

राजस्थान के जोधपुर संभाग में पवन ऊर्जा संसाधनों का अवलोकनात्मक अध्ययन

*मुकेश कुमार घोसलिया
**डॉ. नीरा रस्तोगी

शोध सार

“ऊर्जा” विज्ञान के शब्दों में कार्य करने की क्षमता है, जो भौतिक और आर्थिक विकास को सुनिश्चित करती है। मौजूदा व्यापारिक और औद्योगिक अर्थव्यवस्था का मूल आधार ही ऊर्जा है। तीव्र आर्थिक गतिविधियों के बीच ऊर्जा आपूर्ति एक नवीन चुनौती है। देश में प्रति व्यक्ति ऊर्जा की खपत जीवन स्तर का सूचक है। इसमें भारत अभी बहुत पिछे है। हमें आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए औद्योगीकरण और कृषि विकास करना होगा, साथ ही विकास के साथ हमारी जरूरतें बढ़ रही हैं। परम्परागत ऊर्जा के स्थान पर गैर-परम्परागत अथवा वैकल्पिक ऊर्जा स्रोतों के उत्पादन क्षेत्रों की तलाश कर उच्च उत्पादकता वाली प्रदूषण मुक्त और नव्यकरणीय ऊर्जा के विकास की आवश्यकता है। यहाँ नव्यकरणीय ऊर्जा संसाधनों में पवन ऊर्जा का राजस्थान जोधपुर संभाग के संदर्भ में विशेष अध्ययन कर नव्यकरणीय ऊर्जा संभाव्यता को तलाशने का प्रयास किया गया है।

कूँजी शब्द : आर्थिक विकास, ऊर्जा आपूर्ति, वैकल्पिक ऊर्जा, पवन की दैनिक गति, टर्बाइन, ऐनीमोमीटर।

प्रस्तावना एवं समस्या

विश्व के सभी भागों में मशीनीकरण के बढ़ते ऊर्जा उपयोग में वृद्धि हो रही है। एक अनुमान के अनुसार प्रतिवर्ष ऊर्जा की खपत 2 प्रतिशत बढ़ रही है। यदि यह वृद्धि इसी तरह जारी रही तो सन् 2030 तक पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस का अभुतपूर्व संकट उत्पन्न हो जायेगा। विकास की तेज गति का नतीजा है कि पिछले दो दशकों में विश्व ऊर्जा उत्पादन में 50 प्रतिशत की वृद्धि हुई है। बढ़ती ऊर्जा की आवश्यकताओं का अनुमान इसी तथ्य से लगाया जा सकता है कि विकासशील देशों में 1970 से 2004 के बीच ऊर्जा उपभोग में 9 गुना वृद्धि हुई है। पी प्युटनम ने बताया की औद्योगिकरण के बाद विश्व की ऊर्जा आवश्यकता 20 गुना बढ़ गई है। भारत में पूरे वर्ष में प्रकाश की उपलब्धता 250 से 300 दिनों तक है। भारत में नव्यकरणीय ऊर्जा स्रोतों की उपलब्धता देशभर में है। दूर-दराज के इलाकों में इन ऊर्जा स्रोतों की उपलब्धता का लाभ यह है कि ऊर्जा की स्थानीय जरूरतों को आसानी से पूरा किया जा सकता है। ये पर्यावरण के अनुकूल है तथा न्यूनतम प्रचालन लागत में इनकी उपलब्धता सुनिश्चित की जा सकती है।

विश्व में नव्यकरणीय ऊर्जा स्रोतों की उपलब्धता में पर्याप्त विषमता है। सौभाग्य से भारत में इन स्रोतों की अधिकता है। आज ऊर्जा क्षेत्र में सबसे बड़ा संकट यह है कि ऊर्जा के परम्परागत स्रोत सीमित है। लगातार दोहन से उनका एक न एक दिन समाप्त होना तय है, क्योंकि जैविक ईंधन (कोयला, पेट्रोलियम) के भण्डार सीमित है एवं इनकी निर्माण प्रक्रिया करोड़ों वर्षों में पूरी होती है। ऐसे में ऊर्जा उत्पादन के गैर-परम्परागत स्रोतों का विकास समय की आवश्यकता है। इसके लिए ऊर्जा उत्पादन के उन असीमित स्रोतों पर ध्यान केन्द्रित करना होगा जो कभी भी समाप्त नहीं होने वाले है। पुनरोपयोगी ऊर्जा स्रोतों का महत्व हमारे देश में 1970 के दशक की शुरुआत में समझा गया।

