4	सेकी हाइब्रिड-IV	1200	0	2.34
5	सेकी हाइब्रिड -V	1170	0	2.53
6	सेकी हाइब्रिड -VI	1200	0	4.64
7	सेकी हाइब्रिड -VII	900	0	3.15
8	सेकी हाइब्रिड -VIII	1200	0	3.43
9	सेकी हाइब्रिड -IX	600	0	3.25
10	एनटीपीसी हाइब्रिड -I	1080	0	3.35
11	एनटीपीसी हाइब्रिड -01/2024-25	1170	0	3.28
12	एनटीपीसी हाइब्रिड -02/2024-25	1200	0	3.38
13	एनटीपीसी हाइब्रिड 03/2024-25	1200	0	3.35
14	एनटीपीसी हाइब्रिड -IV	1500	0	3.27
15	एनटीपीसी हाइब्रिड -V	1000	0	3.41
16	एनटीपीसी हाइब्रिड -VI	1000	0	3.43
17	एनएचपीसी हाइब्रिड -I	960	0	3.48
18	एनएचपीसी हाइब्रिड -II	2400	0	3.41
19	एसजेवीएन हाइब्रिड-I	1500	0	3.43
20	एसजेवीएन हाइब्रिड-II	1500	0	3.41
21	एसजेवीएन हाइब्रिड-III	1200	0	3.19
	कुल	24530	1674	

1. इसके अलावा, पीक घंटों के दौरान सुनिश्चित आपूर्ति, फर्मों और प्रेषण योग्य नवीकरणीय ऊर्जा (एफडीआरई) और चौबीसों घंटे (आरटीसी) बोलियों के माध्यम से प्रदान की गई हाइब्रिड परियोजनाओं की स्थिति तालिका 4.6 में दी गई है।

तालिका 4.6. एश्योर्ड पीक पावर सप्लाई, एफडीआरई और आरटीसी बोलियों के तहत प्रदान की गई आरईआईए निविदाओं का विवरण

क्र.सं.	बोली कर्ता एजेंसी	आवंटित क्षमता (मेगावाट)	चालू की गई क्षमता (मेगावाट)	न्यूनतम टैरिफ (रु. प्रति किलोवाट घंटे)
1	सेकी अस्योरड पीक पावर-VII	1200	300	2.88
2	सेकी आरटीसी	400	0	2.9
3	सेकी आरटीसी-IV	420	0	5.06
4	सेकी एफडीआरई -IV	630	0	4.98
5	एनटीपीसी एफडीआरई-I	1530	0	4.64
6	एनटीपीसी एफडीआरई-01/2024-25	760	0	4.69
7	एनएचपीसी एफडीआरई-I	1400	0	4.55

8	एनएचपीसी एफडीआरई-II	2100	0	4.37
9	एनएचपीसी एफडीआरई-III	1200	0	4.48
10	एसजेवीएन एफडीआरई-I	2368	0	4.38
11	एसजेवीएन एफडीआरई-II	2400	0	4.25
12	एसजेवीएन एफडीआरई-III (आरटीसी)	448	0	4.82
	कुल	14856	300	

4.2.4. पवन टर्बाइनों के निर्माण के लिए रियायती सीमा शुल्क छूट प्रमाणपत्र

समय-समय पर यथासंशोधित वित्त मंत्रालय की दिनांक 30.06.2017 की टैरिफ अधिसूचना सं. 50/2017-सीमा शुल्क के अनुसार, मंत्रालय द्वारा पवन प्रचालित विद्युत जनरेटर निर्माताओं को रियायती सीमा शुल्क छूट प्रमाणपत्र (सीसीडीसी) जारी किये जा रहे हैं। भारत में इस तरह के निर्माण के लिए ऐसे सभी कंपोनेंटों/उपकंपोनेंटों के प्रमुख कंपोनेंटो/उप-कंपोनेंटों/भाग/उप-भागों के आवश्यक आयात के लिए रियायती सीमा शुल्क लाभ प्राप्त करने के लिए, आरएलएमएम (मॉडलों और निर्माताओं की पंजीकृत सूची) में सूचीबद्ध पात्र टर्बाइन और कंपोनेंट निर्माताओं को टर्बाइन मॉडलों के लिए सामग्री का बिल (बिल ऑफ मटीरियल) का अनुमोदन प्राप्त करना होगा और इसके बाद उनकी आयात खेपों (कंसाइनमेंट्स) के लिए सीसीडीसी (रियायती सीमा शुल्क प्रमाणपत्र) जारी करवाने के लिए इस मंत्रालय को निर्धारित आवेदन प्रारूपों में आवेदन करना आवश्यक है। समस्त प्रक्रिया को तेज और पारदर्शी बनाने के लिए, अक्टूबर 2019 से एक ऑनलाइन पोर्टल विकसित करके सक्रिय किया गया है। वर्ष 2025 में कुल 278 सीसीडीसी जारी किए गए हैं।

अध्याय 5

राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन (NGHM)

5.1 परिचय

राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन (NGHM) की शुरुआत जनवरी, 2023 में वर्ष 2029-30 तक के लिए 19,744 करोड़ रु. के परिव्यय के साथ की गई थी इसमें से 17,490 करोड़ रु. हरित हाइड्रोजन परिवर्तन (SIGHT) कार्यक्रम के लिए, 1,466 करोड़ रु. पायलट परियोजनाओं के लिए, ₹400 करोड़ अनुसंधान और विकास (R&D) के लिए, और ₹388 करोड़ आउटरीच, कौशल विकास और अन्य पहलों के लिए निर्धारित हैं। मिशन का उद्देश्य वर्ष 2030 तक कम से कम 5 मिलियन मीट्रिक टन प्रति वर्ष (MMTPA) हरित हाइड्रोजन का उत्पादन करना है। मिशन से अपेक्षित परिणामों में 125 GW की नवीकरणीय ऊर्जा (RE) क्षमता में वृद्धि, कुल ₹8 लाख करोड़ से अधिक निवेश, 6 लाख से अधिक पूर्णकालिक रोजगार का सृजन और 50 MMT प्रति वर्ष CO_2 उत्सर्जन में कमी करना शामिल हैं। मिशन के मुख्य घटकों में इलेक्ट्रोलाइजर विनिर्माण और हरित हाइड्रोजन उत्पादन के लिए प्रोत्साहन; पायलट परियोजनाएं, अनुसंधान और विकास, विनियामक फ्रेमवर्क, हरित हाइड्रोजन हब, और कौशल विकास कार्यक्रम शामिल हैं।

मिशन को कार्यान्वित करने के लिए, एक लचीली और परिणाम-उन्मुखी शासन संरचना स्थापित की गई है। एक अधिकार प्राप्त समूह (EG) कैबिनेट सचिव की अध्यक्षता में और एक सलाहकार समूह (AG) भारत सरकार के प्रधान वैज्ञानिक सलाहकार की अध्यक्षता में गठित किया गया है। मिशन सचिवालय जिसका मुख्यालय MNRE में स्थित है, मिशन निदेशक (जो EG के सचिव के रूप में कार्यरत होंगे) के नेतृत्व में और जिसमें कार्यक्रम निदेशक और विषय विशेषज्ञ शामिल हैं, को भी कार्यक्रम का समन्वय करने और मिशन की दिन-प्रतिदिन की गतिविधियों को सुगम बनाने के लिए गठित किया गया है।

5.2 ग्रीन हाइड्रोजन रुपांतरण के लिए रणनीतिक हस्तक्षेप (SIGHT) कार्यक्रम

ग्रीन हाइड्रोजन रुपांतरण के लिए रणनीतिक हस्तक्षेप (SIGHT) कार्यक्रम के अंतर्गत, NGHM मिशन का एक महत्वपूर्ण घटक, जिसकी कुल आवंटन ₹17,490 करोड़ के परिव्यय के साथ महत्वपूर्ण प्रगति हुई है। वर्ष 2025 में, निम्नलिखित प्रगति हुई है।

5.2.1 ग्रीन हाइड्रोजन2 के लिए प्रोत्साहन योजना के ट्रांश II के तहत 4,50,000 MMTPA की ग्रीन हाइड्रोजन उत्पादन क्षमता आवंटित की गई, जिससे कुल आवंटित क्षमता 8,62,000 MTPA तक पहुंच गई।

5.2.2 SECI द्वारा देशभर के विभिन्न उर्वरक इकाइयों को 7,24,000 MTPA ग्रीन अमोनिया (ग्रीन हाइड्रोजन का एक व्युत्पन्न) के उत्पादन और आपूर्ति के लिए कीमतें निर्धारित की गई हैं। ये विश्व की सबसे कम कीमतों में से कुछ हैं, जिनकी भारांकित औसत कीमत प्रति किलोग्राम 53.27 रुपये है।

5.2.3 आईओसीएल, बीपीसीएल और एचपीसीएल रिफाइनरियों को 20,000 MTPA हरित हाइड्रोजन (ग्रीन हाइड्रोजन) के उत्पादन और आपूर्ति के लिए परियोजनाएं आवंटित की गई हैं। हरित हाइड्रोजन की प्रति किलोग्राम दर आईओसीएल के लिए ₹336/किग्रा और एचपीसीएल व बीपीसीएल के लिए ₹328/किग्रा निर्धारित की गई है।

इन पहलों का उद्देश्य भारत को हाइड्रोजन अर्थव्यवस्था की ओर तेजी से बढ़ाने, स्वदेशी उत्पादन का विस्तार करने और हरित हाइड्रोजन व उसके उत्पादों की सतत आपूर्ति सुनिश्चित करने के लिए है।

5.3 पायलट परियोजनाएं

मिशन के तहत पायलट परियोजनाएं लागू की जा रही हैं ताकि जीवाश्म ईंधन और जीवाश्म ईंधन आधारित कच्चे माल को हरित हाइड्रोजन और उसके उत्पादों द्वारा प्रतिस्थापित किया जा सके। इन पहलों का लक्ष्य हरित हाइड्रोजन तकनीकों की व्यवहार्यता और विस्तार क्षमता को प्रदर्शित करना, विशेषकर उन क्षेत्रों में जहां उत्सर्जन कम करना कठिन है।

वर्ष 2025 में, निम्नलिखित परियोजनाओं को लागू किया गया है:

5.3.1 इस्पात क्षेत्र में हाइड्रोजन के उपयोग के लिए चार पायलट परियोजनाएं आवंटित की गई। इन परियोजनाओं के लिए स्वीकृत धन राशि लगभग ₹106 करोड़ है। इन चार परियोजनाओं के आवंटन के साथ, कुल आवंटित परियोजनाओं की संख्या पांच हो गई, जिनके लिए कुल निधि आवंटन लगभग ₹132 करोड़ है।

5.3.2 एक पायलट परियोजना को एक हाइड्रोजन ईंधन चालित ट्रक और एक हाइड्रोजन रिफ्यूलिंग स्टेशन लगाने के लिए आवंटित किया गया, जिससे कुल आवंटित परियोजनाओं की संख्या पांच पायलट परियोजनाओं तक पहुंच गई जिससे 37 हाइड्रोजन ईंधन चालित वाहन (10 बसें और 27 ट्रक) के साथ 9 हाइड्रोजन रिफ्यूलिंग स्टेशनों को देश के 10 विभिन्न मार्गों पर आवंटित किया गया है। इन परियोजनाओं के लिए कुल निधि आवंटन लगभग ₹208 करोड़ है।

5.3.3 तमिलनाडु के तटीय शहर तुतिकोरिन में स्थित वी. ओ. चिदंबरनर बंदरगाह प्राधिकरण में बंकरिंग और ईंधन भरने की सुविधा विकसित करने के लिए एक परियोजना आवंटित की गई है।

5.4 ग्रीन हाइड्रोजन हब एवं हाइड्रोजन वैली नवाचारा क्लस्टर

हाइड्रोजन हब स्थापित करने के लिए योजना दिशानिर्देशों को संशोधित किया गया है ताकि राष्ट्रीय ग्रीन हाइड्रोजन मिशन (NGHM) के तहत भारत में हाइड्रोजन वैली नवाचार क्लस्टर (HVIC) स्थापित किए जा सकें, जो ग्रीन हाइड्रोजन हब के रूप में परियोजनाओं को बढ़ाने के लिए सीख प्रदान करेंगे। तदनुसार, योजना अब दो घटकों से बनी है।

5.4.1 **घटक ।:** हाइड्रोजन वेली नवाचार क्लस्टर – चार परियोजनाओं को हाइड्रोजन वैली नवाचार क्लस्टर (HVIC) के रूप में विकसित करने के लिए आवंटित किया गया, अर्थात् JHV इनोवेशन (जोधपुर), ओडिशा हाइड्रोजन वैली (भुवनेश्वर), पुणे हाइड्रोजन वैली और केरल HVICA इन परियोजनाओं के लिए अनुमोदित धनराशि लगभग 170 करोङ रुपए है।

5.4.2 **घटक बी:** ग्रीन हाइड्रोजन हब – यह योजना राज्य में ग्रीन हाइड्रोजन हब के लिए डीपीआर (डिटेल्ड प्रोजेक्ट रिपोर्ट) तैयार करने में सहायता करती है। प्रत्येक डीपीआर को अधिकतम ₹3 करोड़ की वित्तीय सहायता दी जाएगी। हरित हाइड्रोजन डेरिवेटिव्स के बड़े पैमाने पर निर्यात के अवसरों को सक्षम बनाने के लिए, कांडला, पारादीप और तुतिकोरिन बंदरगाहों को हरित हाइड्रोजन हब के रूप में विकसित करने के लिए चिन्हित किया गया है।

5.5 कौशल विकास

हाइड्रोजन मूल्य श्रृंखला में कौशल विकास के लिए, दिसंबर 2025 तक, राष्ट्रीय व्यावसायिक शिक्षा और प्रशिक्षण परिषद (NCVET) द्वारा कुल 43 क्वालिफिकेशन पैक (QPs) को मंजूरी दी जा चुकी है। 78 मास्टर ट्रेनर और 325 प्रशिक्षकों को व्यवस्थित प्रशिक्षण दिया गया है। 6,541 प्रशिक्षुओं को प्रमाणित किया गया है।

5.6 भारत की ग्रीन हाइड्रोजन प्रमाणन योजना

माननीय नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्री, श्री प्रल्हाद वेंकटेश जोशी द्वारा भारत की ग्रीन हाइड्रोजन प्रमाणन योजना की शुरुआत अप्रैल, 2025 में की गई थी। यह योजना, अगस्त 2023 में शुरू किए गए ग्रीन हाइड्रोजन मानक पर आधारित, भारत में उत्पादित ग्रीन हाइड्रोजन की सत्यता और वैश्विक मान्यता सुनिश्चित करती है। यह भारत में उत्पादित ग्रीन हाइड्रोजन की गुणवत्ता और स्थिरता सुनिश्चित करने का एक साधन होगी।

5.7 परीक्षण सुविधाएं

परीक्षण सुविधाओं, इन्फ्रास्ट्रक्चर और मानकों तथा नियामक ढांचे के विकास के लिए संस्थागत सहायता की वित्तीय सहायता के लिए पांच परियोजनाएं आवंटित की गई हैं। इन परियोजनाओं के लिए स्वीकृत राशि लगभग 114 करोड़ रु. है।

5.8 अनुसंधान और विकास

अनुसंधान और विकास योजना के तहत, 23 परियोजनाओं को उत्पादन, सुरक्षा और एकीकरण, तथा अनुप्रयोग जैसी विभिन्न श्रेणियों में आवंटित किया गया है। इन परियोजनाओं के लिए स्वीकृत राशि लगभग 115 करोड़ रु. है।

5.9 विनियम, कोड और मानक (आरसीएस)

भारत में इस क्षेत्र में विनियमों, कोडों और मानकों (आरसीएस) के विकास के लिए, अक्टूबर 2025 तक, 128 मानकों को ग्रीन हाइड्रोजन के लिए मानक विकसित करने वाली संस्थाओं जैसे कि भारतीय मानक ब्यूरो (BIS), तेल उद्योग सुरक्षा निदेशाल [ऑयल इंडस्ट्री सेफ्टी डायरेक्टरेट (OISD)], सड़क परिवहन और राजमार्ग मंत्रालय (MoRTH), पेट्रोलियम और विस्फोटक सुरक्षा संगठन (PESO), पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस विनियामक बोर्ड (PNGRB) द्वारा अपनाया/प्रकाशित किया गया है।

5.10 राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान (नाइस)

राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान (नाइस), गुरुग्राम ने दिसंबर 2025 में परिवहन क्षेत्र में हाइड्रोजन के उपयोग के संबंध में एक पायलट परियोजना के लिए टोयोटा किर्लोस्कर मोटर्स (Toyota Kirloskar Motors) के साथ एक समझौता ज्ञापन पर हस्ताक्षर किए हैं।

5.11 जन जागरूकता और पहुंच

वर्ष 2025 में, MNRE ने कई कार्यक्रमों का आयोजन किया और विश्वभर में होने वाले कुछ प्रमुख आयोजनों, सम्मेलनों और कार्यशालाओं में सक्रिय रूप से भाग लिया। इन सभी का उद्देश्य राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन को आगे बढ़ाना और अंतरराष्ट्रीय सहयोग को प्रोत्साहित करना था। कुछ प्रमुख आयोजनों में शामिल हैं:

5.11.1 तीसरा अंतरराष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन सम्मेलन (ICGH 2025): तीसरे अंतरराष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन का आयोजन 11 और 12 नवंबर 2025 को भारत मंडपम, नई दिल्ली में किया गया। इस आयोजन में प्रतिष्ठित वक्ताओं ने भाग लिया, और भारत तथा विदेशों से आए प्रतिनिधियों, शोधकर्ताओं, उद्योगपतियों, संघों और छात्रों की उपस्थिति रही।

5.11.2 ग्रीन हाइड्रोजन पर प्रथम आरएंडडी सम्मेलन (ग्रीन हाइड्रोजन 2025 पर आरएंडडी सम्मेलन): ग्रीन हाइड्रोजन पर उद्घाटन आरएंडडी सम्मेलन 11 और 12 सितंबर 2025 को डॉ. अंबेडकर इंटरनेशनल सेंटर, नई दिल्ली में आयोजित किया गया। इस कार्यक्रम में प्रमुख वक्ताओं ने भाग लिया और शोधकर्ताओं तथा छात्रों की उपस्थिति रही।

चित्र 5.1 श्री प्रल्हाद जोशी, माननीय केन्द्रीय मंत्री, नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (MNRE), प्रो. अजय के सूद, भारत सरकार के प्रमुख वैज्ञानिक सलाहकार, श्री संतोष सारंगी, सचिव, नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (MNRE), श्री अभय बाकरे, मिशन निदेशक - राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन, MNRE और श्री मोहम्मद रिहान, महानिदेशक, राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान की उपस्थिति में स्टार्ट-अप एक्सपो का उद्घाटन करते हुए।

5.11.3 राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन पर कार्यशाला - एमएसएमई (लघु और मध्यम उद्यमों) के लिए अवसर: नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (MNRE) ने 29 अप्रैल, 2025 को 'एमएसएमई के लिए अवसर' विषय पर कार्यशाला आयोजित की। इस कार्यक्रम में नीति निर्माता, उद्योग विशेषज्ञ, अनुसंधान एवं विकास संस्थान, वित्तीय संस्थान और एमएसएमई हितधारकों को साथ लाया गया ताकि एमएसएमई को भारत की हरित हाइड्रोजन मूल्य श्रृंखला में समाहित करने हेतु सक्षम ढांचे, निवेश मार्ग और नवाचार साझेदारियों पर विचार-विमर्श किया जा सके। एमएसएमई के लिए प्रमुख हरित हाइड्रोजन संयंत्र घटक चिन्हित किए गए।

चित्र 5.2 श्री प्रल्हाद जोशी, माननीय केंद्रीय कैबिनेट मंत्री, MNRE, ने राष्ट्रीय ग्रीन हाइड्रोजन मिशन - एमएसएमई के लिए अवसरों पर कार्यशाला में भारत की ग्रीन हाइड्रोजन सर्टिफिकेशन स्कीम का शुभारंभ किया।

5.11.4 MNRE ने 9–13 जून, 2025 को सैंटियागो, चिली में इंटरनेशनल पार्टनरशिप फॉर हाइड्रोजन एंड फ्यूल सेल्स इन द इकॉनमी (IPHE) की 43वीं संचालन समिति (स्टियरिंग कमिटी) बैठक में भाग लिया। इस बैठक में ऑस्ट्रिया, फ्रांस, यूरोपीय कमीशन, जापान, जर्मनी, नीदरलैंड, संयुक्त अरब अमीरात (UAE), सऊदी अरब, UK, अमेरिका, सिंगापुर, मोरिटानिया और दक्षिण कोरिया के IPHE प्रतिनिधियों के अलावा मेजबान देश चिली के प्रतिनिधि भी उपस्थित थे। ग्रीन हाइड्रोजन और इसके व्युत्पन्नों (डेरिवेटिव्स) के कार्यान्वयन से संबंधित विभिन्न मुद्दों पर चर्चा की गई।

चित्र 5.3 **आईपीएचई 43वां संचालन समिति (स्टीयरिंग कमिटी) बैठक, सैंटियागो, चिली**

5.11.5 भारत ने अपना स्वयं का प्रदर्शनी स्थल (पेविलियन) स्थापित किया, विश्व हाइड्रोजन समिट 2025 में, जो नीदरलैंड्स के रॉटरडैम में 13 – 15 मई, 2025 के दौरान आयोजित किया गया था। इस प्रदर्शनी स्थल का उद्घाटन नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय के सचिव, श्री संतोष सरंगी ने किया। भारतीय प्रतिनिधिमंडल में नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय, विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग, रेल मंत्रालय, पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस मंत्रालय और निजी एवं सार्वजनिक क्षेत्र की कंपनियों के प्रतिनिधियों के मनोनीत सदस्य शामिल थे।

चित्र 5.4 विश्व हाइड्रोजन सम्मेलन 2025, रॉटरडैम में इंडिया पवेलियन

5.11.6 विश्व हाइड्रोजन और फ्यूल सेल दिवस 8 अक्टूबर 2025 को MNRE अटल अक्षय ऊर्जा भवन में मनाया गया। इस अवसर पर उद्योग, अकादमिक और सरकारी क्षेत्र के हाइड्रोजन विशेषज्ञ एक साथ आए। इस कार्यक्रम के तहत एक राउंडटेबल का आयोजन किया गया।

5.11.7 भारत ने 29 सितंबर 2025 से 3 अक्टूबर 2025 तक ब्रुसेल्स, बेल्जियम में आयोजित यूरोपीय हाइड्रोजन सप्ताह 2025 में भाग लिया।

चित्र 5.5 श्री संतोष कुमार सारंगी, सचिव, नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय, भारत सरकार 29 सितंबर, 2025 को उच्च स्तरीय व्यापार चर्चा में अपने विचार व्यक्त करते हुए।

5.12 राष्ट्रीय हाइड्रोजन सुरक्षा पैनल (NHSP)

हाइड्रोजन मूल्य श्रृंखला में सुरक्षित और सुदृढ़ गुणवत्ता तथा प्रदर्शन सुनिश्चित करने के लिए, सितंबर 2025 में एक राष्ट्रीय हाइड्रोजन सुरक्षा पैनल (NHSP) का गठन किया गया है जिसमें हाइड्रोजन मूल्य श्रृंखला के सभी क्षेत्रों के विशेषज्ञ शामिल हैं। सुरक्षा पैनल, मूल्य श्रृंखला में हाइड्रोजन सुरक्षा मानकों के विकास और सामंजस्य में सहायता करेगा, जागरूकता, प्रशिक्षण तथा ज्ञान साझा करने को बढ़ावा देने के उपाय सुझाएगा, सुरक्षा कार्यप्रणालियों में कमियों की पहचान करेगा, और हाइड्रोजन परियोजनाओं के चालू होने और प्रचालन के लिए कोड, मानकों, प्रोटोकॉल और मॉडल दिशानिर्देशों के लिए सिफारिश करेगा।

चित्र 5.6 मंच पर प्रतिष्ठित अतिथि, श्री प्रल्हाद जोशी, माननीय मंत्री, नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (MNRE), श्री अजय के सूद, भारत सरकार के मुख्य वैज्ञानिक सलाहकार, श्री संतोष कुमार सारंगी, सचिव, नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (MNRE), श्री आकाश त्रिपाठी, प्रबंध निदेशक, सोलर एनर्जी कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया (SECI), और श्री जॉर्गो चौट्ज़ीमारकाकिस, सीईओ, हाइड्रोजन यूरोप, ने कार्यक्रम में जनसभा को संबोधित किया।

चित्र 5.7 राष्ट्रीय ग्रीन हाइड्रोजन मिशन का लोगो दिनांक 11 नवंबर, 2025 को माननीय नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्री, श्री प्रल्हाद वेंकटेश जोशी द्वारा ग्रीन हाइड्रोजन 2025 अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन के दौरान जारी किया गया।

अध्याय 6

जैव ऊर्जा, लघु जल विद्युत

6.1 बायोगैस कार्यक्रम

6.1.1 नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (एमएनआरई) देश के सुदूर ग्रामीण तथा अर्थ-शहरी क्षेत्रों में बायोगैस संयंत्रों के प्रसार और स्थापना के लिए नवंबर, 2022 से बायोगैस कार्यक्रम का कार्यान्वयन कर रहा है। बायोगैस कार्यक्रम अम्ब्रेला राष्ट्रीय जैव-ऊर्जा कार्यक्रम (एनबीपी) के तहत जारी रहा, जिसकी घोषणा दिनांक 02.11.2022 को दिनांक 01.04.2021 से 31.03.2026 तक की अवधि के लिए की गई।

बायोगैस कार्यक्रम का उद्देश्य स्वच्छ खाना पकाने के ईंधन, रोशनी, उपयोगकर्ताओं की तापीय एवं विकेंद्रीकृत विद्युत उत्पादन आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए बायोगैस संयंत्रों की स्थापना में सहायता करना है, जिससे अंततः ग्रीन हाउस गैस उत्सर्जन में कमी आएगी, बेहतर स्वच्छता होगी, जैविक रूप से समृद्ध ठोस बायोगैस उर्वरक के रूप में बायोगैस संयंत्र से उत्पन्न घोल (स्लरी) के प्रबंधन व उसके उपयोग, महिला सशक्तिकरण तथा ग्रामीण रोजगार के सृजन आदि को सुविधाजनक बनाया जा सकेगा।

बायोगैस कार्यक्रम का क्रियान्वयन राज्यों के कृषि, किसान कल्याण और ग्रामीण विकास विभागों, डेयरी सहकारी समितियों, राज्य नोडल एजेंसियों (एसएनए), बायोगैस विकास और प्रशिक्षण केंद्रों (बीडीटीसी), खादी और ग्रामोद्योग आयोग (केवीआईसी), राष्ट्रीय डेयरी विकास बोर्ड (एनडीडीबी), अमूल डेयरी आदि के माध्यम से किया जा रहा है।

6.1.2 बायोगैस कार्यक्रम के अंतर्गत उपलब्धियाँ

राष्ट्रीय जैव ऊर्जा कार्यक्रम के चरण-I के दौरान बायोगैस संयंत्रों की राज्य-वार स्थापित संख्या निम्नलिखित है:

तालिका 6.1: बायोगैस कार्यक्रम के अंतर्गत परिवार प्रकार के लघु बायोगैस संयंत्रों के लिए राज्य/संघ राज्य क्षेत्र-वार उपलब्धियां।

क्र. सं.	राज्य का नाम	लघु बायोगैस संयंत्रों की संख्या
1.	आन्ध्र प्रदेश	88
2.	अरुणाचल प्रदेश	200
3.	असम	389
4.	बिहार	255
5.	छत्तीसगढ़	546
6.	गोवा	11
7.	गुजरात	3668

8.	हरियाणा	439
9.	झारखण्ड	11
10.	कर्नाटक	1398
11.	केरलम	637
12.	मध्य प्रदेश	6260
13.	महाराष्ट्र	14468
14.	मणिपुर	25
15.	मेघालय	1
16.	मिजोरम	1
17.	नागालैंड	52
18.	ओडिशा	216
19.	पंजाब	3220
20.	राजस्थान	567
21.	तमिलनाडु	124
22.	तेलंगाना	23
23.	त्रिपुरा	161
24.	उत्तर प्रदेश	540
25.	उत्तराखण्ड	1436
26.	पश्चिम बंगाल	159
27.	दादरा एवं नगर हवेली	18
कुल		**34913**

तालिका 6.2: मध्यम आकार के स्वीकृत बायोगैस कार्यक्रम का विवरण

संख्या	स्थापित क्षमता (MWeq)	स्वीकृत सीएफए (करोड़ रु. में)
38	4.02	16.06

6.1.3. बायोगैस कार्यक्रम के अंतर्गत सब्सिडी और अन्य केंद्रीय वित्तीय सहायता

6.1.3.1 इस कार्यक्रम के अंतर्गत विभिन्न घटकों के लिए केन्द्रीय वित्तीय सहायता (सीएफए) का विवरण निम्नानुसार है:

क. लघु बायोगॅस संयंत्रों (1-25 घन मीटर/प्रति दिन संयंत्र क्षमता) के लिए: घन मीटर में संयंत्र के आकार के आधार पर प्रति संयंत्र 9800/- रुपए से 70,400/- रुपए; और

ख. विद्युत उत्पादन तथा तापीय अनुप्रयोग (प्रतिदिन 25 से लेकर 2500 घन मीटर बायोगैस उत्पादन क्षमता), (प्रतिदिन 3 से 250 केडब्ल्यूई विद्युत उत्पादन क्षमता) के लिए: विद्युत उत्पादन के लिए 35,000 रुपए से लेकर 45,000 रुपए प्रति किलोवाट और तापीय अनुप्रयोगों (25-2500 घन मी./दिन संयंत्र क्षमता) के लिए 17,500 रु. से 22,500 रु.

