



भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका  
वर्ष 29 अंक (1) जून 2021 पृ. 19-25

## मेरठ कार्यस्थल पर सौर विकिरण का अनुमान

अशोक कुमार राजपूत, सुनील कुमार गोयल, गौरव श्रीवास्तव एवं राजेश कुमार तिवारी\*  
विद्युत अभियांत्रिकी विभाग, मेरठ इंस्टीट्यूट ऑफ इंजीनियरिंग एंड टेक्नोलॉजी, मेरठ 250 005 (उ.प्र.)  
\*अनुप्रयुक्त विज्ञान और मानविकी विभाग, एबीईएस इंजीनियरिंग कॉलेज, गाजियाबाद 201 009 (उ.प्र.)

**सारांश :** यह शोध भारत के पश्चिमी उत्तर प्रदेश और राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र में स्थित देशान्तर 77.706 (77°43' पूर्व) और अक्षांश 28.984 (28°59' उत्तर) वाले कार्यस्थल में सौर विकिरण के आकलन और विश्लेषण से संबंधित है। सौर विकिरण ऊर्जा जो भौगोलिक स्थिति और मौसम की स्थिति के अनुसार बदलती है और सौर विकिरण के घटक जैसे वैश्विक और विसरित घटकों में भिन्नता पर भी निर्भर करती है। हर साल जून से सितंबर तक वर्षा ऋतु को छोड़कर सौर विकिरण के फैलने वाले घटक अधिक पाए जाते हैं और इस क्षेत्र में उपलब्ध सौर ऊर्जा काफी मात्रा में होती है। यह कार्य, पूर्ण सौर विकिरण के सौर घटकों में भिन्नता का अनुमान लगाता है और सौर विकिरण ऊर्जा की संभावित उपलब्धता, मेरठ क्षेत्र में विद्युत ऊर्जा संकट को कम करने के लिए महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है।

## Solar radiation estimates at Meerut workplace

Ashok Kumar Rajput, Sunil Kumar Goyal, Gaurav Srivastava & Rajesh Kumar Tiwari\*  
Electrical Engineering Department, Meerut Institute of Engineering and Technology, Meerut 250 005 (U.P.)  
\*Department of Applied Sciences and Humanities, ABES Engineering College, Ghaziabad 201 009 (U.P.)

### Abstract

The research is concerned with the assessment and analysis of solar radiation in a workplace with longitude 77.706 (77°43' east) and latitude 28.984 (28°59' north) located in western Uttar Pradesh and the National Capital Region of India. Solar radiation energy which varies according to geographical location and weather conditions and also depends on the variation in components of solar radiation such as global and diffused components. Every year from June to September except the rainy season, the spreading components of solar radiation are more and there is a significant amount of solar energy available in this area. This work estimates the variation in solar components of complete solar radiation and the possible availability of solar radiation energy, may play an important role in reducing the electrical energy crisis in the Meerut region.

### प्रस्तावना

मेरठ शहर ने 220/132KV के तीन मुख्य उप-स्टेशनों के साथ अपनी क्षमता को बढ़ाया है। प्रत्येक में 320 MVA लोड और 238 MVA के 15 उप-स्टेशन हैं, जो 1,23,405 आवासीय, 34,245 वाणिज्यिक और 5,379 औद्योगिक उपभोक्ताओं की जरूरतों को पूरा करता है। बिजली के बुनियादी ढांचे में इस वृद्धि के बावजूद, यह बिजली की बढ़ती मांग का सामना करने में सक्षम नहीं है। इसलिए, इस अध्ययन का उद्देश्य मेरठ (चित्र-1) में उपलब्ध सौर विकिरण ऊर्जा का अनुमान लगाना और विद्युत ऊर्जा में इसके रूपांतरण की संभावना का पता लगाना तथा राज्य में प्रचलित ऊर्जा संकटों के समाधान में योगदान प्रदान करना है। इससे पहले

भी विभिन्न कार्यस्थलों जैसे पुणे<sup>6</sup>, प्रयागराज (इलाहाबाद)<sup>4</sup> पर सौर विकिरण का आकलन किया जा चुका है।