राजस्थान के जोधपुर संभाग में पवन ऊर्जा संसाधनों का अवलोकनात्मक अध्ययन

मुकेश कुमार घोसलिया एवं डॉ. नीरा रस्तोगी

अध्ययन क्षेत्र का परिचय

राजस्थान के पश्चिमी भाग में अवस्थित जोधपुर संभाग को अध्ययन क्षेत्र के लिए चुना गया है। जिसमें छः जिलों को सम्मिलित किया गया है—जोधपुर, जैसलमेर, बाड़मेर, जालौर, पाली और सिरोंही। जोधपुर संभाग का अक्षांशीय विस्तार 24°20' से 28°23' उत्तरी अक्षांश तक एवं देशान्तर विस्तार 69°20' से 74°18' पूर्वी देशान्तर तक है। जोधपुर संभाग का भौगोलिक क्षेत्रफल 117801 वर्ग किमी. में है। जनगणना 2011 के अनुसार अध्ययन क्षेत्र की कुल जनसंख्या 1,18,63,484 व्यक्ति हैं। संभाग का जनसंख्या घनत्व 101 व्यक्ति प्रति वर्ग किमी है। बढ़ती जनसंख्या के फलस्वरूप पिछले दो दशकों में ऊर्जा खपत में बढ़ोतरी हुई है। इस प्रकार बढ़ती ऊर्जा की मांग को पूरा करने के लिए नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों की आवश्यकता अति आवश्यक है, क्योंकि अनवीकरणीय ऊर्जा स्रोत एक सीमित सीमा तक है। जिनको भावी पीढ़ियों के लिए संरक्षित कर उनके नये विकल्प नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों (यथा— सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, बायोगैस आदि) की महत्ती भूमिका जोधपुर संभाग में हो सकती है।

अध्ययन क्षेत्र का परिचय

राजस्थान प्रदेश के पश्चिमी भाग में जोधपुर संभाग अवस्थित है जिसमें छ जिलों को सम्मिलित किया गया है—जोधपुर, जैसलमेर, बाड़मेर, जालौर, पाली और सिरोंही। जोधपुर संभाग का अक्षांशीय विस्तार 24°20' उत्तरी अक्षांश से 28°23' उत्तरी अक्षांश तक एवं देशान्तर विस्तार 69°20' पूर्वी देशान्तर से 74°18' पूर्वी देशान्तर तक है जोधपुर संभाग का भौगोलिक क्षेत्रफल 117801 वर्ग किमी. में है। इस संभाग की कुल जनसंख्या जनगणना 2011 के अनुसार 11863484 व्यक्ति है। संभाग का जनसंख्या घनत्व 101 व्यक्ति प्रतिवर्ग किमी है। बढ़ती जनसंख्या के साथ पिछले दो दशकों में ऊर्जा खपत बढ़ी है। ऊर्जा की मांग को पूरा करने के लिए नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का अध्ययन अति आवश्यक है। अनवीकरणीय ऊर्जा स्रोत एक सीमित सीमा तक है। जिनको भावी पीढ़ियों के लिए संरक्षित कर उनके नये विकल्प नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों (यथा— सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, बायोगैस आदि) की महत्ती भूमिका जोधपुर संभाग में हो सकती है।

साहित्य का पुनरावलोकन

- ऊर्जा उत्पादन में लगने वाली लागत, अनुसंधान की लागत, वितरण पर लागत व रख-रखाव पर आने वाले व्यय का विश्लेषणात्मक अध्ययन किया गया कि वह आर्थिक दृष्टिकोण से कितना उपयोगी है (गगीयोली व विप्फर, 1980)।
- परिसम्पत्ति मूल्यों एवं पवन टरबाइन के सम्भावित मूल्यों पर आधारित अनुभवजन्य अध्ययन सर्वप्रथम 1996 में डेनमार्क में 342 गृहस्थों पर किया गया। लेखक ने अनुमान लगाया कि पवन चक्कियों से दूर स्थित मकानों के मूल्य की अपेक्षा पवन चक्कियों के स्थित मकानों का मूल्य कम था (ग्रोवर, 2002)।
- आधुनिक पवन टरबाइन कई तरीकों से डिजाइन और स्थापित किये जा सकते हैं। लम्बवत और क्षैतिज अक्ष वाली पवन चक्कियों के लिए ब्लेडों की संख्या, प्रकार और निर्माण सामग्री आदि पहलुओं पर फ्रांस के वैज्ञानिक कार्य कर रहे हैं। पवन चक्कियों की दक्षता और जीवन चक्र पर मानव और पर्यावरणीय प्रभावों के आकलन के लिए ऑटेरियो में एक आवासीय टावर पर तीन ब्लेडों वाले क्षैतिज टरबाइन 80 से 120 मीटर की ऊंचाई पर हवा की दिशा के सम्मुख स्थापित किये गये हैं। आज बढ़ती ऊर्जा खपत आपूर्ति के लिए मैदानों के पार, टीलों पर, पहाड़ियों पर, महासागरों, नदियों और झीलों के तटों पर पवन टरबाइनों की स्थापना सामान्य होती जा रही है (गिप, 2005)।
- पवन ऊर्जा तकनीक में सुधार के लिए इंजीनियरिंग और सामग्री के साथ परियोजना के संचालन और रखरखाव की सुलभ तकनीकों की आवश्यकता है। 100 मेगावाट पवन ऊर्जा क्षमता स्थापित होने के साथ

