भारत और सीओपी-26 प्रतिबद्धताएं: खनन क्षेत्र के लिए चुनौतियां

वी. धन्या, गौतम और अर्जित शिवहरे^ द्वारा

स्वच्छ ऊर्जा के प्रति भारत की प्रतिबद्धता नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों पर टिकी हुई है, हालांकि, मध्यम अवधि में, कोयले की प्रमुख भूमिका बनी रहने की संभावना है। तेजी से बदलती तकनीकी दुनिया में, देश ने जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता कम करने के लिए बहु-आयामी दृष्टिकोण अपनाया है, जिसमें सौर और पवन ऊर्जा के साथ-साथ हाइड्रोजन और जैव ईंधन जैसे नए ऊर्जा स्रोतों की खोज की जा रही है। स्वच्छ ऊर्जा पारगमन ने खनन क्षेत्र में गतिकी को बदल दिया है और कोयले से क्रमिक बदलाव हो कर नवीकरणीय ऊर्जा का उत्पादन करने के लिए आवश्यक अन्य महत्वपूर्ण खनिजों की ओर धीरे-धीरे झुकाव बढ़ रहा है। ऊर्जा क्षेत्र में हालिया वैश्विक आपूर्ति शृंखला की बाधाएं एक लागत-प्रभावी धारणीय और आत्मनिर्भर ऊर्जा प्रणाली के निर्माण की आवश्यकता को रेखांकित करती हैं।

भूमिका

खनन क्षेत्र, किसी अर्थव्यवस्था के आर्थिक और सामाजिक विकास के अवसर प्रदान करता है, जिसके लाभ सभी देशों में अलग-अलग होते हैं। जबकि ऑस्ट्रेलिया और बोत्सवाना जैसे कुछ संसाधन-संपन्न देशों को अपने समृद्ध संसाधनों से लाभ हुआ, कई देश ऐसा करने में विफल रहे, जिसके कारण 'संसाधन अभिशाप' शब्द का निर्माण हुआ। इसके लिए कई कारण बताए गए, जिसमें सबसे प्रमुख कारण वास्तविक विनिमय दर का अधिमूल्यन है जिसे 'डच डिसीज सिंड्रोम' के रूप में भी जाना जाता है। हाल ही में, यूनाइटेड किंगडम के ग्लासगो में आयोजित यूनाइटेड नेशन्स फ्रेमवर्क कन्वेंशन ऑन क्लाइमेट चेंज (यूएनएफसीसीसी) (सीओपी26[1]) के बाद धारणीय संसाधनों और वृद्धि में नई रुचि ने प्राकृतिक संसाधनों को एक बार फिर सुर्खियों में ला दिया है। चूंकि प्राकृतिक संसाधन, पारंपरिक और नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों, दोनों का आधार बनते हैं, इसलिए धारणीयता संबंधी विचारों के मामले में खनिज संसाधनों का महत्व बढ़ने की संभावना है। इसके विपरीत, कोविड-19 महामारी और भू-राजनीतिक तनाव के बाद आपूर्ति में व्यवधान के कारण विवैश्वीकरण हुआ और दुनिया के कई हिस्सों में ऊर्जा सुरक्षा की चिंताएं बढ़ गईं। इसके साथ-साथ, इसने कई आवश्यक खनिजों पर सीमित संख्या में देशों के एकाधिकार के बारे में भी चिंता पैदा कर दी है। इस संदर्भ में, विशेष रूप से धारणीय ऊर्जा स्रोतों के लिए दुनिया की प्रतिबद्धताओं को ध्यान में रखते हुए, निविष्टि के रूप में प्राकृतिक संसाधन किसी देश की ऊर्जा सुरक्षा के लिए महत्व रखते हैं। भारत का शुद्ध शून्य (नेट जीरो) उत्सर्जन में पारगमन, नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के दोहन पर निर्भर है, हालांकि देश की विकासात्मक जरूरतों को देखते हुए मध्यम अवधि में कोयला एक प्रमुख भूमिका निभाता रहेगा। साथ ही, नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का धारणीय विकास, नवीकरणीय संसाधनों के उत्पादन के लिए आवश्यक खनिज संसाधनों की निर्बाध उपलब्धता पर निर्भर करता है। इस अध्ययन में, हम सीओपी26 के प्रति अपनी प्रतिबद्धताओं की पृष्ठभूमि में ऊर्जा सुरक्षा के लिए भारत के मार्ग और व्यापक ऊर्जा सुरक्षा के लिए खनन क्षेत्र पर इसके प्रभाव की जांच करते हैं।

आलेख का शेष भाग इस प्रकार व्यवस्थित है: खंड II सीओपी26 की प्रमुख विशेषताओं और भूमण्डलीय तापक्रम वृद्धि (ग्लोबल वार्मिंग) की स्थिति की जांच करता है। यह सीओपी26 के तहत भारत की प्रतिबद्धताओं की भी व्याख्या करता है। खंड III शुद्ध शून्य उत्सर्जन और ऊर्जा सुरक्षा प्राप्त करने के लिए भारत की रणनीति की पड़ताल करता है। यह खंड उत्सर्जन कम करने के लिए विभिन्न देशों द्वारा अपनाई गई रणनीतियों का तुलनात्मक विश्लेषण भी करेगा। खंड IV ऊर्जा सुरक्षा और उत्सर्जन कटौती प्रतिबद्धताओं के समग्र ढांचे में खनन क्षेत्र की भूमिका की जांच करता है। और खंड V का समापन प्रमुख प्रेक्षणों के साथ होता है।

II. सीओपी26: प्रतिबद्धताएं और स्थिति

सीओपी26 शिखर सम्मेलन में विश्व जीडीपी में लगभग 90 प्रतिशत हिस्सेदारी रखने वाले लगभग 140 देश नेट जीरो कार्बन उत्सर्जन प्राप्त करने की दिशा में एक साथ आए, जिनमें से भारत

^ लेखक आर्थिक और नीति अनुसंधान विभाग से हैं। लेखक, अंतर्दृष्टिपूर्ण टिप्पणियों के लिए श्री राजीब दास और रिग्जेन यांगडोल के प्रति अपना आभार व्यक्त करते हैं। इस आलेख में व्यक्त विचार लेखकों के हैं और भारतीय रिज़र्व बैंक के विचारों को नहीं दर्शाते हैं।

[1] "पक्षों का सम्मेलन (कॉन्फ्रेंस ऑफ द पार्टीस)" या 'सीओपी', संयुक्त राष्ट्र (यूएन) द्वारा शुरू किया गया एक वैश्विक जलवायु शिखर सम्मेलन है और ग्लासगो, यूनाइटेड किंगडम में वर्ष 2021 की बैठक सीओपी का 26वां वार्षिक शिखर सम्मेलन था, जिससे इसे सीओपी26 नाम दिया गया है।

भी एक था। सम्मेलन ने उन कार्यों के माध्यम से पेरिस समझौते के कार्यान्वयन को आगे बढ़ाने के लिए 'नए मूलभूत अंग' प्रस्तुत किए जो विश्व को अधिक धारणीय, निम्न कार्बन मार्ग पर ले जा सकते हैं[2]। यह कोयले के उपयोग को कम करने के लिए स्पष्ट रूप से प्रतिबद्ध पहला जलवायु समझौता था। संधि ने "वैश्विक औसत तापमान में वृद्धि को औद्योगिक-पूर्व स्तरों से 2 डिग्री सेल्सियस से नीचे रखने और तापमान वृद्धि को औद्योगिक-पूर्व स्तरों से 1.5 डिग्री सेल्सियस तक सीमित करने के प्रयासों को आगे बढ़ाने पर पेरिस समझौते की पुष्टि की" और "माना कि ग्लोबल वार्मिंग को 1.5 डिग्री सेल्सियस तक सीमित रखने के लिए वैश्विक ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में तेजी से, गहन और निरंतर कटौती की आवश्यकता है, जिसमें वर्ष 2010 के स्तर के सापेक्ष 2030 तक वैश्विक कार्बन डाइऑक्साइड उत्सर्जन को 45 प्रतिशत तक कम करना और शताब्दी के मध्य के आसपास नेट जीरो तक कम करना शामिल है, साथ ही अन्य ग्रीनहाउस गैसों में गहरी कटौती भी शामिल है।"[3] कार्बन डाइऑक्साइड (सीओ2) की ग्रीनहाउस गैस (जीएचजी) उत्सर्जन में लगभग तीन-चौथाई हिस्सेदारी है और इसलिए शिखर सम्मेलन द्वारा कार्बन उत्सर्जन में कमी को प्राथमिकता दी गई थी। (आईपीसीसी, 2015) के अनुसार, जीवाश्म ईंधन के ज्वलन और औद्योगिक प्रक्रियाओं से सीओ2 उत्सर्जन ने वर्ष 1970 से 2010 तक कुल ग्रीनहाउस गैस (जीएचजी) उत्सर्जन वृद्धि में लगभग 78 प्रतिशत का योगदान दिया, जो कि वर्ष 2000-2010 की अवधि के लिए समान प्रतिशत योगदान है।

शिखर सम्मेलन में भारत ने वर्ष 2070 तक नेट जीरो उत्सर्जन की प्रतिबद्धता जताई। सीओपी26 के लिए भारत की प्रतिबद्धता के अनुसार, देश जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता कम करने की आकांक्षा रखता है। सीओपी26 में भारत की प्रमुख घोषणाओं में निम्न शामिल हैं[4]:

- भारत 2030 तक अपनी गैर-जीवाश्म ऊर्जा क्षमता को 500 गीगावाट तक पहुंचाने की दिशा में प्रगति करेगा
- भारत 2030 तक अपनी ऊर्जा आवश्यकताओं का 50 प्रतिशत हिस्सा नवीकरणीय ऊर्जा से पूरा करेगा
- भारत 2030 तक अपने पूर्वानुमानित कार्बन उत्सर्जन में एक बिलियन टन की कमी करेगा
- भारत 2030 तक अपनी अर्थव्यवस्था में कार्बन तीव्रता को वर्ष 2005 के स्तर से 45 प्रतिशत तक कम कर देगा।
- भारत 2070 तक नेट जीरो उत्सर्जन लक्ष्य हासिल कर लेगा

