

पश्चिमी राजस्थान में सौर ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा उत्पादन-विश्लेषण

बद्रीनारायण विश्नोई, आनन्द नागर, कालूराम शर्मा एवं चन्द्र प्रकाश बल्लाणी

भारत मौसम विज्ञान विभाग, जैसलमेर – 345 001, भारत

(प्राप्त 21 सितम्बर, 2011, संशोधित 10 अप्रैल, 2012)

e mail : wrsjsn@yahoo.co.in

सार – जैसलमेर व जोधपुर में पायरेनोमीटर द्वारा एकत्रित सौर ऊर्जा के आँकड़ों का विश्लेषण किया गया और औसत माहवार सौर ऊर्जा के आँकड़ों को संग्रहित कर 15 वर्षों (1995–2009) के लिए व्यवस्थित किया गया। मई माह में संग्रहित सौर ऊर्जा की मात्रा दोनों जगहों के लिए सबसे ज्यादा व दिसम्बर माह में सबसे कम दर्ज की गई। वायु गति को माहवार विभिन्न श्रेणियों में वर्गीकृत एवं व्यवस्थित किया गया। सभी मौसम सम्बन्धित घटकों का विश्लेषण करने के पश्चात हम कह सकते हैं कि पश्चिमी राजस्थान सौर ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा उत्पादन हेतु सर्वश्रेष्ठ क्षेत्र है।

ABSTRACT. Solar radiation recorded by the pyranometer at Jaisalmer and Jodhpur has been analysed and the average of solar radiation monthwise data has been prepared and arranged for 15 years period (1995-2009). The highest collected value of solar energy for both the places was found in the month of May and the lowest in the month of December. Monthwise wind velocity has been classified and arranged in different categories. After analysing all weather parameters it is concluded that the western Rajasthan is the best area for generation of electrical energy from solar energy.

मुख्य शब्द – सौर विकिरण (Solar radiation), सौर ऊर्जा (Solar energy), प्रकाशवोल्टीय सेल (Photo voltaic cell), एनर्जी क्राइसिस (Energy Crisis).

1. भूमिका

विद्युत ऊर्जा आज की मूलभूत आवश्यकता और विकास का पर्याय है। आर्थिक विकास के लिए ऊर्जा एक महत्वपूर्ण निवेश है। देश में क्षयशील ऊर्जा स्रोतों के सीमित होने के कारण अक्षय ऊर्जा स्रोतों का विकास और ऊर्जा कुशल प्रौद्योगिकी के प्रयोग पर तत्काल ध्यान केन्द्रित करने की आवश्यकता है। हमारे देश की भौगोलिक संरचना विभिन्न अपारंपरिक ऊर्जा स्रोतों से भरपूर है। नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा विभाग द्वारा ऐसी व्यवहार्य प्रौद्योगिकियों का संवर्धन करना होगा, जिससे देश के दूर-दराज की आबादी तक ऐसे स्रोतों के लाभ पहुँच सकेंगे।

विद्युत ऊर्जा की आपूर्ति में वृद्धि के परिणामस्वरूप कोयला, तेल, और गैस जैसे जीवाश्म ईंधनों पर देश की निर्भरता बढ़ी है। तेल व गैस की दिनों-दिन घटती मात्रा और बढ़ती कीमतों के मद्देनजर आर्थिक वृद्धि को बनाए रखने के लिए ऊर्जा आपूर्ति की सुरक्षा को लेकर आशंका बनी रहती है। जीवाश्म ईंधन के बढ़ते उपयोग के कारण पर्यावरणीय समस्याएं भी स्थानीय तथा वैश्विक दोनों स्तरों पर पैदा हुई हैं। इस पृष्ठभूमि में, देश को ऊर्जा विकास के सतत् मार्ग को तत्काल विकसित करने की जरूरत है। ऊर्जा संरक्षण को बढ़ावा देना तथा अक्षय ऊर्जा स्रोतों के उपयोग में वृद्धि करना सतत् ऊर्जा आपूर्ति के दो फलक है। सौभाग्य से भारत को

विभिन्न अक्षय ऊर्जा स्रोतों का वरदान प्राप्त है, इनमें से मुख्य हैं – बायोमास, बायोगैस, सूर्य, पवन एवं लघु पन-बिजली।

विषुवत् रेखा के दोनों ओर के 25° का क्षेत्र, जहाँ विषुवत् रेखीय डोलड्रम क्षेत्र की हवायें, सूर्य की ऊर्ध्व किरणों से गर्म व आरोही होकर क्षोभमण्डल के ऊपरी सतह तक पहुँचती है, और वहाँ पर इन हवाओं की ऊपरी सीमा होने के कारण ये हवायें कैतिज धरातल पर दोनों ओर मुड़ जाती है। ये हवायें उप-ऊष्णकटिबंधीय क्षेत्रों तक पहुँचकर धीरे-धीरे अवरोही हो जाती हैं जिससे इस क्षेत्र में उच्च दाब बन जाता है। अतः यह क्षेत्र, उच्च दाब का उप-ऊष्णकटिबन्ध (सबट्रोपिकल) का प्रति-चक्रवात (एंटी-साइक्लोन) कहलाता है। अवरोही हवायें सदैव सूखी एवं गर्म होती हैं, इस कारण आकाश साफ रहता है। यही कारण है कि इस क्षेत्र (25° उत्तरी व दक्षिणी गोलार्द्धों) में सौर ऊर्जा की प्रचुरता पूरे दिन बनी रहती है (अहरेन्स, 1985 ; बनर्जी तथा उपाध्याय, 1991)। इसलिए पश्चिमी राजस्थान के इस क्षेत्र को सौर ऊर्जा से फोटोवोल्टीय सैलों द्वारा विद्युत उत्पादन हेतु उपयुक्त क्षेत्र माना जा सकता है। लेखकों ने इस प्रकार के विद्युत उत्पादन हेतु पश्चिमी राजस्थान के सीमावर्ती चार जिलों जैसलमेर, बीकानेर, बाड़मेर व जोधपुर की आपतित सौर ऊर्जा के विश्लेषण की कोशिश की गई, मगर बीकानेर और बाड़मेर जिला मुख्यालयों पर स्थित वेधशालाओं में सौर ऊर्जा नापने वाला उपकरण (पायरेनोमीटर) ही नहीं