राजस्थान के जोधपुर संभाग में पवन ऊर्जा संसाधनों का अवलोकनात्मक अध्ययन

मुकेश कुमार घोसलिया एवं डॉ. नीरा रस्तोगी

कुल 387 लोगों को मिलेगा। जिसमें 310 नौकरियां विनिर्माण क्षेत्र में, 67 नौकरियां संविदा और स्थापना में तथा 10 नौकरियां संचालन और रख-रखाव क्षेत्र में मिलेंगी (वाइजर, रयान, बोलिंगर, 2010)।

- वर्तमान में बढ़ती ऊर्जा आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए सन् 2022 तक नव्यकरण ऊर्जा स्रोतों की उत्पादन क्षमता 48,000 से 100,000 मेगावाट तक बढ़ाई जायेगी, इस लक्ष्य की पूर्ति के लिए चीन, जापान, जर्मनी और अमेरिका की कम्पनियों को निवेश के लिए आमंत्रण किया जायेगा (दास व गोपीनाथ, 2015)।

अध्ययन के उद्देश्य

1. अध्ययन क्षेत्र में पवन ऊर्जा के उत्पादन की संभाव्यता का आंकलन करना।
2. क्षेत्र में विभिन्न उपयोगों के लिए ऊर्जा की हो रही खपत का आंकलन करना।
3. सतत् विकास के लिए क्षेत्र में नव्यकरणीय ऊर्जा संसाधनों के विकास का प्रारूप तैयार करना।

परिकल्पना

1. जीवन स्तर की समृद्धता के लिए नव्यकरणीय ऊर्जा एक आधारभूत संसाधन है।
2. पश्चिमी राजस्थान में पवन ऊर्जा के उत्पादन के लिए उपयुक्त भौगोलिक दशाएँ विद्यमान हैं।

विधि एवं तकनीक

शोध-पत्र के लिए आंकड़ों का संग्रहण प्राथमिक एवं द्वितीयक स्रोतों से किया गया है। प्राथमिक स्रोतों के अन्तर्गत व्यक्तिगत प्रेक्षण, साक्षात्कार, परिचर्चा आदि विधियों से एकत्रित किये गये। द्वितीयक आंकड़े विभिन्न सरकारी व अर्द्ध-सरकारी प्रकशन, प्रलेख, समाचार पत्र पत्रिकाओं एवं अप्रकाशित स्रोतों से एकत्रित किये गये। जिनमें जनसंख्या के आंकड़ों का संग्रहण आर्थिक एवं सांख्यिकीय निदेशालय, जयपुर से लिये गये हैं। भारतीय मौसम कार्यालय, पश्चिमी वृत्त, जयपुर से संभाग के भौगोलिक एवं मौसमी जानकारी का उपयोग किया गया है। नवीन एवं नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय, भारत सरकार द्वारा प्राप्त आंकड़ों का विश्लेषण कर संभाग में नवीन एवं नवीकरण ऊर्जा संसाधनों का विश्लेषण किया गया है। इन स्रोतों के अलावा सौर ऊर्जा से सम्बन्धित जानकारियां प्राप्त करने के लिए सुदूर संवेदन व भौगोलिक सूचना प्रणाली द्वारा प्राप्त सूचनाओं का उपयोग करेंगे।

पवन ऊर्जा

पवन में ऊर्जा होती है, इस पवन ऊर्जा का उपयोग 5000 ईसा पूर्व से पाल वाले जहाजों के संचालन के रूप में किया जाता था। वहीं चीन द्वारा पवन चक्की का निर्माण कर पाली को पंपिंग किया जाता था एवं 11वीं शताब्दी के मध्य पूर्व में खाद्य उत्पादन के लिये इसका उपयोग होने लगा था। यूरोप में इसका उपयोग 1887 में पहली बार स्कॉटलैण्ड में किया गया था, यहाँ इसका उपयोग उद्योगों एवं घरेलू जगह पर होने लगा। इसका वास्तविक विकास 1970 के दशक के पश्चात् हुआ जो विश्व स्तर पर विंड टर्बाइन जनरेटर के उपयोग से हुआ।