प्रति किलोवाट समतुल्य। द्वीप समूहों, पूर्वोत्तर राज्यों, अ.ज/अ.ज.जा. के लाभार्थियों और पंजीकृत गौशालाओं, सरकारी पंजीकृत गोधनों में स्थापित बायोगैस संयंत्र के लिए पात्र सीएफए, मानक सीएफए से 20 प्रतिशत अधिक होगा।

ग. मंत्रालय ने नामित राज्य के पीआईए को लघु बायोगैस संयंत्रों के वार्षिक आवंटित लक्ष्यों की तुलना में सोएफए की 40% अग्रिम जारी करने के लिए दिशा-निर्देशों में भी संशोधन किया है। इसी प्रकार, बायोगैस कार्यक्रम के तहत बीडीटीसी गतिविधियों के लिए वार्षिक स्वीकृत बजट परिव्यय के 50% की अग्रिम जारी करने का प्रावधान किया गया है।

6.1.3.2 ग्रामीण और पर्यावरणीय पहलू पर नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय के बायोगैस कार्यक्रम के लाभः

एमएनआरई का बायोगैस कार्यक्रम कई पर्यावरणीय लाभों को बढ़ावा देते हुए ग्रामीण आजीविका में सुधार करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। ग्रामीण क्षेत्रों में, घरेलू और सामुदायिक बायोगैस संयंत्र खाना पकाने के लिए स्वच्छ ऊर्जा का एक भरोसेमंद स्रोत प्रदान करते हैं, जिससे जलाऊ लकड़ी, गोबर के उपलों और जीवाश्म ईंधनों पर निर्भरता कम होती है। इससे घर की ऊर्जा लागत कम होती है, घर के अंदर की हवा की गुणवत्ता बेहतर होती है, और स्वास्थ्य संबंधी जोखिम विशेष रूप से महिलाओं और बच्चों के लिए कम होते हैं। यह कार्यक्रम संयंत्र निर्माण, संचालन और रखरखाव के माध्यम से स्थानीय रोजगार में भी सहायता करता है, जबकि जैविक खाद के रूप में अवशोषित घोल का उपयोग मिट्टी की उर्वरकता में वृद्धि करता है और रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता को कम करता है, जिससे स्थायी कृषि को सहायता होती है।

पर्यावरणीय दृष्टिकोण से, यह कार्यक्रम जानवरों के गोबर और जैविक अपशिष्ट से मीथेन को प्राप्त करके और इसे वायुमंडल में जाने देने के बजाय ऊर्जा के रूप में उपयोग करके, जलवायु परिवर्तन शमन और प्रदूषण नियंत्रण में योगदान देता है। जलाऊ लकड़ी का कम उपयोग वनों की कटाई और वन संसाधनों पर दबाव कम करने में मदद करता है। इसके अतिरिक्त, बायोगैस संयंत्रों के माध्यम से जैविक अपशिष्ट का व्यवस्थित प्रबंधन स्वच्छता में सुधार करता है और भूमि तथा जल प्रदूषण को रोकता है। कुल मिलाकर, बायोगैस कार्यक्रम ग्रामीण अपशिष्ट को स्वच्छ ऊर्जा और जैव-खाद में परिवर्तित करके एक चक्रीय (सर्कुलर) अर्थव्यवस्था को बढ़ावा देता है, जो ऊर्जा की उपलब्धता को पर्यावरण संरक्षण और सतत ग्रामीण विकास के साथ जोड़ता है।

चित्र. 6.1: बायोगैस संयंत्र

6.2 बायोमास विद्युत

6.2.1 मंत्रालय द्वारा कृषि अवशिष्ट से सतत रूप से ऊर्जा प्राप्त करने के लक्ष्य से अधिशेष कृषि अवशिष्ट ऊर्जा, उर्जा वनीकरण से उत्पन्न लकड़ी, औद्योगिक प्रचालनों के लकड़ी के अपशिष्ट, कृषि आधारित औद्योगिक अवशिष्ट, वन अवशिष्ट, खर-पतवार, ताड़ के पत्ते, नारियल शेल और छिलके आदि जैसे बायोमास से ऊर्जा की प्राप्ति के उद्देश्य से बायोमास विद्युत को बढ़ावा दिया जा रहा है।

6.2.2 देश में उपलब्ध बायोमास संभाव्यता:

करीब 228 एमएमटी अतिरिक्त (सरप्लस) कृषि अवशिष्ट से करीब 28,446 मेगावाट विद्युत उत्पादन की संभाव्यता की है। नई चीनी मिलों में उन्नतशील उच्च वाष्प तापमान और दवाब तथा कुशल परियोजना कॉन्फिगुरेशन एवं मौजूदा मिलों के आधुनिकीकरण से, चीनी मिलों में खोई सह-उत्पादन द्वारा लगभग 13,866 मेगावाट अतिरिक्त विद्युत उत्पादन की संभाव्यता है। इस प्रकार बायोमास विद्युत की कुल संभावित क्षमता लगभग 42,312 मेगावाट है।

6.2.3 बायोमास आधारित परियोजनाओं की स्थापना को बढ़ावा देने के लिए कार्यक्रम:

मंत्रालय ने वित्त वर्ष 2021-22 से वित्त वर्ष 2025-26 की अवधि के लिए राष्ट्रीय जैव ऊर्जा कार्यक्रम (चरण-I) के अंतर्गत 158 करोड़ रुपए के बजट परिव्यय से दिनांक 02 नवंबर, 2022 को बायोमास कार्यक्रम अधिसूचित किया है, जिसका उद्देश्य देश में उपलब्ध बायोमास संभाव्यता का सदुपयोग करना है। इस कार्यक्रम में देश में सह-उत्पादन परियोजनाओं के आधार पर बायोमास ब्रिकेट/पैलेट निर्माण संयंत्रों और बायोमास (गैर-खोई) की स्थापना के लिए केंद्रीय वित्तीय सहायता (सीएफए) का प्रावधान है। इस कार्यक्रम के अंतर्गत सीएफए का ब्यौरा इस प्रकार हैं-

(क) ब्रिकेट निर्माण संयंत्र के लिए: 9 लाख रु. प्रति एमटीपीएच (मीट्रिक टन/घंटे) (अधिकतम सीएफए - 45 लाख रु. प्रति परियोजना)

(ख) गैर-खोई सह-उत्पादन परियोजना के लिए: 40 लाख रु. प्रति मेगावाट स्थापित क्षमता पर (अधिकतम सीएफए - 5 करोड़ रु. प्रति परियोजना)

(ग) उन पेलेट संयंत्रों के लिए जिनके आवेदन दिनांक 16.07.2024 से पहले प्राप्त हो गए हों: 9 लाख रु. प्रति एमटीपीएच (मीट्रिक टन/घंटे) (अधिकतम सीएफए - 45 लाख रु. प्रति परियोजना)

(घ) उन पेलेट संयंत्रों के लिए जिनके आवेदन दिनांक 16.07.2024 को या उसके बाद प्राप्त हुए हैं:

i. **गैर-टॉरिफाइड पेलेट निर्माण संयंत्र के लिए:** 21 लाख रु./एमटीपीएच उत्पादन क्षमता या 1 एमटीपीएच संयंत्र के संयंत्र और मशीनरी के लिए ध्यान में ली गई पूंजीगत लागत का 30 प्रतिशत, जो भी कम हो (अधिकतम 105 लाख रु. प्रति परियोजना)

ii. **टॉरिफाइड पेलेट निर्माण संयंत्र के लिए:** 42 लाख रु./एमटीपीएच उत्पादन क्षमता या 1 एमटीपीएच संयंत्र के संयंत्र और मशीनरी के लिए ध्यान में ली गई पूंजीगत लागत का 30 प्रतिशत, जो भी कम हो (अधिकतम 210 लाख रु. प्रति परियोजना)

हितधारकों के लिए व्यापक करने में सुगमता और सीएफए के समय पर वितरण में तेजी लाने के लिए, बायोमास कार्यक्रम के दिशानिर्देशों को दिनांक 27.06.2025 को संबोधित किया गया है।

6.2.4 उपलब्धियां

देश में 10757.307 मेगावाट की समग्र क्षमता से 800 से अधिक बायोमास आईपीपी और खोई/गैर-खोई सह उत्पादन-आधारित विद्युत संयंत्र स्थापित किए गए हैं, जो दिसंबर, 2025 तक मुख्य रूप से महाराष्ट्र, उत्तर प्रदेश, कर्नाटक, तमिलनाडु आंध्रप्रदेश, छत्तीसगढ़, पश्चिम बंगाल और पंजाब राज्यों में स्थापित किए गए हैं। इसमें खोई सह-उत्पादन क्षेत्र से 7935.31 मेगावाट, बायोमास आईपीपी क्षेत्र से 1886.01 मेगावाट और बायोमास (गैर-खोई) सह-उत्पादन क्षेत्र से 935.987 मेगावाट शामिल हैं।

6.3 अपशिष्ट से ऊर्जा

6.3.1 शहरी, औद्योगिक, कृषि अपशिष्ट और अवशिष्ट से ऊर्जा कार्यक्रम

मंत्रालय द्वारा "शहरी, औद्योगिक और कृषि अपशिष्ट/अवशिष्ट से ऊर्जा कार्यक्रम" (अपशिष्ट से ऊर्जा कार्यक्रम) योजना कार्यान्वित की जा रही है, जिसका उद्देश्य विभिन्न अपशिष्टों जैसे, सब्जी और अन्य बाजार अपशिष्ट, कसाईखाने का अपशिष्ट, कृषि अवशेष और औद्योगिक कचरा और एफ्लुएंट से बायोगैस, बायोसीएनजी और विद्युत का उत्पादन करना है। बायो-सीएनजी/बायोगैस के अलावा, बायोगैस संयंत्र एक उप-उत्पाद के रूप में जैविक उर्वरक उत्पन्न करते हैं, जो खेतों के लिए मूल्यवान है।

कृषि अवशेष प्रबंधन के साथ डिस्टिलरी, पेपर और पल्प सोल्वेंट निकालना, डेयरी, स्टार्च उद्योग, चीनी मिल, फार्मास्यूटिकल उद्योग तथा सीवेज ट्रीटमेंट संयंत्र आदि जैसे कई औद्योगिक क्षेत्रों में ऐसी परियोजनाएँ स्थापित की जा रही हैं।

वित्त वर्ष 2021-22 से 2025-26 तक उपरोक्त योजना को जारी रखने के लिए मंत्रालय ने राष्ट्रीय जैव ऊर्जा कार्यक्रम के प्रथम चरण के अंतर्गत दिनांक 2.11.22 को दिशानिर्देश जारी किए जिसमें प्रारंभिक आवंटन के रूप में 600 करोड़ रु. आवंटित किए गए थे, जिसे बाद में बढ़ाकर 637.5 करोड़ रु. कर दिया गया। अपशिष्ट से ऊर्जा कार्यक्रम में बायोगैस/बायो-सीएनजी/विद्युत के उत्पादन के लिए अपशिष्ट से ऊर्जा परियोजनाएं स्थापित करने के लिए केंद्रीय वित्तीय सहायता (सीएफए) प्रदान करने का प्रावधान है।

इसके अलावा, कार्यक्रम के कार्यान्वयन में पारदर्शिता, दक्षता और जवाबदेही में सुधार लाने के लिए मंत्रालय ने दिनांक 27.06.2025 को अपशिष्ट से ऊर्जा कार्यक्रम के लिए दिशानिर्देश को संशोधित किया है। इसके अतिरिक्त अद्यतम दिशानिर्देशों का उद्देश्य, परिचालन संबंधी कमियों को दूर करना, अनुपालन को बढ़ावा और कार्यक्रम के तहत संसाधनों का अधिक प्रभावी उपयोग सुनिश्चित करना है।

6.3.2 योजना के उद्देश्य

- उद्योगों में गैसीकरण के माध्यम से शहरी, औद्योगिक एवं कृषि अपशिष्ट तथा कैप्टिव विद्युत और तापीय उपयोग के माध्यम से बायोगैस/बायो-सीएनजी/विद्युत के रूप में ऊर्जा की प्राप्ति के लिए परियोजनाओं की स्थापना को बढ़ावा देना।
- ग्रिड में विद्युत देने हेतु या चावल कारखानों/अन्य उद्योगों और गाँवों की कैप्टिव विद्युत और तापीय आवश्यकताओं के लिए बायोमास गैसीफायर को बढ़ावा देना।
- ऊर्जा की प्राप्ति के लिए अपशिष्ट और अवशिष्ट के उपयोग के निर्माण, प्रदर्शन और प्रसारित करने के लिए राजकोषीय और वित्तीय व्यवस्था सहित, लाभकारी स्थितियों और परिस्थितियों का सृजन करना।

6.3.3 योजना के अंतर्गत प्रदान की जा रही सब्सिडी, अनुदान/प्रोत्साहनः

अपशिष्ट से ऊर्जा परियोजनाओं के लिए केन्द्रीय वित्तीय सहायता (सीएफए) की पद्धति इस प्रकार हैः-

क. बायोगैस उत्पादनः 0.25 करोड़ रु. प्रति 12000 घन मीटर/दिन (अधिकतम सीएफए-5.00 करोड़ रु./परियोजना);

ख. बायोसीएनजी/संवर्धित बायोगैस/कंप्रेस्ड बायोगैस उत्पादनः (अधिकतम सीएफए- 10 करोड़ रु./परियोजना)

   i. नए बायोगैस संयंत्र से बायोसीएनजी उत्पादन-4.0 करोड़ रु. प्रति 4800 किलोग्राम/दिन

   ii. मौजूदा बायोगैस संयंत्र से बायोसीएनजी उत्पादन-3.0 करोड़ रु. प्रति 4800 किलोग्राम/दिन

ग. बायोगैस पर आधारित विद्युत उत्पादनः (अधिकतम सीएफए-5.00 करोड़ रुपए/परियोजना)

   i. नए बायोगैस संयंत्र से विद्युत उत्पादनः 0.75 करोड़ रुपए प्रति मेगावाट

   ii. मौजूदा बायोगैस संयंत्र से विद्युत उत्पादनः 0.05 करोड़ प्रति मेगावाट

घ. जैव एवं कृषि-औद्योगिक अपशिष्ट पर आधारित विद्युत उत्पादन (ज्वलन प्रक्रिया के जरिए एमएसडब्ल्यू के अलावा): 0.40 करोड़ रुपए/मेगावाट (अधिकतम सीएफए-5.00 करोड़ रुपए/परियोजना)

ङ. विद्युत/तापीय अनुप्रयोगों के लिए बायोमास गैसीफायरः

   i. विद्युत अनुप्रयोगों के लिए दोहरे ईंधन वाले इंजिनों के साथ 2500 रुपए प्रति केडब्ल्यूई इलैक्ट्रिकल

   ii. विद्युत अनुप्रयोगों के लिए 100 प्रतिशत गैस इंजन के साथ 15,000 रुपए प्रति केडब्ल्यूई इलैक्ट्रिकल

   iii. तापीय अनुप्रयोगों के लिए 2 लाख रुपए प्रति 300 केडब्ल्यूटीएच।

Note: विशेष श्रेणी के राज्यों (पूर्वोत्तर क्षेत्र सिक्किम, हिमाचल प्रदेश और उत्तराखंड, जम्मू और कश्मीर, लद्दाख, लक्षद्वीप, अंडमान और निकोबार द्वीप समूह) और गोशाला/शेल्टरों के लिए सीएफए 20 प्रतिशत अधिक है।

6.3.4 वित्त वर्ष 2025-26 के दौरान प्रगति

i. वास्तविक उपलब्धिः दिनांक 31.12.2025 की स्थिति के अनुसार, वित्त वर्ष 2025-26 के दौरान विभिन्न आउटपुट उत्पाद के संबंध में की गई क्षमता बढ़ोत्तरी का विवरण निम्नानुसार हैः

वित्त वर्ष 2025-26 के दौरान (दिनांक 31.12.2025 तक) स्थापित क्षमता वृद्धि की प्रगति

क्र.सं.	उत्पाद आउटपुट	संयंत्रों की संख्या	वित्त वर्ष 2025-26 में क्षमता वृद्धि (MWeq)	राज्य
1	Bio-CNG/CBG	6	7.80	उत्तर प्रदेश, गुजरात, राजस्थान, कर्नाटक, दिल्ली, उत्तराखंड
2	Power	2	8.6	महाराष्ट्र, उत्तर प्रदेश
	कुल	8	16.41	

6.3.5 बायोऊर्जा अनुप्रयोग पोर्टल: नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय ने जैव ऊर्जा परियोजनाओं के लिए सीएफए प्रदान करने के लिए आवेदन प्रस्तुत करने और आवेदनों की प्रोसेसिंग को सुविधाजनक बनाने के लिए बायो ऊर्जा आवेदन पोर्टल (www.biourja.mnre.gov.in) में सुधार किया है। डेवलपर्स के साथ उनके आवेदनों के संबंध में सभी संचार इसी पोर्टल के जरिए किए जाने की व्यवस्था है।

6.3.6 संचयी वास्तविक उपलब्धि: दिनांक 31.12.2025 की स्थिति के अनुसार, कुल स्थापित क्षमता 856.62 मेगावाट समतुल्य है, जिसमें 309.34 मेगावाट क्षमता की ग्रिड-इंटरएक्टिव अपशिष्ट से विद्युत परियोजनाएं, 547.28 मेगावाट समतुल्य क्षमता की ऑफ-ग्रिड अपशिष्ट से ऊर्जा परियोजनाएं शामिल हैं। दिनांक 30.11.2025 तक कार्यक्रम के अंतर्गत स्थापित क्षमता का विवरण निम्नानुसार है:

अपशिष्ट से ऊर्जा परियोजनाओं की संचयी स्थापित क्षमता

क्र.सं.	उत्पाद आउटपुट	संचयी स्थापित क्षमता
1	बायोगैस	8,80,698 घन मीटर प्रति दिन
2	बायो-सीएनजी/सीबीजी	12,48,602 किलोग्राम प्रति दिन
3	विद्युत (ग्रिड एवं ऑफ-ग्रिड)	523.08 मेगावाट

चित्र. 6.2: तमिलनाडु के नमक्कल में मसर्स आई ओटी बायोगैस प्राइवेट लिमिटेड द्वारा स्थापित 10,000 किलोग्राम/दिन का बायो सीएनजी संयंत्र

लघु जल विद्युत

6.4.1 नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (एमएनआरई) को लघु जल विद्युत (एसएचपी) परियोजनाओं के रूप में वर्गीकृत, 25 मेगावाट तक की क्षमता वाली जल विद्युत परियोजनाएं विकसित करने की जिम्मेवारी सौंपी गई है। इन परियोजनाओं में स्थानीय लोगों को रोजगार के अवसर उपलब्ध कराने के अलावा, विकेन्द्रीकृत तरीके से दूरस्थ और दुर्गम क्षेत्रों की विद्युत की जरूरतों के पूरा होने की संभाव्यता है। इसके अलावा, लघु जल विद्युत परियोजनाओं को अपनी क्षमता के आधार पर निम्नानुसार लघु, मिनी और सूक्ष्म जल विद्युत परियोजनाओं में वर्गीकृत किया जाता है:

माइक्रो जल विद्युत (हाइडल) ≤ 0.1 मेगावाट

मिनी जल विद्युत (हाइडल) > 0.10 मेगावाट से ≤ 2.00 मेगावाट

स्मॉल जल विद्युत (हाइडल) > 2.00 मेगावाट से ≤ 25.00 मेगावाट

6.4.2 भारत के विभिन्न राज्यों में स्थित 7133 स्थलों से लघु/मिनी/सूक्ष्म जल विद्युत परियोजनाओं की अनुमानित संभाव्यता 21133.61 मेगावाट है। देश में सार्वजनिक और निजी, दोनों क्षेत्रों में एसएचपी परियोजनाएं स्थापित की जा रही हैं। एसएचपी परियोजनाओं के आकार और स्थान के आधार पर इनकी स्थापना में सामान्यत: लगभग 3-4 वर्ष लगते हैं। दिनांक 31 दिसंबर, 2025 की स्थिति के अनुसार, 1196 लघु जल विद्युत परियोजनाओं के माध्यम से 5158.61 मेगावाट की कुल क्षमता प्राप्त की गई। इसके अलावा, 437.49 मेगावाट की 96 परियोजनाएं कार्यान्वयन के विभिन्न चरणों में हैं। तालिका 6.3 में चिन्हित संभाव्यता, पूर्ण की गई परियोजनाएं और कार्यान्वित की जा रही परियोजनाओं का राज्य-वार विवरण दिया गया है।

एसएचपी क्षेत्र में संभावित स्थलों, स्थापित परियोजनाओं और चल रही परियोजनाओं की राज्य-वार सूची

(नीचे नई तालिका दी गई है)

एसएचपी क्षेत्र में संभावित स्थलों, स्थापित परियोजनाओं और चल रही परियोजनाओं की राज्य-वार सूची (दिनांक 31.12.2025 के स्थिति के अनुसार)											
क्र. सं.	राज्य	कुल संभाव्यता		स्थापित परियोजना							
		सं.	कुल क्षमता (मेगावाट)	वर्ष 2024-25 तक		2025-26		कुल			
				सं.	क्षमता (मेगावाट)	सं.	क्षमता (मेगावाट)	सं.	क्षमता (मेगावाट)	सं.	क्षमता (मेगावाट)
1	आन्ध्र प्रदेश	359	409.32	46	164.51	0	0	46	164.51	1	1.20
2	अरुणाचल प्रदेश	800	2064.92	158	140.61	0	0	158	140.61	5	6.05
3	असम	106	201.99	6	34.11	0	0	6	34.11	0	0
4	बिहार	139	526.98	29	70.70	0	0	29	70.70	0	0
5	छत्तीसगढ़	199	1098.2	10	76	1	24.90	11	100.90	0	0
6	गोवा	7	4.7	1	0.05	0	0	1	0.05	0	0
7	गुजरात	292	201.97	23	106.64	1	6.66	24	113.30	2	10.50
8	हरियाणा	33	107.4	9	73.5	0	0	9	73.5	0	0
9	हिमाचल प्रदेश	1049	3460.34	204	1000.71	0	0	204	1000.71	50	241.19
10	जम्मू एवं कश्मीर का संघ राज्य क्षेत्र	103	1311.79	26	189.93	0	0	26	189.93	4	24.65
11	लद्दाख	199	395.65	34	45.79	0	0	34	45.79	2	3.30
12	झारखंड	121	227.96	6	4.05	0	0	6	4.05	0	0
13	कर्नाटक	618	3726.49	171	1284.73	0	0	171	1284.73	5	12.45
14	केरल	238	647.15	41	276.52	0	0	41	276.52	4	32.85
15	मध्य प्रदेश	299	820.44	14	123.71	0	0	14	123.71	3	7.7
16	महाराष्ट्र	270	786.46	74	384.28	0	0	74	384.28	6	6.10
17	मणिपुर	110	99.95	8	5.45	0	0	8	5.45	0	0
18	मेघालय	97	230.05	6	55.03	0	0	6	55.03	1	3.0
19	मिजोरम	72	168.9	20	45.47	0	0	20	45.47	0	0

20	नागालैंड	98	182.18	14	32.67	0	0	14	32.67	1	2.4
21	ओडिशा	220	286.22	13	115.63	1	25.00	14	140.63	2	31.5
22	पंजाब	375	578.28	59	176.10	0	0	59	176.10	5	4.05
23	राजस्थान	64	51.67	10	23.85	0	0	10	23.85	0	0
24	सिक्किम	88	266.64	18	55.11	0	0	18	55.11	0	0
25	तमिलनाडु	191	604.46	21	123.05	0	0	21	123.05	0	0
26	तेलंगाना	94	102.25	29	89.67	0	0	29	89.67	0	0
27	त्रिपुरा	13	46.86	3	16.01	0	0	3	16.01	0	0
28	अंडमान एवं निकोबार द्वीप समूह	7	7.27	1	5.25	0	0	1	5.25	0	0
29	उत्तर प्रदेश	251	460.75	10	49.1	1	1.50	11	50.6	0	0
30	उत्तराखंड	442	1664.31	104	233.82	0	0	104	233.82	5	50.55
31	पश्चिम बंगाल	179	392.06	24	98.5	0	0	24	98.5	0	0
	कुल	**7133**	**21133.61**	**1192**	**5100.55**	**4**	**58.06**	**1196**	**5158.61**	**96**	**437.49**

6.4.3 वर्ष 2025-26 के लिए, 100 मेगावाट लघु विद्युत परियोजनाओं को चालू करने का लक्ष्य रखा गया था। साथ ही, दिनांक 01.04.2025 से दिनांक 31.12.2025 तक 58.06 मेगावाट की समग्र क्षमता की 04 परियोजनाएं ग्रिड में समेकित कर दी गई हैं (तालिका 6.4)।

6.4.4 'लद्दाख अक्षय ऊर्जा पहल (एलआरईआई)' के अंतर्गत, कारगिल अक्षय ऊर्जा विकास एजेंसी (केआरईडीए) और लद्दाख अक्षय ऊर्जा विकास एजेंसी (केआरईडीए) अपने-अपने क्षेत्रों में लघु/मिनी जल विद्युत परियोजनाएं कार्यान्वित कर रही हैं। एलआरईडीए द्वारा 10.55 मेगावाट की समग्र क्षमता की कुल 7 जल विद्युत परियोजनाएं कार्यान्वित की जी रही हैं जिनमें से केआरईडीए द्वारा अभी तक 8.05 मेगावाट समग्र क्षमता की 6 परियोजनाएं चालू की गई हैं। एलआरईडीए द्वारा 3.65 मेगावाट समग्र क्षमता की 6 परियोजनाएं कार्यान्वित की जा रही हैं, जिनमें एलआरईडीए द्वारा अब तक 2.85 मेगावाट समग्र क्षमता की 5 परियोजनाएं चालू की गई हैं।

तालिका 6.4: दिनांक 01.04.2025 से 31.12.2025 की अवधि के दौरान चालू की गई लघु विद्युत परियोजनाओं की सूची

(नीचे नई तालिक दी गई है)

क्र. सं.	परियोजना का नाम	क्षमता (मेगावाट)	एजेंसी/राज्य	चालू होने की तिथि
1	खारा एसएचपी, उत्तर प्रदेश	1.50	उत्तर प्रदेश जल विद्युत निगम लिमिटेड, उत्तर प्रदेश	अप्रैल, 2025
2	कच्छ ब्रांच कैनाल एसएचपी-III, गुजरात	6.66	सरदार सरोवर नर्मदा निगम लिमिडेट, गुजरात	जुलाई, 2025
3	रेहर-I एसएचपी, चंड़ीगढ़	24.90	मेसर्स छत्तीसगढ़ हाइड्रो पावर एलएलपी, रायपुर	जुलाई, 2025
4	शहीद लखन नायक एसएचपी, कोरापुट, ओडिशा	25.00	मेसर्स मीनाक्षी ओडिशा पावर प्राइवेट लिमिटेड	अगस्त, 2025
	कुल	58.06		