सारणी 1

जैसलमेर में औसत विकिरण की मात्रा मेगाजूल प्रतिवर्ग मीटर (1995-2009)

माह	विकिरण
जनवरी	15.27
फरवरी	17.59
मार्च	20.47
अप्रैल	23.63
मई	24.83
जून	24.09
जुलाई	23.93
अगस्त	21.88
सितम्बर	21.27
अक्टूबर	19.00
नवम्बर	16.21
दिसम्बर	14.36

सारणी 2

जैसलमेर की हवाओं का वर्गीकरण (1995-2009)

माह	ह	म	त	ब	योग
जनवरी	2560	942	177	41	3720
फरवरी	2101	945	205	141	3392
मार्च	2237	1079	216	188	3720
अप्रैल	1566	1133	463	438	3600
मई	614	881	508	1717	3720
जून	462	846	486	1806	3600
जुलाई	595	759	533	1833	3720
अगस्त	815	899	692	1314	3720
सितम्बर	1206	1196	544	654	3600
अक्टूबर	2614	853	154	99	3720
नवम्बर	2823	674	71	32	3600
दिसम्बर	2916	670	83	51	3720
योग	20509	10877	4132	8314	43832

सारणी 3

जैसलमेर में औसत प्रकाश अवधि (1995-2009)

माह	प्रकाश अवधि (घंटों में)
जनवरी	8.2
फरवरी	8.9
मार्च	7.6
अप्रैल	8.7
मई	9.5
जून	8.8
जुलाई	7.7
अगस्त	8.1
सितम्बर	8.0
अक्टूबर	9.2
नवम्बर	8.4
दिसम्बर	8.2

सारणी 4

जैसलमेर में मेघों की औसत मात्रा ऑक्टा (1995-2009)

माह	0830 बजे	1130 बजे	1430 बजे	1730 बजे
जनवरी	2	2	2	2
फरवरी	2	1	2	2
मार्च	1	1	1	2
अप्रैल	1	1	1	2
मई	1	1	1	1
जून	2	1	1	2
जुलाई	3	3	3	3
अगस्त	3	3	3	3
सितम्बर	1	1	2	2
अक्टूबर	0	0	1	1
नवम्बर	1	1	1	1
दिसम्बर	1	1	1	1

लगाया गया है। अतः जैसलमेर (26 डिग्री 55 मिनट उत्तर व 70 डिग्री 54 मिनट पूर्व) व जोधपुर (26 डिग्री उत्तर व 73 डिग्री 01 मिनट पूर्व) जिला मुख्यालयों पर स्थित मौसम विभाग की प्रथम श्रेणी वेधशाला को चुना गया है, जहाँ पर ग्लोबल सौर विकिरण ऊर्जा की मात्रा को मापने के लिए पायरेनोमीटर नामक उपकरण सन् 1993 से निरन्तर कार्यरत है। साथ ही साथ प्रत्येक सिनॉप्टिक आवर्स में लिए गए प्रेक्षणों में मेघों की आसमान में स्थिति, हवा की गति, दिन का प्रकाश घंटों में और कोहरे को अंकित किया गया है।

2. सौर विकिरण की तीक्ष्णता एवं क्षीणता

सूर्य विकिरण का कुछ भाग वायुमंडल से होकर पृथ्वी सतह तक आते-आते क्षीण हो जाता है (मीना तथा माथुर, 1992) जिसके निम्न कारण हैं :

1. 19% सूर्य विकिरण वायुमंडल में स्थित मेघों द्वारा अवशोषित कर ली जाती है। रेले प्रकीर्णन प्रक्रिया में सभी तरंग दैर्ध्य पर सूर्य रोशनी क्षीण होती है।

2. 6% सूर्य विकिरण वायुमंडल में स्थित गैसों द्वारा पुनः वायुमंडल में परावर्तित कर दी जाती है।
3. 20% सूर्य विकिरण वायुमंडल में स्थित मेघों द्वारा अवशोषण के बाद पुनः वायुमंडल को परावर्तित कर देती है।
4. 4% सूर्य विकिरण पृथ्वी सतह द्वारा अवशोषण के बाद पुनः वायुमंडल को परावर्तित कर दी जाती है।
5. वायुमंडल तथा इसके मौलिक अंश वाली गैसों जैसे ऑक्सीजन, ओजोन, वाष्प, कार्बन डाईऑक्साइड इत्यादि द्वारा अवशोषण।
6. 51% सूर्य विकिरण पृथ्वी सतह तक पहुँच पाती है।

जब आकाश में बादल हों तथा सौर विकिरण वायुमंडल की वजह से क्षीण हो, तब क्षीणता की मात्रा की गणना करना कुछ कठिन होता है। जहाँ प्रकाशवोल्टीय सैल प्रणाली स्थापित करनी हो, उस स्थान विशेष के बारे में सौर विकिरण सम्बन्धी आँकड़े पर्याप्त अवधि के लिए उपलब्ध किये जाने आवश्यक है। साथ ही वर्ष भर में स्थान विशेष की हवाओं का वर्गीकरण, मेघों की औसत उपस्थिति, औसत प्रकाश अवधि तथा औसत कोहरे आदि के आँकड़े उपलब्ध होने चाहिए, जिससे यह आँकलन करना आसान हो जाये कि प्रकाशवोल्टीय सैल प्रणाली लगाने में वर्ष भर के कुल समय में कितना व्यवधान किस कारण रहने वाला है? और कितनी विद्युत ऊर्जा व्यवधानरहित उत्पादित की जा सकती है?

