



ISSN Print: 2394-7500
 ISSN Online: 2394-5869
 Impact Factor (RJIF): 8.4
 IJAR 2023; 9(11): 283-286
www.allresearchjournal.com
 Received: 14-10-2023
 Accepted: 18-11-2023

डॉ. संजय कुमार

सहायक आचार्य, रसायन शास्त्र
 विभाग, राजकीय कमला मोदी
 महिला महाविद्यालय, नीमकाथाना,
 राजस्थान, भारत

डॉ. देवी प्रसाद

आचार्य, हिन्दी विभाग, राजकीय
 महाविद्यालय, नीमकाथाना,
 राजस्थान, भारत

भारत के संदर्भ में सोलर ऊर्जा की दशा और दिशा : एक अध्ययन

डॉ. संजय कुमार, डॉ. देवी प्रसाद

सारांश

दीर्घकाल से पूरा विश्व अपनी ऊर्जा जरूरतों को कोयला व पेट्रोलियम फ्यूएल के माध्यम से पूरा कर रहा है। लगातार दोहन की वजह से कोयले व पेट्रोलियम फ्यूएल के लगातार घटते भंडार के कारण ऊर्जा के ये दोनों स्रोत 2050 तक विश्व की ऊर्जा जरूरतों को पूरा कर सकते हैं। इसलिए नवीनीकरण ऊर्जा के स्रोत को अपनाने की आवश्यकता है।

सूर्य एक नवीनीकरण ऊर्जा का स्रोत है, जो लगातार नवीन व स्वच्छ ऊर्जा (जीरो कार्बन उत्सर्जन) प्रदान करता है। Central Electricity Authority (CEA) की फरवरी 2023 की रिपोर्ट के अनुसार भारत की नवीनीकरण ऊर्जा क्षमता 122 गीगावाट है। इसमें से 7.5 प्रतिशत सोलर ऊर्जा की हिस्सेदारी है। वर्तमान में भारत विश्व पटल पर सोलर ऊर्जा के क्षेत्र में तेजी से उभर रहा है। 30 जून 2023 तक भारत की सोलर ऊर्जा क्षमता 70.01 गीगावाट है। 2021 में भारत वैश्विक रूप से सोलर ऊर्जा उत्पादन में चौथे स्थान पर था। इस क्षेत्र में भारत का 2030 तक 500 गीगावाट क्षमता प्राप्त करने का लक्ष्य है। भारत सोलर ऊर्जा को बढ़ावा देने के लिए लगभग 42 सोलर पार्क स्थापित कर रहा है। 2010-19 तक भारत में सोलर पावर प्रोजेक्ट के लिए लगभग 20.7 बिलियन यूएस डालर का निवेश किया गया था। भारत ने वैश्विक स्तर पर सोलर ऊर्जा के उत्पादन के लिए "One Sun One World One Grid" and "World Solar Bank" की अवधारणा दी है। मार्च 2023 तक राजस्थान 17055.70 मेगावाट क्षमता के साथ सोलर ऊर्जा के मामले में भारत का सबसे अधिक विकसित राज्य है। सोलर ऊर्जा के क्षेत्र में कुछ चुनौतियाँ भी हैं, जैसे कि संचयन, स्टोरेज, तकनीकी इश्यू, कबाड़ का निस्तारण और निवेश में वृद्धि आदि। इसके लिए आवश्यक है कि अधिक संचयन व स्टोरेज क्षमता वाली तकनीक को अपनाया जाये तथा इस क्षेत्र में शोध का बढ़ावा दिया जाये। सोलर परियोजनाओं में अधिक निवेश की आवश्यकता है ताकि इस क्षेत्र में और विकास हो सके और स्थिरता मिले। सरकारों की सकारात्मक नीतियों व लोगों में जागरूकता भी भारत में सोलर ऊर्जा क्षेत्र को आगे बढ़ाने में मील का पत्थर साबित होगी।