### विकिरण के अनुमान की विधि

वैश्विक सौर विकिरण का अनुमान लगाने के लिए धूप की अवधि और धूप का समय सबसे अधिक इस्तेमाल किया जाने वाला मापदंड है। एक निश्चित अवधि जिसमें प्रत्यक्ष सौर विकिरण प्रतिवर्ग मीटर 120W से अधिक के लिए धूप की अवधि ली जानी चाहिए। लघु-तरंगदैर्घ्य सौर विकिरण की तीव्रता को MJ/m<sup>2</sup> में माप लिया जाता है। धूप की अवधि को आसानी से मापा जा सकता है, और प्रासंगिक आंकड़ा मौसम स्टेशनों से



चित्र - 1

आसानी से उपलब्ध है। वैश्विक सौर विकिरण के अनुमान से संबंधित अधिकांश मॉडल धूप अनुपात ( $S/S_0$ ) पर आधारित हैं जो मासिक औसत दैनिक वैश्विक विकिरण की भविष्यवाणी में मदद करता है। इस काम में तीन मॉडलों पर विचार किया गया है, अर्थात् एंगस्ट्रॉम-प्रेस्कॉट मॉडल, ऑगेलमैन मॉडल और सैमुअल मॉडल जो वैश्विक विकिरण का अनुमान लगाने के उद्देश्य से नीचे दिए गए हैं।

• **एंगस्ट्रॉम-प्रेस्कॉट मॉडल**<sup>1</sup>: यह सबसे अधिक इस्तेमाल किया जाने वाला मॉडल है-

$$\frac{H_g}{H_0} = a + b \left[ \frac{\bar{S}}{S} \right] \quad \dots(1)$$

जहां  $H_g$  वैश्विक सौर विकिरण है  $H_0$  अलौकिक सौर विकिरण है,  $s$  का अर्थ धूप का समय है और  $S$  का अर्थ धूप की अवधि,  $a$  और  $b$  आनुभविक गुणांक हैं।

• **ऑगेलमैन मॉडल**<sup>2</sup>: वैश्विक सौर विकिरण का आकलन करने के लिए ऑगेलमैन द्वारा निम्नलिखित समीकरण प्रस्तुत किया गया है-

$$\frac{H_g}{H_0} = a + b \left[ \frac{\bar{S}}{S} \right] + c \left[ \frac{\bar{S}}{S} \right]^2 \quad \dots(2)$$

जहां  $a$ ,  $b$  और  $c$  आनुभविक गुणांक हैं। यह प्रकृति में द्विघात एक दूसरा क्रम समीकरण है।

• **सैमुअल मॉडल<sup>3</sup>** : सैमुअल ने निम्नलिखित समीकरण (3) द्वारा एक क्षैतिज सतह पर वैश्विक सौर विकिरण का अनुमान लगाया।

$$\frac{H_g}{H_o} = a + b \left[ \frac{\bar{s}}{S} \right] + c \left[ \frac{\bar{s}}{S} \right]^2 + d \left[ \frac{\bar{s}}{S} \right]^3 \quad \dots(3)$$

जहां a, b, c और d आनुभविक गुणांक हैं।

बहुपद के क्रम में परिवर्तन के कारण, निर्धारण के गुणांक में भिन्नता केवल 0.19% है जो कि बहुत कम है। इसलिए, इस शोधपत्र में केवल विकिरण मापदंडों पर आधारित एंगस्ट्रॉम-प्रेस्कॉट मॉडल को वैश्विक विकिरण का अनुमान लगाने के लिए लिया गया है।

इस पत्र का उद्देश्य किसी दिए गए स्थान पर एक क्षैतिज सतह पर वैश्विक, प्रत्यक्ष और फैलने वाले सौर विकिरण का अनुमान लगाना है, जो समय-समय पर शोधकर्ताओं द्वारा विकसित विभिन्न समीकरणों द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। अनुपात s/S को अक्सर एंगस्ट्रॉम-प्रेस्कॉट समीकरण में संभावित धूप के घंटे का प्रतिशत कहा जाता है। साहित्य में उपलब्ध विभिन्न मॉडलों का उपयोग करके जलवायु प्रतिगमन गुणांक की गणना की जा सकती है। एंगस्ट्रॉम के प्रतिगमन गुणांक a और b मौसमी मापदंडों पर निर्भर करते हैं। भले ही अन्य विधियाँ उपलब्ध हों, समीकरणों (4) और (5) की मदद से प्रतिगमन गुणांक<sup>4</sup> का मूल्यांकन किया जा सकता है-

$$a = -0.110 + 0.235 \cos \phi + 0.323 \left( \frac{\bar{s}}{S} \right) \quad \dots(4)$$

$$b = 1.449 - 0.553 \cos \phi - 0.694 \left( \frac{\bar{s}}{S} \right) \quad \dots$$