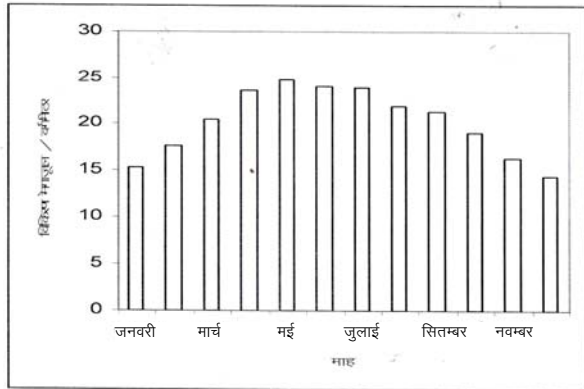
सौर ऊर्जा से विद्युत उत्पादन की प्रक्रिया को फोटोवोल्टीक सैल कहते हैं। जब सौर ऊर्जा (विकिरण) फोटोवोल्टीक सैल पर आपतित होती है तो परिणामस्वरूप दिष्ट धारा उत्पन्न होती है। फोटोवोल्टीक सैलों की मुख्य विशेषता यह है कि इनमें कोई भी यांत्रिक कार्य नहीं होता है व बहुत कम रख-रखाव से संतोषजनक विद्युत उत्पादन का कार्य सुचारु रूप से चलता रहता है। वर्तमान समय में फोटोवोल्टीक सैलों का निर्माण मंहगा जरूर है मगर विद्युत की परिवर्तित आवश्यकता अनुरूप उत्पादन किया जा सकता है। वर्तमान में फोटोवोल्टीक सैलों की उच्च क्षमता व गुणवत्ता की दिशा में अनुसंधान जारी है। भारत में इस दिशा में बहुत कम कार्य हुआ है जबकि विश्व में फोटोवोल्टीक सैलों द्वारा कई मेगावाट विद्युत उत्पादन हो रहा है। सोलर सैल आज कई प्रकार की युक्तियों में विद्युत आपूर्ति हेतु काम में आने लगे हैं और भविष्य में जहाँ आम विद्युत का पहुँचना संभव नहीं होगा वहाँ फोटोवोल्टीक सैलों द्वारा विद्युत आपूर्ति करना संभव होगा।

3. आँकड़े एवं विधि

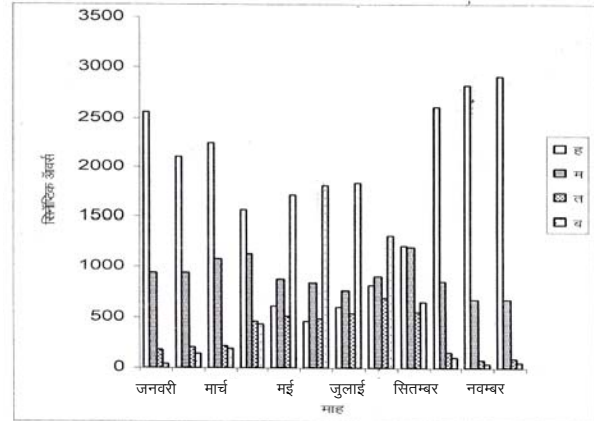
मौसम वेधशालाओं में सौर ऊर्जा, ग्लोबल रेडियेशन को नापने वाले यंत्र पायरेनोमीटर को वेधशालाओं में बने 8 मीटर ऊँचे भवन की छत पर लगाया गया है। पायरेनोमीटर सेन्सर

सौर ऊर्जा से गर्म होकर सिबेक प्रभाव द्वारा विद्युतवाहक बल उत्पन्न करता है और इस विद्युतवाहक बल को सापेक्ष विधि से गणना कर ऊर्जा को मेगा जूल प्रति वर्ग मीटर प्रति सैकण्ड ज्ञात करते हैं। इस विधि द्वारा प्रत्येक 10 मिनट की कुल आपतित एवं संग्रहित ऊर्जा का योग ज्ञात करते हैं और इस प्रकार एक घंटे के लिए कुल छह बार आपतित एवं संग्रहित ऊर्जा का योग ज्ञात करते हैं व इसी विधि से पूरे दिन के सूर्योदय से लेकर सूर्यास्त तक की कुल आपतित एवं संग्रहित ऊर्जा को ज्ञात करते हैं। आपतित सौर ऊर्जा (विकिरण) को दर्ज करने के लिए विभाग द्वारा उच्च गुणवत्ता वाला उपकरण रेडियेशन डाटा लॉगर (सुट्रॉन निर्मित मॉडल 9210) कार्यालय की वेधशालाओं में स्थापित किया हुआ है। नियमित रूप से सांय सूर्यास्त के बाद डाटा लॉगर द्वारा संग्रहित आँकड़ों का प्रिंटर द्वारा प्रिंट आउट लेते हैं और 1बी फार्म में दर्ज कर देते हैं व संग्रहित आँकड़े अपरमहानिदेशक (शोध) कार्यालय पूणे को भेज देते हैं। संशोधन के बाद पुनः 15 वर्षों (1995 से 2009) के आँकड़ों को माहवार सारणियों में व्यवस्थित किया गया है। जैसलमेर के लिए सारणी 1 व जोधपुर के लिए सारणी 6 में माहवार औसत सौर ऊर्जा के आँकड़ों को इस प्रकार व्यवस्थित किया गया है जिससे यह तुलना की जा सके कि, कौन से माह में विद्युत ऊर्जा का उत्पादन अधिक होगा और कौन से माह में बाधित, जिससे नीति-निर्धारकों के लिए यह तय करने में आसानी हो सके कि अधिकतम विद्युत ऊर्जा का उत्पादन किस माह में होगा? सारणी 1 व 6 के अध्ययन से ज्ञात होता है कि सबसे कम मात्रा में सौर विकिरण दिसम्बर माह में जैसलमेर के लिए 14.36 मेगाजूल प्रति वर्ग मीटर व जोधपुर के लिए 13.81 मेगाजूल प्रति वर्ग मीटर प्राप्त होती है। दिसम्बर माह में दिनों की अवधि, वर्ष के अन्य सभी माह के दिनों की अवधि की तुलना में, छोटे होते हैं। अतः जनवरी माह से संग्रहित सौर ऊर्जा की मात्रा में निरंतर वृद्धि दर्ज की गई है और अधिकतम मात्रा मई माह में जैसलमेर के लिए 24.83 मेगाजूल प्रति वर्ग मीटर व जोधपुर के लिए 23.91 मेगाजूल प्रति वर्ग मीटर प्राप्त होती है। जून माह में हालाँकि दिन वर्ष के शेष महीनों के दिनों की तुलना में बड़े होते हैं, मगर तेज हवाओं के कारण धूल कणों का वायुमंडल में छा जाना, मानसून पूर्व मेघों की उपस्थिति में वृद्धि आदि कारणों से संग्रहित सौर ऊर्जा में हल्की कमी (3%) दर्ज की गई। जुलाई व अगस्त माह में मानसून के आगमन के साथ ही मेघों की निरंतर वृद्धि के कारण सौर ऊर्जा मेघों द्वारा अवशोषित व परावर्तित होने के कारण धरातल तक कम मात्रा में पहुँच पाती है, इस कारण थोड़ी कमी दर्ज की गयी और सितम्बर से नवम्बर तक निरंतर दिनों का छोटे होते जाना संग्रहित सौर ऊर्जा में कमी को दर्शाता है (चित्र 1 व चित्र 4)।