विभिन्न ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जकों में, ऊर्जा क्षेत्र प्रमुख योगदानकर्ता है। वर्ल्ड रिसोर्सेज इंस्टीट्यूट के अनुसार, 2018 में दुनिया में कुल ग्रीनहाउस उत्सर्जन में अकेले ऊर्जा क्षेत्र का योगदान 74.5 प्रतिशत था, जिसमें बिजली और ऊष्मा का हिस्सा 31.9 प्रतिशत था[5]। इसलिए, उत्सर्जन में कमी की प्रतिबद्धता का ऊर्जा क्षेत्र पर सीधा असर पड़ता है। नवीकरणीय ऊर्जा में बदलाव से कार्बन उत्सर्जन में काफी हद तक कमी आने की उम्मीद है। 100 गीगावॉट सौर ऊर्जा और 60 गीगावॉट पवन ऊर्जा के अतिरिक्त कोयले के लिए ईंधन की आवश्यकता को 20 प्रतिशत और गैस को 32 प्रतिशत तक कम करने और अंततः सीओ2 उत्सर्जन को 280 मिलियन टन तक कम करने का अनुमान है (भारत सरकार, 2017)। इस प्रकार नेट जीरो उत्सर्जन प्राप्त करने के लिए यह पूर्वापेक्षा, स्वच्छ ऊर्जा पारगमन की ओर एक कदम है।

ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन की स्थिति

परंपरागत रूप से, विकसित देश ग्रीनहाउस गैसों के प्रमुख उत्सर्जक रहे हैं, औद्योगीकरण ने आर्थिक समृद्धि के साथ ग्लोबल वार्मिंग में प्रमुख भूमिका निभाई है। चीन और भारत जैसे विकासशील देश भी सीओ2 के प्रमुख उत्सर्जक के रूप में उभरे हैं (कारस्टेंसन और अन्य., 2020)। 2021 तक, चीन और संयुक्त राज्य अमेरिका (यूएस) के बाद भारत दुनिया में कार्बन डाइऑक्साइड (सीओ2) का तीसरा सबसे बड़ा उत्सर्जक है, जो सालाना 2.7 बिलियन टन सीओ2 उत्सर्जित करता है। दूसरी ओर, प्रति व्यक्ति के संदर्भ में वर्ष 2021 में भारत का जीएचजी उत्सर्जन 1.9 टन सीओ2 प्रति व्यक्ति है, जो 2021 में 4.7 टन सीओ2 प्रति व्यक्ति के वैश्विक औसत से काफी कम है (चार्ट 1)।

प्रति व्यक्ति सीओ2 उत्सर्जन के समान, भारत की कार्बन उत्सर्जन तीव्रता, जिसे सकल घरेलू उत्पाद के प्रति डॉलर

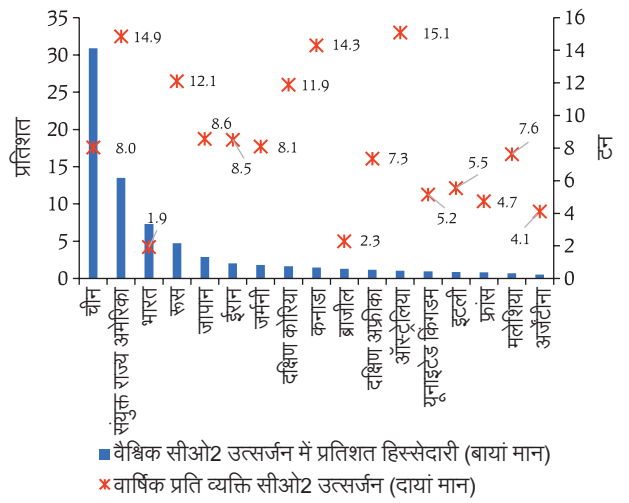
[2] https://www.un.org/en/climatechange/cop26

[3] ग्लासगो जलवायु संधि

[4] पत्र सूचना कार्यालय(pib.gov.in)

[5] world-greenhouse-gas-emissions-sankey-chart-2021-02(1)_0.png (1575×1047) (wri.org)

चार्ट 1: सीओ2 उत्सर्जन



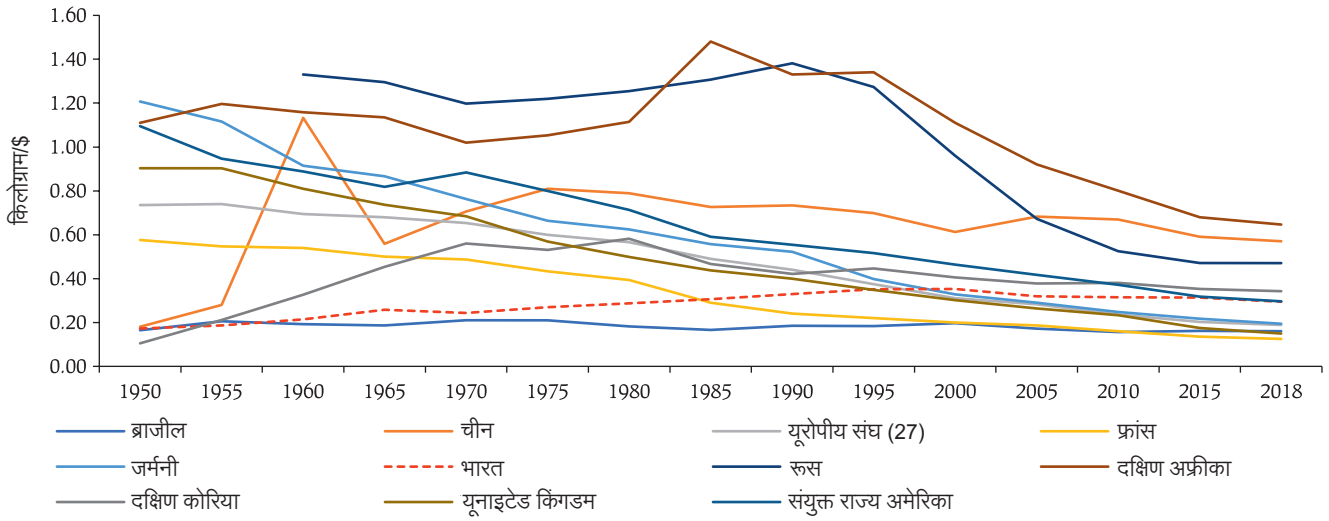
टिप्पणी: जीवाश्म ईंधन और उद्योग से सीओ$_2$ उत्सर्जन। भूमि उपयोग परिवर्तन शामिल नहीं है।
स्रोत: वैश्विक कार्बन परियोजना 2022 ।

उत्सर्जित सीओ2 के किलोग्राम के रूप में मापा जाता है, प्रमुख अर्थव्यवस्थाओं में सबसे कम में से एक है (चार्ट 2)। विकसित देशों ने, हालांकि ऊर्जा दक्षता में महत्वपूर्ण सुधार किया है, उनका उच्च वृद्धि चरण उच्च ऊर्जा तीव्रता के साथ मेल खाता है। औद्योगिक ऊर्जा दक्षता में लाभ, ऊर्जा तीव्रता में गिरावट का मुख्य कारण है क्योंकि विनिर्माण क्षेत्र की भारी मशीनरी ऊर्जा गहन हैं। इसके अलावा, जीडीपी के प्रमुख योगदानकर्ता के रूप में उभर रहे सेवा क्षेत्र ने भी उत्सर्जन तीव्रता में गिरावट में योगदान दिया है। हालांकि भारत की उत्सर्जन तीव्रता पिछले कुछ वर्षों में बढ़ी है, लेकिन यह अधिकांश देशों की तुलना में कम है और हाल के वर्षों में तीव्रता में भी गिरावट आ रही है (चार्ट 2)।

वैश्विक स्तर पर ऊर्जा क्षेत्र, जीएचजी का प्रमुख उत्सर्जक है। वैश्विक ऊर्जा जरूरतों का लगभग 80 प्रतिशत हिस्सा कोयला, प्राकृतिक गैस और तेल से पूरा होता है जिसमें से कोयले की बड़ी हिस्सेदारी होती है। इसके साथ ही, उत्सर्जन के मामले में भी कोयला प्रमुख स्रोत रहा है, जो वैश्विक सीओ2 उत्सर्जन का 40 प्रतिशत हिस्सा है। वैश्विक औसत की तुलना में, कोयले पर भारत की निर्भरता और कोयले से उत्सर्जन अधिक है (चार्ट 3ए और 3बी)। भारत के कुल सीओ2 उत्सर्जन में कोयले का उत्सर्जन 65 प्रतिशत है जो वैश्विक औसत से 25 प्रतिशत अधिक है।

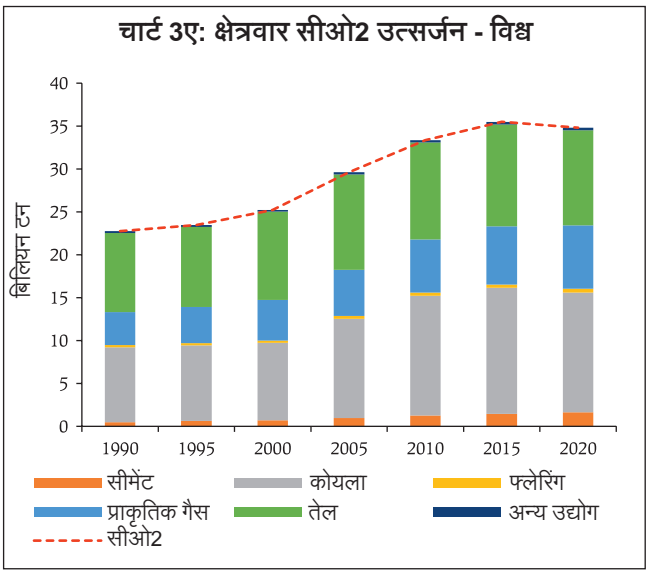
अधिकांश देशों में पिछले कुछ वर्षों में कोयले के उपयोग में गिरावट दर्ज की गई है। चीन और भारत की प्राथमिक ऊर्जा समूह में कोयले की हिस्सेदारी अधिक है, चीन ने समय के साथ अपनी हिस्सेदारी कम कर दी है। इसकी तुलना में भारत में कुल ऊर्जा