(5)

डफी और बेकमैन<sup>5</sup> के व्युत्पन्न समीकरण (6) हैं जो उत्तर प्रदेश राज्य में मेरठ शहर के लिए H<sub>o</sub> को ज्ञात करने के लिए प्रयोग किया गया है-

$$H_o = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left[ 1 + 0.033 \cos \left( \frac{360n}{365} \right) \right] \times \left( \sin \omega_s \cos \delta \cos \phi + \left( \frac{\pi \omega_s}{180} \right) \sin \phi \sin \delta \right) \quad \dots(13)$$

जहां,  $\phi$  अक्षांश है,  $\delta$  सौर झुकाव है,  $\omega_s$  सूर्यास्त घंटे का कोण है,  $G_{sc}$  सौर स्थिरांक है और n महीने के n वें दिन को दर्शाता है।

सौर झुकाव की गणना समीकरण (7) का उपयोग करके की जा सकती है-

$$\delta = 23.45 \sin \left[ \frac{360(284 + n)}{365} \right] \quad \dots(7)$$

सूर्यास्त घंटे के कोण की गणना समीकरण(8) द्वारा की जा सकती है

$$\cos \omega_s = -\tan \phi \tan \delta \quad \dots(8)$$

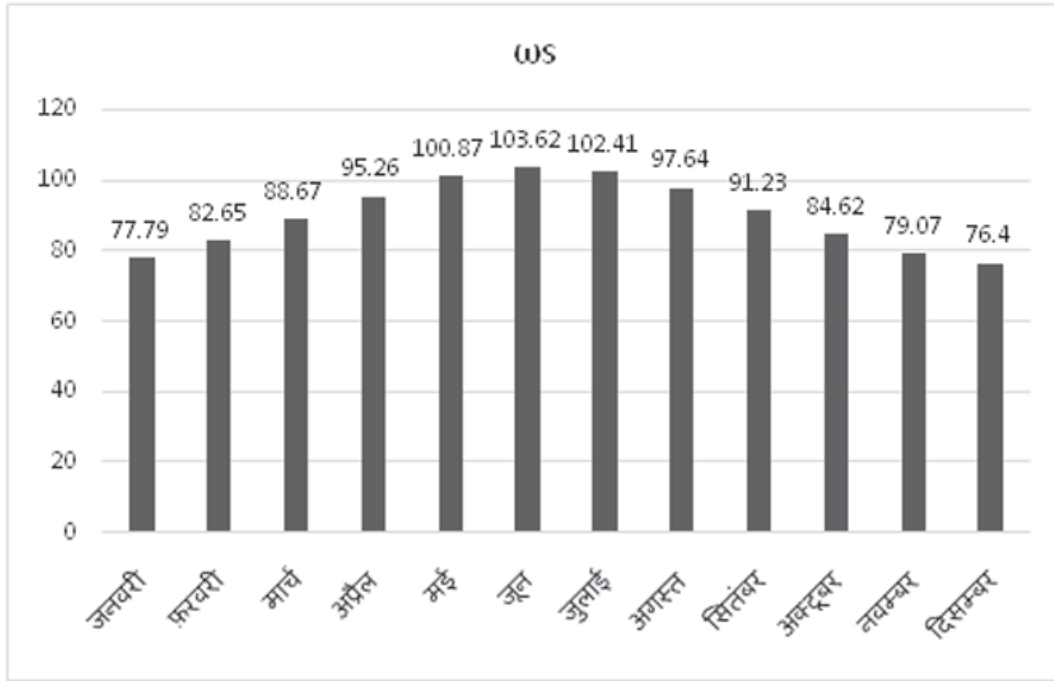
क्रीथ ने सौर विकिरण के फैलने वाले घटक का अनुमान लगाने के लिए आनुभविक अभिव्यक्ति का विकास किया जो कि फैलने वाले सौर विकिरण H<sub>d</sub> को दैनिक कुल विकिरण H<sub>o</sub> से संबद्ध करता है। यह समीकरण (9) में नीचे व्यक्त किया गया है-

$$\frac{H_d}{H_g} = 1.411 - 1.696 \left( \frac{H_g}{H_o} \right) \quad \dots(9)$$