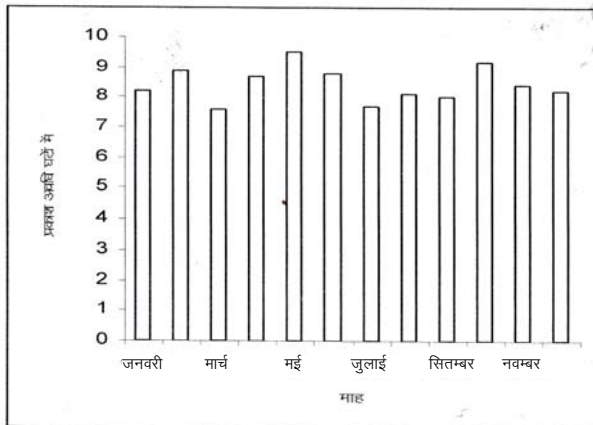
सौर ऊर्जा के आँकड़ों के साथ, प्रत्येक दिन के मेघों का आसमान में छाये रहने का भी अध्ययन किया गया। प्रत्येक दिन सिनॉप्टिक ऑवर्स 0830, 1130, 1430, 1730 (भा.मा.स.) के प्रेक्षणों में मेघों की स्थिति ऑक्टा में ज्ञात करते हैं। अतः चार प्रेक्षणों के आधार पर प्रत्येक दिन के मेघों को, माह के अलग-



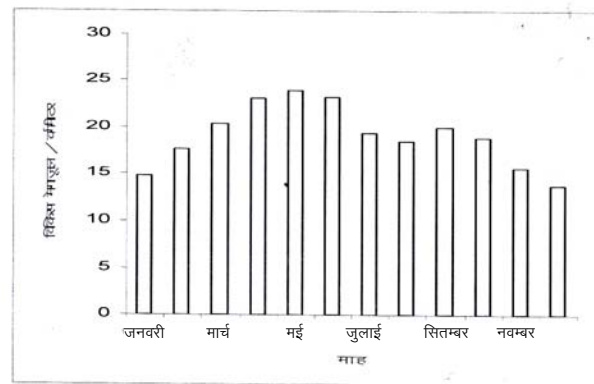
चित्र 1. जैसलमेर में औसत माहवार सौर ऊर्जा की मात्रा (मेगाजूल प्रति वर्गमीटर)



चित्र 2. जैसलमेर में माहवार हवाओं का वर्गीकरण (1995-2009)



चित्र 3. जैसलमेर में माहवार औसत प्रकाश अवधि घंटों में (1995-2009)



चित्र 4. जोधपुर में औसत माहवार सौर ऊर्जा की मात्रा (मेगाजूल प्रति वर्गमीटर)

अलग सिनॉप्टिक ऑवर्स 0830, 1130, 1430, 1730 (भा.मा.स.) में व्यवस्थित किया गया है और इस प्रकार 15 वर्षों (1995 से 2009) के लिए प्रत्येक माहवार 0830, 1130, 1430 व 1730 (भा.मा.स.) सिनॉप्टिक ऑवर्स के लिए मेघों का औसत मान ज्ञात किया गया। सारणी 4 से जैसलमेर व सारणी 9 से जोधपुर के लिए वैसे तो 1-2 ऑक्टा मेघ औसतन हर माह में मिलेंगे मगर जैसलमेर के लिए जुलाई और अगस्त में इनकी मात्रा औसत 3 ऑक्टा दर्शायी गई है व जनवरी और फरवरी में मेघों का औसत मान 2 ऑक्टा के लगभग रहता है और सबसे कम मेघ अक्टूबर, नवम्बर, दिसम्बर, मार्च, अप्रैल व मई में दर्शाये गये हैं व जोधपुर के लिए जुलाई और अगस्त में इनकी मात्रा 3 से 4 ऑक्टा दर्शायी गई है व जनवरी और फरवरी में मेघों का औसत मान 2 ऑक्टा और शेष माह में 1 ऑक्टा दर्शाये गए। इसी प्रकार 15 वर्षों के लिए जैसलमेर व जोधपुर के लिए कोहरे (फॉग) की अवधि भी प्रत्येक माहवार सिनॉप्टिक ऑवर्स 0830, 1130, 1430 व 1730 (भा.मा.स.) में ज्ञात की गई है। सारणी 5 से जैसलमेर व सारणी 10 से जोधपुर के लिए कोहरे की स्थिति ज्ञात की गई। जैसलमेर में कोहरे की अवधि दिसम्बर माह में औसतन 4 बार 1130 बजे (भा.मा.स.) तक व जनवरी माह में 20 बार 0830 बजे (भा.मा.स.) तक और 10 बार 1130 बजे (भा.मा.स.) तक व एक बार 1430 बजे (भा.मा.स.)

तक पाया गया, इसी प्रकार जोधपुर के लिए सारणी 10 से कोहरे की अवधि दिसम्बर माह में औसतन 6 बार 1130 बजे (भा.मा.स.) तक व जनवरी माह में 24 बार 0830 बजे (भा.मा.स.) तक और 12 बार 1130 बजे (भा.मा.स.) तक व 2 बार औसतन 1430 बजे (भा.मा.स.) तक पाया गया। क्लाइमेट ऑफ राजस्थान-1988 में भी जैसलमेर, बीकानेर, बाड़मेर व जोधपुर लिए आकाश मुख्यतया साफ रहने का वर्णन किया है - जुलाई व अगस्त माह के अलावा।