कूटशब्द : सोलर ऊर्जा, संचयन, स्टोरेज, तकनीकी इश्यू, कबाड़

1. प्रस्तावना

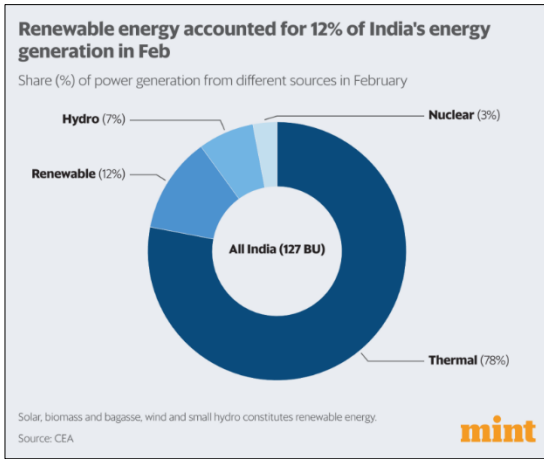
वर्तमान में पूरा विश्व अपनी ऊर्जा जरूरतों का अधिकतर भाग पेट्रोलियम फ्यूएल व कोयले से प्राप्त करता है। इस कारण वर्तमान में कार्बन उत्सर्जन लगातार बढ़ रहा है। कार्बन डाइ ऑक्साइड एक मुख्य ग्रीन हाउस गैस है। वर्तमान में ग्रीन हाउस प्रभाव में बढ़ोतरी देखी जा रही है। इसके कारण पृथ्वी का ताप लगातार बढ़ रहा है, ग्लेशियर पिघल रहे हैं, तथा मौसम चक्र प्रभावित हो रहा है। अगर ऐसे ही चलता रहा तो कुछ सालों में समुद्र के किनारे बसे हुए शहर जलमग्न हो जाएंगे। देखने में आ रहा है कि रेगिस्तान में बर्फ गिर रही है तथा जहाँ पहले अच्छी वर्षा होती थी, वहाँ पर सूखा पड़ रहा है।

लगातार दोहन की वजह से कोयले का भंडार घट रहा है। यूएस के Energy Information Administration's (EIA) International Energy Outlook 2021 (IEO2021) अनुसार लगभग 1.16 trillion short tons कोयला भंडार रिजर्व के रूप में पृथ्वी पर रिजर्व है, जिसमें से 75 प्रतिशत यूएस, रशिया, आस्ट्रेलिया, चाइना व भारत में रिजर्व है।¹ इसी के साथ पेट्रोलियम फ्यूएल का भंडार भी लगातार घट रहा है। यूएस के Energy Information Administration's (EIA) International Energy Outlook 2021 (IEO2021) अनुसार पेट्रोलियम फ्यूएल 2050 तक विश्व की जरूरतों को पूरा करता रहेगा।² इन सबसे बचने के लिए मानव को परंपरागत ऊर्जा स्रोतों पर से अपनी निर्भरता को घटाने तथा नवीनीकरण ऊर्जा के स्रोतों को अपनाने की आवश्यकता है। कुछ दशकों से पूरा विश्व नवीनीकरण ऊर्जा स्रोतों की ओर बढ़ रहा है। सोलर ऊर्जा, पवन, हाइड्रो, ज्वार-भाटा, जीओथर्मल, बायोमास आदि नवीनीकरण ऊर्जा के स्रोत हैं।³ Central Electricity Authority (CEA) की फरवरी 2023 की रिपोर्ट के अनुसार भारत की नवीनीकरण ऊर्जा क्षमता 122 गीगावाट है। इसमें से 7.5 प्रतिशत सोलर ऊर्जा की हिस्सेदारी है।⁴

Corresponding Author:

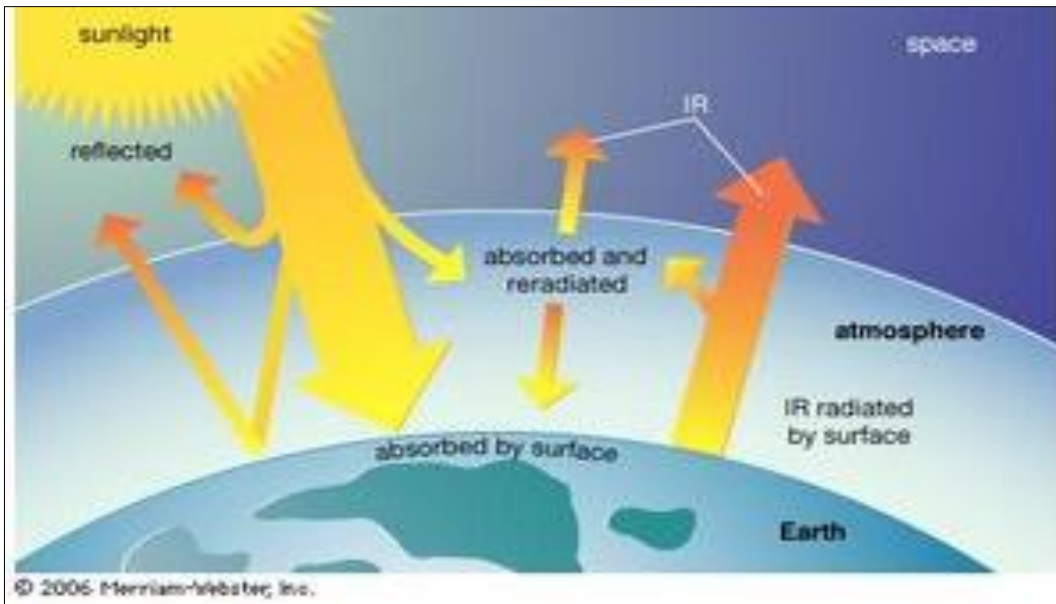
डॉ. संजय कुमार

सहायक आचार्य, रसायन शास्त्र
 विभाग, राजकीय कमला मोदी
 महिला महाविद्यालय, नीमकाथाना,
 राजस्थान, भारत



2. सोलर ऊर्जा

ब्रह्मांड में सूर्य अथाह ऊर्जा का भंडार है। सूर्य एक नवीनीकरण ऊर्जा का स्रोत है, जो लगातार नवीन व स्वच्छ ऊर्जा (जीरो कार्बन उत्सर्जन) प्रदान करता है। सूर्य में हाइड्रोजन, हीलियम आदि गैसों प्लाज्मा अवस्था में उपस्थित होती हैं। जिनमें लगातार संलयन अभिक्रिया द्वारा विस्फोट होते रहते हैं, जिससे बड़ी मात्रा में ऊर्जा निकलती रहती है। यह प्रकाश किरणों के माध्यम से पृथ्वी पर पहुंचती है।⁵ वातावरण व बादलों की वजह से सूर्य के प्रकाश का 54 प्रतिशत भाग अवशोषित व प्रकीर्णित हो जाता है इस कारण काफी कम मात्रा में यह पृथ्वी पर पहुंच पाता है। प्रकाश का जो भाग पृथ्वी पर पहुंच पाता है उसमें 50% दृश्य, 45% अवरक्त तथा कम मात्रा में पराबैंगनी व दूसरी विद्युत चुम्बकीय विकिरणें होती हैं।⁶



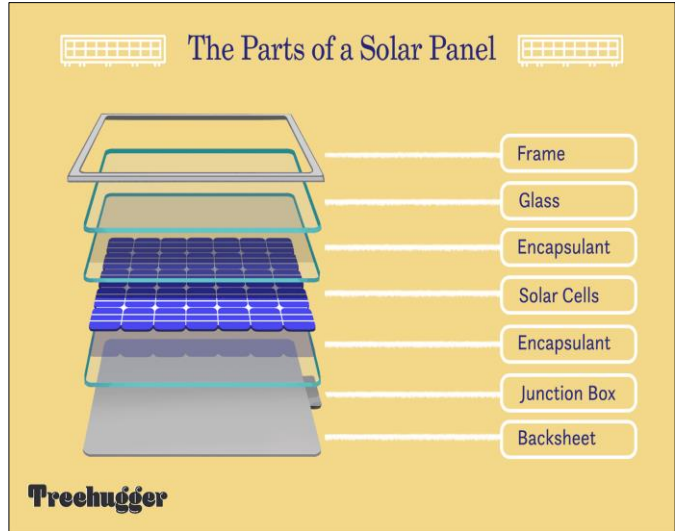
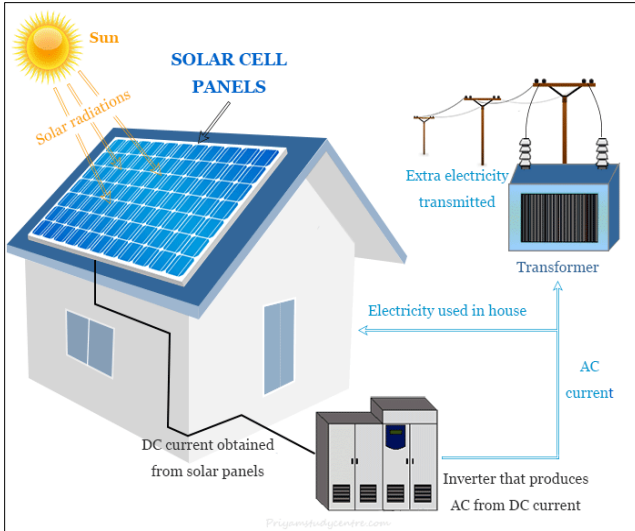
3. सोलर ऊर्जा के क्षेत्र में भारत की वर्तमान स्थिति