अध्याय 7

स्वच्छ ऊर्जा इकोसिस्टम को गति प्रदान करना

7.1 नवीकरणीय ऊर्जा अनुसंधान और प्रौद्योगिकी विकास (RE&RTD) कार्यक्रम

7.1.1 परिचय

नवीकरणीय ऊर्जा अनुसंधान और प्रौद्योगिकी विकास (RE&RTD) कार्यक्रम के तहत, मंत्रालय नवीकरणीय ऊर्जा से संबंधित R&D परियोजनाओं को सहायता प्रदान करता है जिसके अंतर्गत सरकारी/गैर-लाभकारी अनुसंधान संगठनों/NGOs को 100% तक और उद्योगों को 50% से 70% तक की वित्तीय सहायता प्रदान की जाती है। नवीकरणीय ऊर्जा अनुसंधान और प्रौद्योगिकी विकास (RE&RTD) कार्यक्रम के लिए, वित्त वर्ष 2021-22 से 2025-26 की अवधि हेतु 228 करोड़ रुपये का बजट आवंटित किया गया है।

7.1.2 अनुसंधान, विकास और प्रदर्शन (RD-D) के मुख्य क्षेत्र

अनुसंधान, विकास और प्रदर्शन (RD&D) सहायता के लिए समर्थित परियोजनाएँ मंत्रालय के R&D के मुख्य क्षेत्रों के अनुरूप हैं, जिनमें सौर फोटोवोल्टिक (SPV), सौर तापीय, जैव ऊर्जा (बायोएनर्जी), पवन, पवन-हाइब्रिड प्रणाली, ऊर्जा भंडारण, लघु जलविद्युत, हाइड्रोजन, ईंधन सेल, भूतापीय ऊर्जा और संबंधित क्षेत्र शामिल हैं। पहचाने गए मुख्य क्षेत्रों से बाहर आने वाली परियोजनाओं पर भी उनकी तकनीकी योग्यता, व्यावहारिक प्रासंगिकता और उपयोग की क्षमता के आधार पर वित्तीय सहायता के लिए विचार किया जाता है। RD&D परियोजनाओं में उद्योग की भागीदारी को सक्रिय रूप से प्रोत्साहित किया जाता है ताकि प्रौद्योगिकी के सत्यापन, विस्तार और व्यावसायीकरण को सुगम बनाया जा सके।

सौर ऊर्जा के क्षेत्र में, अनुसंधान और विकास के प्रयास विद्युत उत्पादन और औद्योगिक प्रक्रिया ताप अनुप्रयोगों के लिए प्रौद्योगिकियों को उन्नत करने की दिशा में निर्देशित हैं, जिनमें तापीय ऊर्जा भंडारण प्रणाली और हाइब्रिड संरचनाएँ शामिल हैं। उच्च दक्षता प्राप्त करने और लागत कम करने के लिए, नेक्स्ट जनरेशन पेरोव्स्काइट सोलर प्रौद्योगिकियों पर विशेष जोर दिया जा रहा है।

इसके साथ ही, भूतापीय ऊर्जा उत्पादन में केंद्रित त्-व पहलों का उद्देश्य स्वदेशी भूतापीय संसाधनों का दोहन करना है, जिससे राष्ट्रीय ऊर्जा सुरक्षा को मजबूत करने के लिए विश्वसनीय, टिकाऊ और बेस-लोड नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन संभव हो सके।

नवीकरणीय ऊर्जा अनुसंधान और प्रौद्योगिकी विकास (RE&RTD) कार्यक्रम की समीक्षा, होमी भाभा राष्ट्रीय संस्थान के कुलाधिपति डॉ. अनिल काकोडकर की अध्यक्षता वाली एक उच्च-स्तरीय समिति द्वारा दिनांक 15.09.2025 को आयोजित अपनी बैठक में की गई। कार्यक्रम की प्रगति, परिणामों और समग्र मूल्यांकन पर विस्तृत विचार-विमर्श के बाद, समिति ने अपनी बहुमूल्य सिफारिशें प्रस्तुत कीं और यह निष्कर्ष निकाला कि RE&RTD कार्यक्रम को वर्ष 2026-27 से 2030-31 की अवधि के लिए, बढ़े हुए बजटीय आवंटन के साथ जारी रखा जा सकता है; ऐसा नवीकरणीय ऊर्जा क्षेत्र में स्वदेशी अनुसंधान, नवाचार और प्रौद्योगिकी विकास को सुदृढ़ करने में इसके रणनीतिक महत्व को ध्यान में रखते हुए किया गया है।

7.1.3 संस्थागत तंत्र

स्वदेशी रूप से विकसित तकनीक के व्यावसायीकरण में तेजी लाने के लिए, मंत्रालय अपने 3 संस्थानों – नेशनल इंस्टीट्यूट ऑफ सोलर एनर्जी (NISE), गुरुग्राम; सरदार स्वर्ण सिंह नेशनल इंस्टीट्यूट ऑफ बायोएनर्जी (SSS-NIBE), कपूरथला; और नेशनल इंस्टीट्यूट ऑफ विंड एनर्जी (NIWE), चेन्नई – के R-D कार्यक्रमों को मजबूत बनाने में सहायता करता है। यह सहायता सौर, बायोएनर्जी और पवन ऊर्जा प्रणालियों जैसे विभिन्न क्षेत्रों में संसाधन मूल्यांकन, परीक्षण, मानकीकरण और प्रमाणन जैसे कार्यों में दी जाती है।

7.1.4 सौर ऊर्जा में R-D

सौर फोटोवोल्टाइक्स

नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय द्वारा वित्तपोषित सौर फोटोवोल्टाइक (SPV) R&D परियोजनाओं के तहत हुई प्रगति की मुख्य बातें नीचे दी गई हैं:

क. नेशनल सेंटर फॉर फोटोवोल्टाइक रिसर्च एंड एजुकेशन (NCPRE) – **चरण** III

मंत्रालय की यह प्रमुख परियोजना एक 'नेशनल सेंटर ऑफ एक्सीलेंस* के रूप में काम करती रही, जिसके तहत सौर फोटोवोल्टाइक्स के क्षेत्र में उन्नत R&D, परीक्षण, मानकीकरण और क्षमता निर्माण के कार्य किए गए। इस परियोजना में कई कार्य-धाराएँ (work streams) शामिल हैं, और हुई प्रगति की मुख्य बातों का संक्षिप्त विवरण नीचे दिया गया है:

- **अनुसंधान और विकास गतिविधियाँ** PV **की उपयोगिता, विश्वसनीयता और मानक:**

  NCPRE ने भारतीय जलवायु परिस्थितियों में काम करने वाले PV मॉड्यूल और प्रणालियों के क्षेत्रीय प्रदर्शन और विश्वसनीयता पर केंद्रित अध्ययन किए। क्षेत्रीय रूप से उपयोग किए जाने वाले PV मॉड्यूल में छिपे हुए इन्सुलेशन दोषों का पता लगाने के लिए एक नया लक्षण-निर्धारण परीक्षण विकसित किया गया, जिन्हें पारंपरिक शुष्क या आर्द्र इन्सुलेशन प्रतिरोध परीक्षणों के माध्यम से विश्वसनीय रूप से नहीं पकड़ा जा सकता है। इस परीक्षण ने पता लगाने की क्षमता में काफी सुधार प्रदर्शित किया और संयंत्र सुरक्षा मूल्यांकन तथा मॉड्यूल के पुन: उपयोग के निर्णयों के लिए इसमें संभावित अनुप्रयोग हैं। NCPRE ने अंतर्राष्ट्रीय मानकीकरण में अपना नेतृत्व जारी रखा। वर्ष के दौरान, केंद्र ने उच्च-तापमान रिवर्स बायस स्थितियों के तहत बाईपास डायोड विफलताओं पर एक नए IEC तकनीकी विनिर्देश पर प्रगति का नेतृत्व किया, जो वैश्विक PV सुरक्षा और विश्वसनीयता मानकों में भारत का एक महत्वपूर्ण योगदान है।

  प्रौद्योगिकी विकास और परीक्षण अवसंरचना: कर्नाटक के चल्लाकेरे में संयुक्त NCPRE-IISc फोटोवोल्टिक क्षेत्रीय परीक्षण स्थल का निर्माण वर्ष 2025 के दौरान पूरा हो गया। यह सुविधा निश्चित-झुकाव (पि॰मक-जपसज) और ट्रैकिंग-आधारित PV प्रणालियों के नियंत्रित मूल्यांकन के लिए डिजाइन की गई है और इससे क्षेत्रीय परिस्थितियों के तहत उभरती हुई PV प्रौद्योगिकियों के बेंचमार्किंग में सहायता मिलने की उम्मीद है। एंटी-सोइलिंग (धूल-रोधी) और एंटी-रिफ्लेक्टिव (परावर्तन-रोधी) कोटिंग्स के स्थायित्व मूल्यांकन के लिए उन्नत इनडोर त्वरित परीक्षण सुविधाएं इस वर्ष के दौरान चालू हो गईं। ये IEC-अनुरूप सुविधाएं बहु-तनाव परीक्षण (multi&stressor testing) को सक्षम बनाती हैं, जिसमें घर्षण, तापीय चक्रण, वर्षा अनुकरण और UV जोखिम शामिल हैं, और इनका उपयोग PV निर्माताओं तथा डेवलपर्स की कोटिंग्स के मूल्यांकन के लिए किया गया है।

  ग्रिड इंटीग्रेशन के लिए पावर इलेक्ट्रॉनिक्स: 2025 के दौरान R&D गतिविधियाँ बड़े पैमाने पर सौर ऊर्जा के ग्रिड इंटीग्रेशन के लिए भरोसेमंद और कुशल पावर इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम पर केंद्रित थीं। SiC-आधारित मीडियम-वोल्टेज इन्वर्टर आर्किटेक्चर पर काम आगे बढ़ा (जैसा कि चित्र 7.1.ब में दिखाया गया है), जिसमें IEEE 519 और अन्य

लागू ग्रिड मानकों के अनुपालन में टोपोलॉजी चयन, इन्सुलेशन डिजाइन, हार्मोनिक न्यूनीकरण और थर्मल तनाव प्रबंधन जैसे मुद्दों को संबोधित किया गया। कैस्केडेड H-ब्रिज-आधारित मीडियम-वोल्टेज PV सिस्टम में कंपोनेंट की संख्या कम करने और दक्षता में सुधार करने के लिए एक इंटीग्रेटेड थ्री-फेज डुअल एक्टिव ब्रिज (I3DAB) कनवर्टर के लिए एक सामान्यीकृत हार्मोनिक मॉडल विकसित किया गया था, जो भविष्य में कॉम्पैक्ट और भरोसेमंद ग्रिड-कनेक्टेड इन्वर्टर की उपयोगिता की सहायता करती है।

सौर सेल और उन्नत सामग्री: वर्ष 2025 के दौरान अगली पीढ़ी की सौर सेल तकनीकों में महत्वपूर्ण प्रगति हासिल की गई। NCPRE ने 30 प्रतिशत से अधिक दक्षता वाले चार-टर्मिनल पेरोव्स्काइट-सिलिकॉन टैंडम सौर सेल, और 24 प्रतिशत से अधिक दक्षता वाले चार-टर्मिनल ब्कज्म-पेरोव्स्काइट टैंडम सौर सेल प्रदर्शित किए, साथ ही उनकी परिचालन स्थिरता में भी वृद्धि की। भारतीय जलवायु परिस्थितियों में ऊर्जा उत्पादन और बिजली की समतुल्य लागत (LCOE) का आकलन करने के लिए पेरोव्स्काइट-सिलिकॉन टैंडम सौर सेल की जलवायु-विशिष्ट मॉडलिंग की गई। इन अध्ययनों ने LCOE को कम करने के लिए इष्टतम पेरोव्स्काइट बैंडगैप की पहचान की और प्रौद्योगिकी के डिजाइन और तैनाती के लिए प्रासंगिक इनपुट प्रदान किए। वास्तविक सफाई भार के तहत हाइड्रोफोबिक एंटी-सॉइलिंग कोटिंग्स के स्थायित्व पर किए गए शोध ने यूटिलिटी-स्केल PV संयंत्रों में संचालन और रखरखाव प्रथाओं के लिए मार्गदर्शन प्रदान किया।

- **शिक्षा, प्रशिक्षण और क्षमता निर्माण**

NCPRE ने क्षमता निर्माण की कई पहलें आयोजित कीं। जुलाई 2025 में 'सोलर PV इंटीग्रेशन के लिए एडवांस्ड पावर इलेक्ट्रॉनिक्स' पर तीन-दिवसीय प्रशिक्षण कार्यक्रम आयोजित किया गया, जिसमें इन्वर्टर आर्किटेक्चर, वाइड-बैंडगैप डिवाइस, नियंत्रण रणनीतियाँ और हार्डवेयर के व्यावहारिक प्रदर्शन शामिल थे। इस कार्यक्रम से उद्योग, शिक्षा जगत, सरकारी संगठनों और अनुसंधान संस्थानों के 41 प्रतिभागियों को लाभ हुआ।

चित्र 7.1 (a) से (c) दक्षिणावर्त क्रम में; (a) श्री संतोष कुमार सारंगी, सचिव, MNRE (दाएँ से दूसरे स्थान पर) ने NCPRE में ART&PV India और मॉड्यूल सिम्युलेटर सुविधा का उद्घाटन किया; डॉ. संगीता एम. कस्तुरे, सलाहकार, MNRE (दाएँ); (b) माननीय मंत्री श्री प्रहलाद जोशी (बाएँ से दूसरे स्थान पर), श्री सुदीप जैन, अतिरिक्त सचिव (दाएँ), MNRE, और दिनेश काबरा (बाएँ) इन-हाउस टूल को प्रदर्शित करते हुए; (c) प्रो. बी. जी. फर्नांडीस, NCPRE के PI (बाएँ) पावर इलेक्ट्रॉनिक्स लैब में प्रोटोटाइप को प्रदर्शित करते हुए।

- **उद्योग के साथ तालमेल और सार्वजनिक-निजी सहयोग**

  NCPRE ने सहयोगी अनुसंधान और परीक्षण सहायता के माध्यम से उद्योग के साथ सक्रिय जुड़ाव बनाए रखा। NCPRE द्वारा शुरू किए गए स्टार्ट-अप ART-PV India ने Waaree Energies Limited के साथ एक अनुदान समझौता किया, ताकि पेरोव्स्काइट-सिलिकॉन टैंडम सौर सेलों के लक्षण वर्णन और विकास के लिए प्रयोगशाला क्षमताओं को बढ़ाया जा सके, जिससे अनुसंधान को व्यावसायिक रूप से तैयार करने में मदद मिल सके।

- **राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय जुड़ाव**

  नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा के माननीय केंद्रीय मंत्री, श्री प्रह्लाद जोशी ने जुलाई 2025 में IIT Bombay का दौरा किया, ताकि NCPRE की गतिविधियों और पेरोव्स्काइट-सिलिकॉन टैंडम अनुसंधान की समीक्षा की जा सके; इस दौरे से अगली पीढ़ी की PV प्रौद्योगिकियों को बड़े पैमाने पर विकसित करने के लिए नवीन औप नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय के समर्थन की पुष्टि हुई। NCPRE ने वर्ष 2025 के दौरान IEC TC82 / WG2 की बैठकों में भारत का प्रतिनिधित्व भी किया। इसके अलावा, IIT Bombay के औद्योगिक अनुसंधान और परामर्श केंद्र (IRCC) ने NCPRE के सहयोग से, 8 नवंबर 2025 को "भारत के सौर भविष्य को सशक्त बनाना (EISF): नवाचार, स्वदेशीकरण और सहयोग" विषय पर एक 'उद्योग दिवस' (Industry Day) का आयोजन किया। MNRE के सचिव, श्री संतोष कुमार सारंगी ने मुख्य अतिथि के रूप में इस कार्यक्रम की शोभा बढ़ाई और NCPRE में ART-PV India सुविधा (चित्र 7.1.a में दर्शाई गई) तथा मॉड्यूल सिम्युलेटर सुविधा का उद्घाटन किया। इस कार्यक्रम ने शिक्षा जगत, उद्योग और नीति निर्माताओं को एक मंच पर एकत्रित किया; इसमें तकनीकी सत्र, पैनल चर्चाएँ और प्रयोगशाला के दौरे शामिल थे, जिससे उद्योग और शिक्षा जगत के बीच सहयोग और भी मजबूत हुआ।

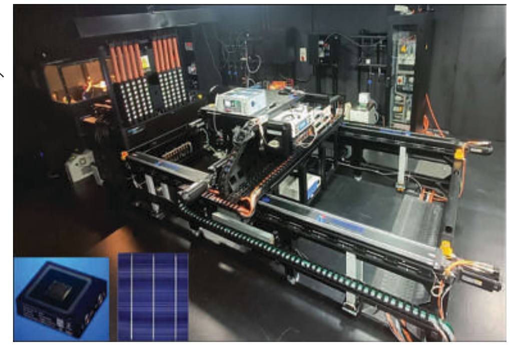
ख सौर सेल अंशांकन के लिए राष्ट्रीय प्राथमिक मानक सुविधा (CSIR&NPL)

सौर सेल कैलिब्रेशन के लिए 'राष्ट्रीय प्राथमिक मानक सुविधा' (National Primary Standard Facility) की स्थापना CSIR-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला (CSIR-NPL) में की गई है, जो भारत का राष्ट्रीय मेट्रोलॉजी संस्थान है। इस कार्य में नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (MNRE) का सहयोग प्राप्त हुआ है। यह सुविधा (जिसे चित्र 7.2. में दर्शाया गया है) 'लेजर-आधारित विभेदक स्पेक्ट्रल रिस्पॉन्सिविटी' (L-DSR) मापन प्रणाली पर आधारित है, और इसके माध्यम से देश में प्राथमिक संदर्भ सौर सेल कैलिब्रेशन सेवाओं को शुरू करना संभव हो पाया है।

चित्र 7.2 (a) डॉ. जितेंद्र सिंह (माननीय राज्य मंत्री, विज्ञान और प्रौद्योगिकी मंत्रालय, और उपाध्यक्ष, CSIR) (दाईं ओर से तीसरे) ने सौर सेल अंशांकन के लिए राष्ट्रीय प्राथमिक मानक सुविधा का उद्घाटन किया; श्री संतोष कुमार सारंगी, सचिव, MNRE (दाईं ओर); डॉ. (श्रीमती) एन. कलैसेल्वी, DG-CSIR और सचिव, DSIR (बाईं ओर)।

इस सुविधा की स्थापना भारत के फोटोवोल्टिक गुणवत्ता बुनियादी ढांचे (PV-QI) को मजबूत करने की दिशा में एक महत्वपूर्ण उपलब्धि है, क्योंकि यह मानक परीक्षण स्थितियों (STC) के तहत सौर सेलों के लिए ट्रेस करने योग्य और उच्च-सटीकता वाली कैलिब्रेशन सेवाएँ प्रदान करती है। इससे पहले, भारत प्राथमिक कैलिब्रेशन सेवाओं

के लिए विदेशों में स्थित सीमित संख्या में विश्व फोटोवोल्टिक सेवा (WPVS) प्रयोगशालाओं पर निर्भर था। L-DSR सुविधा के चालू होने के साथ ही, CSIR-NPL पाँचवीं अंतरराष्ट्रीय स्तर पर मान्यता प्राप्त WPVS प्रयोगशाला के रूप में उभरा है, जिसने अपने समकक्ष प्रयोगशालाओं के बीच शॉर्ट-सर्किट करंट (ISTC) मापन में सबसे कम रिपोर्ट की गई अनिश्चितता (uncertainty) हासिल की है।



चित्र 7.2 (b)

यह सुविधा WPVS रेफरेंस सोलर सेल के लिए 0.35% (k = 2) और इंडस्ट्रियल-स्केल (156 × 156 mm^2) सोलर सेल के लिए 0.6% (I = 2) की अनिश्चितता के साथ ISTC को मापने में सक्षम है। माप में इतनी कम अनिश्चितता फोटोवोल्टिक उत्पादों के सटीक मूल्यांकन और सोलर वैल्यू चेन में, खासकर बड़े पैमाने पर सोलर लगाने के मामलों में, बड़ी वित्तीय अस्पष्टताओं से बचने के लिए बहुत जरूरी है।

L&DSR सिस्टम 210 nm से 4000 nm की एक विस्तृत वेवलेंथ रेंज पर काम करता है, जिसमें पारंपरिक लैंप-आधारित सिस्टम की तुलना में काफी अधिक ऑप्टिकल पावर होती है, जिससे बेहतर स्पेक्ट्रल एकरूपता और माप की सटीकता सुनिश्चित होती है। यह सुविधा जर्मनी के PTB के सहयोग से स्थापित की गई है, जो अंतरराष्ट्रीय सर्वोत्तम प्रथाओं के अनुरूप है और साथ ही राष्ट्रीय आत्मनिर्भरता भी सुनिश्चित करती है।

नेशनल प्राइमरी स्टैंडर्ड फैसिलिटी से सोलर PV क्षेत्र में पारदर्शिता, निवेशकों का भरोसा और सोच-समझकर फैसले लेने की क्षमता बढ़ने की उम्मीद है। साथ ही, इससे विदेशी कैलिब्रेशन सेवाओं पर निर्भरता कम होगी और PV निर्माताओं, टेस्टिंग लैब्स और अन्य हितधारकों को इन सेवाओं का लाभ उठाने तथा भारत के सोलर माप और गुणवत्ता इकोसिस्टम को मजबूत करने में योगदान देने के लिए आमंत्रित किया जा सकता है।

ग. पेरोव्स्काइट टैंडम सोलर सेल्स का स्केल-अप (चरण-I)

यह परियोजना इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी बॉम्बे में ART&PV India Pvt. Ltd (NCPRE] IIT बॉम्बे का एक स्टार्ट-अप), Waaree Energies Ltd-, First Solar India, और Excel Instruments Pvt. Ltd. के सहयोग से लागू किया जा रहा है। इसका उद्देश्य भारतीय निर्माताओं को गैर-विशिष्ट हस्तांतरण के लिए कमर्शियल वेफर-साइज (M10) पेरोव्स्काइट टैंडम सोलर सेल टेक्नोलॉजी विकसित करना है। IIT बॉम्बे ने एक समर्पित टैंडम सोलर सेल प्रयोगशाला स्थापित करने के लिए लगभग 4,800 वर्ग फुट जगह निर्धारित की है, जिसमें एक ISO Class-7 क्लीनरूम भी शामिल है, जिसका निर्माण कार्य अभी चल रहा है।

चित्र 7.3 SUBSem+ — पेरोव्स्काइट और पेरोव्स्काइट-सिलिकॉन 2T टैंडम सौर सेलों के स्वचालित निर्माण के लिए एक विशेष उपकरण।

घ. पेरोव्स्काइट सोलर मॉड्यूल

IIT बॉम्बे में चल रही परियोजना का मुख्य उद्देश्य पेरोव्स्काइट सोलर तकनीकों की स्थिरता और स्केलेबिलिटी में सुधार करना है। यह कार्य संरचनात्मक इंजीनियरिंग के माध्यम से ISOS और SETO प्रोटोकॉल के तहत होने वाली गिरावट की प्रक्रियाओं पर केंद्रित है, और इसका लक्ष्य। I-सहायता प्राप्त रोबोटिक निर्माण प्रणाली का उपयोग करके लगभग 100 cm^2 के पेरोव्स्काइट सोलर मॉड्यूल विकसित करना है। एक स्वदेशी रूप से डिजाइन किया गया स्वचालित प्लेटफॉर्म, जो कोटिंग, एनीलिंग, निरीक्षण और इन-सीटू लक्षण-निर्धारण (in&situ characterisation) को एकीकृत करता है, वर्तमान में विकास के चरण में है; यह प्लेटफॉर्म स्केलेबल और निर्माण-तैयार पेरोव्स्काइट मॉड्यूल के निर्माण में सहायक सिद्ध होगा।

ङ. लचीले पेरोव्स्काइट सोलर सेल और इंटरमीडिएट मॉड्यूल

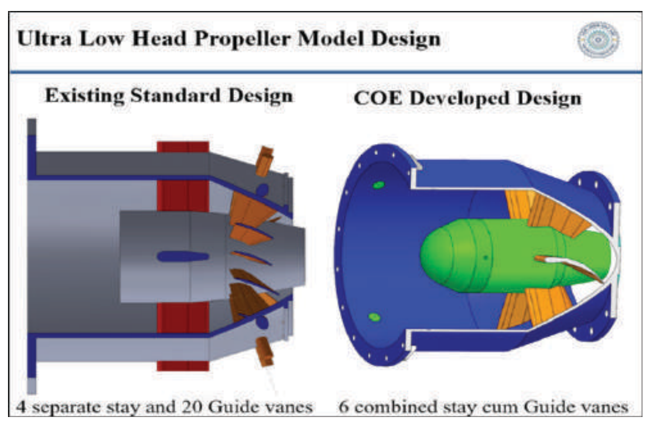
IIT बॉम्बे में लागू की गई इस परियोजना ने लचीले और स्केलेबल पेरोव्स्काइट फोटोवोल्टाइक्स के क्षेत्र में प्रदर्शन के महत्वपूर्ण उपलब्धि हासिल किए हैं। छोटे क्षेत्रफल वाले उपकरणों (0.1 cm^2) ने 26% तक की दक्षता प्रदर्शित की, जो 20% के लक्ष्य से अधिक थी; वहीं स्थिर उपकरणों ने 25-25.5% की दक्षता बनाए रखी। 16 cm^2 क्षेत्रफल वाले बड़े उपकरणों ने ~21% की दक्षता हासिल की, जबकि 100 cm^2 वाले मॉड्यूल ~14% की दक्षता तक पहुँचे, जिनका ज्यामितीय फिल फैक्टर (geometrical fill factor) 94% था। लचीले PET-आधारित उपकरणों ने कम तापमान वाली ऑक्साइड प्रोसेसिंग का उपयोग करके 25.1% की दक्षता दर्ज की। रोल-टू-रोल स्लॉट-डाई कोटेड उपकरणों ने ~23% की दक्षता हासिल की, और 8,000 बेंडिंग चक्रों (bending cycles) के बाद भी 70% से अधिक प्रदर्शन बनाए रखा, साथ ही ~9,000 घंटों की स्थिरता प्रदर्शित की।

7.1.5 लघु जलविद्युत (Small Hydro) में अनुसंधान एवं विकास

MNRE द्वारा वित्तपोषित लघु जलविद्युत R&D परियोजनाओं के अंतर्गत हासिल की गई प्रगति की मुख्य बातें नीचे दी गई हैं:

क. अत्यंत-निम्न शीर्ष और हाइड्रोकाइनेटिक टर्बाइनों का अनुसंधान एवं विकास, तथा लघु हाइड्रो टर्बाइन मॉडलों के निष्पादन का पूर्वानुमान।

नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय, भारत में लघु जल-विद्युत अनुप्रयोगों से संबंधित अल्ट्रा-लो हेड और हाइड्रोकाइनेटिक टर्बाइन प्रौद्योगिकियों के अनुसंधान, विकास और प्रदर्शन मूल्यांकन के लिए एक 'उत्कृष्टता केंद्र' (Centre of Excellence) को सहायता प्रदान कर रहा है। इस वर्ष के दौरान, केंद्र के तीनों अनुमोदित घटकों—अर्थात् अल्ट्रा-लो हेड (ULH) टर्बाइनों का विकास, हाइड्रोकाइनेटिक टर्बाइनों (HKT) का विकास, और लघु जल-विद्युत टर्बाइनों तथा रिवर्सिबल पंप भंडारण प्रणालियों के प्रदर्शन की भविष्यवाणी के लिए कंप्यूटर-आधारित दिशानिर्देशों का निर्माण—में उल्लेखनीय प्रगति हासिल की गई है।