चार्ट 2: प्रमुख अर्थव्यवस्थाओं की कार्बन उत्सर्जन तीव्रता

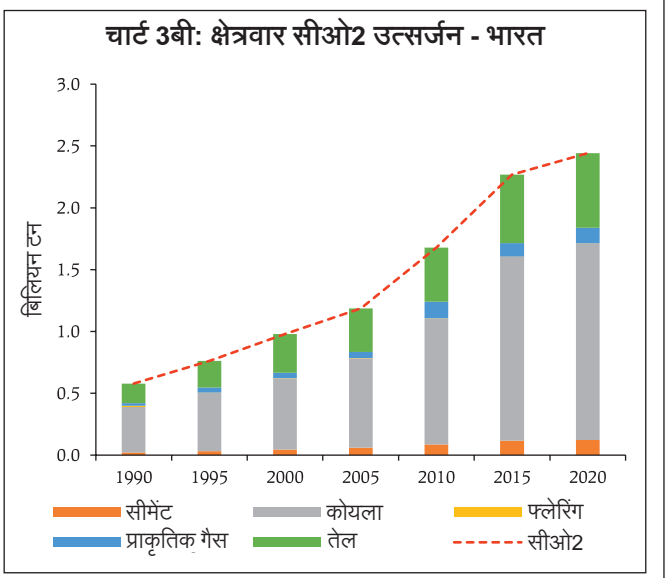


टिप्पणियां: कार्बन उत्सर्जन की तीव्रता को जीडीपी के प्रति डॉलर उत्सर्जित सीओ2 के किलोग्राम के रूप में मापा जाता है। उत्सर्जन में जीवाश्म ईंधन और उद्योग उत्सर्जन शामिल हैं।
स्रोत: वैश्विक कार्बन परियोजना 2021; और अवर वर्ल्ड इन डेटा।

चार्ट 3ए: क्षेत्रवार सीओ2 उत्सर्जन - विश्व



चार्ट 3बी: क्षेत्रवार सीओ2 उत्सर्जन - भारत

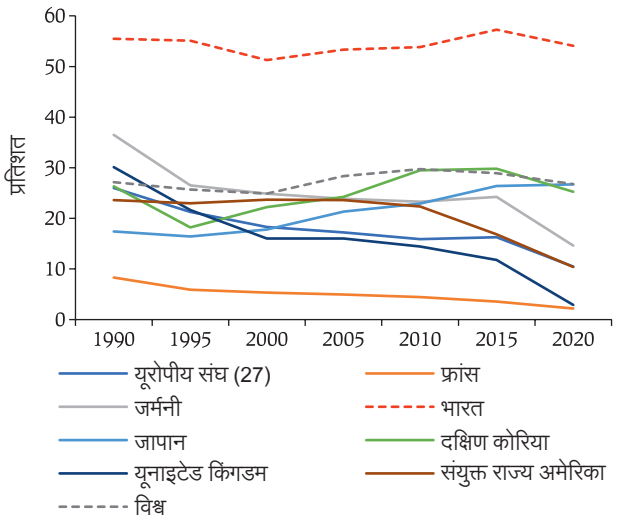


स्रोत: वैश्विक कार्बन परियोजना 2021; और अवर वर्ल्ड इन डेटा।

खपत में कोयले की हिस्सेदारी में मामूली वृद्धि देखी गई (चार्ट 4)। भारत में कोयला सबसे महत्वपूर्ण जीवाश्म ईंधन है, यह भारत की ऊर्जा आवश्यकता का 55 प्रतिशत हिस्सा पूरा करता है जो विश्व की तुलना में लगभग दोगुना है।

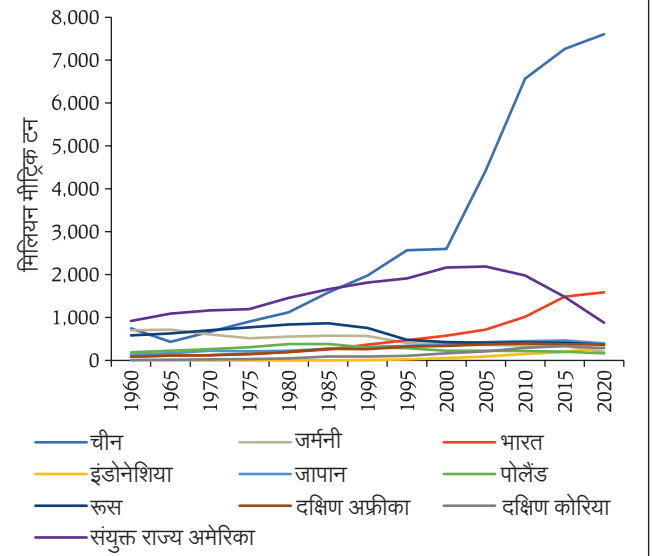
कुल प्राथमिक खपत में कोयले की घटती हिस्सेदारी के बावजूद, चीन, कोयले के उपयोग से जीएचजी का प्रमुख उत्सर्जक बना हुआ है और 2001 में डब्ल्यूटीओ का हिस्सा बनने और विश्व विनिर्माण में अपनी हिस्सेदारी बढ़ाने के बाद, कोयले से इसका उत्सर्जन बढ़ गया। कोयले से भारत का उत्सर्जन भी बढ़ रहा है और यह विकसित और अन्य उभरती बाजार अर्थव्यवस्थाओं (ईएमई) से अधिक है [चार्ट 5]।

चार्ट 4: प्राथमिक ऊर्जा खपत में कोयले की हिस्सेदारी



स्रोत: विश्व ऊर्जा 2022 की बीपी सांख्यिकीय समीक्षा; और अवर वर्ल्ड इन डेटा।

चार्ट 5: कोयले के उपयोग से उत्सर्जन - 1960 से 2020



स्रोत: वैश्विक कार्बन परियोजना, 2021।

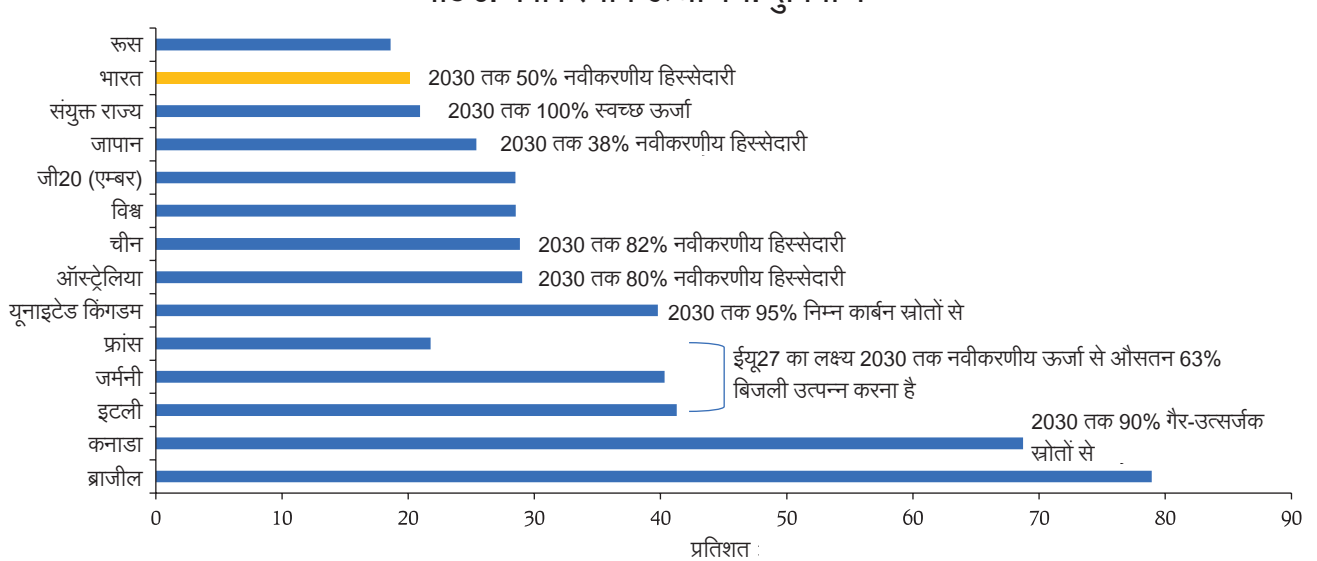
प्रमुख ऊर्जा स्रोत के रूप में नवीकरणीय ऊर्जा

जीएचजी उत्सर्जन नियंत्रण की वैश्विक लड़ाई में नवीकरणीय ऊर्जा एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। सीओपी26 शिखर सम्मेलन में लगभग सभी देशों ने कोयले के उपयोग में उल्लेखनीय कमी के साथ जीवाश्म ईंधन की कमी और नवीकरणीय ऊर्जा पर निर्भर होने के लिए महत्वाकांक्षी लक्ष्य बनाए हैं (चार्ट 6)। हालांकि, नवीकरणीय संक्रमण विभिन्न देशों में भिन्न है, क्योंकि यह भौगोलिक स्थिति, खनिज भंडार, तकनीकी प्रगति, आदि पर निर्भर करता है। उदाहरण के लिए - ब्राजील और कनाडा में नवीकरणीय पारगमन का नेतृत्व जलविद्युत ऊर्जा, फ्रांस (परमाणु, और जलविद्युत), यूके और जर्मनी (पवन और सौर), अमेरिका (सौर और पवन), इटली (सौर), और ऑस्ट्रेलिया (सौर और पवन) कर रहे हैं।

नवीकरणीय ऊर्जा में वैश्विक निवेश पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों में निवेश से कहीं अधिक है। विश्व ऊर्जा निवेश रिपोर्ट 2022 के अनुसार, विश्व ऊर्जा निवेश 2022 में 8 प्रतिशत से अधिक बढ़कर कुल 2.4 ट्रिलियन अमेरिकी डॉलर तक पहुंचने के लिए तैयार है, जो कि कोविड-पूर्व अवधि से काफी अधिक है (आईईए, 2022ए)। 2022 में स्वच्छ ऊर्जा निवेश 1.4 ट्रिलियन अमेरिकी डॉलर से अधिक होने की उम्मीद है, जो कुल ऊर्जा निवेश में लगभग तीन-चौथाई वृद्धि के लिए उत्तरदायी है। दूसरी ओर, पारंपरिक स्रोतों में निवेश कोविड-पूर्व स्तरों से कम रहा और 2015 के बाद से इसमें गिरावट का रुझान जारी रहा। भारत में भी नवीकरणीय ऊर्जा में निवेश 2021-22 में दोगुने से अधिक होकर 14.5 बिलियन अमेरिकी डॉलर तक पहुंच गया[6]। जबकि रूस-यूक्रेन युद्ध ने इस रास्ते पर कुछ खतरे पैदा किए, साथ ही कई यूरोपीय देशों ने कई बंद कोयला संयंत्र चालू किए, नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों में निरंतर निवेश वैश्विक उत्सर्जन कटौती योजनाओं के लिए आशा प्रदान करता है।