भारत में सोलर ऊर्जा एक तेजी से उभरता हुई इण्डस्ट्री है। 30 जून 2023 तक भारत की सोलर ऊर्जा क्षमता 70.01 गीगावाट है। इस क्षेत्र में भारत का 2030 तक 500 गीगावाट क्षमता प्राप्त करने का लक्ष्य है जो भारत की विद्युत उत्पादन का 50 प्रतिशत होगा। फरवरी 2023 के अनुसार प्रतिवर्ष सोलर ऊर्जा में 31 प्रतिशत की वृद्धि हो रही है। भारत में उत्तरी भारत का सोलर ऊर्जा में प्रमुख योगदान है। भारत में राजस्थान, गुजरात, तमिलनाडू तथा कर्नाटक मुख्य सोलर ऊर्जा उत्पादक राज्य हैं। मार्च 2023 तक राजस्थान 17055.70 मेगावाट क्षमता के साथ सोलर ऊर्जा के मामले में भारत का सबसे अधिक विकसित राज्य है। राजस्थान में जैसलमेर, बीकानेर तथा जोधपुर मुख्य सोलर ऊर्जा उत्पादक जिले हैं। वर्तमान में राजस्थान भारत का 10 गीगावाट सोलर ऊर्जा क्षमता वाला प्रथम राज्य है। राजस्थान का 2030 तक 75 गीगावाट तक प्राप्त करने का लक्ष्य है। भारत सोलर ऊर्जा को बढ़ावा देने के लिए लगभग 42 सोलर पार्क स्थापित कर रहा है। 2010-19 तक भारत में सोलर पावर प्रोजेक्ट के लिए लगभग 20.7 बिलियन यूएस डॉलर का निवेश

किया गया था। भारत ने वैश्विक स्तर पर सोलर ऊर्जा के उत्पादन के लिए "One Sun One World One Grid" and "World Solar Bank" की अवधारणा दी है।⁷⁻⁸

4. सोलर पैनल की कार्यप्रणाली व तकनीक

सूर्य की ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदलने के लिए सोलर पैनल या सैल काम में लिए जाते हैं, जो प्रकाश विद्युत प्रभाव के सिद्धान्त पर कार्य करते हैं। आम सोलर सेल की दक्षता 20 से 30 प्रतिशत तक होती है। सोलर सेल में मुख्यतया सीलिकॉन धातु का उपयोग किया जाता है। सीलिकॉन ऑक्सीजन के बाद में पृथ्वी पर अधिकता में मिलने वाला पदार्थ है। सीलिकॉन का उपयोग सेमीकंडक्टर के रूप में कम्प्यूटर में लिया जाता है। वर्तमान में सीलिकॉन के साथ-साथ कॉपर, इंडियम, गैलियम, सेलिनाइड आदि धातुओं का उपयोग सोलर पैनलों की दक्षता बढ़ाने में लिया जा रहा है। विद्युत ऊर्जा के संचयन के लिए बैटरी काम में ली जाती है सोलर सेल की कार्यप्रणाली व भाग नीचे चित्र में दिया गया है।⁹⁻¹¹



5. सोलर पैनल से संबंधित मुख्य तकनीक इस प्रकार है

- **थिन फिल्म तकनीक**—इस तकनीक की वजह से सोलर पैनल को लाइटर व लचीला बनाया जाता है, जिससे इन्हे अलग-अलग रूपों में आसानी से लगाया जा सकता है।
- **परिचार्जबल बैटरी तकनीक** — यह तकनीक ऊर्जा संचित करने की क्षमता को बढ़ाती है।
- **क्वांटम डॉट सोलर सेल्स**— इस तकनीक में क्वांटम डॉट्स का उपयोग किया जाता है, जो सेल्स की क्षमता में सुधार करता है और उन्हे आकार और वनज में कमी करता है।
- **नैनो मेटेरियल का उपयोग** — वर्तमान में व्यापक रूप से नैनो मेटेरियल का सोलर पैनल में उपयोग हो रहा है जो सेल की दक्षता का बढ़ाने में मददगार साबित हो रहा है।