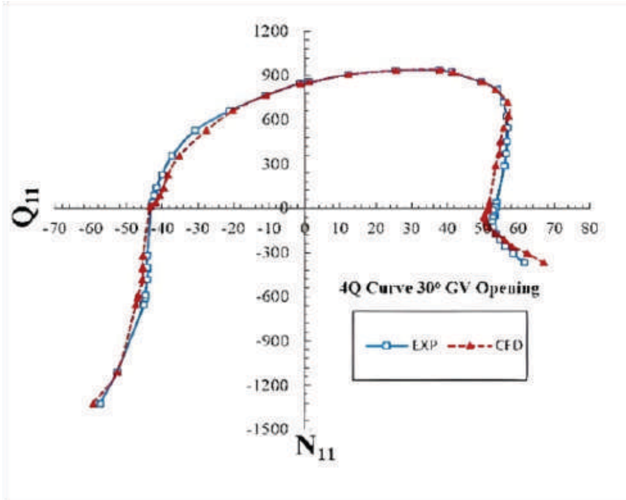
चित्र: 7.4

ULH टर्बाइन घटक के तहत, उपयुक्त ऊर्ध्वाधर और क्षैतिज प्रोपेलर-प्रकार की टर्बाइन तकनीकों को अंतिम रूप दे दिया गया है। यांत्रिक जटिलता और निर्माण लागत को कम करने के लिए, सरल विन्यासों का उपयोग करके हाइड्रोलिक और यांत्रिक डिजाइनों को पूरा कर लिया गया है। टर्बाइन के प्रमुख घटकों का निर्माण हो चुका है, और ओवरहेड टैंक तथा पाइपलाइन प्रणालियों की स्थापना सहित प्रयोगशाला के बुनियादी ढांचे का विकास कार्य अब पूरा होने के करीब है। कम्प्यूटेशनल उपकरणों का उपयोग करके प्रदर्शन विश्लेषण का कार्य शुरू कर दिया गया

है। इसके अतिरिक्त, एक स्क्रू-प्रकार के ULH टर्बाइन का डिजाइन और विश्लेषण भी प्रगति पर है।

हाइड्रोकाइनेटिक टर्बाइन के क्षेत्र में, कई टर्बाइन कॉन्फिगरेशन के लिए परफॉर्मेंस सिमुलेशन पूरे कर लिए गए हैं, और एक विशेष टेस्टिंग सुविधा तैयार की गई है, जिसके स्थापना और शुरु करने की योजना बनाई गई है। विस्तृत कार्य-निष्पादन मूल्यांकन में सहायता के लिए उन्नत प्रवाह मापन प्रणालियों को चालू किया गया है।

प्रदर्शन के पूर्वानुमान से जुड़े दिशानिर्देशों के लिए, चालू टर्बाइनों से प्राप्त फील्ड डेटा को इकट्ठा किया गया है और सिमुलेशन तथा अंतर-प्रयोगशाला अध्ययनों के माध्यम से उसका सत्यापन किया गया है। छोटे हाइड्रो और पंप स्टोरेज परियोजनाओं के लिए मानकीकृत दिशानिर्देशों के विकास में सहायता हेतु, ग्रिड अभिसरण और सत्यापन संबंधी कार्य जारी हैं।



चित्रः 7.5

7.1.6 जैव-ऊर्जा में अनुसंधान और विकास

MNRE द्वारा वित्तपोषित जैव-ऊर्जा अनुसंधान और विकास परियोजनाओं के अंतर्गत हुई प्रगति की मुख्य बातें नीचे दी गई हैं:

क. गैसीफायर में उपयोग हेतु प्लाज्मा पायरोलिसिस तकनीक द्वारा बायोमास गैसीकरण

MNRE-समर्थित परियोजना के अंतर्गत, IIT रुड़की में प्रयोगशाला-स्तर का एक प्लाज्मा पायरोलिसिस और गैसीकरण तंत्र सफलतापूर्वक निर्मित और चालू किया गया है। इस तंत्र में बायोमास फीडिंग तंत्र, प्लाज्मा टॉर्च से सुसज्जित प्लाज्मा रिएक्टर, गैस शीतलन और वेट स्क्रबिंग इकाइयाँ, गैस रिकवरी व्यवस्था और एक एकीकृत नियंत्रण पैनल शामिल हैं। यह सुविधा बायोमास गैसीकरण और प्लाज्मा-सहायित पायरोलिसिस प्रक्रियाओं की नियंत्रित प्रायोगिक जाँच को संभव बनाती है।

चित्रः 7.6

- **प्रायोगिक गतिविधियाँ और प्रक्रिया विकास**

  गन्ने की खोई, चावल और गेहूँ का छिलका, लकड़ी का बुरादा और चीड़ की पत्तियों सहित विभिन्न प्रकार के बायोमास फीडस्टॉक का उपयोग करके थर्मो-केमिकल लक्षण वर्णन और प्रायोगिक गैसीकरण अध्ययन किए गए। प्लाज्मा गैसीकरण के माध्यम से उत्पन्न प्रोड्यूसर गैस (सिन्गैस) पर फायरिंग परीक्षण किए गए और ऑनलाइन गैस विश्लेषकों का उपयोग करके गैस की संरचना का विश्लेषण किया गया। हीटिंग दर, बायोमास फीड दर, इनलेट गैस संरचना और रिएक्टर की ज्यामिति जैसे परिचालन मापदंडों में बदलाव करके व्यवस्थित प्रक्रिया अनुकूलन किया गया।

चित्र: 7.7

- **मुख्य परिणाम और तकनीकी प्रगति**

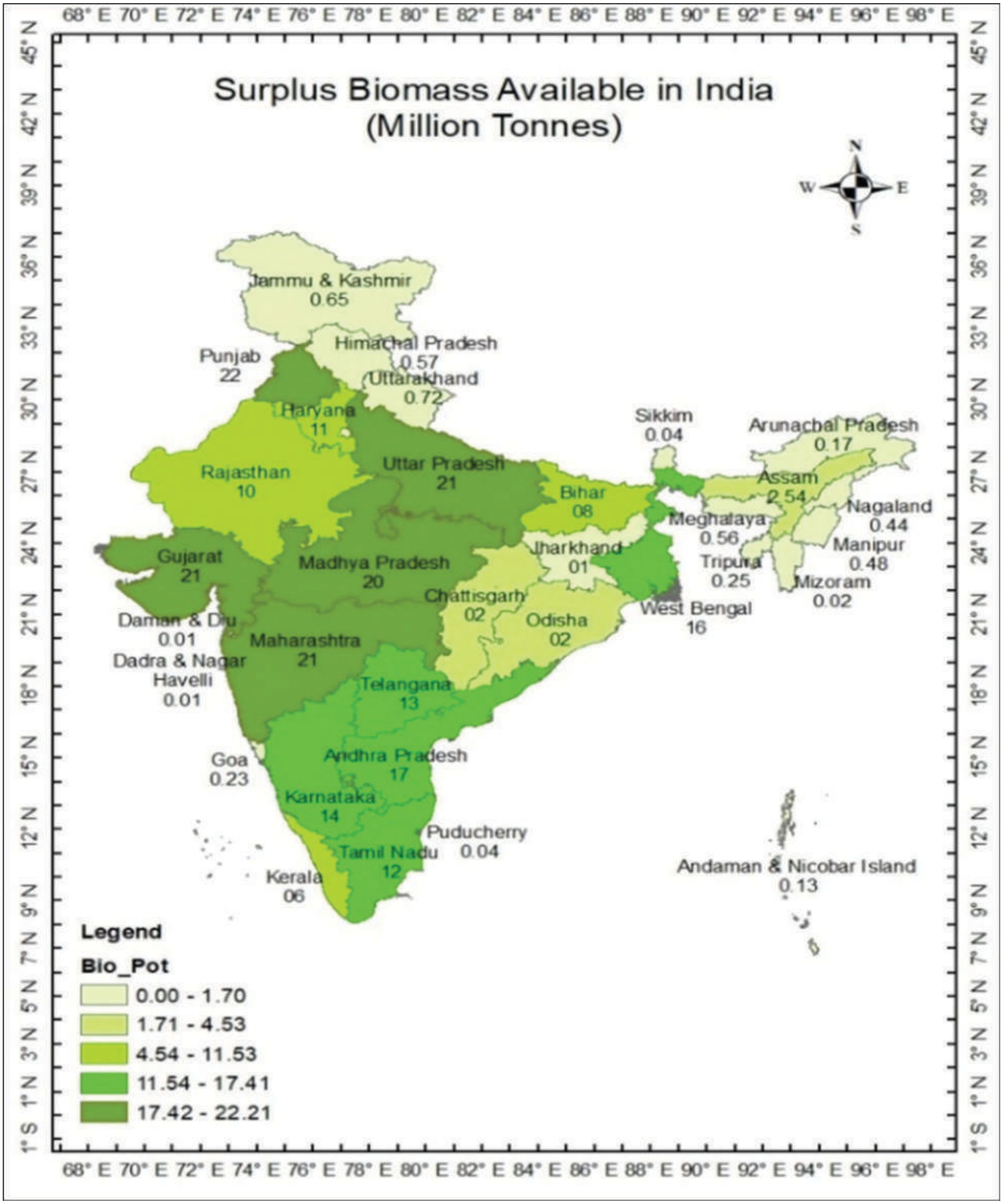
  प्रायोगिक जांचों के परिणामस्वरूप, प्लाज्मा–आधारित पायरोलिसिस के माध्यम से प्रोड्यूसर गैस का सफल संश्लेषण हुआ और उच्च कैलोरी मान वाला बायोचार उत्पन्न हुआ, जिससे एक वैकल्पिक ठोस ईंधन के रूप में इसकी क्षमता प्रदर्शित हुई। अनुकूलित रिएक्टर विन्यास और प्रक्रिया मापदंडों के आधार पर, डिजाइन पेटेंट प्रक्रिया शुरू कर दी गई है। इस अध्ययन के परिणाम प्लाज्मा गैसीकरण प्रौद्योगिकी के भविष्य में विस्तार और अनुप्रयोग के लिए एक मजबूत आधार भी प्रदान करते हैं।

- **भविष्य का दायरा और नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय के कार्यक्रमों से प्रासंगिकता**

  विकसित प्रणाली और प्रायोगिक निष्कर्ष भविष्य के अनुप्रयोगों के लिए महत्वपूर्ण क्षमता प्रदान करते हैं, जिनमें सतत विमानन ईंधन संश्लेषण के लिए बायोमास का प्लाज्मा–सहायता प्राप्त रूपांतरण, मिश्रित कचरे का प्रसंस्करण, हिमालयी क्षेत्र में जंगल की आग के जोखिमों को कम करने के लिए चीड़ की पत्तियों (pine needles) का उपयोग, और कृषि तथा बायोमास अवशेषों से हरित हाइड्रोजन और बायोचार का उत्पादन शामिल है।

ख. कृषि-अपशिष्ट का सघनीकरण (Densification) और गैसीफायर में इसके अनुप्रयोग का मूल्यांकन

NIBE में यह परियोजना, जिसे नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (MNRE) का समर्थन प्राप्त था, अधिशेष कृषि अवशेषों के विकेंद्रीकृत बायोएनर्जी अनुप्रयोगों के लिए उपयोग को बढ़ाने हेतु शुरू की गई थी। यह परियोजना पेलेटाइजेशन (pelletization) और व्यवस्थित ईंधन लक्षण वर्णन को अपनाकर, ढीले कृषि–अवशेषों से संबंधित कम थोक घनत्व, प्रबंधन में अक्षमताओं और गैसीफायर के असंगत प्रदर्शन जैसी गंभीर चुनौतियों का समाधान करती है।

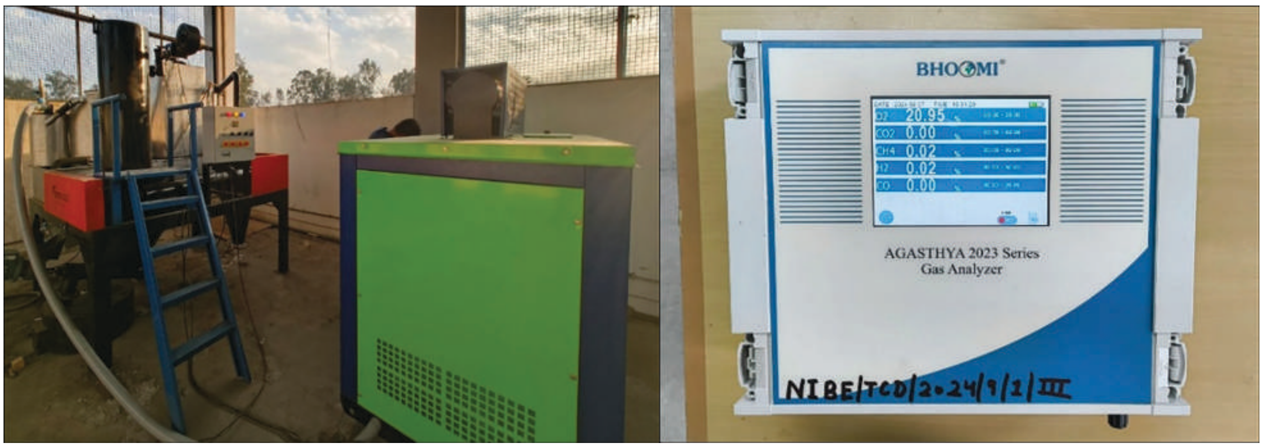


चित्र 7.8

तकनीकी प्रगति और निष्कर्ष: पंजाब से छह कृषि-अवशेष—धान का पुआल, मक्के का डंठल, मीठा ज्वार, बाजरा, कपास का डंठल और सरसों का अवशेष—इकट्ठे किए गए और उनकी विशेषताओं का अध्ययन किया गया। प्रॉक्सिमेट

विश्लेषण से पता चला कि इनमें वाष्पशील पदार्थ 73.3–82.5% के बीच था, जबकि राख की मात्रा में काफी अंतर पाया गया; धान के पुआल में सबसे ज़्यादा राख (18.1%) और कपास के डंठल में सबसे कम (5.4%) पाई गई। अल्टीमेट विश्लेषण से संकेत मिला कि कार्बन की मात्रा 36.8–42.5% के बीच थी। सकल कैलोरी मान 12.4 MJ/kg (धान का पुआल) से लेकर 17.6 MJ/kg (कपास का डंठल) तक था, जिससे कपास का डंठल और मीठा ज्वार उच्च-ऊर्जा वाले फीडस्टॉक के रूप में स्थापित हुए। इन परिणामों की पुष्टि विशेषताओं के डेटा और सांख्यिकीय ANOV। विश्लेषण द्वारा होती है।

गैसिफायर के प्रदर्शन का मूल्यांकन: 10 kV। के डाउनड्राफ्ट गैसिफायर (चित्र 7.9) में धान की पुआल की पेलेट्स का सफलतापूर्वक परीक्षण किया गया। इसमें नीली-पीली लौ के साथ प्रोड्यूसर गैस का स्थिर दहन देखा गया। गैस की संरचना के विश्लेषण से पता चला कि CO + CH_4 की मात्रा 44% से अधिक थी, और इससे 6.5 kW की विद्युत आउटपुट प्राप्त हुई; यह जनरेटर की क्षमता का लगभग 65% उपयोग दर्शाता है, जिससे विकेंद्रीकृत विद्युत उत्पादन की तकनीकी व्यवहार्यता सिद्ध होती है।



चित्र 7.9

7.1.7 ग्रीन हाइड्रोजन में अनुसंधान और विकास

नवीन और नवीकरणीय मंत्रालय द्वारा वित्तपोषित ग्रीन हाइड्रोजन अनुसंधान और विकास परियोजनाओं के तहत हासिल की गई प्रगति की मुख्य बातें नीचे दी गई हैं:

क. ग्रीन हाइड्रोजन मोबिलिटी प्रोजेक्ट, लेह (लद्दाख)

लेह, लद्दाख में ग्रीन हाइड्रोजन मोबिलिटी परियोजना, जिसे MNRE के सहयोग से NTPC द्वारा लागू किया गया है, अत्यधिक विषम जलवायु परिस्थितियों में सार्वजनिक परिवहन के लिए ग्रीन हाइड्रोजन के एकीकृत उत्पादन, भंडारण, वितरण और उपयोग को प्रदर्शित करता है।

चित्र 7.10

तकनीकी कॉन्फिगरेशन और क्षमता: इस परियोजना में 7 एकड़ में फैला 1.70 MW का सोलर संयंत्र शामिल है; इसमें 11 घंटे के ऑपरेशन के साथ 80 kg/दिन हाइड्रोजन बनाने की क्षमता है; 450 बार पर हाइड्रोजन स्टोर करने की सुविधा (100 kg क्षमता) है; और

350 बार पर 1.7 kg/मिनट की फ्लो रेट से हाइड्रोजन देने की सुविधा है। इस हाइड्रोजन का इस्तेमाल पाँच फ्यूल सेल इलेक्ट्रिक बसों (9 मीटर लंबी) के बेड़े में किया जाता है; इनमें से हर बस की रेंज लगभग 200 km है, जिससे ऊँचाई वाले और शून्य से कम तापमान वाले इलाकों में भी रोजाना लगभग 1,000 km तक का सफर तय करना मुमकिन हो पाता है।

NTPC H2 Leh Performance report	
H2 Generation data from 01/04/2025-31/08/2025	
Total H2 Generated (kg)	2419
Total H2 Dispensed(kg)	1311.4
Bus data from 26/06/2025-31/08/2025	
Total distance travelled(km)	14139
Total Hydrogen filled (kg)	939
Mileage(km/kg)	15.06
Solar Gen data from 06/06/2024-31/08/2025	
Total Gen (MWh)	2275

चित्र 7.11 (क)

परिचालन प्रदर्शन: दिनांक 01.04.2025 से दिनांक 31.08.2025 तक के परिचालन डेटा के अनुसार, कुल हाइड्रोजन उत्पादन 2,419 kg रहा, जिसमें से 1,311.4 kg वितरित किया गया। बस परिचालन (26.06.2025–31.08.2025) के दौरान 939 kg हाइड्रोजन का उपयोग करते हुए 14,139 km की दूरी तय की गई, जिससे 15.06 km/kg का औसत माइलेज प्राप्त हुआ। इसी अवधि के दौरान सौर ऊर्जा उत्पादन 2,275 MWh रहा, जो हाइड्रोजन उत्पादन के लिए विश्वसनीय नवीकरणीय ऊर्जा सहायता की पुष्टि करता है।

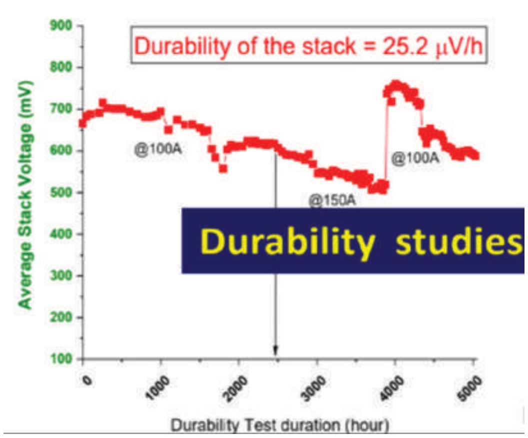
चित्र 7.11 (ख)

ख. 20 kW लो टेम्परेचर पॉलीमर इलेक्ट्रोलाइट मेम्ब्रेन (LT&PEM) फ्यूल सेल का डिजाइन और विकास, जिसमें स्वदेशी सामग्री का उच्च अनुपात हो

नवीन और नवीकरणीयत ऊर्जा मंत्रालय द्वारा समर्थित, 20 kW लो टेम्परेचर PEM फ्यूल सेल प्रणाली के विकास से संबंधित यह परियोजना ARCI –सेंटर फॉर फ्यूल सेल टेक्नोलॉजी, चेन्नई में कार्यान्वित किया जा रहा है। इस परियोजना का उद्देश्य PEM फ्यूल सेल स्टैक के डिजाइन, निर्माण और परीक्षण के लिए स्वदेशी क्षमता स्थापित करना है।

चित्र 7.12

एक मॉड्यूलर 100 kW (5×20 kW) सिस्टम के हिस्से के तौर पर, एक 20 kW PEM फ्यूल सेल स्टैक को सफलतापूर्वक विकसित किया गया है। 100 ॉ प्रति वर्ष की उत्पादन क्षमता वाली एक ऑटोमेटेड PEM फ्यूल सेल असेंबली पायलट लाइन स्थापित की गई है। मुख्य घटकों का स्वदेशी निर्माण करके दिखाया गया है, जिसमें ~700 बाइपोलर प्लेट्स और ~300 MEA/CCM यूनिट्स का निर्माण शामिल है, जो ~30 m^2 के इलेक्ट्रोड क्षेत्र को कवर करते हैं। मेम्ब्रेन को छोड़कर, आयातित घटकों का उपयोग मूल्य के हिसाब से घटाकर ~5% कर दिया गया है।



चित्र 7.13

प्रदर्शन मूल्यांकन से पता चलता है कि स्टैक स्तर पर विशिष्ट शक्ति 95–103 W/kg और ज्यामितीय शक्ति घनत्व ~133 mW@cm^2 है। स्टैक का 5,000 घंटों तक चलने वाला स्थायित्व परीक्षण पूरा किया गया, जिसमें 25.2 उट प्रति 1,000 घंटे की वोल्टेज गिरावट दर देखी गई, जो परियोजना के लक्ष्यों को पूरा करती है। छंपिवद मेम्ब्रेन का उपयोग करके स्टैक की लागत घटाकर ₹2.31 लाख/kW और वैकल्पिक मेम्ब्रेन का उपयोग करके ₹1.98 लाख/kW कर दी गई है। इस परियोजना के परिणामस्वरूप दो पेटेंट स्वीकृत हुए हैं,

तीन फाइलिंग की प्रक्रिया में हैं, और भारत की पहली ऑटोमेटेड PEMFC पायलट निर्माण लाइन स्थापित की गई है।

ग. एनआईएसई, ग्वाल पहाड़ी, हरियाणा में हाइड्रोजन ऊर्जा पर उत्कृष्टता केंद्र की स्थापना

इस परियोजना का उद्देश्य हरित हाइड्रोजन उत्पादन, भंडारण, वितरण और गतिशीलता प्रदर्शनों में स्वदेशी क्षमता को मजबूत करने के लिए राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान (एनआईएसई) में हाइड्रोजन ऊर्जा पर उत्कृष्टता केंद्र (सीओई) स्थापित करना है। एनआईएसई भारत के पहले सौर पीवी-आधारित ग्रीन हाइड्रोजन उत्पादन और वितरण स्टेशन की मेजबानी करता है, जो एक राष्ट्रीय प्रदर्शन और प्रशिक्षण सुविधा के रूप में कार्य करता है।

इस सुविधा में 120 kWp सौर PV प्लांट शामिल है जो 15 Nm^3@hr (~1.35 kg/hr) की संयुक्त हाइड्रोजन उत्पादन क्षमता के साथ दो KOH-आधारित क्षारीय इलेक्ट्रोलाइजर को शक्ति प्रदान करता है। हाइड्रोजन को 99.999% ईंधन-सेल ग्रेड तक शुद्ध किया जाता है और ~60 किलोग्राम की कुल भंडारण क्षमता के साथ उच्च दबाव वाले टैंकों में 500 बार पर संग्रहीत किया जाता है। एक समर्पित H35 डिस्पेंसर (350 बार) हाइड्रोजन-ईंधन वाले वाहनों के वास्तविक समय में ईंधन भरने और प्रदर्शन को सक्षम बनाता है

चित्र 7.14 नए इलेक्ट्रोलाइजर के ग्रीन हाइड्रोजन प्लांट के संचालन, इंस्ट्रूमेंटेशन और नियंत्रण पर व्यावहारिक प्रशिक्षण

एमएनआरई-वित्त पोषित सीओई परियोजना के तहत, मौजूदा हाइड्रोजन स्टेशन का पुनरुद्धार किया गया है, जिसमें समस्या निवारण, मरम्मत और महत्वपूर्ण घटकों का प्रतिस्थापन शामिल है। फरवरी 2025 में एक नया 10 एनएम/घंटा क्षारीय इलेक्ट्रोलाइजर चालू किया गया, जिससे हाइड्रोजन उत्पादन क्षमता में वृद्धि हुई। एनआईएसई ने अगस्त 2024 और फरवरी 2025 के दौरान हाइड्रोजन उत्पादन, भंडारण, इंस्ट्रूमेंटेशन और सुरक्षा पर व्यावहारिक प्रशिक्षण कार्यक्रम भी आयोजित किए हैं, जो राष्ट्रीय क्षमता निर्माण में योगदान दे रहे हैं।

हाइड्रोजन गतिशीलता को आगे बढ़ाने के लिए, एनआईएसई ने भारतीय परिचालन परिस्थितियों में टोयोटा मिराई फ्यूल-सेल वाहन के मूल्यांकन और प्रदर्शन के लिए टोयोटा किर्लोस्कर मोटर के साथ एक समझौता ज्ञापन किया है, जो सीओई के अनुप्रयुक्त अनुसंधान और प्रदर्शन उद्देश्यों को और मजबूत करता है।

7.1.8 भूतापीय ऊर्जा में अनुसंधान एवं विकास

नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (एमएनआरई) ने दिनांक 15.09.2025 को भू-तापीय ऊर्जा पर राष्ट्रीय नीति को अधिसूचित किया, जिसका उद्देश्य ऊर्जा सुरक्षा के समर्थन में भारत के नवीकरणीय ऊर्जा पोर्टफोलियो के एक अभिन्न अंग के रूप में भूतापीय ऊर्जा को स्थापित करना और 2070 तक शुद्ध-शून्य उत्सर्जन प्राप्त करने की राष्ट्रीय प्रतिबद्धता है। यह नीति स्वदेशी अनुसंधान एवं विकास, जोखिम शमन, निजी क्षेत्र की भागीदारी और अंतर्राष्ट्रीय सहयोग को बढ़ावा देते हुए बिजली उत्पादन, प्रत्यक्ष-उपयोग अनुप्रयोगों और जमीनी स्रोत ताप पंपों को शामिल करते हुए भू-तापीय प्रौद्योगिकियों के अनुसंधान, अन्वेषण, संसाधन मूल्यांकन और तैनाती के लिए एक संरचित ढांचा प्रदान करती है।

नीति के अनुसंधान एवं विकास के नेतृत्व वाले कार्यान्वयन को आगे बढ़ाने के लिए, एमएनआरई सचिव की अध्यक्षता में दिनांक 12.11.2025 को एक हितधारक परामर्श बैठक आयोजित की गई थी। विचार-विमर्श में थैलेपी-आधारित संसाधन वर्गीकरण, यूएनएफसी-संरेखित मूल्यांकन मानकों को अपनाने, उच्च क्षमता वाले क्षेत्रों में केंद्रित अन्वेषण, एक केंद्रीकृत भू-तापीय डेटा भंडार के निर्माण और अंतर-एजेंसी समन्वय को बढ़ाने के माध्यम से अनुसंधान और विकास को मजबूत करने पर जोर दिया गया। हितधारकों ने उपयुक्त टैरिफ और व्यवहार्यता अंतर वित्त पोषण तंत्र, भू-तापीय प्रौद्योगिकी में अंतरराष्ट्रीय नेताओं के साथ सहयोग और भूतापीय बिजली उत्पादन और कम-थैलेपी प्रत्यक्ष-उपयोग अनुप्रयोगों के लिए विभेदित अनुसंधान एवं विकास दृष्टिकोण की आवश्यकता पर भी प्रकाश डाला।

नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय द्वारा वित्त पोषित भूतापीय ऊर्जा अनुसंधान एवं विकास परियोजनाओं के तहत हासिल की गई प्रगति की मुख्य विशेषताएं नीचे सूचीबद्ध हैं:

क. अनुत्पादक तेल और गैस कुओं को रेट्रोफिटिंग करके 450 किलोवाट की पायलट एकीकृत वाणिज्यिक भू-तापीय ऊर्जा:

नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय ने हाल ही में भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान मद्रास द्वारा कार्यान्वित एक पायलट अनुसंधान एवं विकास परियोजना को मंजूरी दी है, जिसका उद्देश्य अप्रयुक्त तेल और गैस जलाशयों के पुनः उपयोग के माध्यम से भू-तापीय बिजली उत्पादन का व्यावसायीकरण करना है। यह परियोजना जलाशय वर्गीकरण, भूतापीय ढालों और तापमान के आकलन और रेट्रोफिटेड कुओं का उपयोग करके बिजली उत्पादन के तकनीकी-आर्थिक मूल्यांकन पर केंद्रित है। प्रमुख उद्देश्यों में मौजूदा हाइड्रोकार्बन कुओं को भू-तापीय उत्पादकों में परिवर्तित करना, आउटलेट तापमान और राजस्व क्षमता का अनुमान लगाना और ग्रिड कनेक्टिविटी के साथ 450 किलोवाट ऑर्गेनिक रैंकिन साइकिल (ओआरसी) बिजली संयंत्र स्थापित करना शामिल है। नियोजित डिलिवरेबल्स में अच्छी अखंडता मूल्यांकन, जलाशय डेटा संकलन, अच्छी तरह से रेट्रोफिटिंग, सिस्टम डिजाइन, स्थापना, कमीशनिंग, प्रदर्शन परीक्षण, पर्यावरण मूल्यांकन और वाणिज्यिक संचालन की शुरुआत शामिल है, जो भारत में स्केलेबल भू-तापीय तैनाती का समर्थन करता है।