एनीमोमीटर द्वारा हवा की गति के प्रेक्षण, प्रत्येक तीन घंटों में, सिनॉप्टिक ऑवर्स पर लेते हैं जो मौसम विभाग की प्रथम श्रेणी की वेधशाला और प्रशिक्षित वैज्ञानिक सहायकों द्वारा लिये जाते हैं, जो गुणवत्ता और विश्वास में खरे उतरते हैं। वायु विश्लेषण हेतु हवा की गतियों को अलग अलग श्रेणियों में रखा गया है। जैसे हल्की गति (ह) की वायु (लाइट विंड) 0 से 9 कि.मी./घं., मध्यम गति (म) की वायु (मोडरेट विंड) 10 से 14 कि.मी./घं., तेज गति (त) की वायु (स्ट्रॉंग विंड) 15 से 19 कि.मी./घं. व बहुत तेज गति (ब) की वायु (वेरी स्ट्रॉंग विंड) 20 कि.मी./घं. व अधिक के हिसाब से वर्गीकृत किया गया है। जैसलमेर और जोधपुर थार रेगिस्तान

सारणी 5

जैसलमेर में कोहरे के दिनों की औसत संख्या (1995-2009)

माह	0830 बजे	1130 बजे	1430 बजे	1730 बजे
जनवरी	20	10	1	0
फरवरी	0	0	0	0
मार्च	0	0	0	0
अप्रैल	0	0	0	0
मई	0	0	0	0
जून	0	0	0	0
जुलाई	0	0	0	0
अगस्त	0	0	0	0
सितम्बर	0	0	0	0
अक्टूबर	0	0	0	0
नवम्बर	0	0	0	0
दिसम्बर	4	4	0	0

सारणी 6

जोधपुर में औसत विकिरण की मात्रा मेगाजूल प्रति वर्ग मीटर (1995-2009)

माह	विकिरण
जनवरी	14.73
फरवरी	17.58
मार्च	20.35
अप्रैल	23.06
मई	23.91
जून	23.24
जुलाई	19.30
अगस्त	18.41
सितम्बर	20.00
अक्टूबर	18.84
नवम्बर	15.58
दिसम्बर	13.81

के मध्य स्थित है और रेगिस्तानी क्षेत्र होने के कारण यहाँ बालू मिट्टी पाई जाती है। बालू मिट्टी की विशिष्ट ऊष्मा कम होने के कारण, सूर्य की किरणों से शीघ्र ही गर्म हो जाती है और जैसे-जैसे समय बढ़ता है, यहाँ हवायें गर्म होने लगती हैं। विशेषकर मई, जून और जुलाई माह में इस कारण कम दबाव का क्षेत्र बन जाता है (राय तथा राय भौमिक, 2003; दानी इत्यादि, 2003) और ये हवायें आँधी का रूप ले लेती हैं। गर्मी की वजह से, कम दबाव के क्षेत्र की गहराई बहुत ही कम होती है व इसके साथ ऊपरी वायु का कोई भी चक्रवाती परिसंचरण नहीं होता है (विश्वनोई तथा सिंह, 2005)।

सारणी 7

जोधपुर की हवाओं का वर्गीकरण (1995-2009)

माह	ह	म	त	ब	योग
जनवरी	2983	581	115	41	3720
फरवरी	2633	681	52	26	3392
मार्च	2870	741	96	13	3720
अप्रैल	2502	1027	71	00	3600
मई	1453	1888	266	113	3720
जून	1193	1947	258	202	3600
जुलाई	1936	1564	176	44	3720
अगस्त	2533	1086	76	25	3720
सितम्बर	2747	811	33	9	3600
अक्टूबर	3388	319	10	3	3720
नवम्बर	3143	381	76	00	3600
दिसम्बर	3171	511	24	14	3720
योग	30552	11537	1253	490	43832

सारणी 8

जोधपुर में औसत प्रकाश अवधि (1995-2009)

माह	प्रकाश अवधि (घंटों में)
जनवरी	6.6
फरवरी	9.1
मार्च	8.8
अप्रैल	9.6
मई	9.9
जून	8.4
जुलाई	6.5
अगस्त	6.7
सितम्बर	8.0
अक्टूबर	9.1
नवम्बर	8.0
दिसम्बर	8.1

इस क्षेत्र की इस संवहनी घटना को धूल भरी आँधी कहते हैं। धूल कणों का व्यास मुख्यतया 4 माइक्रोन होने के कारण निरन्तर हवा के साथ उड़ते और नीचे आते रहते हैं। सारणी 11 का अवलोकन करने पर हमें ज्ञात होता है कि जिस दिन हवा की गति तेज होती है धूलकण वायुमण्डल में प्रवेश कर आपतित सौर विकिरण की कुछ मात्रा को प्रकीर्णन व अवशोषित करते हैं। सारणी 11 में मई 2009 के 6 दिनों की वायु व अप्रैल 2010 के 8 दिनों की कम गति की वायु फिर बढ़ते क्रम और घटते क्रम की वायु और उनके सापेक्ष आपतित सौर विकिरण का अध्ययन किया गया व पाया कि 29 मई,

सारणी 9

जोधपुर में औसत मेघों की मात्रा ऑक्टो (1995-2009)

माह	0830 बजे	1130 बजे	1430 बजे	1730 बजे
जनवरी	2	2	2	2
फरवरी	2	1	2	2
मार्च	1	1	1	2
अप्रैल	1	1	1	2
मई	1	1	1	1
जून	2	1	1	2
जुलाई	3	3	3	4
अगस्त	3	3	3	4
सितम्बर	1	1	2	3
अक्टूबर	0	0	1	1
नवम्बर	1	1	1	1
दिसम्बर	1	1	1	1

सारणी 10

जोधपुर में कोहरे के दिनों की औसत संख्या (1995 - 2009)

माह	0830 बजे	1130 बजे	1430 बजे	1730 बजे
जनवरी	24	12	2	0
फरवरी	0	0	0	0
मार्च	0	0	0	0
अप्रैल	0	0	0	0
मई	0	0	0	0
जून	0	0	0	0
जुलाई	0	0	0	0
अगस्त	0	0	0	0
सितम्बर	0	0	0	0
अक्टूबर	0	0	0	0
नवम्बर	0	0	0	0
दिसम्बर	6	6	0	0