वर्ल्ड एनर्जी आउटलुक 2022 के अनुसार, जीवाश्म ईंधन की वैश्विक मांग में 2020 के दशक के मध्य से हर वर्ष औसतन लगभग 2 एक्साजूल (ईजे) (प्रति दिन 1 मिलियन बैरल तेल [एमबीओई/डी] के बराबर) (आईईए, 2022बी) तक की लगातार गिरावट का अनुमान है। अगले कुछ वर्षों में कोयले की मांग चरम पर पहुंचने और 2030 के दशक के मध्य के बाद तेल की मांग में कमी आने का पूर्वानुमान है। तदनुसार, कुल ऊर्जा आपूर्ति में जीवाश्म ईंधन की हिस्सेदारी वर्ष 2030 तक कुल ऊर्जा आपूर्ति के तीन-चौथाई से कम और 2050 तक मौजूदा 84 प्रतिशत से घटकर लगभग 60 प्रतिशत हो जाएगी। सौर पीवी की घटती लागत, प्रौद्योगिकीय विकास से लाभ ने नवीकरणीय ऊर्जा की ओर कदम को नई शक्ति प्रदान की। आईईए (2022) के अनुसार, नवीकरणीय ऊर्जा के पिछले पांच वर्षों की तुलना में 85 प्रतिशत

चार्ट 6: नवीकरणीय ऊर्जा पथ: दुनिया में



स्रोत: अमेरिकी भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण; स्टैटिस्टा; फ़ाइनेंशियल टाइम्स; और आईईए।

6 'इंस्टिट्यूट फॉर एनर्जी इकोनॉमिक्स एंड फाइनेंसियल एनालिसिस' के अनुसार।

की त्वरित दर से बढ़ने की उम्मीद है। नवीकरणीय ऊर्जा पर केंद्रित चीन की 14वीं पंचवर्षीय योजना, आरईपॉवरईयू योजना, अमेरिकी मुद्रास्फीति कटौती अधिनियम और नवीकरणीय ऊर्जा पर भारत के जोर को इस वृद्धि के मुख्य चालकों के रूप में उद्धृत किया गया है।

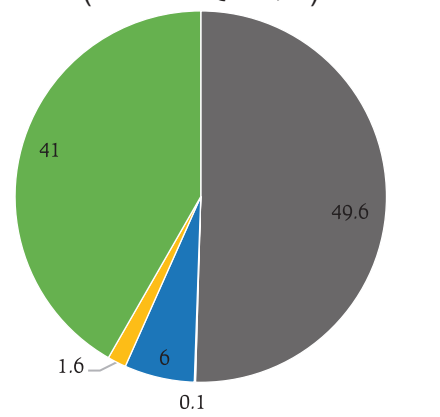
III. उत्सर्जन नियंत्रण के लिए रणनीतियां

जलवायु लक्ष्यों को पूरा करने के लिए ऊर्जा पारगमन प्राप्त करने के लिए विभिन्न हितधारकों के संयुक्त प्रयासों और एक संतुलित दृष्टिकोण की आवश्यकता है। नेट जीरो उत्सर्जन प्राप्त करने के लिए वैश्विक रास्ते ऊर्जा दक्षता उपायों, व्यवहार परिवर्तन, विद्युतीकरण, नवीकरणीय ऊर्जा, हाइड्रोजन और हाइड्रोजन-आधारित ईंधन, बायोएनर्जी और कार्बन कैप्चर, उपयोग और भंडारण (सीसीयूएस) को शामिल करते हुए एक समग्र दृष्टिकोण का पालन करते हैं [आईईए, 2021]। इस प्रकार, कार्बन उत्सर्जित जीवाश्म ईंधन-आधारित ऊर्जा से दूर जाने के अलावा, आमूलचूल परिवर्तन ऊर्जा-दक्ष तकनीकी प्रगति के साथ-साथ उपभोक्ताओं के व्यवहार में बदलाव पर जोर देते हुए ऊर्जा के उपयोग को कम करने पर भी निर्भर करता है। भारत में भी, उत्सर्जन कटौती रणनीतियों ने बड़े पैमाने पर उसी प्रतिमान का पालन किया है। भारत का निम्न उत्सर्जन की ओर दीर्घकालिक पारगमन निम्न कार्बन वाली बिजली, परिवहन और औद्योगिक प्रणाली, ऊर्जा-दक्ष शहरी डिजाइन, कार्बन निवारण नवोन्मेषी प्रौद्योगिकी, वन आवरण को बढ़ाने और कम लागत वाले जलवायु वित्त पर ध्यान केंद्रित करने वाले सात स्तंभों पर आधारित है (जीओआई, 2022)।

विकसित देशों की तुलना में, जहां पहले से ही कोयले के उपयोग में उल्लेखनीय कमी देखी गई है, भारत की प्रतिबद्धताओं की सफलता के लिए कम-से-कम अल्प से मध्यम अवधि में ताप-विद्युत (थर्मल) स्रोतों के कुशल उपयोग की भी आवश्यकता होगी। भारत का ऊर्जा खपत समूह, विश्व स्तर पर अधिक वैविध्य की तुलना में कोयले की ओर बहुत अधिक झुकी हुई है, जो आंशिक रूप से घरेलू उपलब्धता और ताप-विद्युत ऊर्जा में बड़े निवेश को दर्शाती है। वैश्विक स्तर पर, कुल ऊर्जा मिश्रण में कोयले की हिस्सेदारी एक तिहाई से भी कम है, जबकि भारत में यह 55 प्रतिशत है। विकसित देशों ने बड़े पैमाने पर प्राकृतिक गैस और तेल की ओर रुख करके कोयले पर अपनी निर्भरता कम कर दी है। अमेरिका में प्राथमिक ऊर्जा खपत में गैस की हिस्सेदारी लगभग एक-तिहाई और यूरोपीय संघ में एक-चौथाई है। हालांकि, भारत के खपत समूह में थोड़ा बदलाव देखा गया और कोयले की हिस्सेदारी 1990 के बाद से 55 प्रतिशत के आसपास स्थिर रही। भारत में प्राकृतिक गैस की खपत वैश्विक औसत की तुलना में बहुत कम है और दुनिया में सबसे कम खपत में से एक है - निम्न प्राकृतिक गैस भंडार के कारण प्राथमिक ऊर्जा उत्पादन में केवल 6.5 प्रतिशत है।

निम्न उत्सर्जन वाले स्रोत वैश्विक बिजली उत्पादन का 40 प्रतिशत हिस्सा हैं, जिसमें 30 प्रतिशत नवीकरणीय ऊर्जा से और 10 प्रतिशत परमाणु ऊर्जा से आता है (आईईए, 2022)। आने वाले वर्षों में, विश्व स्तर पर नवीकरणीय ऊर्जा, विशेषकर सौर और पवन से बिजली उत्पादन बढ़ने की उम्मीद है। जबकि भारत मुख्य रूप से उत्सर्जन नियंत्रण के लिए नवीकरणीय ऊर्जा को लक्षित करता है, 2070 तक नेट जीरो की उपलब्धि काफी हद तक पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों से उत्सर्जन को कम करने पर निर्भर करेगी। भारत ने मार्च 2023 में कुल स्थापित क्षमता में अपनी हिस्सेदारी 41.3 प्रतिशत (बड़े जल-विद्युत सहित) के साथ स्थापित नवीकरणीय क्षमता में महत्वपूर्ण प्रगति की है[7] (चार्ट 7)। हालांकि, बिजली उत्पादन में इसकी हिस्सेदारी 22.8 प्रतिशत पर कम है।

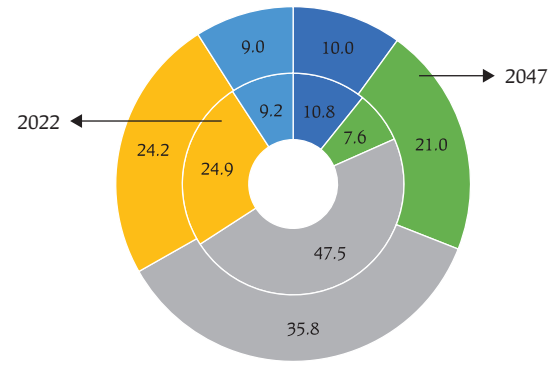
चार्ट 7: स्रोत द्वारा कुल स्थापित क्षमता
(प्रतिशत में हिस्सेदारी)



स्रोत: केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण। विद्युत मंत्रालय।

[7] सरकार ने मार्च 2019 में बड़े जल विद्युत को नवीकरणीय ऊर्जा के अंतर्गत शामिल किया। इससे पहले केवल 25 मेगावाट से कम क्षमता वाली लघु जल विद्युत परियोजनाओं को ही नवीकरणीय ऊर्जा के अंतर्गत माना जाता था।

चार्ट 8: वर्ष 2022 और 2047 में अधिकतम स्वच्छ और नवीकरणीय ऊर्जा मार्ग के मामले में कुल ऊर्जा आपूर्ति में विभिन्न ऊर्जा स्रोतों की हिस्सेदारी (प्रतिशत में)



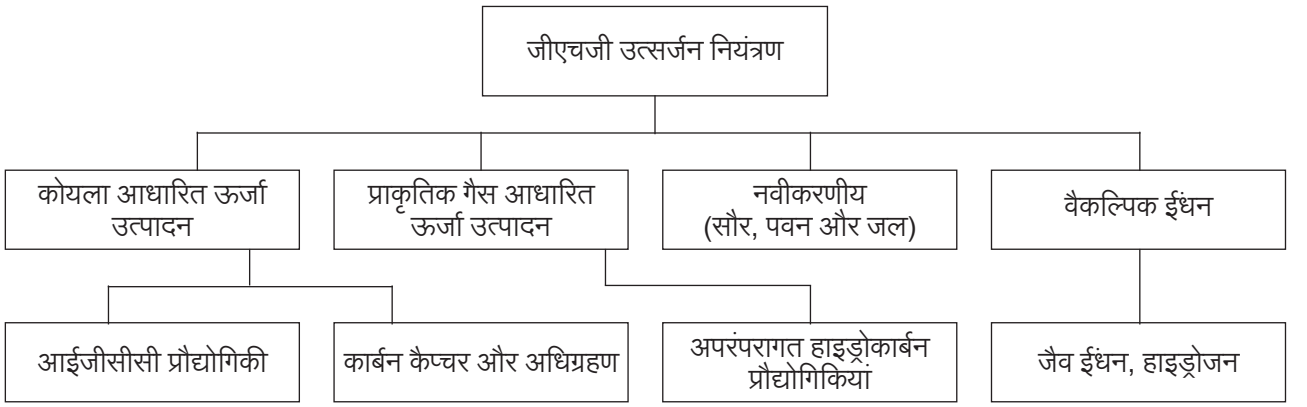
स्रोत: iess2047.gov.in.