ख. अरुणाचल हिमालय से भूतापीय ऊर्जा का दोहन

एमएनआरई ने हिमालयी क्षेत्र में भू-तापीय संसाधनों का व्यवस्थित रूप से आकलन और उपयोग करने के लिए अरुणाचल प्रदेश सरकार के पृथ्वी विज्ञान और हिमालयन अध्ययन केंद्र (सीईएसएचएस) द्वारा कार्यान्वित एक परियोजना को मंजूरी दी है। इस परियोजना में एकीकृत भूवैज्ञानिक, भू-रासायनिक, भूभौतिकीय और भू-तापीय जांच शामिल है, जिसमें विस्तृत संरचनात्मक मानचित्रण और दोहन योग्य भू-तापीय क्षमता का अनुमान लगाने के लिए 3-डी भूवैज्ञानिक मॉडल का विकास शामिल है। यह औद्योगिक उपयोग, बिजली उत्पादन और सेना के बेस कैंपों के लिए भूतापीय हीटिंग के लिए भूतापीय ऊर्जा की व्यवहार्यता का भी मूल्यांकन करता है। प्रमुख डिलिवरेबल्स में भूतापीय स्थलों का पता लगाना और उनका चित्रण, भू-रासायनिक सीमाओं की पहचान, गहरी गर्मी-प्रवाह और भू-विद्युत डेटा का उत्पादन, और रणनीतिक और ऊर्जा सुरक्षा उद्देश्यों का समर्थन करते हुए भूतापीय हीटिंग अनुप्रयोगों का प्रदर्शन शामिल है।

ग. एकीकृत सौर-भूतापीय ऊर्जा का उपयोग करके बिजली उत्पादन का प्रदर्शन

नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय ने एकीकृत सौर-भूतापीय ऊर्जा उपयोग को प्रदर्शित करने के लिए पंडित दीनदयाल ऊर्जा विश्वविद्यालय, गुजरात द्वारा कार्यान्वित एक अनुसंधान एवं विकास परियोजना को मंजूरी दी है। इस परियोजना में भू-तापीय हॉटस्पॉट की पहचान करने के लिए खोजपूर्ण सर्वेक्षण और बिजली संयंत्र उपकरणों के साथ अनुकूलता के लिए भूतापीय जल गुणवत्ता का विस्तृत विश्लेषण शामिल है। विद्युत उत्पादन क्षमता का आकलन करने के लिए एक छोटे पैमाने पर कार्बनिक रैंकिन साइकिल आधारित हाइब्रिड सौर तापीय और भूतापीय विद्युत संयंत्र स्थापित किया जा रहा है। यह परियोजना अवशिष्ट भूतापीय ऊर्जा के प्रत्यक्ष उपयोग अनुप्रयोगों को डिजाइन करने और प्रदर्शित करने पर भी केंद्रित है। प्रमुख डिलिवरेबल्स में जलभृत निरंतरता का उपसतह लक्षण वर्णन, व्यापक जल गुणवत्ता मूल्यांकन, हाइब्रिड बिजली उत्पादन का मूल्यांकन और प्रत्यक्ष भू-तापीय अनुप्रयोगों का कार्यान्वयन शामिल है।

घ. भारत में उथली भू-तापीय ऊर्जा क्षमता के अध्ययन और परीक्षण पर एक पायलट परियोजना

नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय ने भारत में उथली भू-तापीय ऊर्जा की क्षमता का आकलन करने के लिए भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान दिल्ली द्वारा कार्यान्वित एक अनुसंधान एवं विकास परियोजना को मंजूरी दी है। यह परियोजना प्रारंभिक राष्ट्रीय स्तर के संभावित अनुमान, भूतापीय बोरहोल डिजाइनों के विश्लेषणात्मक और संख्यात्मक मूल्यांकन और मॉडल भविष्यवाणियों को मान्य करने के लिए क्षेत्र परीक्षण पर केंद्रित है। इसका उद्देश्य ग्राउंड सोर्स हीट पंप (जीएसएचपी) सिस्टम के परीक्षण, स्थापना और डिजाइन के लिए मानकीकृत प्रक्रियाओं को विकसित करना है, जिसमें अन्य हरित प्रौद्योगिकियों के साथ तुलनात्मक लागत-लाभ विश्लेषण शामिल है। प्रमुख डिलिवरेबल्स में एक राष्ट्रीय उथले भू-तापीय क्षमता मानचित्र का विकास, आर्थिक विश्लेषण के साथ व्यापक डिजाइन और परीक्षण दिशानिर्देश, और पेटेंट फाइलिंग के माध्यम से प्रौद्योगिकी स्वदेशीकरण की खोज शामिल है।

ङ. 20×20×10 फीट के कमरे में एयर कंडीशनिंग सिस्टम के लिए भूतापीय शीतलन का डिजाइन और विकास

नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय ने उस्मानिया टेक्नोलॉजी बिजनेस इनक्यूबेटर, उस्मानिया विश्वविद्यालय द्वारा कार्यान्वित एक अनुसंधान एवं विकास परियोजना को मंजूरी दी है, जो अंतरिक्ष कंडीशनिंग के लिए भू-तापीय आधारित प्राकृतिक शीतलन पर ध्यान केंद्रित करती है। इस परियोजना का उद्देश्य एयर कंडीशनिंग अनुप्रयोगों के लिए ऊर्जा-कुशल भू-तापीय शीतलन प्रणाली विकसित करने के लिए उथली गहराई (1-3 मीटर) पर कम उपसतह तापमान का उपयोग करना है। मुख्य उद्देश्यों में न्यूनतम बिजली की खपत के साथ इनडोर तापमान को लगभग 26 डिग्री सेल्सियस तक कम करना और विभिन्न कमरे के आकार के लिए सिस्टम मापदंडों को अनुकूलित करना शामिल है। प्रमुख डिलिवरेबल्स में भूतापीय शीतलन अवधारणा का सत्यापन, इष्टतम डिजाइन मापदंडों का अनुकरण, और 25-27 डिग्री सेल्सियस की सीमा में इनडोर तापमान प्राप्त करने के लिए जल परिसंचरण का प्रदर्शन शामिल है, जो कम ऊर्जा शीतलन समाधानों का समर्थन करता है।

7.1.9 वायु ऊर्जा में अनुसंधान एवं विकास

क. खंभात की खाड़ी और मन्नार की खाड़ी में मौसम महासागर मापन परियोजना

मंत्रालय ने भारत में अपतटीय पवन ऊर्जा विकास को सुविधाजनक बनाने के लिए उच्च गुणवत्ता वाले पवन और समुद्र विज्ञान डेटा उत्पन्न करने के लिए मन्नार की खाड़ी में एक मेट-महासागर माप परियोजना का समर्थन किया। इस परियोजना का उद्देश्य अपतटीय पवन संसाधन मूल्यांकन, जोनिंग और परियोजना योजना का समर्थन करने के लिए हवा, लहर, ज्वार, वर्तमान और जल स्तर मापदंडों को कवर करने वाला एक मजबूत, साइट-विशिष्ट डेटाबेस स्थापित करना है।

परियोजना के तहत, वीओसी पोर्ट और उदानगुडी सहित रणनीतिक स्थानों पर अपतटीय राडार सिस्टम स्थापित किए गए थे, और एक व्यापक पवन माप अभियान पूरा किया गया था। 200 मीटर तक की कई ऊंचाइयों पर वास्तविक समय अपतटीय पवन डेटा उत्पन्न किया गया था, जो 150 मीटर हब ऊंचाई पर 7 मीटर/सेकेंड से अधिक औसत हवा की गति के साथ अनुकूल पवन शासन का संकेत देता है। एक अलग पहल के माध्यम से पूरक समुद्र विज्ञान माप किए गए। यह परियोजना मार्च 2025 में पूरी हुई थी।

चित्र 7.15 VOC पोर्ट और उडांगुडी (मन्नार की खाड़ी, तमिलनाडु) में लगा LiDAR

इस परियोजना के परिणामस्वरूप एक मूल्यवान अपतटीय पवन और मेट-महासागर डेटासेट का निर्माण हुआ है, जो फ्लोटिंग LiDAR अवलोकनों सहित साइट-विशिष्ट माप के माध्यम से मेसोस्केल अपतटीय पवन मॉडल का विश्वसनीय सत्यापन प्रदान करता है। उत्पन्न डेटा मन्नार की खाड़ी में अपतटीय पवन क्षेत्रों के सटीक सीमांकन को सक्षम बनाता है, सीबेड लीजिंग और बोली प्रक्रियाओं का समर्थन करता है, और व्यवहार्यता आकलन और परियोजना योजना में अपतटीय पवन डेवलपर्स के लिए एक विश्वसनीय तकनीकी संदर्भ के रूप में कार्य करके भारत के अपतटीय पवन कार्यक्रम को मजबूत करता है।.

7.1.10 अनुसंधान एवं विकास से व्यावसायीकरण

प्रोफेसर अशोक झुनझुनवाला (आईआईटी मद्रास) की अध्यक्षता में दिनांक 8 अगस्त 2025 को आयोजित एमएनआरई के विचार-मंथन परामर्श ने उद्योग और अनुसंधान एवं विकास संस्थानों के साथ साझेदारी में पांच डोमेन पर तत्काल ध्यान देने के साथ नवीकरणीय ऊर्जा व्यावसायीकरण में तेजी लाने के लिए प्राथमिकता वाले अनुसंधान एवं विकास कार्यों की पहचान की। यह प्रस्ताव किया गया कि प्रौद्योगिकियों को बढ़ाने के लिए ऋण प्रावधानों के साथ-साथ स्टार्ट-अप को वित्तीय सहायता प्रदान की जाए। जबकि सिलिकॉन पीवी सीमित रणनीतिक लाभ प्रदान करता है, पेरोव्स्काइट सिंगल-जंक्शन और टेंडेम सेल कंसोर्टियम-संचालित निर्देशित अनुसंधान की आवश्यकता वाले मजबूत टीआरएल -5 अवसर प्रस्तुत करते हैं। स्वदेशी बिजली-इलेक्ट्रॉनिक्स और एचवीडीसी प्रौद्योगिकियों पर राष्ट्रीय जोर दो साल के भीतर टीआरएल-7 उत्पादों की आपूर्ति कर सकता है। ग्रिड-स्टोरेज के लिए तत्काल पैक-स्तरीय स्वदेशीकरण की आवश्यकता होती है, जिसमें सभी ग्रिड-स्केल परिनियोजन को भारतीय बैटरी-पैक तकनीक का उपयोग करना अनिवार्य है। टीओडी से जुड़े टैरिफ सुधारों और घरेलू रूप से विकसित सौर-हाइब्रिड-यूपीएस प्रणालियों के माध्यम से रूफटॉप सौर ऊर्जा को अपनाने की सुविधा को खोला जा सकता है। एक दोहरी स्टार्ट-अप सहायता योजना-बीज अनुदान और रियायती उद्यम ऋण- भारत की आरई नवाचार पाइपलाइन को मजबूत करने में मदद करेगी। नीति आयोग ने लंबी अवधि की ऊर्जा भंडारण (एलडीईएस) प्रौद्योगिकियों के लिए पायलट-स्केल संयंत्रों और स्वदेशी विनिर्माण के विकास पर बल दिया है।

7.1.11 कार्यान्वयन के तहत अनुसंधान एवं विकास परियोजनाएं

वित्त वर्ष 2025-26 के दौरान कार्यान्वयन के तहत अनुसंधान एवं विकास परियोजनाओं की सूची नीचे दी गई है:

सौर्य पी वी

क्रम.सं.	परियोजना का शीर्षक	संस्था
1.	नेशनल सेंटर फॉर फोटोवोल्टिक रिसर्च एंड एजुकेशन (एनसीपीआरई) – तीसरा चरण	आई आई टी बॉम्बे
2.	सौर सेल अंशांकन के लिए राष्ट्रीय प्राथमिक मानक सुविधा	सी एस आई आर-एन पी एल, नयी दिल्ली
3.	पेरोव्स्काइट टेंडेम सोलर सेल का स्केल-अप (चरण I)	आई आई टी बॉम्बे
4.	पेरोव्स्काइट सौर मॉड्यूल	आई आई टी बॉम्बे
5.	लचीले पेरोव्स्काइट सौर सेल और मध्यवर्ती मॉड्यूल	आई आई टी बॉम्बे

लघु जलविद्युत

क्रम.सं.	परियोजना का शीर्षक	संस्था
1.	अल्ट्रा लो हेड और हाइड्रोकाइनेटिक टर्बाइनों का अनुसंधान और विकास और लघु हाइड्रो टरबाइन मॉडल के प्रदर्शन का पूर्वानुमान	आई आई टी रुरकी

अपशिष्ट से ऊर्जा

क्रम.सं.	परियोजना का शीर्षक	संस्था
1.	रासायनिक उत्पादन के लिए प्लाज्मा पायरोलिसिस प्रौद्योगिकी के माध्यम से बायोमास गैसीकरण	आई आई टी रुरकी
2.	कृषि-अपशिष्ट का घनत्व और गैसीफायर में इसके अनुप्रयोग के लिए मूल्यांकन	एस एस एस-निबे, कपूरथला

हरित हाइड्रोजन

क्रम.सं.	परियोजना का शीर्षक	संस्था
1.	लेह में हरित हाइड्रोजन मोबिलिटी परियोजना	एन टी पी सी
2.	उच्च स्वदेशी सामग्री के साथ 20ॉ कम तापमान पॉलिमर इलेक्ट्रोलाइट मेम्ब्रेन (LT-PEM) ईंधन सेल का डिजाइन और विकास	ए आर सी आई-सी एफ सी टी , चेन्नई
3.	राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान में हाइड्रोजन ऊर्जा पर उत्कृष्टता केंद्र की स्थापना	एन आई एस ई, गुरुग्राम

भूतापीय ऊर्जा

क्रम.सं.	परियोजना का शीर्षक	संस्था
1.	अनुत्पादक तेल और गैस कुओं को रेट्रोफिटिंग करके 450 किलोवाट की पायलट एकीकृत वाणिज्यिक भू-तापीय ऊर्जा: रागेश्वरी गैस क्षेत्र, बाड़मेर, राजस्थान	आई आई टी मद्रास
2.	अरुणाचल हिमालय से भूतापीय ऊर्जा का दोहन	सी ई एस एच एस, अरुणाचल प्रदेश सरकार
3.	एकीकृत सौर-भूतापीय ऊर्जा का उपयोग करके बिजली उत्पादन का प्रदर्शन	पी डी ई यू, गुजरात

4.	भारत में उथली भू-तापीय ऊर्जा क्षमता के अध्ययन और परीक्षण पर एक पायलट परियोजना	आई आई टी दिल्ली
5.	20×20×10 फीट के कमरे में एयर कंडीशनिंग सिस्टम के लिए भूतापीय शीतलन का डिजाइन और विकास	उस्मानिया विश्वविद्यालय, हैदराबाद

पवन ऊर्जा

क्रम. सं.	परियोजना का शीर्षक	संस्था
1.	खंभात की खाड़ी और मन्नार की खाड़ी में मौसम महासागर मापन परियोजना	एन आई डब्ल्यू ई, चेन्नई

7.1.12 उच्च स्तरीय समिति की सिफारिशें

होमी भाभा राष्ट्रीय संस्थान के कुलाधिपति डॉ. अनिल काकोडकर की अध्यक्षता में एक उच्च स्तरीय समिति द्वारा 15. 09.2025 को आयोजित अपनी बैठक में नवीकरणीय ऊर्जा अनुसंधान, प्रौद्योगिकी विकास और प्रदर्शन (आरई-आरटीडी) कार्यक्रम की समीक्षा की गई। कार्यक्रम की प्रगति, परिणामों और समग्र मूल्यांकन पर विस्तृत विचार-विमर्श के बाद, समिति ने अपनी बहुमूल्य सिफारिशें दीं और निष्कर्ष निकाला कि आरई-आरटीडी कार्यक्रम को 2026-27 से 2030-31 की अवधि के लिए जारी रखा जा सकता है। समिति की सिफारिशें नीचे उल्लिखित हैं: -

- टीआरएल-आधारित सहयोगी अनुसंधान एवं विकास के लिए उद्योग-अकादमिक साझेदारी को मजबूत करना.
- पवन, इन्वर्टर और भंडारण प्रौद्योगिकियों के लिए समर्पित राष्ट्रीय परीक्षण और सत्यापन सुविधाएं स्थापित करें।
- ज्ञान साझा करने और नीति समर्थन के लिए एक राष्ट्रीय अनुसंधान एवं विकास डेटाबेस बनाएं.
- बजटीय सहायता बढ़ाएं और अनुसंधान एवं विकास के लिए क्षेत्रीय निवेश का एक निश्चित प्रतिशत निर्धारित करने पर विचार करें.
- केंद्रित विनिर्माण अनुसंधान एवं विकास के माध्यम से स्वदेशीकरण और आपूर्ति-श्रृंखला सुरक्षा को बढ़ावा देना.
- प्रतिस्पर्धी, लक्ष्य-उन्मुख परियोजनाओं के माध्यम से नवाचार को बढ़ावा देने के लिए एआरपीए-ई/डीएआरपीए तर्ज पर अनुसंधान एवं विकास योजना को फिर से तैयार करना.
- एक विस्तृत रणनीति और कार्य योजना विकसित करने की आवश्यकता है जो राष्ट्रीय लक्ष्यों और रणनीति के अनुरूप हो। सौर के साथ-साथ इनवर्टर, ऊर्जा भंडारण और पावर इलेक्ट्रॉनिक्स के लिए घरेलू विनिर्माण क्षमता के विस्तार में उद्योग की सक्रिय भागीदारी के साथ सिलिकॉन-आधारित सौर सेल की तैनाती को और बढ़ाने की आवश्यकता है।
- मंत्रालय को नवीकरणीय ऊर्जा में स्टार्ट-अप को तेजी से नवाचार, प्रौद्योगिकी व्यावसायीकरण और बड़े पैमाने पर स्थायी समाधानों की तैनाती के लिए सहायता प्रदान करनी चाहिए और अनुसंधान एवं विकास बजट को मौजूदा बजट से कम से कम 3-4 गुना बढ़ाया जाना चाहिए.
- कमिटी ने सुझाव दिया कि एमएनआरई को अनुसंधान एवं विकास के लिए महत्वपूर्ण क्षेत्रों की पहचान करनी चाहिए, एक चरणबद्ध टीआरएल आधारित मार्ग अपनाना चाहिए, नवीकरणीय ऊर्जा क्षेत्र के बजट का कम से कम 5 प्रतिशत अनुसंधान एवं विकास के लिए आवंटित करना चाहिए और नीति समर्थन के लिए एक राष्ट्रीय डेटाबेस का निर्माण करना चाहिए।

- आरई-आरटीडी कार्यक्रम के तहत औद्योगिक और शैक्षणिक अनुसंधान संस्थाओं की अखिल भारतीय भागीदारी को बढ़ावा देने के लिए, यह प्रस्ताव किया गया है कि स्वदेशी रूप से विकसित प्रौद्योगिकियों और घटकों के समर्थन, सत्यापन और मान्यता के लिए एक संरचित ढांचा स्थापित किया जाए। यह ढांचा सहयोगात्मक विकास की सुविधा प्रदान करेगा, प्रौद्योगिकी अपनाने को प्रोत्साहित करेगा और नवीकरणीय ऊर्जा क्षेत्र में व्यापार के अवसरों को बढ़ाने में सक्षम करेगा.

7.2 उत्पादन से संबंधी प्रोत्साहन (पीएलआई)

7.2.1 नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय, भारत सरकार 24,000 करोड़ रुपये के परिव्यय के साथ उच्च दक्षता वाले सौर पीवी मॉड्यूल में गीगा वाट (जीडब्ल्यू) पैमाने की विनिर्माण क्षमता प्राप्त करने के लिए उच्च दक्षता वाले सौर पीवी मॉड्यूल पर राष्ट्रीय कार्यक्रम के लिए उत्पादन से जुड़ी प्रोत्साहन (पीएलआई) योजना लागू कर रहा है। इस योजना में चयनित सौर पीवी मॉड्यूल निर्माताओं को चालू होने के बाद पांच साल के लिए उच्च दक्षता वाले सौर पीवी मॉड्यूल के निर्माण और बिक्री पर उत्पादन से जुड़े प्रोत्साहन (पीएलआई) का प्रावधान है।

7.2.2 लक्ष्य और उद्देश्य

इस योजना का उद्देश्य भारत में उच्च दक्षता वाले सौर पीवी मॉड्यूल के निर्माण के लिए एक इकोसिस्टम का निर्माण करना है और इस प्रकार नवीकरणीय ऊर्जा के क्षेत्र में आयात निर्भरता को कम करना है। योजना के उद्देश्यों में निम्नलिखित शामिल हैं:

i. प. उच्च दक्षता मॉड्यूल की सौर पीवी विनिर्माण क्षमता का निर्माण करना।

ii. उच्च दक्षता मॉड्यूल के निर्माण के लिए भारत में अत्याधुनिक तकनीक लाना। यह योजना इस मायने में प्रौद्योगिकी अज्ञेयवादी होगी कि यह सभी प्रौद्योगिकियों की अनुमति देगी। हालांकि, बेहतर मॉड्यूल प्रदर्शन प्राप्त करने वाली प्रौद्योगिकियों को प्रोत्साहित किया जाएगा.

iii. बेहतर गुणवत्ता नियंत्रण और प्रतिस्पर्धात्मकता के लिए एकीकृत संयंत्रों की स्थापना को बढ़ावा देना.

iv. सौर विनिर्माण में स्थानीय सामग्री की सोर्सिंग के लिए एक पारिस्थितिकी तंत्र विकसित करना.

v. रोजगार सृजन और तकनीकी आत्मनिर्भरता।

7.2.3 पीएलआई योजना को दो चरणों में लागू किया जा रहा है:

7.2.3.1 ट्रांच-I:

i. केंद्रीय मंत्रिमंडल ने दिनांक 7 अप्रैल, 2021 को उच्च दक्षता वाले सौर पीवी मॉड्यूल में गीगा वाट (जीडब्ल्यू) पैमाने की विनिर्माण क्षमता प्राप्त करने के लिए उच्च दक्षता वाले सौर पीवी मॉड्यूल पर राष्ट्रीय कार्यक्रम के लिए उत्पादन से जुड़ी प्रोत्साहन (पीएलआई) योजना को मंजूरी दी। नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (एमएनआरई) ने दिनांक 28 अप्रैल, 2021 को 4,500 करोड़ रुपये के परिव्यय के साथ 'उच्च दक्षता वाले सौर पीवी मॉड्यूल पर राष्ट्रीय कार्यक्रम' पर उत्पादन से जुड़ी प्रोत्साहन योजना के लिए योजना दिशानिर्देश जारी किए।

ii. इस किश्त के तहत, पीएलआई योजना (ट्रांच-I) के लिए एमएनआरई की ओर से कार्यान्वयन एजेंसी, इंडियन रिन्यूएबल एनर्जी डेवलपमेंट एजेंसी लिमिटेड (इरेडा) ने उच्च दक्षता वाले सौर पीवी मॉड्यूल के लिए विनिर्माण क्षमता स्थापित करने के लिए निर्माताओं के चयन के लिए बोली दस्तावेज जारी किए। इरेडा द्वारा नवंबर और दिसंबर, 2021 में तीन सफल बोलीदाताओं को 4,500 करोड़ रुपये के पीएलआई योजना परिव्यय के भीतर पूरी तरह से एकीकृत सौर पीवी मॉड्यूल विनिर्माण इकाइयों की 8,737 मेगावाट क्षमता की स्थापना के लिए पुरस्कार पत्र जारी

किए गए थे। उपरोक्त 8,737 मेगावाट सौर पीवी विनिर्माण क्षमता कार्यान्वयनाधीन है।

7.2.3.2 ट्रांच-II:

i. दिनांक 21.09.2022 को केंद्रीय मंत्रिमंडल की मंजूरी के बाद, नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय ने 30.09.2022 को 19,500 करोड़ रुपये के परिव्यय के साथ उच्च दक्षता वाले सौर पीवी मॉड्यूल के लिए पीएलआई योजना की अंश-II के कार्यान्वयन के लिए योजना दिशानिर्देश जारी किए हैं।

ii. इस किश्त के तहत, पीएलआई योजना (V[a]sap&II) के लिए एमएनआरई की ओर से कार्यान्वयन एजेंसी, भारतीय सौर ऊर्जा निगम (एसईसीआई) ने उच्च दक्षता वाले सौर पीवी मॉड्यूल के लिए पीएलआई योजना की ट्रेंच-II के तहत सौर पीवी निर्माताओं के चयन के लिए निविदा दस्तावेज जारी किया। पूरी तरह से/आंशिक रूप से एकीकृत सौर पीवी मॉड्यूल निर्माण के 39,600 मेगावाट की स्थापना के लिए अप्रैल 2023 में एसईसीआई द्वारा 11 बोलीदाताओं को लेटर ऑफ अवार्ड (एलओए) जारी किए गए हैं। उपर्युक्त 39,600 मेगावाट क्षमता कार्यान्वयनाधीन है।

7.2.3.3

अक्टूबर 2025 में, सरकार ने उच्च दक्षता वाले सोलर PV मॉड्यूल के लिए च्स्प् योजना के ट्रेंच-I और ट्रेंच-II के तहत सफल बोलीदाताओं को, निर्धारित नियमों और शर्तों के अधीन, निर्धारित कमीशनिंग तिथि में अधिकतम 2 वर्ष तक का समय विस्तार प्राप्त करने की अनुमति दी है।

7.2.4 अपेक्षित परिणाम/लाभ

इस योजना से अपेक्षित परिणाम/लाभ इस प्रकार हैं:

1. ऐसा अनुमान है कि लगभग 48,337 मेगावाट प्रति वर्ष पूर्ण और आंशिक रूप से एकीकृत, सौर पीवी मॉड्यूल की विनिर्माण क्षमता स्थापित की जाएगी।
2. इस योजना से लगभग 1,14,000 करोड़ रुपये का प्रत्यक्ष निवेश आएगा।
3. EVA, सोलर ग्लास, एल्युमिनियम फ्रेम आदि जैसी बाकी सामग्री (बैलेंस ऑफ मटीरियल्स) के लिए विनिर्माण क्षमता का निर्माण।
4. लगभग 3500 लोगों को प्रत्यक्ष रोजगार।
5. सौर पीवी मॉड्यूल में उच्च दक्षता प्राप्त करने के लिए अनुसंधान और विकास को प्रोत्साहन।

7.3 ऊर्जा भंडारण

7.3.1 नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत स्वाभाविक रूप से परिवर्तनशील और रुक-रुक कर होते हैं। ऐसी पीढ़ी के एक बड़े हिस्से को ग्रिड में एकीकृत करना ग्रिड सुरक्षा, स्थिरता और सुरक्षा के लिए महत्वपूर्ण चुनौतियाँ पेश करता है। ग्रिड-स्केल एनर्जी स्टोरेज सिस्टम (ईएसएस) नवीकरणीय उत्पादन उत्पादन को सुचारू करने, बिजली की गुणवत्ता बढ़ाने और ग्रिड स्थिरता को मजबूत करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। इसके अतिरिक्त, ईएसएस ट्रांसमिशन नेटवर्क की भीड़ को कम करने में मदद करता है और मौजूदा ग्रिड बुनियादी ढांचे के अधिक कुशल उपयोग को सक्षम बनाता है।

7.3.2 ऊर्जा भंडारण आवश्यकता

सीईए की राष्ट्रीय विद्युत योजना खंड-1 और इष्टतम उत्पादन मिश्रण 2030 रिपोर्ट के अनुसार ऊर्जा भंडारण आवश्यकताएं निम्नानुसार हैं:

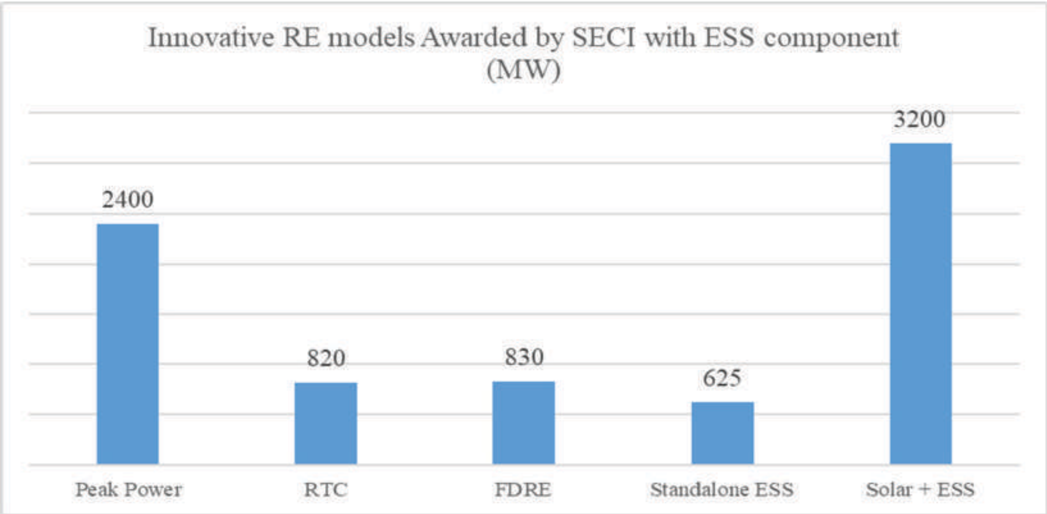
वर्ष/	2026-27	2029-30	2031-32	2047
तकनीक	8.68 जी डब्ल्यू/ 34.72 जी डब्ल्यू एच	41.65 जी डब्ल्यू / 208. 25 जी डब्ल्यू एच	47.24 जी डब्ल्यू/ 236.22 जी डब्ल्यू एच	230 जी डब्ल्यू/ 1,840 जी डब्ल्यू एच
बी ई एस एस	7.45 जी डब्ल्यू / 47.65 जी डब्ल्यू एच	18.98 जी डब्ल्यू / 128. 15 जी डब्ल्यू एच	26.69 जी डब्ल्यू/ 175.18 जी डब्ल्यू एच	90 जी डब्ल्यू/ 540 जी डब्ल्यू एच
पी एस पी	16.13 जी डब्ल्यू / 82.37 जी डब्ल्यू एच	60.63 जी डब्ल्यू / 336.4 जी डब्ल्यू एच	73.93 जी डब्ल्यू / 411.4 जी डब्ल्यू एच	320 जी डब्ल्यू/ 2,380 जी डब्ल्यू एच
कुल				

7.3.3 स्थापित/निविदा क्षमता के तहत

वर्तमान में, देश में लगभग 505 मेगावाट बीईएसएस परियोजनाएं (≥1 मेगावाट) संस्थापित की गई हैं और लगभग 75 गीगावॉट क्षमता निविदा और निर्माण के विभिन्न चरणों में है।

सोलर एनर्जी कॉरपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड (lsdhI), नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (एम एन आर ई) के तहत एक सी पी एस यू, चौबीसों घंटे (आर टी सी) आर ई, एश्योर्ड पीक सप्लाई, स्टैंडअलोन ई एस एस, और फर्म और डिस्पैचेबल आर ई (एफ डी आर ई) जैसे निविदा ढांचे के माध्यम से ग्रिड विश्वसनीयता और क्षमता उपयोग कारकों (CUF) को बढ़ाने के लिए सौर, पवन और भंडारण को एकीकृत करके अभिनव त्म मॉडल को आगे बढ़ा रहा है। 30. 09.2025 तक ऐसी पहलों के तहत प्रदान की गई नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता नीचे दी गई है:

चित्र. 7.16: इसके अलावा, एसईसीआई द्वारा संचालित और/या कार्यान्वित की जा रही विभिन्न परियोजनाओं का विवरण नीचे दिया गया है:



7.3.4 कैपेक्स मोड में (परिचालित)

1. राजनांदगांव, छत्तीसगढ़ में 40 मेगावाट/120 मेगावाट बीईएसएस के साथ 100 मेगावाट (एसी) सौर पीवी पावर प्लांट (160 मेगावाट डीसी क्षमता) का निर्माण किया गया है। यह परियोजना भारत की सबसे बड़ी बैटरी ऊर्जा भंडारण प्रणाली (बीईएसएस) है और छत्तीसगढ़ राज्य द्वारा ऊर्जा खरीदी जाएगी, इस प्रकार राज्य की चरम ऊर्जा मांग को पूरा करने में योगदान देगी।

चित्र. 7.17: बी ई ई एस प्लांट

चित्र. 7.18: बी ई ई एस प्लांट

1. कवरत्ती और अगात्ती द्वीप समूह, लक्षद्वीप में 1.4 मेगावाट बीईएसएस के साथ 1.7 मेगावाट सौर पीवी पावर प्लांट परियोजना चालू है।

चित्र. 7.19: बी ई एस एस प्लांट

7.3.4.1 कार्यान्वयन परियोजनाओं के तहत

1. लेह, लद्दाख में 25 मेगावाट सौर + बीईएसएस परियोजना। इस परियोजना का कार्यान्वयन किया जा रहा है।

7.3.5 स्टैंडअलोन बी ई एस एस

1. मार्च 2025 में, एसईसीआई ने संबंधित बीईएसएस के साथ 125 मेगावाट/500 मेगावाट की एक स्टैंडअलोन बीईएसएस परियोजना के लिए एक एलओए जारी किया। यह एसईसीआई की संचयी सम्मानित ईएसएस क्षमता को 625 मेगावाट/1,500 मेगावाट तक ले जाता है।

7.3.6 प्रमुख बैटरी प्रौद्योगिकियां

- वर्तमान में ग्रिड-स्केल स्टोरेज एप्लिकेशन के लिए उपयोग की जा रही प्रमुख बैटरी तकनीक लिथियम-आयन बैटरी तकनीक पर आधारित है, जिसकी क्षमता में महत्वपूर्ण वृद्धि देखी गई है।
- हालांकि, सोडियम-आयन बैटरी (एसआईबी) और फ्लो बैटरी जैसी नई प्रौद्योगिकियां ग्रिड स्केल अनुप्रयोगों के लिए अपनी उपयुक्तता के कारण महत्वपूर्ण रुचि प्राप्त कर रही हैं। तथापि, ये प्रौद्योगिकियां वाणिज्यीकरण के चरण में हैं.

7.3.7 कर में रुझान निर्धारित

- प्रत्येक परियोजना में बीईएसएस घटक की बढ़ती पैठ और भंडारण अवधि के साथ भी सौर + बीईएसएस परियोजनाओं के टैरिफ में धीरे-धीरे गिरावट देखी गई है। टैरिफ 2018 में 6.99 रुपये/ केडब्ल्यूएच से घटकर 2025 में 2.7 रुपये/ केडब्ल्यूएच हो गया है।

- स्टैंडअलोन बीईएसएस टैरिफ 2 साल की समय सीमा में 75 प्रतिशत से अधिक गिरकर 2022 में 11.25 रुपये/केडब्ल्यूएच से घटकर 2025 में 2.54 रुपये/केडब्ल्यूएच हो गया है।

7.3.8 पंप भंडारण परियोजनाएं (पी एस पी)

अब तक, देश में लगभग 6.7 गीगावॉट की संचयी क्षमता के पीएसपी (25 मेगावाट से अधिक) स्थापित किए गए हैं, जिनमें से लगभग 5.2 गीगावॉट परिचालन में है। इसके अलावा, लगभग 12.1 गीगावॉट क्षमता कार्यान्वयन के अधीन है।

7.3.9 ऊर्जा भंडारण प्रणालियों को बढ़ावा देने के लिए नीतियां और प्रोत्साहन (ई एस एस)

- भारत सरकार (GoI) बिजली क्षेत्र के आपूर्ति और मांग दोनों पक्षों में बैटरी ऊर्जा भंडारण प्रणाली (BESS) को अपनाने को सक्रिय रूप से बढ़ावा दे रही है। बड़े पैमाने पर तैनाती का समर्थन करने, निजी भागीदारी को प्रोत्साहित करने और एक सक्षम नियामक ढांचा बनाने के लिए कई नीतिगत उपाय और पहल शुरू की गई हैं। सरकार द्वारा किए गए प्रमुख नीतिगत हस्तक्षेप इस प्रकार हैं:
- विद्युत मंत्रालय देश में बैटरी ऊर्जा भंडारण प्रणालियों (बीईएसएस) की 4000 मेगावाट क्षमता के विकास के लिए एक व्यवहार्यता अंतर वित्तपोषण (वीजीएफ) योजना चला रहा है। इस योजना के लिए कुल परिव्यय 9,400 करोड़ रुपये है, जिसमें 3,760 करोड़ रुपये की बजटीय सहायता शामिल है। बीईएसएस की कीमतों में गिरावट के कारण, उसी स्वीकृत वित्तीय परिव्यय के भीतर वीजीएफ सहायता को 13,200 मेगावाट बीईएसएस क्षमता तक बढ़ा दिया गया है।
- विद्युत मंत्रालय ने पावर सिस्टम डेवलपमेंट फंड (पी एस डी एफ) के माध्यम से 5,400 करोड़ की कुल वित्तीय सहायता के साथ 30,000 मेगावाट की अतिरिक्त बी ई एस एस क्षमता के विकास के लिए इस योजना को आगे बढ़ाया.
- भारी उद्योग मंत्रालय (एमएचआई) ने जून, 2021 में भारत में गीगा-स्केल एसीसी विनिर्माण सुविधाओं के कार्यान्वयन के लिए एक उत्पादन लिंक्ड प्रोत्साहन (पीएलआई) योजना, 'नेशनल प्रोग्राम ऑन एडवांस्ड केमिस्ट्री सेल (एसीसी) बैटरी स्टोरेज' के साथ शुरुआत की थी, जिसका उद्देश्य 18,100 करोड़ रुपये के कुल बजटीय परिव्यय के साथ 50 गीगावॉट घंटे के लिए एक प्रतिस्पर्धी घरेलू विनिर्माण पारिस्थितिकी तंत्र स्थापित करना था। गुणवत्ता और लागत आधारित चयन (क्यूसीबीएस) प्रक्रिया के माध्यम से बोलीदाताओं को 40 गीगावॉट क्षमता आवंटित की गई है और शेष 10 गीगावॉट क्षमता ग्रिड स्केल स्थिर भंडारण अनुप्रयोगों के लिए नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय को निर्धारित की गई है।
- 30 जून, 2028 से पहले शुरू किए गए और पंप हाइड्रो स्टोरेज के लिए अंतर-राज्यीय ट्रांसमिशन सिस्टम (ISTS) शुल्क पर 100% छूट (मूल जून 2025 की समय सीमा से बढ़ाई गई)।
- विद्युत मंत्रालय ने भारत में ईएसएस के विकास और तैनाती के लिए 2023 में ऊर्जा भंडारण प्रणालियों को बढ़ावा देने के लिए राष्ट्रीय रूपरेखा भी जारी की है।
- ऊर्जा भंडारण प्रणाली के साथ ग्रिड से जुड़ी नवीकरणीय ऊर्जा बिजली परियोजनाओं से फर्म और प्रेषण योग्य बिजली की खरीद के लिए टैरिफ आधारित प्रतिस्पर्धी बोली प्रक्रिया के लिए दिशानिर्देश.
- ऊर्जा भंडारण दायित्व (ईएसओ) लक्ष्य 2030 तक ऊर्जा आवश्यकता का 4% निर्धारित किया गया है, 10 राज्यों ने राज्य आरई नीतियों में इसे शामिल किया है।
- विद्युत मंत्रालय ने अप्रैल, 2023 में पंप भंडारण परियोजनाओं के विकास को बढ़ावा देने के लिए दिशानिर्देश जारी किए।

- केन्द्रीय विद्युत प्राधिकरण (सीईए) ने ग्रिड स्थिरता और लागत दक्षता बढ़ाने के लिए सौर विद्युत परियोजनाओं के साथ ऊर्जा भंडारण प्रणालियों का सह-पता लगाने के संबंध में एक परामर्शी-पत्र जारी किया है। परामर्शी पत्र के अनुसार, सभी अक्षय ऊर्जा कार्यान्वयन एजेंसियों (आरईआईए) और राज्य यूटिलिटियों को सलाह दी जाती है कि वे भावी सौर निविदाओं में संस्थापित सौर परियोजना क्षमता के 10% के बराबर न्यूनतम 2 घंटे की सह-स्थित ऊर्जा भंडारण प्रणालियों (ईएसएस) को शामिल करें।
- वित्त वर्ष 2024-25 से वित्त वर्ष 2031-32 के दौरान लागू किए जाने वाले 12,461 करोड़ रुपये के आवंटन के साथ जल विद्युत परियोजनाओं में सक्षम बुनियादी ढांचे के वित्तपोषण के लिए बजटीय सहायता योजना, यह योजना सभी पंप स्टोरेज परियोजनाओं (पीएसपी) पर भी लागू होगी।

7.3.10 घटना: विश्व ऊर्जा भंडारण दिवस, 2025

दिनांक 22 सितंबर, 2025 को विश्व ऊर्जा भंडारण दिवस मनाने के लिए, मंत्रालय ने नॉलेज पार्टनर के रूप में नेटजीरो एनर्जी ट्रांजिशन एसोसिएशन (नेत्रा) के सहयोग से मंत्रालय परिसर में ऊर्जा भंडारण - ड्राइविंग द क्लीन एनर्जी ट्रांजिशन पर सम्मेलन की मेजबानी की। उच्च स्तरीय सम्मेलन में माननीय नवीन एवं नवीकरणीय ऊर्जा मंत्री और माननीय नवीन एवं नवीकरणीय ऊर्जा राज्य मंत्री और मंत्रालय के अन्य वरिष्ठ अधिकारी उपस्थित थे। भारत के स्वच्छ ऊर्जा परिवर्तन को सक्षम करने में ऊर्जा भंडारण की भूमिका पर विचार-विमर्श करने के लिए इस कार्यक्रम में 200+ से अधिक उद्योग प्रतिभागियों, शोधकर्ताओं और निवेशकों ने भाग लिया।

चित्र. 7.20: 22 सितंबर, 2025 को विश्व ऊर्जा भंडारण दिवस

7.4 नवीकरणीय ऊर्जा क्षेत्र में मानक और गुणवत्ता नियंत्रण

7.4.1 सौर क्षेत्र में गुणवत्ता मानकों को मजबूत करने के एमएनआरई के प्रयासों को जारी रखते हुए, मंत्रालय ने 27 जनवरी 2025 की राजपत्र अधिसूचना के माध्यम से संशोधित 'सौर प्रणाली, उपकरण और घटक सामान आदेश, 2025' (क्यू सी ओ 2025) को अधिसूचित किया है और यह संशोधित क्यूसीओ 27 जुलाई 2025 से प्रभावी हो गया है। यह संशोधित आदेश पूर्ववर्ती क्यूसीओ, 2017 का स्थान लेता है और इसमें सौर पीवी मॉड्यूल, स्टोरेज

बैटरी और एसपीवी इनवर्टर के लिए भारतीय मानकों के नवीनतम संस्करण शामिल हैं। इसके अतिरिक्त, क्यू सी ओ 2025 एस पी वी इनवर्टर की दक्षता के निर्धारण के लिए और मानक पेश करता है। सौर पीवी उत्पादों के लिए संबंधित भारतीय मानकों का उल्लेख तालिका संख्या 7.1 में किया गया है।

टेबल संख्या.7.1 : एसपीवी उत्पादों के लिए क्यूसीओ में उल्लेखित मानक

क्रम सं	सामान एवं आर्टिक्ल	भारतीय मानक	भारतीय मानक का शीर्षक
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	क्रिस्टलीय सिलिकॉन स्थलीय फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल (सी वेफर आधारित)	आईएस 14286 (भाग 1): 2023/ आईईसी 61215-1: 2021 आईएस 14286 (भाग 1/सेकंड 1): 2023/आईईसी 61215-1-1: 2021 आईएस/आईईसी 61730-1: 2016 आईएस/आईईसी 61730-2: 2016	स्थलीय फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल - डिजाइन योग्यता और प्रकार अनुमोदन भाग 1 परीक्षण आवश्यकताएँ स्थलीय फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल - डिजाइन योग्यता और प्रकार अनुमोदन: भाग 1 परीक्षण आवश्यकताएँ: धारा 1 क्रिस्टलीय सिलिकॉन फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल के परीक्षण के लिए विशेष आवश्यकताएं. फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल सुरक्षा योग्यता भाग 1 निर्माण के लिए आवश्यकताएँ फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल सुरक्षा योग्यता भाग 2 परीक्षण के लिए आवश्यकताएँ
2.	पतली फिल्म स्थलीय फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल [सीडीटीई, ए-सी, क्यू (इन, जीए) (एस, एसई) 2]	आईएस 14286 (भाग 1): 2023/ आईईसी 61215-1: 2021 आईएस 14286 (भाग 1/सेकंड 2): 2023/आईईसी 61215-1-2: 2021 + एएमडी-1:2022 आईएस 14286 (भाग 1/धारा 3): 2023/आईईसी 61215-1-3: 2021 + एएमडी-1:2022 आईएस 14286 (भाग 1/सेकंड 4): 2023/आईईसी 61215-1-4: 2021 + एएमडी-1:2022 आईएस/आईईसी 61730-1: 2016 आईएस/आईईसी 61730-2: 2016	स्थलीय फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल - डिजाइन योग्यता और प्रकार अनुमोदन: भाग 1 परीक्षण आवश्यकताएँ. स्थलीय फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल - डिजाइन योग्यता और प्रकार अनुमोदन भाग 1 परीक्षण आवश्यकताएँ धारा 2 पतली फिल्म कैडमियम टेलुराइड (सीडीटीई) आधारित फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल के परीक्षण के लिए विशेष आवश्यकताएं स्थलीय फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल - डिजाइन योग्यता और प्रकार अनुमोदन

			भाग 1 परीक्षण आवश्यकताएँ धारा 3 पतली-फिल्म अनाकार सिलिकॉन आधारित फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल के परीक्षण के लिए विशेष आवश्यकताएं स्थलीय फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल - डिजाइन योग्यता और प्रकार अनुमोदन भाग 1 परीक्षण आवश्यकताएँ धारा 4 पतली फिल्म Cu (In, Ga) (S, Se) 2 आधारित फोटोवोल्टिक (PV) मॉड्यूल के परीक्षण के लिए विशेष आवश्यकताएं फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल सुरक्षा योग्यता भाग 1 निर्माण के लिए आवश्यकताएँ फोटोवोल्टिक (पीवी) मॉड्यूल सुरक्षा योग्यता भाग 2 परीक्षण के लिए आवश्यकताएँ
3.	भंडारण बैटरी	आईएस 16270: 2023	सौर फोटोवोल्टिक अनुप्रयोग के लिए माध्यमिक सेल और बैटरी - सामान्य आवश्यकताएं और परीक्षण के तरीके
4.	फोटोवोल्टिक पावर सिस्टम में उपयोग के लिए पावर इनवर्टर	आईएस 16221 (भाग 2): 2015/ आईईसी 62109-2: 2011 आईएस/आईईसी 61683: 1999	फोटोवोल्टिक पावर सिस्टम में उपयोग के लिए पावर कन्वर्टर्स की सुरक्षा भाग 2 इनवर्टर के लिए विशेष आवश्यकताएं फोटोवोल्टिक सिस्टम - पावर कंडीशनर - दक्षता मापने की प्रक्रिया
5.	उपयोगिता-इंटरकनेक्टेड फोटोवोल्टिक इनवर्टर	आईएस 16221 (भाग 2): 2015/ आईईसी 62109-2: 2011 आईएस 16169: 2019/आईईसी 62116: 2014 आईएस 17980: 2022/आईईसी 62891:2020	फोटोवोल्टिक पावर सिस्टम में उपयोग के लिए पावर कन्वर्टर्स की सुरक्षा भाग 2 इनवर्टर के लिए विशेष आवश्यकताएं उपयोगिता-इंटरकनेक्टेड फोटोवोल्टिक इनवर्टर के लिए आइलैंडिंग रोकथाम उपायों की परीक्षण प्रक्रिया। ग्रिड कनेक्टेड फोटोवोल्टिक इनवर्टर की अधिकतम पावर प्वाइंट ट्रैकिंग दक्षता

सीमित परीक्षण सुविधाओं की उपलब्धता और अनुपालन के लिए अधिक समय प्रदान करने के मद्देनजर, 200 किलोवाट (यानी, >200 किलोवाट) से अधिक क्षमता के एसपीवी इनवर्टर के लिए 'सौर प्रणाली, उपकरण और घटक सामान आदेश, 2025' का कार्यान्वयन 30.06.2026 तक या अगले आदेश तक, जो भी पहले हो, स्व-प्रमाणन के आधार पर बढ़ाया गया है, इस शर्त के अधीन कि ऐसे निर्माताओं के पास भारतीय मानकों के अनुरूप वैध आईईसी प्रमाण पत्र हैं (आईएस 16221 (भाग 2): आइटम नंबर 4 के लिए 2015/आईईसी 62109-2: 2011 और आईएस/आईईसी 61683: 1999 और आईएस 16221 (भाग 2): 2015/आईईसी 62109-2: 2011, आईएस 16169: 2019/आईईसी 62116: 2014 और आईएस 17980: 2022/आईईसी 62891:2020 आइटम नंबर 5 के लिए, आदेश के सुचारू कार्यान्वयन के लिए इन वस्तुओं और मान्यता प्राप्त परीक्षण प्रयोगशालाओं से परीक्षण रिपोर्ट के लिए उक्त आदेश में निर्दिष्ट किया गया है।

7.4.2 उत्पादों का बी.आई.एस. पंजीकरण

भारतीय मानक ब्यूरो (बीआईएस) द्वारा एमएनआरई गुणवत्ता नियंत्रण आदेश में निर्दिष्ट मानकों के अनुसार एसपीवी मॉड्यूल, एसपीवी इनवर्टर और स्टोरेज बैटरी के लिए 31.12.2025 तक प्रदान किए गए पंजीकरण की संख्या तालिका 7.2 में दी गई

है। 772 में से 772 नग जिन निर्माताओं को एसपीवी उत्पादों के लिए पंजीकरण प्रदान किया गया था, उनमें से 492 घरेलू निर्माता (63.73%) हैं। नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय ने निर्णय लिया है कि देश में एसपीवी विद्युत परियोजनाओं में केवल बीआईएस मार्क वाले एसपीवी उत्पादों का उपयोग किया जाएगा। इस प्रकार, गुणवत्ता नियंत्रण आदेश ने न केवल एसपीवी उत्पादों के गुणवत्ता नियंत्रण को बढ़ावा दिया है, बल्कि अंतरराष्ट्रीय स्तर पर गुणवत्ता के साथ एसपीवी उत्पादों के घरेलू निर्माण को भी बढ़ावा दिया है, जिससे आत्मनिर्भर भारत का उद्देश्य पूरा हुआ है।

तालिका 7.2: पंजीकरण संख्या। नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय गुणवत्ता नियंत्रण आदेश के तहत बीआईएस द्वारा 31.12.2025 तक प्रदान किया गया

क्रम सं	उत्पाद का नाम	पंजीकरण संख्या		
		घरेलू	विदेशी	कुल
1	एसपीवी मॉड्यूल	316	156	472
2	एसपीवी इनवर्टर	162	124	286
3	भंडारण बैटरी	14	0	14
	कुल	492	280	772

7.4.3 सौर तापीय प्रणालियों, उपकरणों और घटकों पर गुणवत्ता नियंत्रण आदेश (गुणवत्ता नियंत्रण) आदेश, 2024

नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय ने दिनांक 8 अक्टूबर 2024 की राजपत्र अधिसूचना के माध्यम से एक गुणवत्ता नियंत्रण आदेश सौर तापीय प्रणाली, उपकरण और घटक (गुणवत्ता नियंत्रण) आदेश, 2024 भी अधिसूचित किया। यह आधिकारिक राजपत्र में प्रकाशन की तारीख से एक सौ अस्सी दिनों की समाप्ति पर लागू हुआ (यानी, 6 अप्रैल 2025)। सौर वॉटर हीटर के लिए संबंधित भारतीय मानकों का उल्लेख तालिका संख्या 7.3 में किया गया है।:

तालिका 7.3 : सौर तापीय प्रणालियों, उपकरणों और घटकों (गुणवत्ता नियंत्रण) आदेश, 2024 के लिए क्यू सी ओ में उल्लिखित मानक

क्रम सं	उत्पाद एवं आर्टिकल	भारतीय मानक	भारतीय मानकों का शीर्षक
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	सौर जल तापन प्रणालियों के लिए सौर फ्लैट प्लेट कलेक्टर	आईएस 12933 (भाग 1): 2003	सौर फ्लैट प्लेट कलेक्टर - विशिष्टता भाग 1 आवश्यकताएँ
2.	सभी ग्लास खाली ट्यूब सौर जल तापन प्रणाली	आईएस 12933 (भाग 2): 2003	सोलर फ्लैट प्लेट कलेक्टर- विशिष्टता भाग 2 घटक
3.	सभी ग्लास खाली ट्यूबों के लिए भंडारण पानी की टंकी सौर जल तापन प्रणाली	आईएस 16544: 2016	सभी ग्लास खाली ट्यूब सौर जल तापन प्रणाली
		आईएस 16542: 2016	सभी ग्लास खाली ट्यूबों के लिए प्रत्यक्ष सम्मिलन प्रकार भंडारण पानी की टंकी सौर कलेक्टर-विशिष्टता

7.5 चक्रीय अर्थव्यवस्था

7.5.1 भारत सर्कुलर इकोनॉमी और सतत विकास को बढ़ावा देने में एक वैश्विक नेता के रूप में उभरा है। सीओपी26 में शुरू की गई मिशन लाइफ जैसी पहल संसाधनों के सावधानीपूर्वक उपयोग और पर्यावरण संरक्षण को प्रोत्साहित करती है। 2021 में, नीति आयोग ने एक रैखिक से एक चक्रीय अर्थव्यवस्था में परिवर्तन को चलाने के लिए 11 अंतर-मंत्रालयी समितियों का गठन किया, जिसमें विशेष रूप से सौर उद्योग और लिथियम-आयन बैटरी पर ध्यान केंद्रित किया गया। उनकी कार्य योजनाएं संसाधन दक्षता बढ़ाने के लिए डिजाइनिंग, विनिर्माण, पुनः उपयोग, नवीनीकरण और रीसाइक्लिंग जैसी रणनीतियों के अनुसंधान, विकास और प्रदर्शन (आरडी एंड डी) को प्राथमिकता देती हैं। भारत की जी20 अध्यक्षता के तहत, रिसोर्स एफिशिएंसी सर्कुलर इकोनॉमी इंडस्ट्री कोएलिशन (आरईसीईआईसी) लॉन्च किया गया था, जो अपशिष्ट उत्पादन को कम करने और शून्य-अपशिष्ट पहल को बढ़ावा देने के लिए प्रतिबद्धताओं की पुष्टि करता है। हालाँकि, इन लक्ष्यों को प्राप्त करना मूल्य श्रृंखला में तकनीकी और प्रक्रिया नवाचारों को आगे बढ़ाने पर निर्भर करता है।

7.5.2 सर्कुलर इकोनॉमी में अनुसंधान, विकास और प्रदर्शन (अ एवं वि) को प्रोत्साहित करने के लिए, मंत्रालय ने 23 जून 2025 को 'नवीकरणीय ऊर्जा प्रौद्योगिकियों में सर्कुलरिटी के लिए नवाचार चुनौती - बैटरी और सौर फोटोवोल्टिक पर प्रस्तावों का आह्वान' शुरू किया। यह घोषणा एमएनआरई अनुसंधान एवं विकास पोर्टल पर प्रकाशित की गई थी, जिसमें प्रस्ताव जमा करने की अंतिम तिथि 1 अगस्त 2025 निर्धारित की गई थी।

7.5.3 भागीदारीः

7.5.3.1 निम्नलिखित तीन विषयों के तहत कुल 202 प्रस्ताव प्राप्त हुए थे, जैसा कि 'प्रस्तावों के लिए आह्वान' में परिकल्पित किया गया हैः

1. थीम 1: डिजाइन और विनिर्माण नवाचार।
2. थीम 2: दूसरे जीवन का उपयोग और पुनर्चक्रण नवाचार।
3. थीम 3: परिचालन प्रबंधन नवाचार।

7.5.3.2 देश भर के कई शैक्षणिक, अनुसंधान संस्थानों और स्टार्ट-अप से प्रस्ताव प्राप्त हुए थे। आईआईटी बॉम्बे, आईआईटी दिल्ली, आईआईटी हैदराबाद, आईआईटी रुड़की, आईआईटी पटना, आईआईटी खड़गपुर और विभिन्न एनआईटी जैसे प्रमुख संस्थानों ने बैटरी और सौर फोटोवोल्टिक के क्षेत्रों में निर्दिष्ट विषयों के अनुरूप सर्कुलेरिटी पर अभिनव परियोजना प्रस्ताव प्रस्तुत किए।

7.5.3.3 सौर और बैटरी प्रौद्योगिकियों में काम करने वाले कई स्टार्ट-अप और निजी कंपनियों ने स्केलेबल और व्यावसायिक रूप से व्यवहार्य नवाचारों के साथ भाग लिया, रिवर्स लॉजिस्टिक्स, बैटरी रीपर्पोजिंग और एआई-आधारित प्रदर्शन निगरानी पर केंद्रित प्रस्ताव प्रस्तुत किए.