वर्तमान में पवन ऊर्जा का बहु उपयोग होने के कारण सागर अपतटीय क्षेत्र, मरुस्थलीय क्षेत्र, पर्वतीय दर्रा क्षेत्र एवं नगराकें के विस्तृत ग्रह धतों एवं विंड टर्बाइन लगाए जा रहे हैं। जिस कारण पवन ऊर्जा के उत्पादन में अभूतपूर्व वृद्धि हुई है। अध्ययन क्षेत्र में 10 अप्रैल 1999 को पहली पवन ऊर्जा परियोजना 2 मेगावाट की जैसलमेर के अमर सागर स्थान पर स्थापित की गई थी, दूसरी पवन ऊर्जा परियोजना फलौदी कस्बे के पास बीठडी गाँव में वर्ष 2001 में स्थापित की गई है जिसकी उत्पादन क्षमता 2.10 मेगावाट है।

पवन ऊर्जा फॉर्म की स्थापना के लिए आवश्यक भौगोलिक दशाएँ

पवन ऊर्जा उत्पादन के आदर्श स्थल का चयन करना जटिल प्रक्रिया है। इसकी अवस्थिति के चयन में अनेक

राजस्थान के जोधपुर संभाग में पवन ऊर्जा संसाधनों का अवलोकनात्मक अध्ययन

मुकेश कुमार घोसलिया एवं डॉ. नीरा रस्तोगी

कारकों का ध्यान रखा जाता है। इन सभी कारकों में सबसे महत्वपूर्ण पवन की गति को जाता है।

- उच्च वार्षिक पवन गति
- पवन प्रबलता की उपलब्धता
- पवन की संरचना
- स्थल की ऊँचाई
- क्षेत्र व सीधी हवा
- स्थानीय परिस्थितियाँ
- सड़क व रेल मार्ग की दूरी
- सस्ती भूमि
- उपयोगकर्ता निकटतम हो

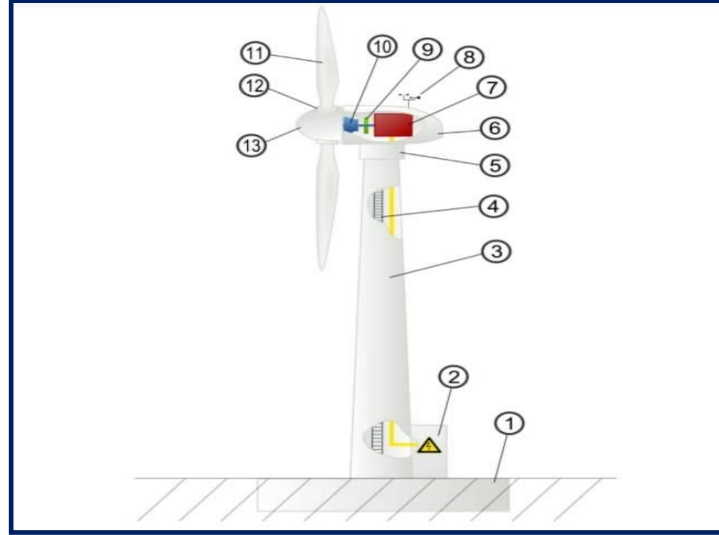
पवन ऊर्जा उत्पादन प्रणाली के मूलभूत तत्व

पवन ऊर्जा उत्पादन प्रणाली में वायु में उपस्थित ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करने का कार्य करती है। इस प्रणाली में विभिन्न प्रकार के वस्तु व तकनीकी से बने हुए हैं। जिसको निम्न रेखाचित्र के द्वारा समझा जा सकता है।

1. आधार
2. विद्युत ग्रिड से संयोजन
3. टॉवर
4. अक्सेस लाडेर
5. पवन की दिशा
6. नेशले विद्युत जनरेटर
7. पवन वेग मापी
8. ब्रेक (वैद्युत या यांत्रिक)
9. गीयर बक्सा
10. शैटर के ब्लेड
11. ब्लेड पिच नियंत्रण
12. रोटर हब