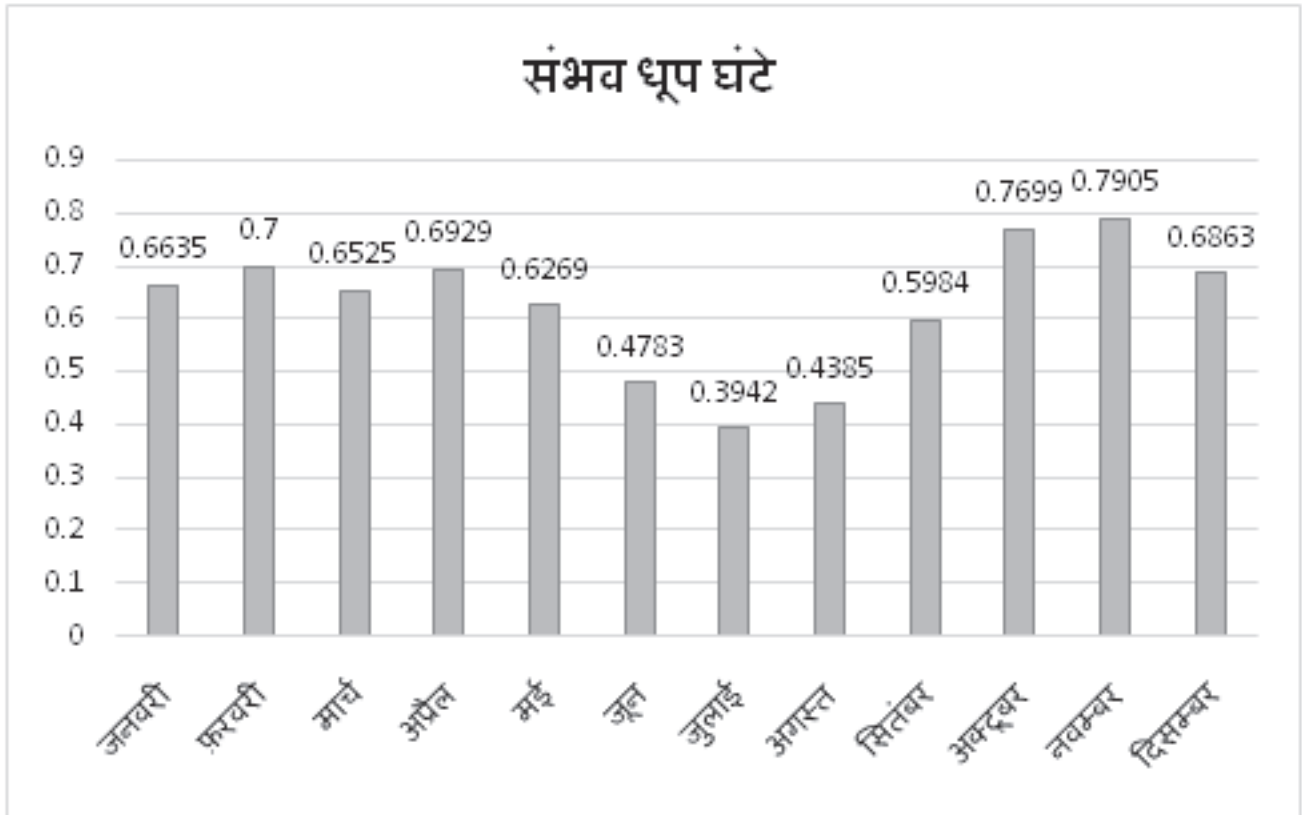
मासिक औसत दिन की लंबाई समीकरण (10) द्वारा गणना की जा सकती है-