7.6 पीएम गति शक्ति - राष्ट्रीय मास्टर प्लान (पीएमजीएस-एनएमपी)

7.6.1 पीएम गति शक्ति राष्ट्रीय मास्टर प्लान (पीएमजीएस-एनएमपी) अक्टूबर 2021 में माननीय प्रधान मंत्री द्वारा लॉन्च किया गया था। इस मंत्रालय की पहचान उन मंत्रालयों में से एक के रूप में की गई है जिनकी परियोजनाओं को एनएमपी पोर्टल पर अपलोड किया जाना है। यह मंत्रालयों में एकीकृत और समन्वित बुनियादी ढांचे की योजना के लिए एक डिजिटल प्लेटफॉर्म है। इसका उद्देश्य लोगों, वस्तुओं और सेवाओं की आवाजाही के लिए निर्बाध मल्टी-मॉडल कनेक्टिविटी प्रदान करना है, जिससे भारतीय व्यवसाय अधिक प्रतिस्पर्धी बन सकें।

7.6.2 प्रगति/स्थिति:

- पीएम गति शक्ति से संबंधित सभी कार्यों के लिए मंत्रालय में गति शक्ति सेल बनाया गया है।
- एमएनआरई की मानक संचालन प्रक्रिया (एसओपी) को अंतिम रूप दिया गया और पीएम गति शक्ति (राष्ट्रीय मास्टर प्लान) एनएमपी में परियोजनाओं के मानचित्रण के लिए डीपीआईआईटी और भास्कराचार्य इंस्टीट्यूट फॉर स्पेस एप्लीकेशंस एंड जियोइन्फॉर्मेटिक्स (बीआईएसएजी-एन) के साथ साझा किया गया।
- गति शक्ति पोर्टल पर 50 मेगावाट या उससे अधिक क्षमता की आरई-परियोजनाओं की मैपिंग की जा रही है।
- सौर और पवन क्षमता को पहले ही पीएम गति शक्ति पोर्टल में मैप किया जा चुका है। आरईआईए और एनआईडब्ल्यूई से लगभग 84 गीगावॉट की परियोजनाओं का डेटा भी प्राप्त किया गया। पीएम गति शक्ति पोर्टल पर 64 गीगावॉट डेटा मैप किया गया और बैलेंस डेटा मैपिंग गतिविधि प्रगति पर है।
- एमएनआरई द्वारा विकसित सौर, पवन और हाइब्रिड परियोजनाओं के लिए एक पोर्टल, एक एप्लिकेशन प्रोग्रामिंग इंटरफेस (एपीआई) एकीकरण के माध्यम से डेवलपर्स से एनएमपी पोर्टल पर डेटा भेजने के लिए.
- एमएनआरई पोर्टल को अपडेट और लाइव किया गया है। पोर्टल को लिंक के माध्यम से एक्सेस किया जा सकता है: https://gatishakti.mnre.gov.in/home
- एमएनआरई पोर्टल पर गतिविधि की मैपिंग के लिए आरईआईए के साथ लॉगिन क्रेडेंशियल और उपयोगकर्ता पुस्तिका साझा की गई है, पोर्टल पर प्रशिक्षण के लिए आरईआईए के साथ एक बैठक निर्धारित की गई है।
- जीईसी के तहत लद्दाख से 13 गीगावॉट पारेषण परियोजना को नेटवर्क प्लानिंग समूह (एनपीजी) और बाद में केंद्रीय मंत्रिमंडल द्वारा अनुमोदित किया गया है, जिसे पोर्टल में भी मैप किया गया है।

7.6.3 राज्य संसाधन पर्याप्तता योजना

7.6.3.1 विद्युत (संशोधन) नियम, 2022 के नियम 16 के तहत प्रदत्त शक्तियों का प्रयोग करते हुए, विद्युत मंत्रालय, भारत सरकार ने केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (सीईए) के परामर्श से भारतीय विद्युत क्षेत्र के लिए संसाधन पर्याप्तता के लिए दिशानिर्देश जारी किए हैं। इन दिशा-निर्देशों का अनुपालन सभी संबंधित संस्थानों और हितधारकों द्वारा किया जाना है, जैसा कि इसमें निर्दिष्ट किया गया है।

7.6.3.2 इसके अलावा, विद्युत मंत्रालय ने जून 2023 में भारत के लिए संसाधन पर्याप्तता योजना (RAP) फ्रेमवर्क के लिए दिशानिर्देश जारी किए हैं । समानांतर में, फोरम ऑफ रेगुलेटर्स (एफओआर) ने जून 2023 में संसाधन पर्याप्तता ढांचे के लिए मॉडल विनियम भी जारी किए हैं । आरएपी ढांचे का उद्देश्य मांग वृद्धि की गति के अनुरूप पर्याप्त उत्पादन क्षमता की उपलब्धता सुनिश्चित करना है, जिससे बिजली की कमी को रोका जा सके जो संभावित रूप से देश के आथक विकास को बाधित कर सकती है।

7.6.3.3 राज्य संसाधन पर्याप्तता योजना (एसआरएपी) प्रक्रिया यह सुविधा प्रदान करती है कि प्रत्येक राज्य और संघ राज्य क्षेत्र (यूटी) के पास विश्वसनीय और टिकाऊ तरीके से भविष्य की बिजली की मांग को पूरा करने के लिए पर्याप्त ऊर्जा संसाधन हैं। इस रणनीतिक और व्यापक योजना प्रक्रिया में सभी 28 राज्य और 08 केंद्र शासित प्रदेश शामिल हैं, और उत्पादन, पारेषण और वितरण बुनियादी ढांचे के लिए दीर्घकालिक योजना का समर्थन करते हैं, जिससे देश भर में ऊर्जा सुरक्षा, ग्रिड विश्वसनीयता और टिकाऊ बिजली क्षेत्र के विकास में वृद्धि होती है।

7.6.3.4 अब तक, 28 राज्यों में से 15 राज्यों और 07 केंद्र शासित प्रदेशों के राज्य विद्युत विनियामक आयोगों (एसईआरसी) ने अपने राज्य संसाधन पर्याप्तता फ्रेमवर्क विनियमों को अधिसूचित किया है , जबकि 04 ने मसौदा अधिसूचनाएं जारी की हैं। देश में लक्षित नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता संस्करण को प्राप्त करने के लिए एसआरएपी की समय पर योजना और निगरानी भी महत्वपूर्ण है। इसलिए, एमएनआरई एसआरएपी की तैयारी, अनुमोदन और निगरानी के लिए राज्यों और राज्य नियामकों के साथ अनुवर्ती कार्रवाई कर रहा है।

अध्याय 8

पूर्वोत्तर क्षेत्र के राज्यों पर विशेष ध्यान

8.1 परिचय

विभिन्न नवीकरणीय ऊर्जा कार्यक्रमों के अंतर्गत 10 प्रतिशत के अलग बजटीय आवंटन के माध्यम से संपूर्ण पूर्वोत्तर क्षेत्र (एनईआर) में नवीकरणीय ऊर्जा के विकास पर विशेष ध्यान दिया जा रहा है।

पूर्वोत्तर क्षेत्र में नवीकरणीय ऊर्जा की अनुमानित क्षमता लगभग 113341.42 मेगावाट है, जिसमें से दिनांक 31.12.2025 की स्थिति के अनुसार, केवल लगभग 5446.02 मेगावाट क्षमता का संचयी रूप से प्रयोग किया गया है, जैसा कि तालिका 8.1 में दिया गया है।

तालिका 8.1: पूर्वोत्तर क्षेत्र में नवीकरणीय ऊर्जा संभाव्यता और स्थापित क्षमता (दिनांक 31.12.2025 की स्थिति के अनुसार)

(क्षमता मेगावाट में)

	सौर	पवन विद्युत	लघु जल विद्युत	जैव-ऊर्जा	बड़ी जल विद्युत	कुल
संभावित	46772.15	760	3261.49	567.08	61980.7	113341.42
स्थापित	490.76	0	384.46	15.8	4555	5446.02

तालिका 8.2: पूर्वोत्तर क्षेत्र में राज्य-वार नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता

क्रं सं	राज्य/संघ राज्य क्षेत्र	सौर	150 मी. की ऊंचाई पर पवन ऊर्जा	लघु जल विद्युत	जैव-ऊर्जा	बड़ी जल विद्युत	बड़ी जल विद्युत सहित कुल
1	अरुणाचल प्रदेश	467.52	246	2064.92	18.46	50394	53190.9
2	असम	19173.13	459	201.99	321.89	643	20799.01
3	मणिपुर	2293.92	0	99.95	62.31	615	3071.18
4	मेघालय	14674.1	55	230.05	68.54	2026	17053.69
5	मिजोरम	612.21	0	168.9	2.90	1926.7	2710.71
6	नागालैंड	190.96	0	182.18	53.90	325	752.04
7	सिक्किम	254.46	0	266.64	4.73	6051	6576.83
8	त्रिपुरा	9105.85	0	46.86	34.35	0	9187.06
	कुल (मेगावाट)	46772.15	760	3261.49	567.08	61980.7	113341.42

दिनांक 31.12.2025 की स्थिति के अनुसार पूर्वोत्तर क्षेत्र में स्थापित नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता का राज्यवार विवरण तालिका 8.3 में दिया गया है।

तालिका 8.3: दिनांक 31.12.2025 की स्थिति के अनुसार, पूर्वोत्तर क्षेत्र में स्थापित राज्य-वार नवीकरणीय विद्युत क्षमता

(मेगावाट)

		लघु जल विद्युत	जैव विद्युत	सौर विद्युत	बड़ी जल विद्युत	कुल नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता
1	अरुणाचल प्रदेश	140.61	0	15.44	1365.00	1521.05
2	असम	34.11	2	375.91	346	758.02
3	मणिपुर	5.45	0	17.52	105	127.97
4	मेघालय	55.03	13.80	4.28	322	395.11
5	मिजोरम	45.47	0	31.69	60.00	137.16
6	नागालैंड	32.67	0	3.34	75	111.01
7	सिक्किम	55.11	0	7.56	2282	2344.67
8	त्रिपुरा	16.01	0	35.02	0	51.03
	कुल	384.46	15.8	490.76	4555	5446.02

8.2 लघु जल विद्युत कार्यक्रम

पूर्वोत्तर राज्यों में लघु जल-विद्युत परियोजनाओं का विकास करने की काफी अच्छी संभावना है। पूर्वोत्तर राज्यों में, अरुणाचल प्रदेश में सर्वाधिक संभाव्यता है जिसके बाद सिक्किम, मेघालय और असम हैं। एमएनआरई, पूर्वोत्तर में लघु जल विद्युत परियोजनाओं के विकास पर विशेष जोर दे रहा है। लघु जलविद्युत परियोजनाएं किसी भी बड़े रखरखाव या मौसम पर निर्भरता के बिना लगभग निर्बाध रूप से ऊर्जा प्रदान कर सकती हैं। लघु जल विद्युत परियोजनाएं घरेलू परिवारों, स्कूलों और ग्रामीण क्षेत्रों में क्लीनिकों को विद्युत आपूर्ति करने के लिए पर्याप्त बिजली उत्पन्न कर सकती हैं और उद्यमिता गतिविधियों को बढ़ावा दे सकती हैं। विवरण तालिका 8.4 में दिया गया है।

तालिका 8.4: दिनांक 31.12.2025 की स्थिति के अनुसार, पूर्वोत्तर राज्यों में राज्य-वार लघु जल विद्युत क्षमता और कुल स्थापित क्षमता

		कुल क्षमता (मेगावाट)	कुल स्थापित क्षमता (मेगावाट)
1	अरुणाचल प्रदेश	2064.92	140.61
2	असम	201.99	34.11
3	मणिपुर	99.95	5.45
4	मेघालय	230.05	55.03
5	मिजोरम	168.9	45.47
6	नागालैंड	182.18	32.67
7	सिक्किम	266.64	55.11
8	त्रिपुरा	46.86	16.01
	कुल	3261.49	384.46

8.3 पीएम कुसुम योजना

पीएम-कुसुम (प्रधानमंत्री किसान ऊर्जा सुरक्षा एवं उत्थान महाभियान) योजना लघु ग्रिड कनेक्टेड सौर या अन्य नवीकरणीय ऊर्जा विद्युत संयंत्रों को बढ़ावा देने, एकल सौर ऊर्जा चालित कृषि पंपों की स्थापना करने और फीडर-स्तरीय सौरीकरण (एफएलएस) सहित मौजूदा ग्रिड कनेक्टेड कृषि पंपों के सौरीकरण को बढ़ावा देने के लिए है।

पूर्वोत्तर राज्यों, जम्मू-कश्मीर, लद्दाख, हिमाचल प्रदेश, उत्तराखंड, लक्षद्वीप और अंडमान एवं निकोबार द्वीप समूह के लिए सीएफए निम्न प्रकार से उपलब्ध कराया जाता है: -

i. घटक-क के अंतर्गत, डिस्कॉम को पांच वर्षों के लिए 0.40 रुपये प्रति यूनिट की दर से या 6.6 लाख प्रति मेगावाट स्थापित क्षमता, जो भी कम हो, खरीद आधारित प्रोत्साहन राशि प्रदान की जाएगी।

ii. घटक-ख और घटक-ग दोनों के अंतर्गत 7.5 एचपी क्षमता तक के कृषि पंप स्थापित/सौरीकृत करने वाले सभी व्यक्तिगत किसानों को बेंचमार्क लागत या निविदा लागत, जो भी कम हो, का 50% केंद्रीय वित्तीय सहायता (सीएफए) प्रदान की जाएगी। इसके अलावा, सीएफए 15 एचपी तक पंप क्षमता के लिए उपलब्ध होगा, तथापि, यह राज्य में कुल स्थापनाओं के 10 प्रतिशत तक सीमित रहेगा। राज्य सरकार कम से कम 30% की सब्सिडी प्रदान करेगी, और शेष 20% बैंक ऋण/किसान द्वारा प्रदान किया जाएगा।

iii. इसके अलावा, घटक- 'ख' और 'ग' को राज्य की 30 प्रतिशत की हिस्सेदारी के बिना भी लागू किया जा सकता है। केंद्रीय वित्तीय सहायता 50 प्रतिशत जारी रहेगी और शेष 50 प्रतिशत किसान द्वारा वहन किया जाएगा।

iv. घटक-ग (एफएलएस) के अंतर्गत, सीएफए की गणना सौर विद्युत संयंत्र की लागत 3.5 करोड़ रुपये/मेगावाट के आधार पर की जाती है। इसलिए, राज्यों को 1.75 करोड़/मेगावाट का सीएफए प्रदान किया जाएगा।

तालिका 8.5: दिनांक 31.12.2025 की स्थिति के अनुसार, पूर्वोत्तर में पीएम-कुसुम योजना के अंतर्गत स्थापनाओं की स्थिति

क्र.सं.	राज्य	घटक-क (मेगावाट)		घटक-ख (संख्या)		घटक-ग (संख्या) (व्यक्तिगत पंप सौरीकरण)	
		स्वीकृत	स्थापित	स्वीकृत	स्थापित	स्वीकृत	स्थापित
1	अरुणचाल प्रदेश	0	0	700	682	0	0
2	असम	2	0	4000	151	0	0
3	मणिपुर	0	0	450	150	0	0
4	मेघालय	0	0	2735	98	0	0
5	मिजोरम	0	0	1700	40	0	0
6	नागालैंड	0	0	265	149	0	0
7	त्रिपुरा	5	0	11114	6810	3600	788
	कुल	7	0	20964	8080	3600	788

8.4 सौर पार्क

मंत्रालय 40,000 मेगावाट की कुल क्षमता की सौर विद्युत परियोजनाओं से कम से कम 50 सौर पार्कों की स्थापना के उद्देश्य से "सौर पार्कों तथा अल्ट्रा मेगा सौर विद्युत परियोजनाओं का विकास" के लिए एक योजना कार्यान्वित कर रहा है। इस योजना के अंतर्गत सभी राज्य तथा संघ राज्य क्षेत्र लाभ प्राप्त करने के पात्र हैं।

इस योजना के अंतर्गत, मंत्रालय ने 13 राज्यों में 55 सौर पार्क अनुमोदित किए हैं, जिनमें मिजोरम के चम्पाई जिले के वांकल में 20 मेगावाट क्षमता का एक सौर पार्क शामिल है। मिजोरम के वांकल में सोलर पार्क को सफलतापूर्वक चालू कर दिया गया है।

8.5 पीएम-सूर्य घर: मुफ्त बिजली योजना

सौर रूफटॉप क्षमता की हिस्सेदारी बढ़ाने और आवासीय घरों को अपनी बिजली उत्पन्न करने में सशक्त बनाने के उद्देश्य से पीएम-सूर्य घर: मुफ्त बिजली योजना (पीएमएसजी-एमबीवाई) की शुरुआत की गई। इस योजना का उद्देश्य वर्ष 2026-27 तक 75,021 करोड़ रुपये के परिव्यय से आवासीय क्षेत्र में 1 करोड़ रूफटॉप सौर (आरटीएस) स्थापना हासिल करना है। यह योजना अन्य सामान्य श्रेणी के राज्यों की तुलना में पूर्वोत्तर राज्यों के लिए 10% अधिक सीएफए प्रदान करती है। सीएफए 3 किलोवाट तक सीमित है और विवरण तालिका 8.6 में दिए गए हैं:

तालिका 8.6: पूर्वोत्तर राज्यों के आवासीय उपभोक्ताओं को सीएफए

क्र.सं.	आवासीय खंड का प्रकार	सीएफए (पूर्वोत्तर राज्य)
1	आवासीय क्षेत्र (प्रथम 2 किलोवाट पीक)	33,000/- रु. प्रति किलोवाट पीक
2	आवासीय क्षेत्र (अतिरिक्त 1 किलोवाट पीक)	19,800/- रु. प्रति किलोवाट पीक
3	आवासीय क्षेत्र (3 किलोवाट पीक से अधिक)	कोई अतिरिक्त सीएफए नहीं
4	जीएचएस/आरडब्ल्यूए आदि, सामान्य सुविधाओं के लिए 500 किलोवाट पीक तक (प्रति घर 3 किलोवाट पीक)	19,800/- रु. प्रति किलोवाट पीक

इसके अलावा, निम्नलिखित तीन पूर्वोत्तर राज्यों ने केंद्रीय सीएफए के अलावा अतिरिक्त राज्य सब्सिडी की घोषणा की है, जैसा कि तालिका 8.7 में दिया गया है:

तालिका 8.7: पीएमएसजी:एमबीवाई के अंतर्गत पूर्वोत्तर राज्यों द्वारा दी गई अतिरिक्त सब्सिडी

राज्य	राज्यों द्वारा दी गई अतिरिक्त सब्सिडी
असम	अधिकतम 3 किलोवाट तक 15,000 रुपये प्रति किलोवाट; 45,000 रु. पर सीमित
मिजोरम	आइजोल नगर निगम (एएमसी) क्षेत्र के भीतर: 100 किलोमीटर तक: 12,000 रु./किलोवाट, 14,000 रु./किलोवाट 200 किलोमीटर तक: 16,000 रु./किलोवाट, 200 किलोमीटर से आगे, 18,000 रु./किलोवाट। अन्य सभी मामलों में 10 किलोवाट तक सब्सिडी।
नागालैंड	3 किलोवाट तक 50000/- रु.

दिनांक 31.12.2025 की स्थिति के अनुसार पीएमएसजी: एमबीवाई के अंतर्गत पूर्वोत्तर राज्यों में प्रगति तालिका 8.8 में दी गई है।

तालिका 8.8: पीएमएसजी: एमबीवाई के अंतर्गत पूर्वोत्तर राज्यों में प्रगति

राज्य	राज्य लक्ष्य (संख्या)	आवेदन (संख्या)	लाभान्वित घर (संख्या)	जारी की गई सब्सिडी (करोड़ रु.)	सक्रिय वेंडर (संख्या)
अरुणाचल प्रदेश	9,970	88	1	0.01	1
असम	2,18,000	4,76,703	72,604	494.28	1015
मणिपुर	25,000	1,434	711	5.66	16

मेघालय	833	1,929	34	0.17	4
मिजोरम	13,000	940	775	5.97	12
नागालैंड	10,938	549	132	1.03	9
सिक्किम	25,000	261	26	0.13	3
त्रिपुरा	3,667	7,704	1,859	12.72	33
कुल	3,06,408	4,89,608	76,142	520	1,093

8.6 पीएम जनमान और डीएजेजीयूए के अंतर्गत नई सौर विद्युत योजना (आदिवासी और पीवीटीजी बस्तियों/गांवों के लिए)

एमएनआरई ने शुरूआत में दिनांक 04.01.2024 को पीएम-जनमन के अंतर्गत नई सौर ऊर्जा योजना [विशेष रूप से कमजोर जनजाति समूहों (पीवीटीजी) बस्तियों/गांवों के लिए] के लिए अनुमोदन जारी किया, जिसे बाद में दिनांक 18.10.2024 को संशोधित किया गया ताकि अन्य जनजातीय बस्तियों/गांवों को भी शामिल किया जा सके और इसे प्रधानमंत्री जनजातीय आदिवासी न्याय महा अभियान (पीएम जनमन) और धरती आबा जनजातीय ग्राम उत्कर्ष अभियान (डीए जेजीयूए) के नए नाम के अंतर्गत नई सौर विद्युत योजना (आदिवासी और पीवीटीजी बस्तियों/गांवों के लिए) में संशोधित किया गया।

इस योजना के अंतर्गत जनजातीय कार्य मंत्रालय (एमओटीए) द्वारा चिह्नित जनजातीय और पीवीटीजी क्षेत्रों में एक लाख गैर-विद्युतीकृत घरों (एचएच) को ऑफ-ग्रिड सौर प्रणालियों के प्रावधान के माध्यम से विद्युतीकृत किया जाएगा। इस योजना में पीएम-जनमान के अंतर्गत अनुमोदित पीवीटीजी क्षेत्रों में 1500 बहुउद्देश्यीय केन्द्रों (एमपीसी) में ऑफ-ग्रिड सौर प्रकाश व्यवस्था उपलब्ध कराने का प्रावधान शामिल है। इसी प्रकार, इस योजना में डीए जेजीयूए के अंतर्गत अनुमोदित ऑफ-ग्रिड सौर प्रणालियों के माध्यम से 2000 सार्वजनिक संस्थानों के सौरीकरण का प्रावधान भी शामिल है। ऑफ-ग्रिड सौर प्रणालियाँ केवल वहीं प्रदान की जाएंगी जहाँ ग्रिड के माध्यम से विद्युत आपूर्ति तकनीकी-आर्थिक रूप से व्यवहार्य नहीं है।

दिनांक 31.12.2025 की स्थिति के अनुसार स्वीकृत और विद्युतिकृत घरों/सार्वजनिक संस्थानों का विवरण नीचे दिया गया है:

क्र. सं.	राज्य	योजना घटक	एचएच/सार्वजनिक संस्थान (FI)	संख्या में स्वीकृत एचएच/PIs	दिनांक 31-12-2025 की स्थिति के अनुसार सूचित विद्युतिकृत घर
1	त्रिपुरा	पीएम जनमान	घर	1703	1460
2	मणिपुर	डीए जेजीयूए	घर	100	65
3	अरुणाचल प्रदेश	डीए जेजीयूए	घर	3999	46
4	असम	डीए जेजीयूए	सार्वजनिक संस्थान	8	.

8.7 बायोगैस कार्यक्रम

एमएनआरई वित्त वर्ष 2021-22 से वित्त वर्ष 2025-26 के दौरान राष्ट्रीय जैव ऊर्जा कार्यक्रम का कार्यान्वयन कर रहा है, चरण-I के अंतर्गत पूर्वोत्तर क्षेत्र (एनईआर) राज्यों सहित देश में मुख्य रूप से खाना पकाने, प्रकाश व्यवस्था, विकेंद्रीकृत बिजली उत्पादन के लिए स्वच्छ गैसीय ईंधन प्रदान करने के लिए बायोगैस कार्यक्रम को लागू कर रहा है, जिसमें बायोगैस कार्यक्रम के अंतर्गत कार्यक्रम कार्यान्वयन एजेंसियों (पीआईए) के माध्यम से मुर्गी पालन क्षेत्र, कृषि/खाद्य आधारित उद्योगों सहित घरों और डेयरी के लिए जैविक खाद के रूप में उत्पादों का उत्पादन शामिल है। इसके अलावा, बायोगैस कार्यक्रम के अंतर्गत पूर्वोत्तर क्षेत्र में स्थापित सभी बायोगैस संयंत्रों के लिए मानक सीएफए के अतिरिक्त सीएफए का 20 प्रतिशत लागू है।

सभी पूर्वोत्तर राज्यों के लिए बायोगैस कार्यक्रम के तहत प्रशिक्षण और तकनीकी सहायता प्रदान करने के लिए एक बायोगैस विकास और प्रशिक्षण केंद्र मैकेनिकल इंजीनियरिंग विभाग, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, गुवाहाटी, असम में कार्य कर रहा है।

8.8 पूर्वोत्तर क्षेत्रों में क्षमता निर्माण एवं कौशल विकास

क. मानव संसाधन विकास (एचआरडी) कार्यक्रम

एमएनआरई के एचआरडी कार्यक्रम का उद्देश्य देश में योग्य और प्रशिक्षित मैनपावर की आवश्यकता को पूरा करने के लिए नवीकरणीय ऊर्जा शिक्षा और प्रशिक्षण को संस्थागत बनाना है।. मानव संसाधन विकास कार्यक्रम नवीकरणीय ऊर्जा में अनुसंधान एवं विकास और शैक्षणिक संस्थानों में छात्रों और अनुसंधान विद्वानों को फेलोशिप प्रदान करते हुए उच्च अध्ययन और अनुसंधान पाठ्यक्रमों को बढ़ावा देने सहित मैनपावर के लिए प्रशिक्षण में सहयोग करता है। मंत्रालय, सभी स्तरों पर कौशल विकास पर ध्यान देने के साथ नवीकरणीय ऊर्जा के विभिन्न पहलुओं पर अल्पकालिक प्रशिक्षण आयोजित करने के लिए शैक्षिक और अन्य प्रशिक्षण संगठनों को सहायता भी प्रदान करता है। मानव संसाधन विकास योजना के अल्पकालिक प्रशिक्षण कार्यक्रमों के अंतर्गत, मंत्रालय नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं की स्थापना, चालू करने (कमीशनिंग), कार्यशीलता और रखरखाव के लिए मैनपावर को प्रशिक्षित करने के लिए नाइस, नीवे और आईआईटी रुड़की के माध्यम से कौशल विकास कार्यक्रमों जैसे सौर पीवी तकनीशियन (सूर्यमित्र), सौर जल पंपिंग तकनीशियन (वरुणमित्र), पवन विद्युत संयंत्र तकनीशियन (वायुमित्र) और लघु जल विद्युत संयंत्र तकनीशियन (जल ऊर्जा मित्र) का कार्यान्वयन कर रहा है।

मंत्रालय, पूर्वोत्तर क्षेत्र में नवीकरणीय ऊर्जा की विभिन्न प्रौद्योगिकियों में कुशल मैनपावर तैयार कर रहा है। वर्ष 2015 में शुरू किए गए सूर्यमित्र कार्यक्रम के अंतर्गत, कुल 2398 सूर्यमित्रों को प्रशिक्षित किया गया था, वरुणमित्र कार्यक्रम के अंतर्गत 71 वरुणमित्रों को प्रशिक्षित किया गया था और मार्च, 2022 में एनईआर में शुरू किए गए जल ऊर्जा मित्र कार्यक्रम के अंतर्गत 59 जल ऊर्जा मित्रों को प्रशिक्षित किया गया था। इन कार्यक्रमों के अंतर्गत पूर्वोत्तर में प्रशिक्षित जनबल की राज्य-वार प्रगति तालिका 8.9 में दी गई है।