राजस्थान के जोधपुर संभाग में पवन ऊर्जा संसाधनों का अवलोकनात्मक अध्ययन

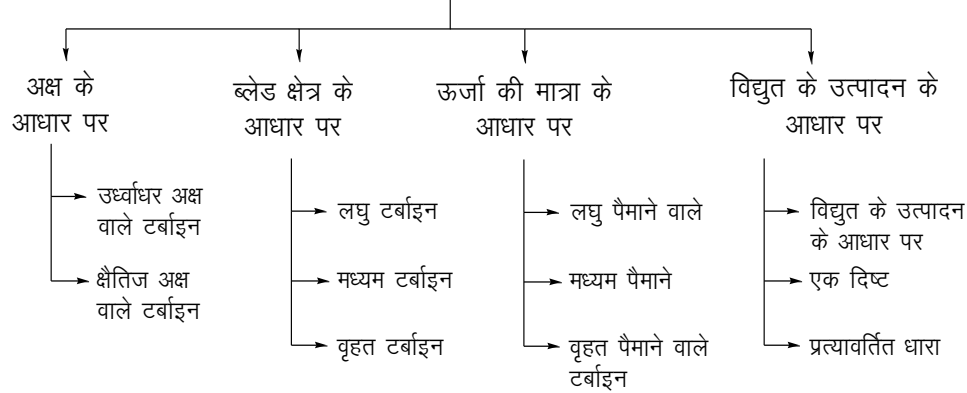
मुकेश कुमार घोसलिया एवं डॉ. नीरा रस्तोगी



पवन ऊर्जा के टर्बाइन के प्रकार

पवन ऊर्जा उत्पादित करने वाले टर्बाइनों को निम्न चार आधार पर विभाजित किया जा सकता है –

टर्बाइन के प्रकार



➤ अक्ष आधार पर विभाजन

टर्बाइन में लगी ब्लेड से रोटार का अक्ष धरातल के संदर्भ में देखा जाता है। इस आधार पर दो उपभागों में विभाजित किया जाता है। उर्ध्वाधर अक्ष वाले टर्बाइन विशिष्ट आधुनिक तकनीकी से लेस होते हैं, इसलिए जहां उर्ध्वाधर बवंडर या ऊर्ध्वाधर संवहन धाराएं चलती है वहाँ इस प्रकार का टर्बाइन लगाए जाते हैं। क्षैतिज अक्ष वाले टर्बाइन परम्परागत तकनीकी पर आधारित होते हैं, इनकी बनावट संरचना सरल होती है, इसमें लगे हुए जनरेटर के अक्ष पवन की दिशा के समानान्तर होते हैं परन्तु पवन की दिशा इसके समकोण पर होती है।

राजस्थान के जोधपुर संभाग में पवन ऊर्जा संसाधनों का अवलोकनात्मक अध्ययन

मुकेश कुमार घोसलिया एवं डॉ. नीरा रस्तोगी

➤ **ऊर्जा की मात्रा के आधार पर**

इसका आधार टर्बाइन द्वारा उत्पादित की जाने वाली ऊर्जा की मात्रा को माना जाता है जो प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप में उपयोग में लायी जा सके। यह तीन प्रकार के होते हैं –

लघु पैमाने वाली टर्बाइन की अधिकतम क्षमता 2 किलोवाट प्रति घंटा से कम ही होती है। इसका उपयोग व्यक्तिगत स्तर पर शहरी क्षेत्र में मकानों की छत एवं पानी के पंपिंग के लिए होता है। **मध्यम पैमाने वाली टर्बाइन** की उत्पादन क्षमता 2 किलोवाट में 100 किलोवाट प्रति घंटा हो सकती है इनका उपयोग निजी, व्यक्तिगत एवं व्यावसायिक स्तर पर भी किया जा सकता है। **वृहद पैमाने वाली टर्बाइन** की उत्पादन क्षमता 100 किलोवाट प्रति घंटे से अधिक होती है जिसका उपयोग केवल व्यापारिक उद्देश्य से ही किया जा सकता है।

➤ **ब्लेड के स्विच क्षेत्र के आधार पर**

स्विच क्षेत्र का आधार ब्लेड की लम्बाई को बनाया जाता है। ब्लेड का स्विच क्षेत्र जितना अधिक होगा उतनी ही ऊर्जा अधिक उत्पादित होगी। अतः इन्हें भी तीन श्रेणियों में बांटा गया है।

टर्बाइन का प्रकार	लघु टर्बाइन	मध्यम टर्बाइन	वृहद टर्बाइन
ब्लेड की लम्बाई मीटर में	30 से कम	30 से 60	60 से अधिक

➤ **विद्युत उत्पादन के आधार पर**

टर्बाइन में प्रयुक्त किए जाने वाले जनरेटर के आधार पर इसका विभाजन किया जाता है जो निम्न है—

1. एक दिष्ट धारा (DC) उत्पादन वाले टर्बाइन
2. प्रत्यावर्तित धारा (AC) उत्पादन वाले टर्बाइन