$$\bar{S} = \frac{2}{15} \omega_s \quad \dots(10)$$

पश्चिमी उत्तर प्रदेश में स्थित मेरठ में वायुमंडल की अनुपस्थिति में मासिक औसत दैनिक सौर विकिरण H<sub>o</sub> और मासिक औसत दैनिक वैश्विक सौर विकिरण H<sub>g</sub> दोनों का आकलन करने के लिए निविष्ट मापदंडों का पूरा विवरण सारणी 1 और सारणी 2 में दिया गया है। स्पष्ट रूप से देखा जाता है कि पूरे वर्ष में संभवतः धूप का प्रतिशत लगभग 62.4% है। प्रतिगमन गुणांक "a" और "b" का प्रतिस्थापन मासिक औसत दैनिक वैश्विक सौर विकिरण H<sub>g</sub> के आकलन के लिए एंगस्ट्रॉम समीकरणों में चित्रित किया गया है। मेरठ के लिए धूप के घंटे का संभव प्रतिशत चित्र-2 में दर्शाया गया है। और सूर्यास्त के घंटे को चित्र-3 में दिखाया गया है। मेरठ शहर के लिए H<sub>o</sub>, H<sub>g</sub> और H<sub>d</sub> का मान वर्ष के प्रत्येक माह के लिए विभिन्न समीकरणों 1,6,9 का उपयोग करके प्राप्त किया गया है, H<sub>o</sub>, H<sub>g</sub> और H<sub>d</sub> सभी को सारणी 3 में दर्शाया गया है।



चित्र 2 – सूर्यास्त (घंटा कोण डिग्री में)



चित्र 3 – संभव धूप घंटे

सारणी 1 – वायुमंडल की अनुपस्थिति में मासिक औसत सौर विकिरण के आकलन के लिए निविष्ट मापदंड मेरठ, उत्तर प्रदेश, भारत

महीना	n (n में महीनों का दिन)	$\delta$ (सौर झुकाव डिग्री में)	$\omega_s$ (सूर्यास्त घंटा कोण डिग्री में)
जनवरी	17	-20.9	77.79
फरवरी	47	-13.0	82.65
मार्च	75	-2.40	88.67
अप्रैल	105	9.40	95.26
मई	135	18.8	100.87
जून	162	23.1	103.62
जुलाई	198	21.2	102.41
अगस्त	228	13.5	97.64
सितंबर	258	2.20	91.23
अक्टूबर	288	-9.60	84.62
नवम्बर	318	-18.9	79.07
दिसम्बर	344	-23.0	76.40

सारणी 2 – मेरठ, उत्तर प्रदेश, भारत में मासिक औसत वैश्विक सौर विकिरण (Hg) के आकलन के लिए निविष्ट मापदंड

महीना	S(मासिक औसत धूप घंटे)	S (मासिक दिन की औसत लंबाई)	s/S (संभव धूप घंटे)
जनवरी	6.9	10.4	0.6635
फरवरी	7.7	11.0	0.7000
मार्च	7.7	11.8	0.6525
अप्रैल	8.8	12.7	0.6929
मई	8.5	13.5	0.6269
जून	6.6	13.8	0.4783
जुलाई	5.4	13.7	0.3942
अगस्त	5.7	13.0	0.4385
सितंबर	7.3	12.2	0.5984
अक्टूबर	8.7	11.3	0.7699
नवम्बर	8.3	10.5	0.7905
दिसम्बर	7.0	10.2	0.6863