तालिका 8.9: दिनांक 31.12.2025 की स्थिति के अनुसार मानव संसाधन विकास कार्यक्रमों के अंतर्गत पूर्वोत्तर राज्यों में प्रशिक्षित मैनपावर की प्रगति

क्र.सं	राज्य	प्रशिक्षित मैनपावर		
		सूर्यामित्र	जल ऊर्जा मित्र	वरुण मित्र
1.	अरुणाचल प्रदेश	150	59	.
2.	असम	1710	.	71
3.	मणिपुर	150	-	-
4.	मेघालय	60	-	-
5.	मिजोरम	0	-	-
6.	नागालैंड	60	-	-
7.	सिक्किम	30	-	-
8.	त्रिपुरा	238	-	-
	कुल	2398	59	71
	कुल मिलाकर	2528		

ख. पीएम सूर्य घर मुफ्त बिजली योजना (पीएमएसजीएमबीवाई) के अंतर्गत क्षमता निर्माण एवं कौशल विकास

मंत्रालय का लक्ष्य पीएमएसजीएमबीवाई के तहत कौशल विकास, कौशल उन्नयन के माध्यम से तीन (3) लाख से अधिक कुशल मैनपावर तैयार करना है। तकनीशियन/इलेक्ट्रीशियन/इंस्टॉलर/इंजीनियरों/पर्यवेक्षकों/विक्रेताओं/डिस्कॉम

अधिकारियों/प्रशिक्षकों के लिए सौर रूफ टॉप प्रणाली हेतु स्थापना/डिजाइन/प्रचालन एवं रखरखाव के लिए प्रशिक्षण चल रहा है। पीएम सूर्य घर मुफ्त बिजली योजना के क्षमता निर्माण घटक के अंतर्गत कुल 6800 उम्मीदवारों को प्रशिक्षित किया गया।

तालिका 8.10: दिनांक 31.12.2025 की स्थिति के अनुसार पीएमएसजीएमबीवाई के अंतर्गत पूर्वोत्तर क्षेत्रों में प्रशिक्षित मैनपावर की राजय-वार प्रगति

क्र.सं	राज्य	प्रशिक्षित मैनपावर की संख्या			
		सौर तकनीशियन/ इंस्टॉलर	सौर पीवी सहायक	विक्रेता	डिस्कॉम अधिकारी
1.	अरुणाचल प्रदेश	20	0	0	0
2.	असम	970	1118	1154	1000
3.	मणिपुर	45	0	426	116
4.	मेघालय	88	0	0	149
5.	मिजोरम	20	0	0	154
6.	नागालैंड	20	0	0	96
7.	सिक्किम	85	0	0	233
8.	त्रिपुरा	540	0	0	566
	कुल	1788	1118	1580	2314
	कुल मिलाकर	6800			

अध्याय 9

एमएनआरई के विकास के स्तंभ : सहयोगी संस्थान

9.1 राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान (एनआईएसई)

9.1.1 राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान (एनआईएसई), नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (एमएनआरई), भारत सरकार का एक विशेष स्वायत्त संस्थान है, जिसे अनुसंधान और विकास, सोलर कंपोनेंट की टेस्टिंग, क्षमता निर्माण, और सोलर उत्पादों तथा अनुप्रयोगों के विकास का दायित्व सौंपा गया है । संस्थान का तकनीकी सहयोग, भारत को एक आत्मनिर्भर नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादक राष्ट्र बनाने की दिशा में एमएनआरई की आवश्यकताओं को पूरा करता है । वित्त वर्ष 2025–26 के दौरान, संस्थान ने मंत्रालय को प्रमुख राष्ट्रीय पहलों को लागू करने में अपना सहयोग जारी रखा, जिनमें मॉड्यूल और सेल के मॉडलों और निर्माताओं की अनुमोदित सूची (एएलएमएम), उत्पादन से जुड़े प्रोत्साहन (पीएलआई) योजना, प्रधानमंत्री किसान ऊर्जा सुरक्षा एवं उत्थान महाभियान (पीएम कुसुम) योजना, पीएम सूर्य घर पहल, और सूर्यमित्र तथा राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन (एनजीएचएम) के अंतर्गत आने वाले वरुणमित्र कौशल विकास कार्यक्रम और योजनाएँ शामिल हैं ।

9.1.2 राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान एक प्रमुख अनुसंधान और परीक्षण संस्थान के रूप में कार्य करता है, जो भारत में सौर ऊर्जा और सहायक प्रौद्योगिकियों को आगे बढ़ाने के लिए समर्पित है । अपने इस मिशन की सहायता के लिए, संस्थान ने एक व्यापक बुनियादी ढाँचा विकसित किया है, जिसमें अत्याधुनिक प्रयोगशालाएँ शामिल हैं; ये प्रयोगशालाएँ उन्नत परीक्षण और विशिष्टता-निर्धारण (निरूपण) उपकरणों से सुसज्जित हैं । ये सुविधाएँ फोटोवोल्टिक सेल और मॉड्यूल, सौर तापीय प्रणालियों, बैटरी भंडारण, पावर इलेक्ट्रॉनिक्स और हरित हाइड्रोजन के अनुप्रयोगों के क्षेत्र में अत्याधुनिक अनुसंधान को संभव बनाती हैं ।

9.1.3 अनुसंधान, विकास और प्रदर्शन

इस वर्ष के दौरान, राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान ने आंतरिक, बाहरी रूप से वित्तपोषित और सहयोगी परियोजनाओं के माध्यम से विभिन्न सौर ऊर्जा प्रौद्योगिकियों में अनुसंधान, विकास और प्रदर्शन (आरडी एंड डी) गतिविधियाँ शुरू की हैं । इन परियोजनाओं की पहचान संस्थान के जनादेश के अनुरूप की गई है और ऊर्जा क्षेत्र की बदलती आवश्यकताओं को पूरा करने में इनकी वर्तमान प्रासंगिकता है । इस वर्ष नाईस द्वारा शुरू की गई विभिन्न परियोजनाओं से प्राप्त प्रमुख अनुसंधान परिणामों का विवरण नीचे दिया गया है :

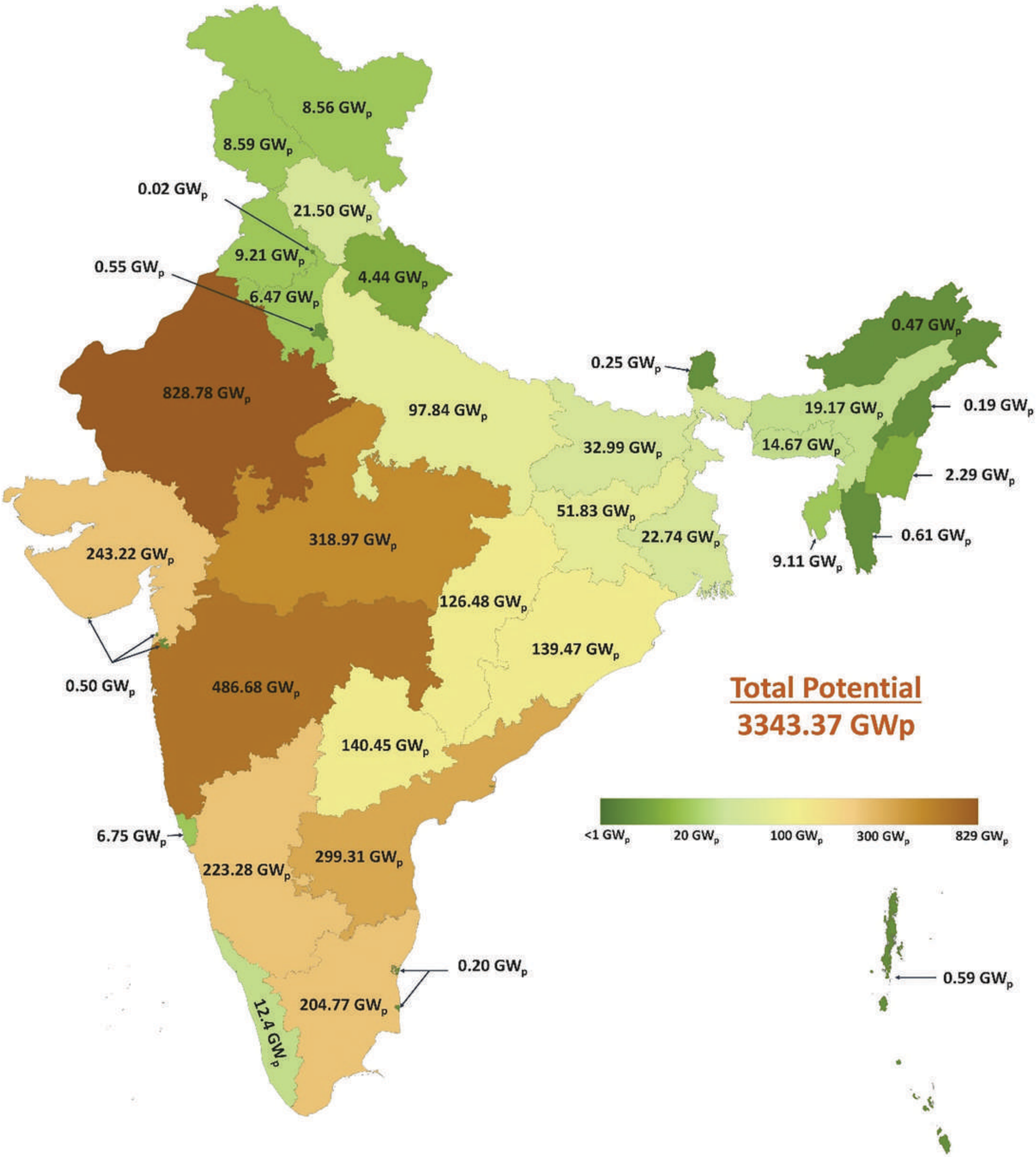
9.1.3.1 भारत का सौर क्षमता मानचित्र 2025 (भूमि पर स्थापित)

सेवा पर्व (दिनांक 17 से 22 अक्टूबर 2025) के तत्वावधान में, एमएनआरई ने दिनांक 23 सितंबर 2025 को नई दिल्ली में "भारत की सौर पीवी संभाव्यता का आकलन (ग्राउंड-माउंटेड)" नामक रिपोर्ट को औपचारिक रूप से जारी करके एक महत्वपूर्ण संस्थागत उपलब्धि हासिल की है । इस रिपोर्ट को माननीय केंद्रीय नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्री, श्री प्रल्हाद वेंकटेश जोशी जी द्वारा मंत्रालय के वरिष्ठ अधिकारियों की उपस्थिति में जारी किया गया है । यह अध्ययन राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान द्वारा किया गया है और यह भारत की ग्राउंड-माउंटेड सौर फोटोवोल्टिक क्षमता का सबसे व्यापक और अद्यतन वैज्ञानिक आकलन है ।

चित्र 9.1: भारत का सौर संभाव्यता मानचित्र 2025 **(भूमि पर स्थापित) जारी किया गया ।**

भारत में सौर संसाधनों की प्रचुरता है और देश के विशाल भागों औसत सौर विकिरण (सोलर रेडियेंस) 3.5 से 5.5 kWh/m^2/दिन के बीच रहता है । इस संभाव्यता को पहचानते हुए राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान ने भूमि पर लगाए जाने वाले सौर पीवी (फोटोवोल्टिक) की क्षमता का एक स्थानिक रूप से विस्तृत और पद्धतिगत रूप से उन्नत मूल्यांकन किया गया है । यह वर्तमान अध्ययन 2014 के पिछले मूल्यांकन पर काफी हद तक आधारित है - जिसमें 749 GWp की संभाव्यता का अनुमान लगाया गया था, और इसे उच्च-रिजॉल्यूशन वाले भू-स्थानिक विश्लेषण, उपग्रह से प्राप्त सौर डेटासेट, जमीन के उपयोग और आवरण के परिष्कृत वर्गीकरण, भू-भाग और ढलान के फिल्टर, तथा यथार्थवादी तकनीकी डिजाइन मान्यताओं को अपनाकर तैयार किया गया है । इस मूल्यांकन में प्रमुख बुनियादी ढाँचे और इंजीनियरिंग संबंधी बातों को शामिल किया गया है, जैसे पंक्तियों के बीच की दूरी, छाया पड़ने से होने वाला नुकसान, सड़क नेटवर्क से निकटता, और ट्रांसमिशन सबस्टेशनों की उपलब्धता - जिससे यह सुनिश्चित होता है कि अनुमानित संभाव्यता तकनीकी रूप से संभव और कार्यान्वयन-उन्मुख है । इस तरह का दृष्टिकोण सैद्धांतिक रूप से उपलब्ध संसाधनों को व्यावहारिक और उपयोग योग्य क्षमता में बदलने में सक्षम बनाता है ।

इस व्यापक कार्यप्रणाली के आधार पर, रिपोर्ट में भूमि पर लगाए जाने वाले (ग्राउंड-माउंटेड) सोलर पीवी की लगभग 3343 GWp की संभावित क्षमता का अनुमान लगाया गया है । इसके लिए, पहचान की गई संभावित बंजर भूमि के क्षेत्र का केवल लगभग 6.69% भाग ही प्रयोग किया जाएगा । जहाँ एक ओर राजस्थान और गुजरात के रेगिस्तानी इलाकों में उच्च संभाव्यता लगातार देखी जा रही है, वहीं यह आकलन इस बात पर भी जोर देता है कि कई अन्य राज्यों में भी अनुकूल सोलर ज्यामिति, जमीन के उपयोग की बेहतर दक्षता और उन्नत सिस्टम डिजाइन मापदंडों के कारण काफी संभाव्यता मौजूद है । महत्वपूर्ण बात यह है कि यह संभाव्यता पूरे देश में समान रूप से वितरित है, जिससे भौगोलिक रूप से संतुलित सोलर विकास की गुंजाइश और भी मजबूत होती है । रिपोर्ट के निष्कर्ष एक ऐसा नीति-अनुकूल और निवेश-तैयार ढाँचा प्रदान करते हैं, जो राष्ट्रीय और राज्य-स्तरीय सोलर नियोजन, पारेषण और बुनियादी ढाँचे के विकास, तथा निजी क्षेत्र की बढ़ी हुई भागीदारी में सहयोग करता है।



चित्र 9.2: राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान द्वारा मूल्यांकित - भारत का सौर संभाव्यता मानचित्र 2025 (भूमि पर स्थापित)

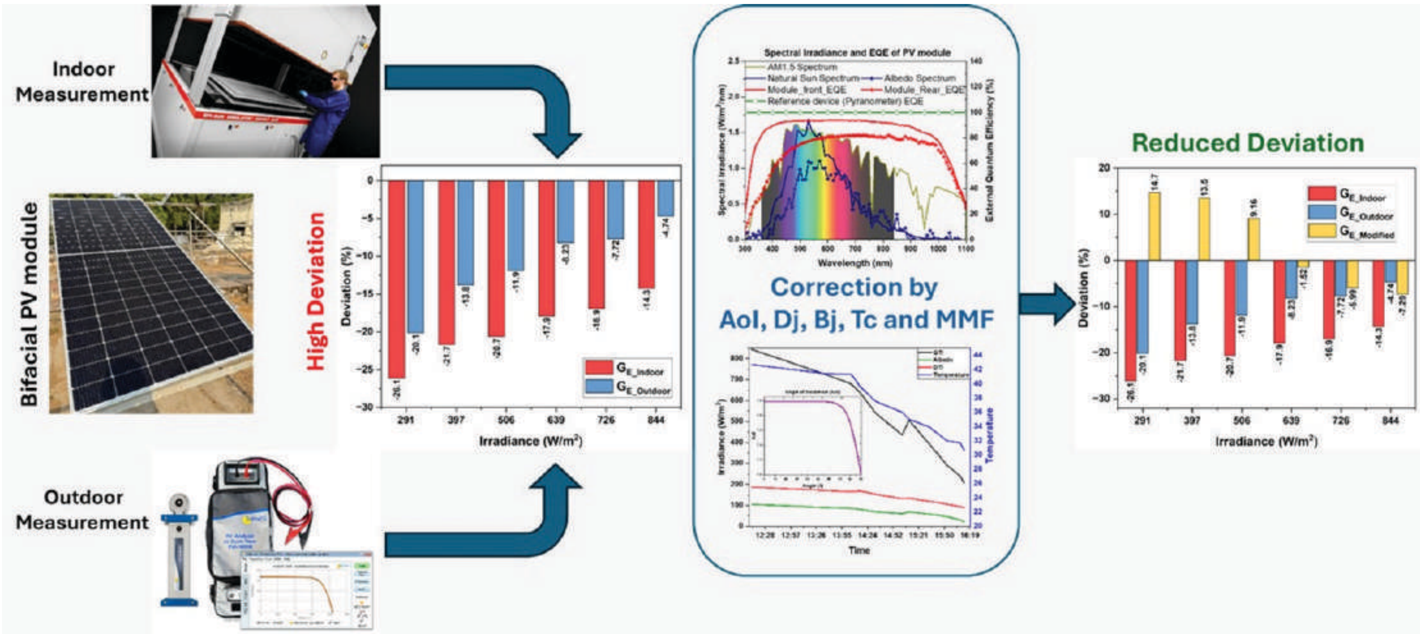
9.1.3.2 ग्रीन हाइड्रोजन मोबिलिटी अध्ययन

दिनांक 11 दिसंबर 2025 को, राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान और टोयोटा किर्लोस्कर मोटर (टीकेएम) ने भारत में ग्रीन हाइड्रोजन मोबिलिटी को बढ़ावा देने के लिए एक एमओयू का आदान-प्रदान किया । यह कार्यक्रम श्री प्रल्हाद जोशी जी, माननीय केंद्रीय नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्री, और श्री श्रीपाद येसो नाइक जी, माननीय नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा राज्य मंत्री की गरिमामयी उपस्थिति में संपन्न हुआ । यह सहयोग श्राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन’ के तहत भारत के दीर्घकालिक दृष्टिकोण को सीधे तौर पर समर्थन देता है । यह सहयोग टोयोटा के फ्यूल-सेल इलेक्ट्रिक वाहन (एफसीईवी) ‘मिराई’ की भारतीय परिस्थितियों, जैसे कि जलवायु, ड्राइविंग चक्र, यातायात और ईंधन की गुणवत्ता में होने वाले बदलावों में वास्तविक दुनिया की व्यवहार्यता को प्रदर्शित करता है ।

चित्र 9.3: राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान और टोयोटा के बीच समझौता ज्ञापन (एमओयू) का आदान-प्रदान

9.1.3.3 बाइफेशियल पीवी मॉड्यूल्स की बाहरी विद्युत उत्पादन क्षमता का अनुमान लगाने हेतु इनडोर अभिलक्षणन की सीमाएँ

बाइफेशियल पीवी मॉड्यूल के फील्ड-लेवल परफॉर्मेंस का आकलन करना मुश्किल होता है, क्योंकि एल्बेडो में बदलाव होता रहता है और मानक परफॉर्मेंस मैट्रिक्स की कमी है । बाइफेशियल पीवी मॉड्यूल से मिलने वाली ऊर्जा का अनुमान अक्सर इनडोर एसटीसी माप से लगाया जाता है । हालाँकि, अगर वास्तविक दुनिया के खास कारकों को ध्यान में न रखा जाए, तो इन अनुमानों में काफी अनिश्चितता हो सकती है। इस अध्ययन का उद्देश्य उन पैमानों की पहचान करना और उन्हें मापना है, जिनके कारण आउटडोर ऊर्जा के अनुमान में त्रुटियां होती हैं, जब यह अनुमान इनडोर माप पर आधारित होता है। अभी, आईईसी टीएस 60904-1-2:2024 इनडोर माप के दो तय तरीके बताता है: दोहरी तरफ से रोशनी (ड्यूल साइड इलूमिनेशन) और समतुल्य विकिरण (जीई) विधि । इस अध्ययन में, एक बाइफेशियल पीवी मॉड्यूल के परफॉर्मेंस को आउटडोर स्थितियों में मापा गया, जिसमें सामने और पीछे से एक साथ अलग-अलग मात्रा में विकिरण (रेडिएंस) डाला गया; फिर आउटडोर में मापी गई बिजली की तुलना जीई विधि के अनुसार अनुमानित बिजली से की गई । यह पाया गया कि मापी गई और अनुमानित बिजली में कम विकिरण होने पर लगभग 26% और ज्यादा विकिरण होने पर लगभग 15% का अंतर था । इस अंतर के मुख्य कारणों की पहचान करने की कोशिश की गई, और यह पाया गया कि सीधे-से-बिखरे हुए विकिरण का अनुपात, आपतन कोण (एओआई), तापमान, और सामने व पीछे की रोशनी के स्पेक्ट्रम में अंतर, आउटडोर स्थितियों में बाइफेशियल पीवी मॉड्यूल के परफॉर्मेंस पर काफी असर डालते हैं । बाइफेशियल पीवी मॉड्यूल के परफॉर्मेंस पर असर डालने वाले सभी कारकों को ध्यान में रखते हुए, जीई फॉर्मूले को बदलकर जीई;मोडीफाई कर दिया गया। जीई;मोडीफाई का उपयोग करने से, मापी गई और अनुमानित बिजली के बीच का अंतर कम विकिरण वाले क्षेत्र में घटकर लगभग 15% और अधिक विकिरण वाले क्षेत्र में लगभग 7% रह गया । असर डालने वाले पैमानों का एक विस्तृत संवेदनशीलता विश्लेषण भी किया गया, जिसमें हर एक पैमाने के असर को दिखाया गया । यह शोध सौर पीवी समुदाय को इनडोर माप से मिले डेटा का इस्तेमाल करके, आउटडोर कार्य करने की स्थितियों में बाइफेशियल पीवी मॉड्यूल के परफॉर्मेंस का सटीक अनुमान लगाने में मदद करेगा ।



चित्र 9.4: विभिन्न कारकों को शामिल करके बाहरी और भीतरी मापन में विचलन में कमी ।

9.1.3.4 विश्वसनीयता और निष्पादन मूल्यांकन के लिए परीक्षण सेटअप

राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान ने 1 एचपी से 10 एचपी तक के एसी/डीसी सोलर वॉटर पंपिंग सिस्टम की विश्वसनीयता, टिकाऊपन और परफॉर्मेंस का मूल्यांकन करने के लिए एक अत्याधुनिक परीक्षण एवं आर एंड डी सुविधा स्थापित की है । यह सुविधा नियंत्रित परंतु वास्तविक परिस्थितियों में 200 मीटर तक के कुल डायनामिक हेड का अनुकरण करती है, जो भारत के विविध क्षेत्रीय वातावरणों, जिनमें खारा और कीचड़ वाला पानी भी शामिल है, का प्रतिनिधित्व करती है । इस सुविधा में दो समर्पित टेस्ट स्लॉट (2" और 3") हैं, जैसा कि चित्र 5 में दर्शाया गया है; ये स्लॉट प्रेशर ट्रांसमीटर, एक्चुएटर वाल्व, डिजिटल फ्लो मीटर और एक एकीकृत एजिटेटर (pH 7.5–8.4) से सुसज्जित हैं । इनका उद्देश्य मानकीकृत परफॉर्मेंस सत्यापन, दीर्घकालिक विश्वसनीयता मूल्यांकन और कास्ट आयरन तथा स्टेनलेस स्टील पंप सामग्रियों का तुलनात्मक मूल्यांकन सुनिश्चित करना है । 5 एचपी के कास्ट आयरन पंपों का परीक्षण पूरा हो चुका है, और 10 एचपी सिस्टम का तुलनात्मक विश्लेषण वर्तमान में प्रगति पर है ।

चित्र 9.5: राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान में विश्वसनीयता परीक्षण सेटअप

9.1.3.5 पीएम-कुसुम योजना में सौर-आधारित रेसिप्रोकेटिंग पंपों का समावेश

पीएम–कुसुम 2.0 इनोवेटिव सोलर पंपिंग प्रोग्राम के विस्तार के हिस्से के तौर पर, राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान ने अपनी पहलों को एमएनआरई के 22.03.2023 के टेस्टिंग दिशानिर्देशों के साथ जोड़ा है । इन दिशानिर्देशों में अब पॉजिटिव डिस्प्लेसमेंट (रेसिप्रोकेटिंग/पिस्टन) पंप भी शामिल हैं । पंप टेक्नोलॉजी में विविधता लाने और सिंचाई की क्षमता को बेहतर बनाने के लिए, इन तकनीकी अपडेट्स को शामिल करने वाला एक प्रस्ताव अभी आंतरिक समीक्षा के दौर से गुजर रहा है । मसौदा विनिर्देशों में सबमर्सिबल कंट्रोलर के लिए एसपीवी पंप कंट्रोलर हेतु आईपी68 सुरक्षा का सुझाव दिया गया, साथ ही, 3 एचपी से 10 एचपी रेटिंग वाले सेंट्रीफ्यूगल सिस्टम की तुलना में पॉजिटिव डिस्प्लेसमेंट पंपों के लिए पीवी ऐरे क्षमता की आवश्यकताओं को कम करने का भी सुझाव दिया गया । मैसूर में आठ चालू जगहों पर किए गए फील्ड मूल्यांकन ने, जहाँ सिस्टम दो वर्ष से अधिक समय से कार्य कर रहे हैं, ड्रिप, फ्लड, और स्प्रिंकलर सिंचाई में भरोसेमंद प्रदर्शन की पुष्टि की है । इसमें कम रोशनी के स्तर (~160 $W@m^2$) पर भी कुशल संचालन शामिल है, और किसी भी बड़ी ओ एंड एम (संचालन और रखरखाव) संबंधी समस्या की सूचना नहीं मिली है । राजस्थान में पीडीपी फील्ड निरीक्षण सितंबर 2025 में पूरा हो गया था; हालाँकि, निर्माता द्वारा किए गए अपग्रेड के बाद अभी दोबारा टेस्टिंग चल रही है। इन अपग्रेड के तहत 19 प्रतिशत से कम दक्षता वाले पीवी मॉड्यूल को हटाकर 19% प्रतिशत उससे अधिक दक्षता वाले मॉड्यूल लगाए जा रहे हैं, जिसके बाद अंतिम टेस्टिंग परिणाम और प्रदर्शन के नतीजों को दस्तावेज के रूप में दर्ज किया जाएगा ।

9.1.3.6 सौर-ऊर्जा संचालित सूक्ष्म-सिंचाई : क्षेत्रीय अध्ययन और परिणाम

सतत जल प्रबंधन और जलवायु–अनुकूल कृषि को बढ़ावा देने के लिए, राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान ने एक अध्ययन शुरू किया है, जिसमें उथले तालाबों या खेत के टैंकों जैसे सतही जल स्रोतों का उपयोग करने वाले, एक पोर्टेबल (आसानी से ले जाने योग्य), सौर–ऊर्जा संचालित सूक्ष्म–सिंचाई प्रणाली की व्यवहार्यता और कार्यात्मक विश्वसनीयता का मूल्यांकन किया जा रहा है । एक सौर–ऊर्जा संचालित जल वितरण इकाई को ड्रिप सिंचाई नेटवर्क के साथ एकीकृत किया गया । यह प्रणाली केवल एक सौर पैनल के साथ प्रभावी ढंग से संचालित हुई, और वास्तविक क्षेत्रीय परिस्थितियों में ड्रिप सिंचाई के लिए लगातार जल आपूर्ति प्रदान की गई । यह सुविधा वर्तमान में पालक, मेथी, मटर आदि जैसी शीतकालीन फसलों का प्रदर्शन कर रही है, जैसा कि चित्र 9.6 में दर्शाया गया है । इस स्थल का उपयोग हितधारकों के जुड़ाव, क्षमता निर्माण, और वास्तविक कृषि परिस्थितियों के तहत सौर जल पंपिंग और सूक्ष्म–सिंचाई प्रणालियों के क्षेत्रीय सत्यापन के लिए किया जा रहा है । प्रणाली के प्रदर्शन, परिणामों और परिचालन संबंधी जानकारियों को दर्ज करते हुए एक विस्तृत मसौदा रिपोर्ट तैयार की गई है, और वर्तमान में इसे अंतिम रूप देने तथा प्रसारित करने के लिए समीक्षा के अधीन रखा गया है ।

चित्र 9.6: राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान में सौर सूक्ष्म-सिंचाई प्रदर्शन फार्म