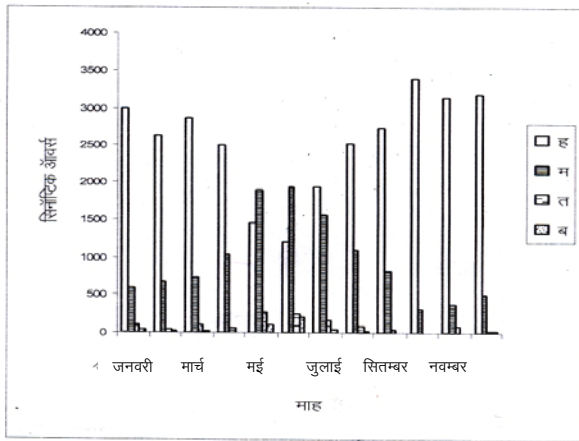
2009 में जिस दिन वायु गति 26 कि.मी./घ. थी के सापेक्ष सौर विकिरण 23.50 मेगा जूल प्रति वर्ग मीटर जो चित्र 7 से अभिव्यक्त है इसी प्रकार अप्रैल 2010 जिन दिनों वायु गति बढ़ते क्रम की है तो सौर विकिरण की मात्रा घटते क्रम की। यदि वायु की गति प्रथम श्रेणी (0-9 कि.मी./घ.) की हो तो संग्रहित सौर ऊर्जा का मान उच्चतम रहता है और यदि वायु गति द्वितीय श्रेणी (10-14 कि.मी./घ.) की हो तो आपतित एवं संग्रहित सौर ऊर्जा का मान हल्का सा कम प्रतीत होता है। यदि वायु गति तृतीय श्रेणी (15-19 कि.मी./घ.) की हो तो संग्रहित सौर ऊर्जा काफी प्रभावित होती है कारण स्पष्ट है कि

सारणी 11

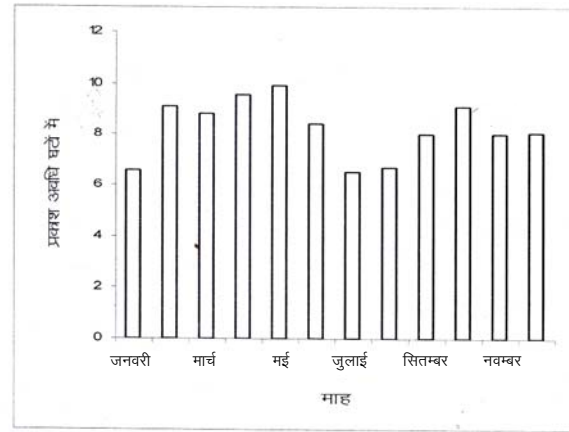
जैसलमेर के लिए औसत वायु गति के साथ विकिरण में परिवर्तन

दिनांक	औसत वायु गति कि.मी.प्र.घ.	विकिरण मेगा जूल प्रति वर्ग मीटर
26 मई 2009	9	26.25
27 मई 2009	20	25.99
28 मई 2009	23	25.08
29 मई 2009	26	23.50
30 मई 2009	22	25.37
31 मई 2009	20	26.50
16 अप्रैल 2010	12	21.55
17 अप्रैल 2010	14	21.55
18 अप्रैल 2010	26	20.92
19 अप्रैल 2010	27	20.90
20 अप्रैल 2010	30	19.18
21 अप्रैल 2010	25	19.27
22 अप्रैल 2010	13	21.45
23 अप्रैल 2010	12	21.04

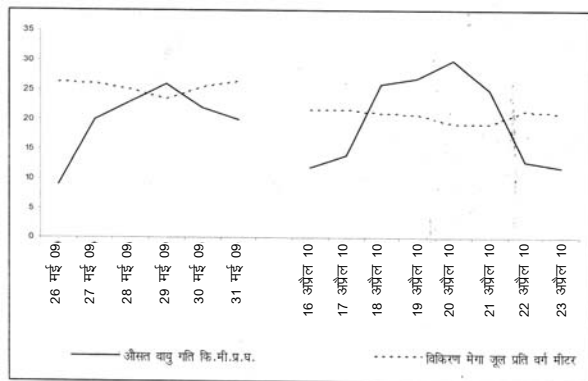
वायुमण्डल में धूल और अन्य गैसों द्वारा सौर ऊर्जा का प्रकीर्णन तेजी से होता है और तुलनात्मक कम मात्रा में सौर ऊर्जा पृथ्वी धरातल पर पहुँचती है और यदि वायु गति चतुर्थ श्रेणी (20 कि.मी./घ. व उससे अधिक) की हो तो आपतित एवं संग्रहित सौर ऊर्जा बहुत ज्यादा प्रभावित होती है कारण स्पष्ट है कि इस श्रेणी की वायु गति में धूल के गुब्बार वायुमंडल में छा जाते हैं जो आपतित सौर ऊर्जा को प्रभावित करते हैं। सेंसर कम मात्रा की सौर ऊर्जा दर्शाता है इसलिए वायु गति का वर्गीकरण करना अनिवार्य हो गया है। जैसलमेर के लिए सारणी 2 में सभी माह के लिए प्रथम व द्वितीय श्रेणी की वायु, कुल वायु का 72% है आपतित सौर ऊर्जा के लिए कोई परेशानी उत्पन्न नहीं करती। तृतीय श्रेणी की वायु जो कुल वायु का 9% और चतुर्थ श्रेणी की वायु कुल वायु का 18% है जो आपतित सौर ऊर्जा को प्रभावित करेगी जिन्हें आलेख द्वारा चित्र 2 में भी दर्शाया गया है। इसी प्रकार जोधपुर के लिए सारणी 7 में सभी माह के लिए प्रथम व द्वितीय श्रेणी की वायु, कुल वायु का 96% है आपतित सौर ऊर्जा के लिए कोई परेशानी उत्पन्न नहीं करती। तृतीय श्रेणी की वायु, जो कुल वायु का 2.8% और चतुर्थ श्रेणी की वायु कुल वायु का 1.2% है, आपतित सौर ऊर्जा को प्रभावित करेगी जिन्हें आलेख द्वारा चित्र 5 में भी दर्शाया गया है। जैसलमेर व जोधपुर के लिए औसत प्रकाश की अवधि सारणी 3 व 8 में दर्शायी गई है। जैसलमेर के लिए चित्र 3 से ज्ञात होता है कि प्रकाश की औसत अवधि 8 घंटों से अधिक ही रहती है मगर मार्च, जुलाई व अगस्त में तुलनात्मक कम रहती है इसी प्रकार जोधपुर के लिए चित्र 6 से ज्ञात होता है कि प्रकाश की औसत अवधि 8 घंटों से अधिक ही रहती है मगर जनवरी, जुलाई व अगस्त