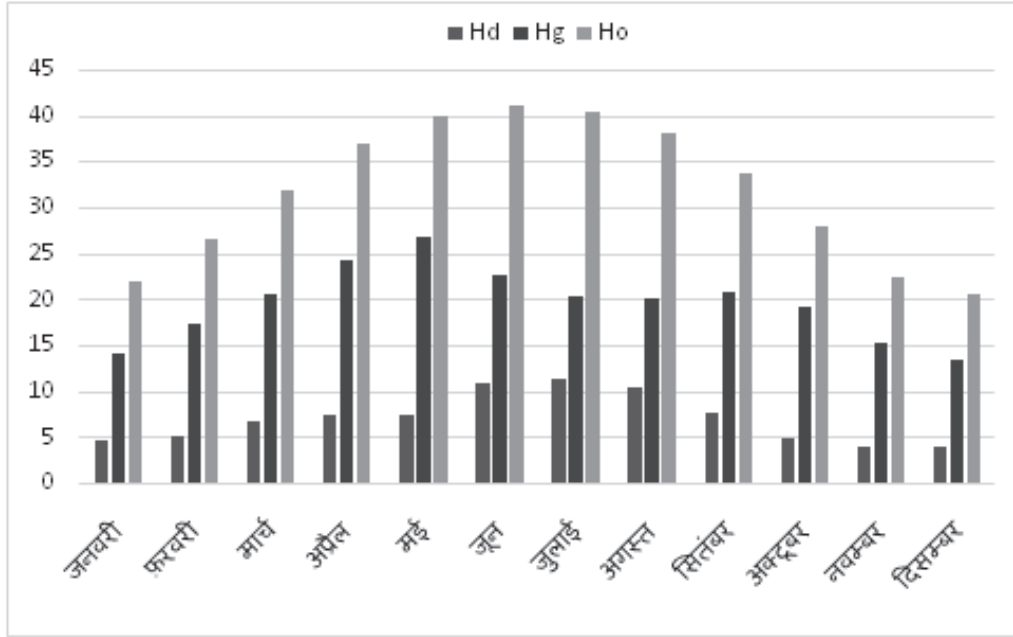
फैलने वाले सौर विकिरण (Hd) का मान जून से अगस्त के दौरान लगभग समान होता है जबकि वैश्विक विकिरण (Hg) वर्ष में मई और सितंबर, मार्च और अगस्त के महीनों में लगभग बराबर है। Hd, Hg और Ho की तुलना चित्र 4 में दिखाई गई है।

#### आकाशीय मौसम

आकाश की स्पष्टता, वैश्विक सौर विकिरण तथा पृथ्वी की सतह तक सीधे पहुंचने वाले सौर विकिरण का अनुपात है। इसे आमतौर पर आकाश की स्पष्टता की डिग्री के रूप में जाना जाता है।

$$KT = Hg/Ho(10)$$

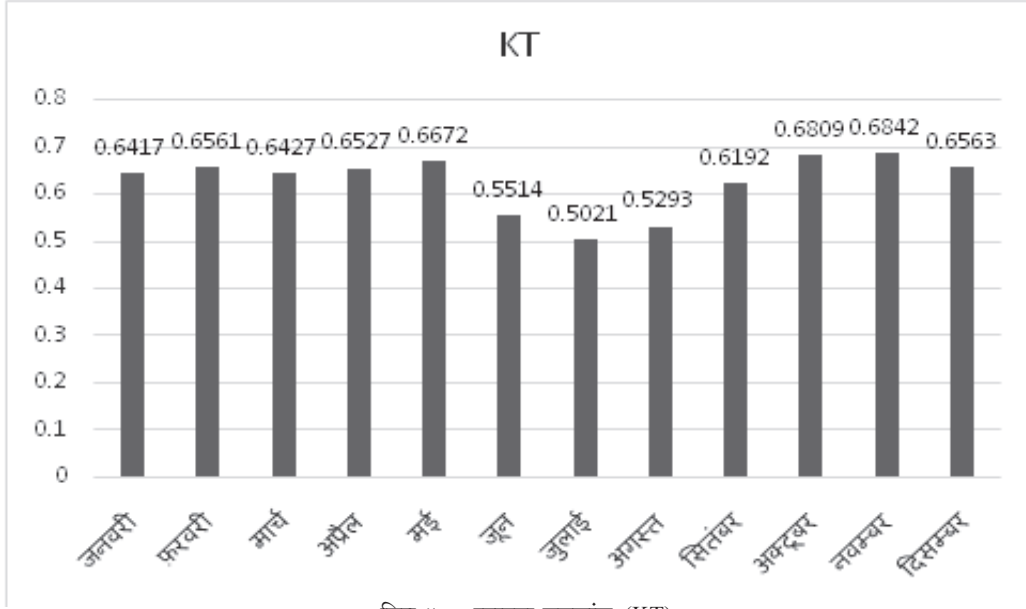
जहां KT स्पष्टता सूचकांक है। यह देखना उत्साहजनक है कि मेरठ का आकाश जून, जुलाई, अगस्त और सितंबर को छोड़कर वर्ष में 66% साफ है, जून, जुलाई, अगस्त और सितंबर के दौरान यह 50% से 61% के बीच रहता है, लेकिन जुलाई और अगस्त के महीनों में यह 56% (KT<0.56) से नीचे हैं। स्पष्टता सूचकांक की गणना से यह स्पष्ट रूप से देखा जाता है कि नवंबर के महीने में, आकाश का अधिकतम भाग साफ रहता है जैसा कि चित्र 5 में दिखाया गया है।