6. भारत में सोलर ऊर्जा की प्रबल संभावनाएं

कई कारणों से भारत में सोलर ऊर्जा की संभावनाएं बहुत उच्च हैं, जो निम्न प्रकार हैं—

- **अधिक सूर्य संवर्धन व बड़ी सूर्य क्षमता**— भारत में वर्षपर्यंत सूर्य का प्रकाश उपलब्ध रहता है तथा अन्य देशों की तुलना में सूर्य क्षमता अधिक है।
- **सोलर ऊर्जा की बढ़ती लोकप्रियता** — यह एक जीरो कार्बन उत्सर्जन की वजह से यह क्लीन व ग्रीन ऊर्जा की श्रेणी में आती है। लगातार इसकी तकनीक में विकास हो रहा है जिससे लागत भी घट रही है। इन सभी कारणों की वजह से लोगों में इसकी स्वीकार्यता लगातार बढ़ रही है।
- **सरकारी समर्थन** — वर्तमान में भारत सरकार द्वारा सोलर ऊर्जा को बढ़ावा देने के लिए बहुत सारी योजनाएं चलाई जा रही हैं जो निम्न प्रकार हैं— प्रधानमंत्री किसान ऊर्जा सूर्य उत्सर्जन योजना (PM KUSUM), प्रधानमंत्री रूफटॉप योजना, सौर उत्सर्जन योजनाएं, उज्ज्वला योजना, अत्यंत उत्कृष्ट सौर उत्सर्जन योजना (Ultra mega renewable energy Power Parks – UMREPPs)
- **बढ़ती ऊर्जा आवश्यकता की वजह से भारत में सोलर ऊर्जा की संभावनाएं बहुत अधिक हैं।**
- **सोलर ऊर्जा का परिवहन सेक्टर में बढ़ता दबदबा**— सोलर पैनल का उपयोग व्यापक तौर पर परिवहन सेक्टर में लगातार बढ़ रहा है। द इकोनॉमिक सर्वे 2023 का अनुमान है कि भारत में घरेलु इलेक्ट्रिक व्हीकल का मार्केट 2022 से 2023 के बीच 49 प्रतिशत संयुक्त वार्षिक वृद्धि दर [Compound annual growth rate(CAGR)] रहने का अनुमान है। 2030 तक 10 मिलियन वार्षिक सेल की संभावना है। इसके लिए भारत तथा सरकार **Faster**

Adoption of Manufacturing of Electric Vehicles Scheme – II (FAME –II) तथा The Production Linked Incentive Scheme (PLI) लेकर आयी है।¹²

7. वर्ष 2023 में सोलर ऊर्जा के उपयोग से संबंधित इनोवेशन

हाल के कुछ वर्षों में विश्व स्तर पर सोलर ऊर्जा के क्षेत्र में नये इनोवेशन को छोटे स्तर पर परखा गया जो बड़े स्तर पर भविष्य में भारत की कई क्षेत्रों में ऊर्जा जरूरतों को पूरा कर सकतें हैं जिनमें से कुछ निम्न प्रकार हैं—

- शोधकर्ता बिल्डींग मेटेरियल जैसे कि रूफ टाइल, खिड़की तथा दीवार के साथ जोड़े जाने वाले सोलर पैनल विकसित कर रहे हैं ताकि सस्ती बिजली का उत्पादन हो सके।
- सोलर ऊर्जा युक्त रोड़ विकसित करने के प्रयास किये जा रहे हैं जिसमें सोलर पैनल को रोड़ की सतह पर जोड़ा जा रहा जो स्ट्रीट लाइट, ट्रेफिक सिग्नल आदि की ऊर्जा जरूरतों का पूरा किया जा सके।
- सोलर ऊर्जा युक्त जलशोधन प्लांट।
- सोलर ऊर्जा युक्त चार्जिंग स्टेशन।
- सोलर ऊर्जा युक्त ड्रोन का उपयोग— वर्तमान में इनका उपयोग कई क्षेत्रों जैसे कृषि, लैंड सर्वे, सामान की डीलिवरी आदि में व्यापक तौर पर लिया जा रहा है।¹³