जबकि ग्रिड कनेक्टिविटी और आपूर्ति विसंगतियों को सुचारू करने की दिशा में पहल की जा रही है, अल्प से मध्यम अवधि में पारंपरिक स्रोत एक प्रमुख भूमिका निभाते रहेंगे। ऊर्जा सुरक्षा परिदृश्य[8] के अनुसार, अधिकतम स्वच्छ और नवीकरणीय ऊर्जा मार्ग में भी कुल ऊर्जा आपूर्ति में कोयले की हिस्सेदारी अधिक रहेगी, जो 2047 में कुल ऊर्जा आपूर्ति का 35.8 प्रतिशत होगी (चार्ट 8)।

तदनुसार, भारत की उत्सर्जन नियंत्रण रणनीति काफी हद तक तकनीकी प्रगति के माध्यम से कोयले के उपयोग से कार्बन उत्सर्जन को कम करने पर निर्भर करती है। इस प्रकार रणनीतियाँ, पारंपरिक ऊर्जा खंड में उत्सर्जन कम करने वाली प्रौद्योगिकियों के साथ-साथ नवीकरणीय ऊर्जा पर केंद्रित हैं (चित्र 1)।

भारत के व्यापक विकासात्मक लक्ष्यों के लिए पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों, विशेष रूप से ताप-विद्युत ऊर्जा के कुशल उपयोग की आवश्यकता है, जहां भारत को प्राकृतिक लाभ प्राप्त है। भारत के पास वैश्विक कोयला भंडार का लगभग 7 प्रतिशत हिस्सा है और उपयोग की वर्तमान दर के साथ, भारत के पास इतना भंडार है जो एक शताब्दी से अधिक समय तक चल सकता है (वेदाचलम, रामदास, और आत्मानंद, 2020)। कोयले के तापीय ऊर्जा में परिवर्तन के समय होने वाले दहन के दौरान सीओ2 का उत्सर्जन होता है। एकीकृत गैसीकरण संयुक्त चक्र (आईजीसीसी) तकनीक जैसी वैकल्पिक प्रौद्योगिकियों को अपनाकर, जहां कोयले को ईंधन गैस में परिवर्तित किया जाता है, सीओ2 उत्सर्जन को काफी हद तक कम किया जा सकता है। पारंपरिक कोयला आधारित थर्मल पावर सिस्टम की तुलना में आईजीसीसी सिस्टम बिजली उत्पादन दक्षता में लगभग 15 प्रतिशत सुधार कर सकता है और सीओ2 को कम कर सकता है। हालांकि आईजीसीसी सिस्टम को अपनाने की पहल 2000 के दशक में ही शुरू हो गई थी, लेकिन भारत में इसे बड़े पैमाने पर अपनाया जाना बाकी है। भारत वर्ष 2030 तक 100 मिलियन टन गैसीकृत कोयले का लक्ष्य रख रहा है।

चित्र 1: भारत का स्वच्छ ऊर्जा मार्ग



स्रोत: वेदाचलम और अन्य, 2020 से रूपांतरित।

[8] iess2047.gov.in

[9] मित्सुबिशी पावर | ऊर्जा संयंत्र: एकीकृत कोयला गैसीकरण संयुक्त चक्र (आईजीसीसी) ऊर्जा संयंत्र (mhi.com)

परिणामी ईंधन गैस से हाइड्रोजन, मेथनॉल और इथेनॉल जैसे गैसीय ईंधन प्राप्त हो सकते हैं। एक और स्वच्छ कोयला तकनीक जिसकी खोज की जा रही है, वह कार्बन कैप्चर एंड सीक्वेस्ट्रेशन (सीसीएस) है जो सीओ2 एकत्र करती है और इसे गहरे भूमिगत रूप में संग्रहीत करती है। सरकार ने जून 2025 से पहले चालू होने वाली ऊर्जा भंडारण परियोजनाओं के लिए अंतर-राज्यीय संचारण शुल्क माफ कर दिया है। सरकार उद्योग के सामने आने वाली बाधाओं से निपटने के लिए राष्ट्रीय ऊर्जा भंडारण नीति पर भी काम कर रही है।

उच्च उत्सर्जन वाली बिजली का एक विकल्प जैव ईंधन और ग्रीन हाइड्रोजन जैसे कम उत्सर्जन वाले ईंधन हैं। भारत में इस दिशा में प्रयास किए जा रहे हैं क्योंकि नेट जीरो उद्देश्य को प्राप्त करने में इसकी महत्वपूर्ण भूमिका है, अकेले ग्रीन हाइड्रोजन वर्ष 2050 तक 400 मिलियन टन सीओ2 को कम करने की क्षमता रखता है (बिरोल और अन्य, 2022)। यह अनुमान लगाया गया है कि देश में ग्रीन हाइड्रोजन में एक महत्वपूर्ण खिलाड़ी बनने की काफी संभावना है क्योंकि नवीकरणीय बैटरी और अन्य अल्प कार्बन उपयोग आधारित तकनीक के साथ ग्रीन हाइड्रोजन वर्ष 2030 तक भारत में 80 बिलियन अमेरिकी डॉलर तक का बाजार बना सकता है[10]। अकेले भारत की रिफाइनरियां और उर्वरक क्षेत्र 5 मिलियन टन ग्रीन हाइड्रोजन की मांग पैदा कर सकता है, जिसके परिणामस्वरूप 28 मिलियन टन कार्बन डाइऑक्साइड में कमी आएगी। भारत में ग्रीन हाइड्रोजन उत्पादन का दोहन करने के लिए परियोजनाएं शुरू की जा रही हैं। अप्रैल 2022 में, 'रीन्यू पावर' (एक भारतीय नवीकरणीय ऊर्जा डेवलपर) ने समयबद्ध तरीके से ग्रीन हाइड्रोजन परियोजनाओं को विकसित करने के लिए इंडियन ऑयल कॉर्पोरेशन और लार्सन एंड टर्बो (इंजीनियरिंग और निर्माण अग्रणी) के साथ अपने संयुक्त उद्यम की घोषणा की। एसीएमई (भारतीय नवीकरणीय ऊर्जा डेवलपर) और कर्नाटक सरकार के बीच एकीकृत सौर से ग्रीन हाइड्रोजन से हरित अमोनिया सुविधा के माध्यम से वर्ष 2027 तक प्रति वर्ष 1.2 मिलियन टन ग्रीन हाइड्रोजन उत्पन्न करने के लिए 7 बिलियन अमेरिकी डॉलर के एक समझौता ज्ञापन पर हस्ताक्षर किए गए।

जबकि ऊर्जा के विभिन्न वैकल्पिक स्रोतों की खोज की जा रही है, शुद्ध शून्य उपलब्धि के लिए भारत का मार्ग नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों पर निर्भर है।

सारणी 1: स्थापित क्षमता में अनुमान

ऊर्जा स्रोत	गीगावाट में स्थापित क्षमता		स्थापित क्षमता में हिस्सेदारी		पूर्वानुमानित वार्षिक वृद्धि
	फ़र-23	2030	फ़र-23	2031-32	
जीवाश्म ईंधन	**230**	**292**	**55.8**	**35.7**	**3.4**
जिसमें से					
कोयला	204	244	49.5	29.9	**2.3**
गैर-जीवाश्म ईंधन	**176**	**525**	**42.7**	**64.3**	**16.9**
जिसमें से					
हाइड्रो सहित नवीकरणीय	169	500	41.0	61.2	**16.8**
कुल स्थापित क्षमता	412	817	100	100	**10.3**

स्रोत: सीईए डेटा पर आधारित लेखक की गणना।

सीईए के पूर्वानुमानों के अनुसार, नवीकरणीय ऊर्जा को वर्ष 2030 तक 500 गीगावॉट क्षमता तक पहुंचने के लिए शेष सात वर्षों में 16.8 प्रतिशत की चक्रवृद्धि वार्षिक वृद्धि से बढ़ना चाहिए। यह देखते हुए कि बड़ा जलविद्युत खंड ठहराव के बिंदु पर पहुंच गया है, नवीकरणीय खंड में सौर, पवन और अन्य नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों से भावी वृद्धि आने की उम्मीद है। पिछले पाँच वर्षों में महामारी तक यानी, 2019-2020[11] तक, नवीकरणीय क्षेत्र (जल-विद्युत को छोड़कर) में 23.0 प्रतिशत की वार्षिक औसत क्षमता वृद्धि देखी गई है जो आवश्यक वृद्धि के अनुरूप है। फिर भी, जबकि कोयले की हिस्सेदारी में कमी आ रही है, यह देश की विकास आवश्यकताओं को देखते हुए एक प्रमुख भूमिका निभाना जारी रखेगा (सारणी 1)।

निम्नलिखित खंड में हम यह पता लगाएंगे कि भारत का खनन क्षेत्र, बदलती ऊर्जा आवश्यकताओं के लिए कैसे अनुकूल है।