उपरोक्त समस्त प्रकारों में नियोजित अपने उद्देश्य के आधार पर किसी भी टर्बाइन का चयन कर सकता है। व्यापारिक उद्देश्य के लिए मुख्यतः क्षितिज अक्ष वाले एवं वृहद ऊर्जा उत्पादन वाले टर्बाइन का चयन करते हैं।

उत्पादकता को प्रभावित करने वाले कारक

अध्ययन क्षेत्र में पवन ऊर्जा की उत्पादकता को प्रभावित करने वाले प्रमुख कारक निम्न प्रकार हैं –

- **पवन की गति** – पवन ऊर्जा की उत्पादकता को प्रभावित करने वाले कारकों में प्रमुख कारक हैं जो प्रत्यक्ष रूप से उत्पादकता को प्रभावित करती है वह पवन की गति है जो उत्पादित आंकड़ों के विकास से स्पष्ट होता है।
- **टर्बाइन की तकनीकी** – टर्बाइन के बनाने की तकनीकी जिसमें जनरेटर की गुणवत्ता, की एकत्रण व्यवस्था तथा समय-समय पर ग्रीसिंग की व्यवस्था उत्पादकता को बढ़ाने में मददगार होती है।
- **सामाजिक आर्थिक मांग** – यदि किसी क्षेत्र में ऊर्जा का उत्पादन हो रहा है परन्तु वहां के लोग उपयोग में समक्ष नहीं है तो ऊर्जा उत्पादन आर्थिक दृष्टि से घाटे में रहेगी इसलिए उद्यमी इस पवन मिल को बंद कर देगा।

राजस्थान के जोधपुर संभाग में पवन ऊर्जा संसाधनों का अवलोकनात्मक अध्ययन

मुकेश कुमार घोसलिया एवं डॉ. नीरा रस्तोगी

अध्ययन क्षेत्र में ऐनीमोमीटर का अनुप्रयोग

पवन की गति व दिशा को मापने के लिए ऐनीमोमीटर का प्रयोग किया जाता है। यहां पवन की गति व दिशा के आंकड़ों का प्रयोग इसी उपकरण के अनुप्रयोग के आधार पर किया गया है। यहां पवन की दैनिक एवं वार्षिक गति एवं दिशा का अध्ययन किया गया है।

(i) पवन की दैनिक गति व दिशा

पवन की हलचल एक भौगोलिक घटना है जिसमें कभी तीव्र तो कभी मंद गति होना एक सामान्य बात है, जिसका मापन ऐनीमोमीटर द्वारा किया जाता है। ऐनीमोमीटर में पवन की गति के साथ उसकी दिशा का भी बोध होता है। किसी क्षेत्र में पवन ऊर्जा के लिए उत्पादकता तलाशने हेतु ऐनीमोमीटर या उपग्रह से प्राप्त पवन गति आंकड़ों को कालिक विश्लेषण किया जाता है। जो दैनिक, साप्ताहिक, मासिक, वार्षिक तथा दिशात्मक होते हैं।

(ii) वार्षिक पवन गति व दिशा

वास्तविकता में औसत वार्षिक पवन के आधार ही विंड मिल की स्थापना की जाती है। जिसके लिए वायु वेगमापी से प्राप्त दैनिक औसत पवन गति का उपयोग करते हुए दैनिक औसत गति को जोड़कर उसमें माह के दिनों को विभाजित कर औसत मासिक पवन गति निकाली जाती है। औसत मासिक पवन गति को जोड़कर 12 से विभाजित कर औसत वार्षिक पवन गति निकाली जाती है। यह गति प्रति वर्ग मीटर/घंटा होती है। जोधपुर संभाग का माह अनुसार धरातल से 10 मीटर की ऊँचाई पर हवा का वेग निम्न सारणी में दिया गया है।

सारणी संख्या 1 : जोधपुर संभाग में हवा का वेग (मीटर/सेकंड)

जिले	जन.	फ.	मार्च	अ.	मई	जून	जु.	अग.	सित.	अक्टू.	नव.	दि.
बाड़मेर	7.7	7.6	7.6	8.8	12.1	13.6	12.8	10.7	8.4	6.2	6.3	7.3
जैसलमेर	7.0	7.2	7.5	8.4	11.4	13.2	12.4	10.6	8.8	6.4	6.0	6.5
जालौर	6.9	7.1	7.2	8.2	11.0	12.0	11.0	9.1	7.2	5.7	6.0	6.5
जोधपुर	7.1	7.2	7.3	8.2	10.9	11.9	10.9	9.1	7.3	5.9	6.1	6.7
पाली	6.9	7.1	7.3	8.3	10.9	11.5	10.4	8.6	6.9	5.8	6.1	6.6
सिरोही	6.9	7.0	7.2	8.0	10.2	11.0	10.1	8.3	6.4	5.4	5.9	6.4