चित्र 5. जोधपुर माहवार हवाओं का वर्गीकरण (1995-2009)



चित्र 6. जोधपुर में माहवार औसत प्रकाश अवधि घंटों में (1995-2009)



चित्र 7. औसत वायु गति व आपतित विकिरण का निरूपण

माह में तुलनात्मक कम रहती है और मेघों की औसत मात्रा का तुलनात्मक अध्ययन सारणी 4 व 9 में वर्णित है। जैसलमेर में सारणी 4 से ज्ञात होता है कि जुलाई व अगस्त माह में मेघों की औसत मात्रा सभी सिनाॉप्टिक ऑवर्स में 3 ऑक्टा दर्शायी गई है, इसके सापेक्ष प्रकाश की अवधि में तुलनात्मक अध्ययन से कमी दर्ज की गई है और शेष सभी महीनों में प्रकाश अवधि औसतन 8 घंटे तक दर्शायी गई है। मार्च माह में प्रकाश अवधि में थोड़ी कमी पश्चिमी विक्षोभ की आवृत्ति बढ़ने के कारण दर्शायी गई है और सबसे ज्यादा प्रकाश अवधि मई माह में दर्ज की गई, जो सौर ऊर्जा सारणी 1 में दर्शायी गई अधिकतम मात्रा 24.83 मेगाजूल प्रति वर्ग मीटर से मेल खाती है। इसी प्रकार जोधपुर के लिए भी जुलाई व अगस्त को छोड़ कर शेष सभी महीनों में प्रकाश की अवधि औसतन 8 घंटों तक मिलती रहती है। जनवरी माह में प्रकाश अवधि में कमी दिखाई गई है, जिसका मुख्य कारण घरों व औद्योगिक ईकाइयों से निकलने वाला धुंआ है। जुलाई व अगस्त माह में औसत मेघों की मात्रा सारणी 9 से सभी सिनाॉप्टिक ऑवर्स में 3-4 ऑक्टा व जनवरी, फरवरी में 2 ऑक्टा, जून व सितम्बर में 1 से 3 ऑक्टा

परिवर्तित और मई, नवम्बर व दिसम्बर में सबसे कम – मात्रा 1 ऑक्टा दर्शायी गयी है, शेष सभी महीनों में औसत मेघों की मात्रा 1-2 ऑक्टा दर्शायी गई है व इन सबके सापेक्ष, प्रकाश अवधि की मात्रा ज्यादा दर्शायी गई है। सौर ऊर्जा सारणी 6 में दर्शायी गई अधिकतम मात्रा 23.91 मेगाजूल प्रति वर्ग मीटर से मेल खाती है। जैसलमेर व जोधपुर दोनों को कोहरे की मात्रा ज्यादा प्रभावित नहीं करती, यद्यपि कोहरा भी प्रकीर्णन प्रक्रिया द्वारा सौर ऊर्जा की मात्रा को धरातल पर कम मात्रा में पहुँचने देता है मगर इनकी आवृत्ति जैसलमेर के लिए प्रातः सबसे ज्यादा जनवरी माह में 0830 बजे (भा.मा.स.) तक औसतन 20 बार व 1130 बजे (भा.मा.स.) तक 10 बार दर्ज किया गया है और 15 सालों में एक बार 1430 बजे (भा.मा.स.) तक भी दर्ज किया गया। इसके बाद दिसम्बर माह में भी कोहरा दर्ज किया गया, मगर इस माह में औसतन 4 बार 1130 बजे (भा.मा.स.) तक। इसी प्रकार जोधपुर के लिए सबसे ज्यादा कोहरा जनवरी माह में 0830 बजे (भा.मा.स.) तक 24 बार, 1130 बजे (भा.मा.स.) तक औसतन 12 बार और 1430 बजे (भा.मा.स.) तक 2 बार दर्ज किया गया। दिसम्बर माह में 1130 बजे (भा.मा.स.) तक 6 बार कोहरा दर्ज किया गया।

4. परिणाम एवं निष्कर्ष

सूर्य प्रकाश को सौर प्रकाशवोल्टीय सैलों द्वारा सीधे ही विद्युत में परिवर्तित किया जा सकता है। सौर ऊर्जा समुपयोजन की एक महत्वपूर्ण एवं स्वच्छ प्रविधि है। प्रकाशवोल्टीय प्रणाली के अनेक लाभ हैं जैसे :-

(i) सौर ऊर्जा अनंत मात्रा में स्वच्छ एवं प्रचुर मात्रा में निःशुल्क पश्चिमी राजस्थान में हर जगह व सदैव उपलब्ध है।

(ii) प्रकाशवोल्टीय परिवर्तन में कोई गतिशील यांत्रिक क्रिया नहीं होने के कारण ध्वनि, ताप व वायु प्रदूषण का कोई खतरा नहीं है।

(iii) प्रकाशवोल्टीय प्रणाली में रख-रखाव की लागत भी बहुत कम होती है।

(iv) प्रकाशवोल्टीय प्रणाली में कोई दहन क्रिया नहीं होती है तथा विद्युत उत्पादन में किसी पदार्थ या ईंधन की आवश्यकता नहीं होती है।

(v) प्रकाशवोल्टीय प्रणाली को उसी स्थान पर लगाया जा सकता है जहाँ पर विद्युत का उपयोग आवश्यक रूप से करना है।

(vi) छोटी-छोटी प्रकाशवोल्टीय प्रणालियों का निर्माण बहुत ही आसानी एवं कम समय में किया जा सकता है।