IV. खनन क्षेत्र पर प्रभाव

भारत में खनन क्षेत्र ने सकल घरेलू उत्पाद में 2.3 प्रतिशत, औद्योगिक जीवीए में 10.4 प्रतिशत का योगदान दिया और 2020-21 में लगभग 1.10 करोड़ लोगों को प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रोजगार प्रदान किया। भारत के पास दुनिया में धात्विक, अधात्विक, ईंधन और गौण खनिजों का सबसे बड़ा भंडार है। भारत के पास विश्व में कोयला और लौह अयस्क का पांचवां सबसे बड़ा भंडार है। कुल खनन उत्पादन में, कोयला, पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस सहित ईंधन खनिजों का कुल उत्पादन में 53.8

[10] पूर्वोक्त।

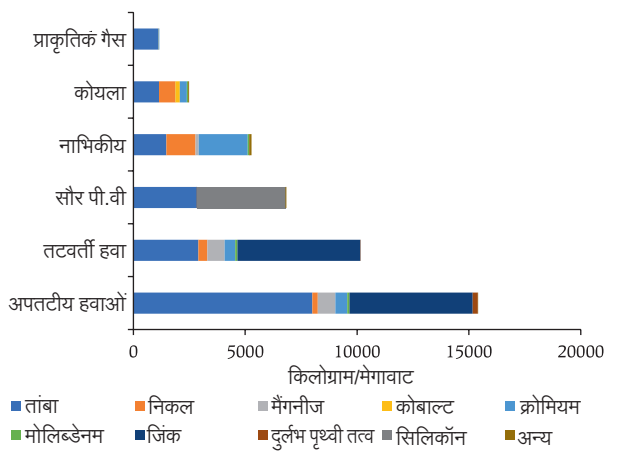
[11] यह 2015-16 से 2019-20 तक की अवधि को संदर्भित करता है।

प्रतिशत योगदान था, इसके बाद धात्विक और गैर-धात्विक खनिजों का 28.2 प्रतिशत योगदान था तथा गौण खनिजों का खनन उत्पादन में केवल 18 प्रतिशत का योगदान था। जलवायु परिवर्तन के प्रति भारत की प्रतिबद्धता का खनन क्षेत्र पर सीधा असर पड़ता है – पहला, कोयला खनन पर इसके प्रभाव और दूसरा, नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के लिए आवश्यक महत्वपूर्ण खनिजों की मांग के कारण। नवीकरणीय स्रोतों की हिस्सेदारी में वृद्धि के साथ, बिजली उत्पादन क्षमता की एक नई इकाई के लिए आवश्यक खनिजों की औसत मात्रा में 50 प्रतिशत की वृद्धि हुई है (आईईए, 2022)।

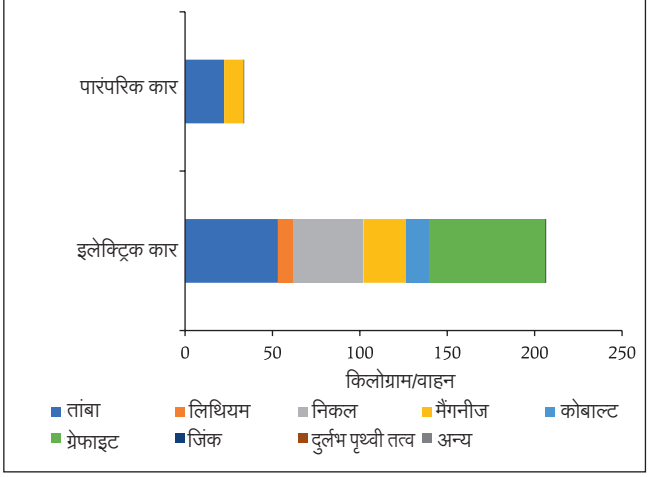
पवन और सौर से एक टेरावाट-प्रति घंटे बिजली पैदा करने से गैस आधारित बिजली संयंत्र की तुलना में धातुओं की खपत क्रमशः दो गुना और तीन गुना अधिक हो सकती है (अज़ेवेदो और अन्य, 2022)। उदाहरण के लिए, एक तटवर्ती पवन संयंत्र को गैस से चलने वाले संयंत्र की तुलना में नौ गुना अधिक खनिज संसाधनों की आवश्यकता होती है (आईईए, 2022)। इसी प्रकार, पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों की तुलना में सौर पीवी में खनिजों की आवश्यकता अधिक है। पवन टर्बाइनों के लिए, जिंक, मैंगनीज, दुर्लभ-पृथ्वी तत्व महत्वपूर्ण हैं (बलराम, 2019)। सौर फोटो वोल्टाइक मॉड्यूल के लिए तांबा और जिंक के अलावा सिलिकॉन एक महत्वपूर्ण खनिज है (चार्ट 9ए)। इसलिए, पारंपरिक कार की तुलना में इलेक्ट्रिक वाहन चार गुना से भी अधिक खनिज गहन होते हैं (चार्ट 9बी)। एक इलेक्ट्रिक कार के लिए अधिक खनिजों जैसे लिथियम, निकल, ग्रेफाइट, मैंगनीज, कोबाल्ट, दुर्लभ-पृथ्वी सामग्री आदि की आवश्यकता होती है। ईवी और बैटरी भंडारण इंफ्रास्ट्रक्चर की भविष्य की आवश्यकताओं से वर्ष 2040 तक लिथियम की मांग 40 गुना से अधिक तथा ग्रेफाइट, कोबाल्ट और निकल की मांग के लगभग 25-30 गुना बढ़ने की उम्मीद है। ऊर्जा के वैकल्पिक स्रोतों, जैसे ईंधन सेल से प्लैटिनम समूह की सामग्रियों की मांग बढ़ने की उम्मीद है; हाइड्रोजन के लिए निकल की मांग बढ़ने की उम्मीद है और इलेक्ट्रोलाइज़र के लिए ज़िरकोनियम की मांग बढ़ने की उम्मीद है।

(आईईए, 2022) के अनुसार, 2030 तक स्वच्छ ऊर्जा प्रौद्योगिकियों के लिए खनिज आवश्यकताओं में दो से चार गुना वृद्धि होगी और लिथियम की मांग 40 गुना बढ़ जाएगी, निकल और कोबाल्ट की मांग में 20-25 गुना इजाफा होगा एवं धारणीय विकास परिदृश्य[11] (एसडीएस) में मैंगनीज और दुर्लभ पृथ्वी

चार्ट 9ए: स्वच्छ ऊर्जा प्रौद्योगिकियों में प्रयुक्त खनिज (किलोग्राम/मेगावाट)



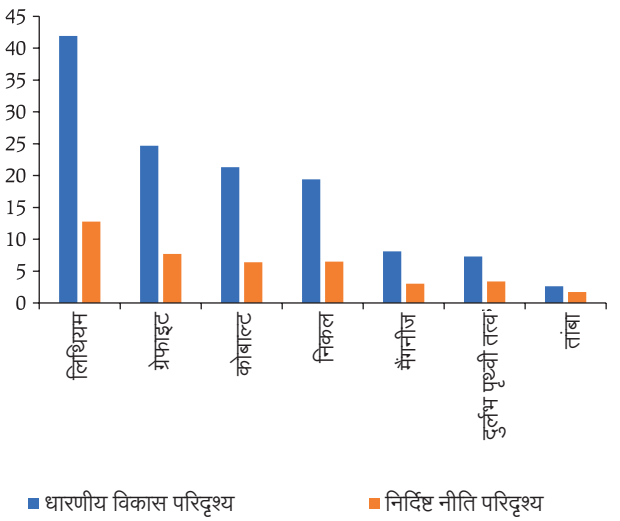
चार्ट 9बी: स्वच्छ ऊर्जा प्रौद्योगिकियों में प्रयुक्त खनिज (किलोग्राम/वाहन)



स्रोत: अंतरराष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी, 2022 ।

[12] आईईए का धारणीय विकास परिदृश्य (एसडीएस) यह दर्शाता है कि पेरिस समझौते के लक्ष्यों को प्राप्त करने के लिए एक अनुरूपी मार्ग में क्या आवश्यक होगा। घोषित नीति परिदृश्य (स्टेप्स), क्षेत्र-दर-क्षेत्र विश्लेषण के आधार पर ऊर्जा प्रणाली कहां जा रही है, इसका संकेत आज की नीतियों और नीति घोषणा के अनुसार प्रदान करता है।

चार्ट 10: चुनिंदा खनिजों के लिए पूर्वानुमानित वृद्धि: वर्ष 2020 के सापेक्ष 2040 में

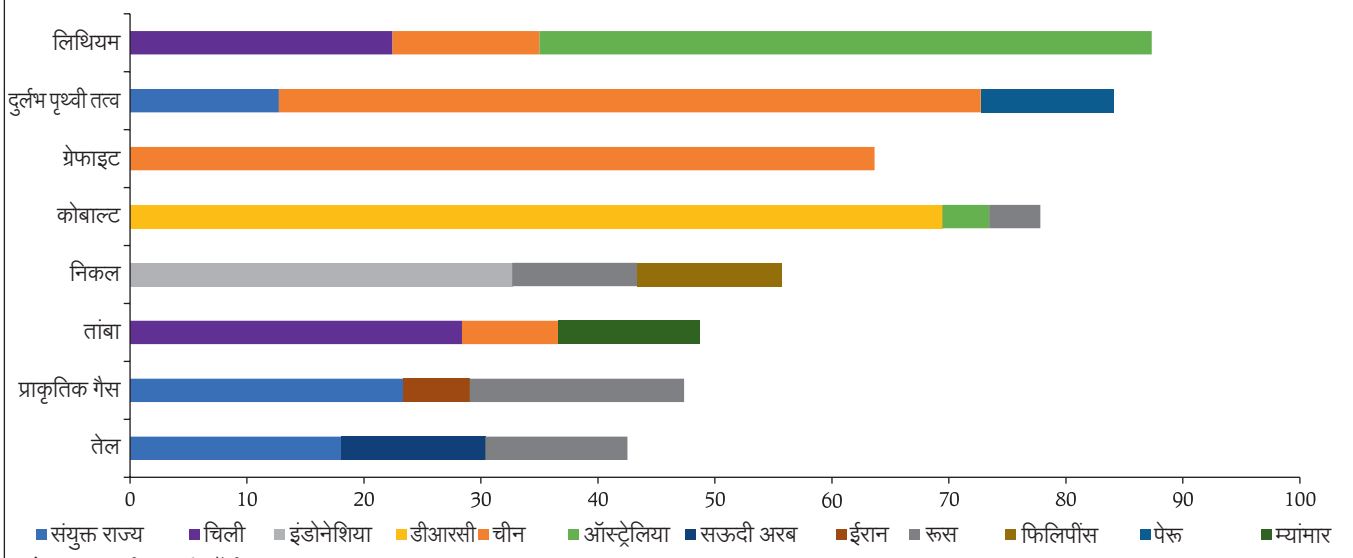


स्रोत: अंतरराष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी, 2022।

सामग्री 5-10 गुना की गति से बढ़ेगी (चार्ट 10)। इस प्रकार नवीकरणीय ऊर्जा की ओर बढ़ता एक कदम, खनन क्षेत्र के महत्व को कम नहीं करता है। वास्तव में, इससे क्षेत्र की क्षमता में वृद्धि हुई और इस प्रकार यह और अधिक विविध हो गया। गौण खनिज, जिनका भारत के खनन उत्पादन में केवल 18 प्रतिशत योगदान था, आने वाले वर्षों में अधिक महत्वपूर्ण हो जाएंगे।