8. सोलर ऊर्जा के क्षेत्र में चुनौतियाँ

वर्तमान में भारत में सोलर ऊर्जा तंत्र को व्यापक व घरेलु स्तर पर विकसित करने में कुछ चुनौतियों का सामना करना पड़ रहा है, जो निम्न प्रकार हैं —

- **सोलर पैनल पार्ट की घरेलु उत्पादन में कमी** — दक्ष कामगार, इन्फ्रास्ट्रक्चर की कमी तथा उत्पादन की उच्च लागत की वजह से घरेलु सोलर पैनल इन्डस्ट्री की भारत में कमी देखी जाती है जिसमें सुधार की आवश्यकता है। सोलर पैनल की वर्तमान में दक्षता में सुधार हो रहा है। आम सोलर सेल की दक्षता 20 से 30 प्रतिशत तक होती है।
- **भूमि की अनुपलब्धता** — सोलर ऊर्जा के क्षेत्र में जमीन की उपलब्धता भी बड़ा चैलेंज है। इस चैलेंज को दूर करने के लिए ग्राउण्ड व माउण्ट सोलर तंत्र विकसित करने के लिए शोध की आवश्यकता है।
- **मजबूत फाइनेन्सियल तंत्र**— भारत में बड़े सोलर पार्क विकसित करने के लिए आकर्षक फाइनेन्सियल तंत्र की अक्सर कमी महसूस होती है। अतः इसे अधिक आकर्षक बनाने की जरूरत है। जैसे कम ब्याज दर पर लंबे समय के

लिए फण्ड उपलब्ध करवाना, राष्ट्रीय स्वच्छ ऊर्जा तथा एन्वायरनमेंट फण्ड आदि के माध्यम से इस समस्या को कम किया जा सकता है।

- **सोलर वेस्ट प्रबंधन**— भारत में सोलर वेस्ट प्रतिवर्ष लगातार बढ़ रहा है जिसका निस्तारण इस क्षेत्र में बड़ा इश्यू है। एक अनुमान के मुताबिक 2050 तक भारत में 1.5 मिलीयन टन सोलर वेस्ट हो जाएगा इसको रिसाइकल करना बड़ा चैलेंज है।
- **संचयन व स्टोरेज क्षमता**— परंपरागत सोलर सिस्टम में ऊर्जा के संचयन व स्टोरेज के लिए लीथियम आयन व लैड बैटरी उपयोग में ली जाती है। जो काफी जगह घेरती है तथा उनकी लाइफ भी कम होती है। इसके लिए अधिक संचयन व स्टोरेज क्षमता वाली तकनीक (जैसे सोलर थर्मल, उन्नत बैटरी, नैनो मेटेरियल का उपयोग) को अपनाया जाये तथा इस क्षेत्र में शोध का बढ़ावा दिया जाए।
- **सोलर ऊर्जा प्रबंधन** — सोलर ऊर्जा के बेहतर प्रबंधन की आवश्यकता है जिससे देश में बनने वाली सोलर ऊर्जा के उपयोग से घरेलू व इण्डस्ट्रीयल उपयोग में आने वाली बिजली के दामों में कटौती हो सके। इसके लिए आवश्यक है कि घरेलू सोलर सिस्टम को सीधा ही ग्रिड प्रणाली से जोड़ा जाये, जिससे सोलर ऊर्जा का भंडारण व वितरण अच्छे से हो सके। सोलर ऊर्जा प्रणाली को स्टार्टअप के रूप में सरकारों की तरफ से बढ़ावा दिया जाये जिससे रोजगार के अवसर उपलब्ध हो। सोलर ऊर्जा के प्रबंधन में आर्टिफिसियल इन्टेलिजेंस का उपयोग भी काफी उपयोगी साबित हो सकता है।
- वर्तमान में सोलर पैनलों की सफाई में प्रतिवर्ष लगभग 10 बिलियन गैलन पानी का उपयोग होने का अनुमान है। अतः इसके लिए आवश्यक की सफाई कार्य के लिए पानी पर निर्भरता कम करके नई जल व संपर्क रहित तकनीक को बढ़ावा दिया जाये जिससे पानी की बचत हो सके।

