasyon verisi arasındaki fark (kalıntı haritası)

Kalıntı Haritası Mekânsal Analiz altındaki Raster hesaplama aracı kullanılarak hesaplanmıştır. Haritada pozitif değerler CM SAF verisinin, negatif değerler ise yer gözlemlerinin daha yüksek olduğu alanları göstermektedir. Buna göre ülkemizin batı kesimlerinde CM-SAF SIS verilerinin yer gözlemlerinden yüksek olduğu, fakat Afyon, Burdur, Çankırı, Kayseri, Niğde ve Karaman gibi dağlık alanlar ile ülkemizin doğusunda, yer radyasyon gözlemlerinin daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 5). 2006 yılında yer radyasyonu verileri 987 ile 1937 KWh/m²/yıl arasında iken (Şekil 3), uydu gözlemlerinden elde edilen verilerin 1062 ile 1996 KWh/m²/yıl arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4).

4. SONUÇ

Bu çalışmada, 2006 yılı CM-SAF uzaktan algılama SIS (Yüzeye Gelen Güneş Radyasyonu) verileri ile yüzeyde aktinograf ile ölçülen ışınım verileri karşılaştırıldı. Ülkemizin batı kesimlerinde CM-SAF SIS verilerinin yer gözlemlerinden büyük olduğu görülmüştür. Fakat özellikle dağlık alanlarda ve ülkemizin doğusunda, yerde yapılan radyasyon gözlemlerinin daha büyük verilere sahip olduğu görülmüştür. Muneer (1997), Robitzch aktinograf cihazlarının tüm doğruluk testleri yapılsa bile günlük toplamda %10 hata yaptığını belirtmiştir [3]. Aylık ortalamalardaki en yüksek hatalar Avustralya'da %30 ile Stanhill ve Kalma

II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

(1994) tarafından rapor edilmiştir [4]. Aktinograf gözlemlerindeki genel sınırlamalar Maxwell vd. (1999) tarafından Suudi Arabistan'da yapılan radyasyon gözlemleri üzerinde tartışılmış ve değerlendirilmiştir [2]. Stanhill ve Kalma aktinograf gözlemleri ile piranometre gözlemleri arasında özellikle bulutluluk koşullarında büyük farklar olduğunu bulmuşlardır [4]. Sonuç olarak bu yayınlarda aktinograf gözlemlerinde büyük belirsizlikler olduğu rapor edilmiştir. Uydu tabanlı radyasyon ölçümlerinin doğruluğu yer gözlemlerinden elde edilen verilerden önemli derecede yüksek olması beklenir. Bununla birlikte sonuçların yorumlanmasında, karla kaplı dağlık bölgelerde uydu tabanlı ölçümlerde bazı sınırlamaların olduğunun dikkate alınması gerekir [5]. Karla kaplı dağlık bölgelerde uydu tabanlı radyasyon ölçümlerinde aylık ortalamalarda 15 W/m^2 düşüş olabilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Bostan P.A., Akyürek Z.**, 2007, İkincil Veriler Kullanılarak Türkiye Ortalama Yıllık Yağış Değerlerinin Mekânsal Dağılımının Modellenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.
- [2] **Maxwell Eugene L., Stephen M. Wilcox, Chris Cornwall, Bill Marion, Saleh H. Alawaji, Mohammed bin Mahfoodh** (1999): Progress Report for Annex II – Assessment of Solar Radiation Resources In Saudi Arabia 1993 – 1997, NREL/TP-560-25374
- [3] **Muneer, T.** (1997): Solar radiation and daylight models, Elsevier 1997, ISBN 0 7506 5974 2)
- [4] **Stanhill; G. and J.G. Kalma**, 1994, Secular variation of solar irradiance in Aust. Met. Mag., 43, 81-866
- [5] **Tappeiner U., Tappeiner G., Aschenwald J., Tasser E., Ostendorf B.**, 2001, GIS-based modeling of spatial pattern of snow cover duration in an alpine area, Ecological Modeling, volume 138, issue 1-3, p: 265–275.
- [6] <http://www.gammadesign.com/kriging.aspx>, Gamma Design software, Geostatistics for the Environmental Sciences, Co-kriging in GIS, 08 Ekim 2015
- [7] <http://www.birimcevir.com>, Enerji birimleri çevirici, , 08 Ekim 2015
- [8] <http://www.cmsaf.eu>, The Satellite Application Facility on Climate Monitoring (CM SAF), 08 Ekim 2015
- [9] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Korelasyon>, Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısı, 08 Ekim 2015