चित्र 4 – मेरठ के लिए Hd, Hg, Ho का मासिक परिवर्तन

सारणी 3 – मेरठ, उत्तर प्रदेश, भारत के लिए संपूर्ण सौर विकिरण विवरण

महीना	a	b	Ho (MJ/m <sup>2</sup> - दिन)	Hg (MJ/m <sup>2</sup> - दिन)	Hd (MJ/m <sup>2</sup> - दिन)	KT (Hg/Ho)
जनवरी	0.31	0.50	21.88	14.04	4.53	0.6417
फरवरी	0.32	0.48	26.46	17.36	5.18	0.6561
मार्च	0.31	0.51	31.96	20.54	6.59	0.6427
अप्रैल	0.32	0.48	36.97	24.13	7.34	0.6527
मई	0.30	0.53	39.99	26.68	7.46	0.6672
जून	0.25	0.63	41.02	22.62	10.76	0.5514
जुलाई	0.23	0.69	40.39	20.28	11.35	0.5021
अगस्त	0.24	0.66	38.03	20.13	10.33	0.5293
सितंबर	0.29	0.55	33.67	20.85	7.52	0.6192
अक्टूबर	0.35	0.43	28.02	19.08	4.89	0.6809
नवम्बर	0.36	0.41	22.42	15.34	3.84	0.6842
दिसम्बर	0.32	0.49	20.57	13.50	4.02	0.6563



चित्र 5 — स्पष्टता सूचकांक (KT)

### निष्कर्ष

इस शोधपत्र में, अनुमानित वैश्विक सौर विकिरण को बहुत ही कुशलता से सौर पैनल की सहायता से विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है। रूपांतरण प्रक्रिया के बाद राज्य के चयनित कार्यस्थल मेरठ, उत्तर प्रदेश, भारत में ऊर्जा की मांग की भरपाई की जा सकती है। सौर विकिरण के संपूर्ण घटकों को समीकरणों (1) से (10) की सहायता से प्राप्त किया गया है, जिनका उल्लेख उपलब्ध 1 सारणी 1, सारणी 2 और सारणी 3 में किया गया है। यह रूपांतरण प्रक्रिया भविष्य में इस कार्यस्थल मेरठ, उत्तर प्रदेश, भारत में ऊर्जा की मांग को हल करने में सहायक सिद्ध हो सकती है।

### संदर्भ

1. एंगस्ट्रॉम ए, सौर और स्थलीय विकिरण. *त्रैमासिक जर्नल ऑफ द रॉयल मौसम विज्ञान सोसाइटी*, 50(1924) 121-126.

- ऑगेलमैन एच, एसेविट ए एवं तस्देमिरोउल्लु ई, उज्ज्वल धूप डेटा से सौर विकिरण का अनुमान लगाने के लिए एक नई विधि, *सौर ऊर्जा*, 33(1984) 619-625.
- सैमुअल, टी डी एम ए, श्रीलंका के लिए वैश्विक विकिरण का अनुमान, *सौर ऊर्जा*, 47(1991) 333-337.
- राजपूत अशोक कुमार, अवस्थी डी वी एवं दुर्गेश कुमार, “उत्तर प्रदेश, भारत में पूर्व से पश्चिम तक अनुमानित सौर विकिरण का परिवर्तन. *सी.आई.पी.ई.सी.एच*, (2014) 390-394;
- डफी जे ए एवं बेकमैन डब्ल्यू ए, *सोलर इंजीनियरिंग ऑफ थर्मल प्रोसेसिंग*, जॉन-विली एंड संस न्यूयॉर्क (1991) 110.
- राजपूत ए के, तिवारी आर के एवं शर्मा अतुल, “उपयोगिता बेस पुणे, महाराष्ट्र, भारत में सौर विकिरण का अनुमान.” *आई.जे.पी.ए.एस.टी*, 13(2012) 19-26.