स्रोत : अक्षय ऊर्जा विभाग, राजस्थान सरकार, जयपुर।

सारणी में पवन का वेग धरातल से 10 मीटर की ऊँचाई पर दिखाया गया है जो अलग-अलग जिलों का माह में औसत वेग अलग-अलग है। यहाँ मई, जून, जुलाई व अगस्त माह में पवन का वेग अधिक रहता है। अन्य महिने की तुलना में जबकि अक्टूबर माह का औसत वेग सभी जिलों का कम रहता है।

राजस्थान के जोधपुर संभाग में पवन ऊर्जा संसाधनों का अवलोकनात्मक अध्ययन

मुकेश कुमार घोसलिया एवं डॉ. नीरा रस्तोगी

पवन ऊर्जा के लाभ

1. नवीकरणीय तथा सतत ऊर्जा संसाधन है।
2. विंडफॉर्म को अन्य ऊर्जा संसाधन से जोड़ा जा सकता है।
3. यह बिना ईंधन से संचालित होता है जो प्रदूषण मुक्त है।
4. आपात स्थिति में त्वरित गति को बंद किया जा सकता है।
5. लघु तथा आवश्यकता स्थान पर आसानी से लगाए जा सकते हैं।

पवन ऊर्जा उत्पादन की चुनौतियां

1. इसकी ऊर्जा प्रकृति पर निर्भर है अर्थात् ऊर्जा की आवश्यकता है और पवन की गति कम है तो ऊर्जा आपूर्ति में बाधा आती है।
2. इस ऊर्जा के आपातकाल के लिए एकत्रित करके नहीं रख सकते।
3. इसकी स्थापना में काफी पूंजी खर्च हो जाती है।
4. इसकी स्थापना के लिए वृहद स्तर पर भूमि की जरूरत होती है।
5. यह वातावरण में पक्षियों को हानि पहुँचा सकती है।

अध्ययन क्षेत्र में पवन ऊर्जा का उत्पादन

अध्ययन क्षेत्र में सर्वप्रथम पवन चक्की अमर सागर जिला जैसलमेर में वर्ष 1999 में 2 मेगावॉट क्षमता की स्थापित की गई थी इसके बाद दूसरी पवन मील बिटडी गांव जो फलौदी तहसील मुख्यालय के पास स्थित जोधपुर जिले में है। इसके बाद जैसलमेर में लगातार पवन मीलों की स्थापना बढ़ती ही गई है। इन बढ़ती मिलों के कारण ही जैसलमेर शहर को पवन मिलों का शहर कहा जाने लगा है। इस प्रकार धीरे-धीरे पवन मिलों की स्थापना राजस्थान में चित्तौड़गढ़, प्रतापगढ़ व सीकर में भी स्थापित की गई है। अध्ययन क्षेत्र में सर्वाधिक पवन मिलों की संख्या जैसलमेर जिले में है। यहाँ लगभग 276 पवन मीलें हैं। इसके बाद बाडमेर में 40 मीलें हैं। बाकी अन्य जिलों में अभी पवन मीलों को नहीं लगाया गया है। जोधपुर संभाग में पवन ऊर्जा का उत्पादन निम्न सारणी में दिखाया गया है –

सारणी संख्या 2 : अध्ययन क्षेत्र में पवन ऊर्जा का उत्पादन (मेगावाट में)

वर्ष जिले	1998-03	2003-08	2008-13	2013-18	2018-21	कुल
बाडमेर	—	—	9.60	40.5	47	54.1
जैसलमेर	106.52	429.95	1644.85	927	401	3509.6
जालौर	—	—	—	—	—	—
जोधपुर	2.10	101.20	282.50	17.3	7.9	411
पाली	—	—	—	—	—	—
सिरोही	—	—	—	—	—	—
कुल	108.63	531.15				3974.7

स्रोत : अक्षय ऊर्जा विभाग, राजस्थान सरकार, जयपुर।

राजस्थान के जोधपुर संभाग में पवन ऊर्जा संसाधनों का अवलोकनात्मक अध्ययन

मुकेश कुमार घोसलिया एवं डॉ. नीरा रस्तोगी

अध्ययन क्षेत्र में सबसे अधिक पवन ऊर्जा का उत्पादन जैसलमेर जिले में हो रहा है जो 3509.6 है उसके बाद जोधपुर जिले में 411 मेगावाट, बाड़मेर में 54.1 मेगावाट का उत्पादन हो रहा है। अन्य जिले— जालौर, पाली व सिरोही में अभी तक पवन मीलों की स्थापना नहीं की गई है। जैसलमेर के गांव सोडा व बांधन, माडा, बारमसर, पोहरा, आकल, पोहारा, हनसुआ, बाबा बाग, गैटेरा गांव एवं जोधपुर के फलौदी तहसील में व बाड़मेर में शिव तहसील में पवन मीलों द्वारा पवन ऊर्जा का उत्पादन किया जा रहा है। अध्ययन क्षेत्र में वर्ष 2013-18 के दौरान सबसे अधिक पवन ऊर्जा का उत्पादन किया गया, अर्थात् इस समय में सबसे अधिक पवन मीलों की स्थापना की गई।