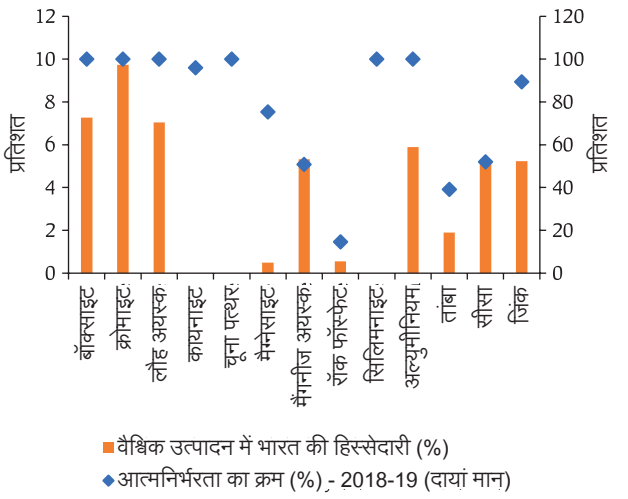
हालांकि भारत के पास प्रचुर कोयला भंडार होने के बावजूद, स्वच्छ ऊर्जा पारगमन के लिए आवश्यक खनिजों के बारे में ऐसा नहीं कहा जा सकता है। कुल उत्पादन में आरई की हिस्सेदारी बढ़ने, ईवी की ओर संक्रमण से महत्वपूर्ण खनिजों की बैटरी भंडारण इंफ्रास्ट्रक्चर की मांग में वृद्धि हुई है। वर्तमान में भारत इनमें से कई महत्वपूर्ण खनिजों के लिए आयात पर निर्भर है। कोयला, पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस की तुलना में ये महत्वपूर्ण खनिज भौगोलिक रूप से कुछ ही स्थानों पर केंद्रित हैं। वैश्विक भंडार के संदर्भ में, शीर्ष तीन देश इन महत्वपूर्ण खनिजों के कुल वैश्विक भंडार का आधे से अधिक हिस्सा साझा करते हैं (परिशिष्ट सारणी 1)। उच्च पूंजीगत व्यय और आवश्यक जटिल प्रौद्योगिकी के कारण, इन महत्वपूर्ण खनिजों की उत्पादन हिस्सेदारी कुछ देशों की ओर अत्यधिक झुकी हुई है (चार्ट 11)। तीन-चौथाई से अधिक लिथियम, कोबाल्ट और दुर्लभ-पृथ्वी तत्व - शीर्ष तीन उत्पादक देशों में केंद्रित हैं। इसके अलावा, इन खनिजों के शोधन और प्रसंस्करण के लिए भारी पूंजी व्यय की आवश्यकता होती है, जहां चीन को शीघ्र शुरुआत का लाभ मिलता है। शोधन/प्रसंस्करण में चीन की हिस्सेदारी दुर्लभ पृथ्वी सामग्री के लिए लगभग 90 प्रतिशत, लिथियम और कोबाल्ट के लिए 50-70 प्रतिशत, तांबे के लिए 40 प्रतिशत और निकल के लिए लगभग 35 प्रतिशत है। भारत फोटोवोल्टिक मॉड्यूल के आयात के लिए

चार्ट 11: चुनिंदा खनिजों और जीवाश्म ईंधन के निष्कर्षण में शीर्ष उत्पादक देशों की हिस्सेदारी, 2019



स्रोत: अंतरराष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी, 2022।

चार्ट 12: 2018-19 में, प्रमुख खनिजों और धातुओं में आत्मनिर्भरता का स्तर



स्रोत: राष्ट्रीय खनिज परिदृश्य: खान मंत्रालय; खनिज पण्य सारांश 2022; और अमेरिकी भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण।

चीन पर निर्भर है। वर्तमान में 80 प्रतिशत से अधिक सौर पैनल और मॉड्यूल मुख्य रूप से चीन से आयात किए जाते हैं। वर्ष 2021 में ऑस्ट्रेलिया ने वैश्विक लिथियम उत्पादन का लगभग आधा हिस्सा साझा किया है और दक्षिण अफ्रीका वैश्विक क्रोमियम उत्पादन का 43 प्रतिशत साझा किया है (परिशिष्ट सारणी 1)।

इन महत्वपूर्ण खनिजों के वैश्विक भंडार में क्रोमियम (17.5 प्रतिशत) और सिलिकॉन (प्रचुर मात्रा में) को छोड़कर, भारत की हिस्सेदारी कम है। भारत में वैश्विक दुर्लभ पृथ्वी सामग्री भंडार का लगभग 5-6 प्रतिशत, जस्ता भंडार का 3.64 प्रतिशत एवं वैश्विक तांबा और मैंगनीज भंडार का लगभग 2-3 प्रतिशत हिस्सा है। वर्तमान मांग स्तर पर, भारत बॉक्साइट, क्रोमाइट, लौह अयस्क, एल्यूमीनियम, जस्ता और तांबे जैसे खनिजों में आत्मनिर्भरता प्राप्त करने के करीब है। हालांकि भारत में मैंगनीज अयस्क, ग्रेफाइट, दुर्लभ पृथ्वी सामग्री, लिथियम, कायनाइट आदि की कमी है, जिसके चलते आयात पर निर्भरता अपरिहार्य है। यहां तक कि खनिजों में भी आत्मनिर्भरता हासिल होने के करीब है, स्वच्छ ऊर्जा पर प्रोत्साहन बढ़ने से भविष्य में बाधाएं उत्पन्न हो सकती हैं। इन खनिजों के निष्कर्षण और उत्पादन के लिए भारी पूंजीगत व्यय की आवश्यकता होती है और इस दिशा में प्राथमिकता के आधार पर प्रयास किये जाने की आवश्यकता है। इसके अलावा, उभरती मांग को पूरा करने के लिए स्थिर आपूर्ति सुनिश्चित करने के लिए इन खनिजों का रणनीतिक अधिग्रहण भी किए जाने की आवश्यकता है (चार्ट 12 और परिशिष्ट सारणी 2)।

V. सारांश और निष्कर्ष

स्वच्छ ऊर्जा के प्रति भारत की प्रतिबद्धता नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों पर टिकी हुई है, हालांकि मध्यम अवधि में, कोयले की भूमिका प्रमुख बने रहने की संभावना है। तेजी से बदलती तकनीकी दुनिया में, देश ने जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता कम करने के लिए बहु-आयामी दृष्टिकोण अपनाया है, जिसमें सौर और पवन ऊर्जा के साथ-साथ हाइड्रोजन और जैव ईंधन जैसे नए ऊर्जा स्रोतों की खोज की जा रही है। स्वच्छ ऊर्जा की ओर बढ़ने के साथ, नवीकरणीय ऊर्जा के उत्पादन के लिए खनन क्षेत्र पर भारत की निर्भरता को कोयले से हटाकर अन्य आवश्यक खनिजों पर स्थानांतरित करना होगा।

वर्तमान स्वच्छ ऊर्जा प्रौद्योगिकियाँ खनिज गहन हैं, जिनकी आपूर्ति कुछ देशों में केंद्रित है। कोविड-19 महामारी और उसके बाद रूस-यूक्रेन युद्ध के दौरान आपूर्ति शृंखला में व्यवधानों ने महत्वपूर्ण खनिजों के लिए आयात निर्भरता पर चिंताएं बढ़ा दीं। सरकार, खनिज-संपन्न देशों के साथ विभिन्न रणनीतिक गठबंधन बनाने की प्रक्रिया में है। भारत अर्जेंटीना, बोलीविया और चिली जैसे लिथियम और कोबाल्ट उत्पादक देशों के साथ काम कर रहा है। ऑस्ट्रेलिया के सहयोग से, इसने लिथियम और कोबाल्ट खनिज संपत्तियों की पहचान के लिए परियोजनाएं शुरू की हैं। भारत, जापान, अमेरिका और ऑस्ट्रेलिया की चतुष्क गुटबंदी (क्वाड ग्रुपिंग) ने एक "क्रिटिकल एंड इमर्जिंग टेक्नोलॉजी" कार्य दल पेश किया है जो महत्वपूर्ण खनिजों के लिए आपूर्ति शृंखला सुरक्षा पर केंद्रित है। भारत और जापान ने दुर्लभ पृथ्वी सामग्री विकसित करने के लिए एक समझौता किया है, जिसका उपयोग कई उच्च-तकनीकी वस्तुओं (भारतीय खनिज वर्ष पुस्तक 2019) के विनिर्माण में किया जाता है। इंडियन रेयर अर्थ्स लिमिटेड (आईआरईएल) रक्षा और अंतरिक्ष क्षेत्र में आवश्यक समैरियम-कोबाल्ट मैग्नेट के निर्माण के लिए रेयर अर्थ परमानेंट मैग्नेट (आरईपीएम) संयंत्र पर काम कर रहा है।