(vii) प्रकाशवोल्टीय प्रणालियों का परिवहन तथा स्थापना आसान है।

(viii) प्रकाशवोल्टीय प्रणाली उस स्थान पर सार्थक सिद्ध होती है, जहाँ सूर्य प्रकाश निर्बाध रूप से उपलब्ध हो। पश्चिमी राजस्थान के जैसलमेर और जोधपुर के सौर ऊर्जा के आँकड़े अति उत्साहवर्धक हैं। (सारणी 1 व 6 और चित्र 1 व 5) से जैसलमेर व जोधपुर के लिए संग्रहित सौर ऊर्जा में माहवार समानता दिखलाई पड़ती है। जनवरी और फरवरी माह में पश्चिमी विक्षोभ व दिन की अवधि छोटी होने के कारण विकिरण की मात्रा कम दर्ज की गई। मार्च से सितम्बर तक दोनों जगहों पर आपतित एवं संग्रहित विकिरण की मात्रा में निरंतर वृद्धि दर्ज की गई, जुलाई एवं अगस्त माह के अतिरिक्त। अक्टूबर और नवम्बर माह में सौर ऊर्जा की मात्रा में हल्की कमी दर्ज की गई। दिसम्बर माह में दोनों जगहों पर सौर ऊर्जा की मात्रा में समान कमी दिखाई गई है। दोनों जगहों के लिए वायु विश्लेषण श्रेणीवार किया गया। जैसलमेर के लिए चतुर्थ श्रेणी की हवा थोड़ी परेशानी पैदा करती है (सारणी 2 व चित्र 2) मगर जोधपुर के लिए वायु की वजह से कोई विशेष परेशानी नहीं होती (सारणी 7 व चित्र 5)। इसी प्रकार जैसलमेर (सारणी 3 व चित्र 3) व जोधपुर (सारणी 8 व चित्र 6) के लिए औसत प्रकाश अवधि का भी अध्ययन किया गया। जैसलमेर के लिए सबसे अधिक प्रकाश अवधि मई माह में (9.5 घंटे) व सबसे कम जुलाई माह में (7.7 घंटे) दर्ज की गयी व शेष माह में औसत 8 घंटे दर्ज की गई। जोधपुर के लिए सबसे अधिक प्रकाश अवधि मई माह में (9.9 घंटे) व सबसे कम जुलाई माह में (6.5 घंटे) दर्ज की गई व शेष माह में औसत 8 घंटे दर्ज की गई। जैसलमेर के लिए औसत मेघों (सारणी 4) का विश्लेषण किया गया। सभी सिनॉप्टिक ऑवर्स में जुलाई व अगस्त माह में 3 ऑक्टा मेघ दर्ज किए गए और जनवरी व फरवरी माह में लगभग 2 ऑक्टा दर्ज किए गए व शेष माह में सभी प्रेक्षणों में 1 ऑक्टा मेघ दर्ज किए गए। जोधपुर के लिए औसत मेघों (सारणी 9) का विश्लेषण किया गया। सभी सिनॉप्टिक ऑवर्स में जुलाई व अगस्त माह में 3-4 ऑक्टा मेघ दर्ज किये गए और जनवरी व फरवरी माह में

लगभग 2 ऑक्टा दर्ज किए गए व शेष माह में सभी प्रेक्षणों में 1 ऑक्टा मेघ दर्ज किए गए। जैसलमेर के लिए कोहरा (सारणी 5) सबसे ज्यादा जनवरी माह में 0830 बजे (भा.मा.स.) औसत 20 दिनों तक, 1130 बजे (भा.मा.स.) 10 दिनों तक व 1430 बजे (भा.मा.स.) तक मात्र 1 दिन और दिसम्बर माह में 1130 बजे (भा.मा.स.) तक औसतन 4 दिनों तक दर्ज किया गया। जोधपुर के लिए कोहरा (सारणी 10) सबसे ज्यादा जनवरी माह में 0830 बजे (भा.मा.स.) औसतन 24 दिनों तक, 1130 बजे (भा.मा.स.) 12 दिनों तक व 1430 बजे (भा.मा.स.) तक मात्र 2 दिन और दिसम्बर माह में 1130 बजे (भा.मा.स.) तक औसतन 6 दिनों तक दर्ज किया गया।

5. आभार

इस शोध पत्र में सुधार हेतु अमूल्य सुझावों के लिए लेखकों द्वारा पुनरीक्षक के प्रति हार्दिक आभार व्यक्त किया जाता है। लेखकों द्वारा उप-महानिदेशक, प्रादेशिक मौसम केन्द्र, नई दिल्ली व महानिदेशक, नई दिल्ली द्वारा शोध कार्य के प्रति प्रेरित करने पर हार्दिक आभार व्यक्त करते हैं व साथ ही श्री कृष्ण कुमार, वैज्ञानिक-ई, अपरमहानिदेशक (शोध), पुणे का विकिरण आँकड़ें उपलब्ध करवाने पर हार्दिक आभार व्यक्त करते हैं।

संदर्भ

- अहरेन्स, सी. डॉनाल्ड, 1985, "मिटियोरोलॉजी टूडे-एन इन्ट्रोडक्शन टू वेदर क्लाइमेट एण्ड द एनवायरमेंट", सेकण्ड एडिशन ; 1985, 255, 260।
- बनर्जी, रमेश चन्द्र तथा उपाध्याय, दयाशंकर, 1991, "मौसम विज्ञान" तृतीय संस्करण ; पृ. 427।
- क्लाइमेट ऑफ राजस्थान स्टेट, 1988, "इण्डिया मिटियोरोलॉजीकल डिपार्टमेंट", पृ. 66।
- मालविनो, ए. पी., 1989, "इलेक्ट्रोनिक्स प्रिंसिपल" फोर्थ एडिशन; 1989, 37।
- मीना, जयराम तथा माथुर, ए. एन., 1992, "सौर प्रकाशवोल्टीय" प्रथम संस्करण; 1992, 67-68।
- रॉय, सोमा सेन तथा रॉय भौमिक, एस. के., 2005, "इवेलूएशन ऑफ थर्मोडायनेमिक ऑफ द एटमोस्फियर इन रिलेशन टू प्री-मानसून कनवेक्टिव एक्टिविटी ऑवर नार्थ इण्डिया", *मौसम*, 54, 2, 397-406।
- सुखात्मे, एस. पी., 2002, "सौलर एनर्जी", सैकण्ड एडिशन, 2002 341-348।
- विश्वोई, बी. एन. तथा सिंह, विरेन्द्र, 2005, "विंड एनालायसिस फोर विंड पॉवर एट जैसलमेर" *मौसम*, 56, 4, 904-907।