सोलर ऊर्जा के क्षेत्र में वर्तमान चुनौतियों को बेहतर प्रबंधन व उन्नत तकनीक के उपयोग से काफी हद तक कम किया जा सकता है। इसके साथ ही इस क्षेत्र में शोध का बढ़ावा दिया जाए। सोलर परियोजनाओं में अधिक निवेश की आवश्यकता है ताकि इस क्षेत्र में और विकास हो सके और स्थिरता मिले। सरकारों की सकारात्मक नीतियों व लोगों में जागरूकता भी भारत में सोलर ऊर्जा क्षेत्र को आगे बढ़ाने में मील का पत्थर साबित होगी।¹⁴⁻¹⁵

9. निष्कर्ष

भविष्य में वही देश दुनिया का सिरमोर होगा, जो अपनी ऊर्जा जरूरतों का बेहतर प्रबंधन करेगा, क्योंकि समय के साथ परंपरागत ऊर्जा स्रोत जैसे कोयला व पेट्रोलियम पयूल का भंडार लगातार घट रहा है। अतः जितनी जल्दी हो सके। भारत को परंपरागत ऊर्जा स्रोतों पर से अपनी निर्भरता को घटाने की तथा नवीनीकरण ऊर्जा के स्रोत को अपनाने की आवश्यकता है। सूर्य अथाह ऊर्जा का भंडार है जो सदियों से पृथ्वी पर जीवों की ऊर्जा जरूरतों को लगातार पूरा कर रहा है। सोलर ऊर्जा नवीन व स्वच्छ ऊर्जा (जीरो कार्बन उत्सर्जन) है। अधिक सूर्य संवर्धन, बड़ी सूर्य क्षमता, सरकारी समर्थन, बढ़ती ऊर्जा आवश्यकता की वजह से भारत में सोलर ऊर्जा की संभावनाएं बहुत उच्च है। वर्तमान में भारत विश्व पटल पर सोलर ऊर्जा के क्षेत्र में तेजी से उभर रहा है तथा 2030 तक भारत की सोलर क्षमता 500 गीगावाट हो जाएगी। उन्नत सोलर सिस्टम, कम लागत, अधिक संचयन व स्टोरेज क्षमता वाली तकनीक को अपनाया जाकर सोलर ऊर्जा क्षेत्र में आने वाली चुनौतियों से उभरा जा सकता है। सोलर ऊर्जा के बेहतर प्रबंधन द्वारा व मजबूत फाइनेन्सियल

तंत्र को विकसित करके इस क्षेत्र में सकारात्मक परिणाम प्राप्त किए जा सकते हैं। इस क्षेत्र में शोध को और अधिक बढ़ावा दिया जाना चाहिए। सरकारों की सकारात्मक नीतियां व लोगों में जागरूकता भी भारत में सोलर ऊर्जा क्षेत्र को आगे बढ़ाने में मील का पत्थर साबित होगी।

10.संदर्भ

1. <https://www.eia.gov/energyexplained/coal/how-much-coal-is-left.php>
2. <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=38&t=6#:~:text=According%20to%20the%20U.S.%20Energy,for%20liquid%20fuels%20through%202050.>
3. https://www.investopedia.com/terms/r/renewable_resource.asp
4. <https://www.livemint.com/news/india/indias-renewable-energy-capacity-at-122-gw-in-february-11680179203975>
5. <https://cleaneart4kids.org/renewable-energy>
6. <https://www.britannica.com/science/solar-energy>
7. https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_in_India#:~:text=Solar%20power%20is%20a%20fast,ranks%20fourth%20globally%20in%202021.
8. Manjul Paul 2023
8. <https://www.livemint.com/news/india/indias-renewable-energy-capacity-at-122-gw-in-february-11680179203975>
9. https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_panel
10. <https://www.priyamstudycentre.com/2022/09/solar-energy.html>
11. <https://www.treehugger.com/what-are-solar-panels-made-of-5179704>
12. <https://www.investindia.gov.in/team-india-blogs/indias-ev-economy-future-automotive-transportation>
13. <https://thesolarlabs.com/ros/future-of-solar-energy-predictions-for-2023/>
14. <https://www.clearias.com/solar-energy/>
15. <https://www.drishtiiias.com/daily-updates/daily-news-editorials/india-s-solar-power-dream-1>