निष्कर्ष

वर्तमान शोध पत्र में गैर-परम्परागत (नवीनीकरण) संसाधनों का जोधपुर संभाग के संदर्भ में विश्लेषण किया गया है। साथ ही परम्परागत संसाधनों में कौनसे कोयले, गैस-पेट्रोलियम आदि के उत्पादन को बताया गया है। और यह उत्पादन कौन-कौन सीमिलों में हो रहा है और कितना हो रहा है। अध्ययन क्षेत्र में सौर ऊर्जा एवं पवन ऊर्जा की भौगोलिक दशाएँ सर्वाधिक अनुकूलतम है। इसी कारण से यहाँ सौर ऊर्जा एवं पवन ऊर्जा क संयंत्र स्थापित किये जा रहे हैं। और भविष्य में भी अधिक से अधिक संयंत्र स्थापित किये जाने की संभावना है।

अध्ययन क्षेत्र से सम्पूर्ण भारत देश को ऊर्जा की पूर्ति की जा सकती है। केवल देरी है तो इस ऊर्जा के अधिक से अधिक संयंत्र स्थापित करने की। सौर ऊर्जा का उत्पादन 7808 मेगावाट है वहीं पवन ऊर्जा का उत्पादन 3947.7 मेगावाट का हो रहा है। यह उत्पादन सौर ऊर्जा में प्रथम स्थान जोधपुर जिला व द्वितीय स्थान पर जैसलमेर है। जबकि पवन ऊर्जा में जैसलमेर प्रथम स्थान व द्वितीय स्थान पर जोधपुर जिला आता है। इस प्रकार अभी तक के स्थापित संयंत्रों की संख्या व उत्पादन जोधपुर व जैसलमेर में ही हुआ है। अध्ययन क्षेत्र के अन्य जिलों में भी पवन व सौर ऊर्जा का विकास किया जाना चाहिए जिससे परम्परागत संसाधनों के दोहन में कमी आ सके।

*शोधार्थी

राजस्थान विश्वविद्यालय
जयपुर (राज.)

**से. नि. सह-आचार्य
राजस्थान कॉलेज शिक्षा निदेशालय

संदर्भ सूची:

1. Abolfazl Pourrajabian, Reza Ebrahimi and Masoud Mirzaei, "Applying micro scales of horizontal axis wind turbines for operation in low wind speed regions", Energy Conversion and Management Elsevier, Vol. 87, pp 119-127, 2014.
2. Adela Bâra, Ion Lungu, Simona-Vasilica OPREA, Iuliana Botha and Alexandra Chinie, "Model assumptions for efficiency of wind power plants' operation", Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research, 2015.
3. Adel Merabet, Khandke R Tawfique Ahmed, Hussein Ibrahim, Rachid Beguenane, and Amer Ghias, "Energy Management and Control System for Laboratory Scale Microgrid based Wind-PV-Battery", IEEE Transactions on Sustainable Energy, pp 145-154, 2017.
4. Adel Zakipour, Shokrollah Shokri Kojori and Mahdi Salimi, "Low-Cost Wind Power Conversion System Based on Permanent Magnet Synchronous Generator and Grid Connected Single-Phase Impedance Source Inverter", International Power System Conference IEEE, pp 616-622, 2019.

राजस्थान के जोधपुर संभाग में पवन ऊर्जा संसाधनों का अवलोकनात्मक अध्ययन

मुकेश कुमार घोसलिया एवं डॉ. नीरा रस्तोगी

5. Aeolos-V 3000W, “<https://www.renugen.co.uk/aeolos-aeolos-v-3000w-3000w-on-grid-wind-turbine/>”
6. <https://mnre.gov.in/>
7. <https://rerc.rajasthan.gov.in/rerc-user/licence>.
8. <https://statistics.rajasthan.gov.in/content/planning-portal/en/des/publications/regular-publications.html>.

राजस्थान के जोधपुर संभाग में पवन ऊर्जा संसाधनों का अवलोकनात्मक अध्ययन

मुकेश कुमार घोसलिया एवं डॉ. नीरा रस्तोगी