दूसरा दृष्टिकोण इन महत्वपूर्ण खनिजों के लिए आयात निर्भरता को कम करना है। तदनुसार, विभिन्न कंपनियाँ उन स्वच्छ ऊर्जा प्रौद्योगिकियों में निवेश कर रही हैं जिनके लिए इन दुर्लभ पृथ्वी खनिजों की आवश्यकता नहीं है। बैटरी रसायन का उत्पादन करने का प्रयास किया जाता है जो कैल्शियम आयन, सोडियम आयन, एल्यूमीनियम आयन आदि जैसे सस्ते, प्रचुर और टिकाऊ खनिजों का उपयोग करता है। हाइड्रोजन फ्युल सेल इलेक्ट्रिक वेहिकल (एफसीईवी) में भी भार की प्रति इकाई अपनी उच्च ऊर्जा के कारण, भविष्य में अधिक उपयोग की संभावना है। बैटरी प्रौद्योगिकियों में उन्नति से गैर-जीवाश्म ईंधन की ओर अधिक धारणीय तरीके से कदम बढ़ाने की उम्मीद है। फास्टर एडॉप्शन एंड मैन्युफैक्चरिंग ऑफ हाइब्रिड एंड इलेक्ट्रिक व्हीकल (एफएएमई) योजना की शुरूआत, 'उन्नत रसायन विज्ञान सेल बैटरी स्टोरेज पर राष्ट्रीय कार्यक्रम' के लिए उत्पादन संबद्ध प्रोत्साहन (पीएलआई) योजना, बैटरी इंफ्रास्ट्रक्चर को बढ़ावा देने के उद्देश्य से टैक्स छूट जैसी पहलों का उद्देश्य प्रमुख निविष्टियों पर आयात निर्भरता को कम करना है।

भारत की ऊर्जा सुरक्षा के हित को ध्यान में रखते हुए, मध्यम अवधि में कोयला खनन महत्वपूर्ण हो सकता है। हालांकि, दीर्घावधि में नवीकरणीय ऊर्जा की ओर स्थानांतरित होना वांछनीय है, जहाँ तकनीकी नवोन्मेषों को बेहतर विनिर्माण प्रक्रियाओं और डिज़ाइनों द्वारा सहायता मिलती है और जिनमें कम या किसी महत्वपूर्ण खनिजों की आवश्यकता नहीं होती है। इसके लिए संयुक्त राज्य की एडवांस्ड रिसर्च प्रोजेक्ट्स एजेंसी-एनर्जी (एआरपीए-ई) की तरह विश्व स्तर पर प्रयास किए गए हैं, जिसने रेयर अर्थ अल्टरनेटिव्स इन क्रिटिकल मैटेरियल्स (रिएक्ट) कार्यक्रम की शुरुआत की (ग्रेंजर, 2022)। इसके अलावा, सीओपी-26 प्रतिबद्धताओं की उपलब्धि काफी हद तक ऊर्जा उपयोग में व्यवहारिक परिवर्तनों के बाद ऊर्जा-दक्ष तंत्र अपनाने पर निर्भर करती है। हालिया आपूर्ति शृंखला की बाधा ने दुनिया भर में ऊर्जा सुरक्षा के महत्व को सामने ला दिया है। यह एक लागत-प्रभावी धारणीय ऊर्जा पारगमन और अधिक महत्वपूर्ण रूप से एक आत्मनिर्भर ऊर्जा प्रणाली के निर्माण की आवश्यकता को भी रेखांकित करता है।

संदर्भ

Azevedo, M., Baczynska, M., Bingoto, P., Callawa, G., Hoffman, K., & Ramsbottom, O. (2022). "The raw-materials challenge: How the metals and mining sector will be at the core of enabling the energy transition".

Balaram, V. (2019). "Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact". Geoscience Frontiers, 10(4), 1285–1303.

Birol, F., & Kant, A. (2022). "India's clean energy transition is rapidly underway, benefiting the entire world". International Energy Agency.

BP (2022). "BP Statistical Review of World Energy 2022".

GOI, Ministry of Environment, Forest and Climate Change (2022). "India's Long-Term Low-Carbon Development Strategy". Government of India.

GOI, Central Electricity Authority (2020). "Report on Optimal generation capacity mix for 2029-30". Government of India.

Grainger T. (2022). "The rare earth problem must be solved by innovating, not just playing catch up".

Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P., (2020). "CO_2 and Greenhouse Gas Emissions". OurWorldInData.org.

GOI (2017)."Greening the Grid". National Renewable Energy Laboratory & Ministry of Power.

IEA (2021). "Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector". International Energy Agency.

IEA (2022a). "World Energy Investment Report 2022". International Energy Agency.

IEA (2022b). "World Energy Outlook 2022". International Energy Agency.

IPCC (2015). "Summary for Policymakers. In Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Working

Group III Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report" (pp. 1-30). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781107415416.005

Karstensen, J., Roy, J., Pal, B. D., Peters, G., & Andrew, R. (2020). "Key Drivers of Indian Greenhouse Gas Emissions". Economic & Political Weekly, 46-53.

USGS(2022). "Mineral Commodity Summaries 2022". United States Geological Survey.

IPCC (2021). "Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change".

Vedachalam, N., Ramadass, G., & Atmanand, M. (2020). "Review on the Role of Hydrocarbon Resources in India's Energy Security and Climate Goals". Geological Society of India, 95, 561-565.

परिशिष्ट सारणी 1: चुनिंदा खनिजों के भंडार और उत्पादन वाले शीर्ष देश
(वैश्विक भंडार और उत्पादन में प्रतिशत हिस्सेदारी)

कोयला				कोबाल्ट			
भंडार		उत्पादन		भंडार		उत्पादन	
संयुक्त राज्य	23	चीन	50.8	डीआर कांगो	48.2	कांगो (किंशासा)	68.4
रूस	15	इंडोनेशिया	9.0	ऑस्ट्रेलिया	18.1	इंडोनेशिया	5.3
ऑस्ट्रेलिया	14	भारत	8.0	इंडोनेशिया	7.2	रूस	4.7
चीन	13	ऑस्ट्रेलिया	7.4	क्यूबा	6.0	ऑस्ट्रेलिया	3.1
भारत	10	संयुक्त राज्य	7.0	फिलिपींस	3.1	कनाडा	2.1
प्राकृतिक गैस				**सीसा**			
भंडार		उत्पादन		भंडार		उत्पादन	
रूस	25.5	संयुक्त राज्य	23.6	तुर्की	27.3	चीन	65.4
ईरान	21.9	रूस	17.7	ब्राजील	22.4	मोज़ाम्बिक	13.1
कतर	16.9	ईरान	6.5	चीन	15.8	मेडागास्कर	8.5
तुर्कमेनिस्तान	9.3	चीन	5.3	मेडागास्कर	7.9	ब्राजील	6.7
संयुक्त राज्य	8.6	कतर	4.5	मोज़ाम्बिक	7.6	कोरिया गणराज्य	1.3
लिथियम				**दुर्लभ पृथ्वी तत्व**			
भंडार		उत्पादन		भंडार		उत्पादन	
चिली	35.8	ऑस्ट्रेलिया	46.9	चीन	33.8	चीन	70.0
ऑस्ट्रेलिया	23.8	चिली	30.0	वियतनाम	16.9	संयुक्त राज्य	14.3
अन्य देश 8	12.7	चीन	14.6	ब्राजील	16.2	ऑस्ट्रेलिया	6.0
अर्जेंटीना	10.4	अर्जेंटीना	4.8	रूस	16.2	बर्मा	4.0
चीन	7.7	ब्राजील	1.7	भारत	5.3	थाईलैंड	2.4
तांबा				**क्रोमियम**			
भंडार		उत्पादन		भंडार		उत्पादन	
चिली	21.3	चिली	23.6	कजाखस्तान	41.1	दक्षिण अफ्रीका	43.9
ऑस्ट्रेलिया	10.9	डीआर कांगो	10.0	दक्षिण अफ्रीका	35.7	तुर्की	16.8
पेरू	9.1	पेरू	10.0	भारत	17.9	कजाखस्तान	15.9
रूस	7.0	चीन	8.6	तुर्की	4.6	भारत	10.2
मेक्सिको	6.0	संयुक्त राज्य	5.9	फिनलैंड	1.5	फिनलैंड	5.6
निकल				**जस्ता**			
भंडार		उत्पादन		भंडार		उत्पादन	
ऑस्ट्रेलिया	21	इंडोनेशिया	48.5	ऑस्ट्रेलिया	27.5	चीन	38.7
इंडोनेशिया	21	फिलिपींस	10.0	चीन	17.5	पेरू	14.7
ब्राजील	16	रूस	6.7	रूस	8.8	ऑस्ट्रेलिया	12.0
रूस	7.5	न्यू कैलेडोनिया 9	5.8	मेक्सिको	7.6	भारत	7.5
संयुक्त राज्य	7.37	ऑस्ट्रेलिया	4.8	पेरू	7.6	संयुक्त राज्य	6.8
मैंगनीज				**सिलिकॉन**			
भंडार		उत्पादन		भंडार		उत्पादन	
दक्षिण अफ्रीका	37.6	दक्षिण अफ्रीका	36.0	चीन	68.2		
चीन	16.5	गैबॉन	23.0	रूस	7.3		
ऑस्ट्रेलिया	15.9	ऑस्ट्रेलिया	16.5	ब्राजील	4.5	प्रचुर	
ब्राजील	15.9	चीन	5.0	नॉर्वे	4.1		
यूक्रेन, संकेंद्रित	8.2	घाना	4.7	संयुक्त राज्य	3.5		

स्रोत: खनिज वस्तु सारांश 2023, अमेरिकी भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण; और विश्व ऊर्जा 2022 की बीपी सांख्यिकीय समीक्षा।

परिशिष्ट सारणी 2: वैश्विक उत्पादन में भारत की हिस्सेदारी और महत्वपूर्ण खनिजों का वैश्विक भंडार

(प्रतिशत में)

	उत्पादन हिस्सेदारी (2021)	आरक्षित शेयर
क्रोमियम	7.3	17.5
तांबा	2.28	2.0
सीसा	0.65	2.5
मैंगनीज	3.0	2.3
दुर्लभ पृथ्वी तत्व	1.0	5.8
सिलिकॉन	0.7	प्रचुर
जस्ता	6.2	3.64

स्रोत: राष्ट्रीय खनिज परिदृश्य; खान मंत्रालय; और खनिज वस्तु सारांश 2022, अमेरिकी भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण।