सीमेंट: क्लिंकर, कैल्सिनेशन और उत्सर्जन के दो स्रोत

20 अक्टूबर 2026

अध्ययन/स्रोत-संदर्भ: सीमेंट डिकार्बोनाइजेशन पर विज्ञान रिपोर्ट: 8 अक्टूबर 2026
वास्तविक प्रकाशन तिथि: 20 अक्टूबर 2026
उद्योग और जलवायु: कम कार्बन निर्माण



मौलिक प्रतीकात्मक चित्र: pcsmantra.com

समाचार-संदर्भ:

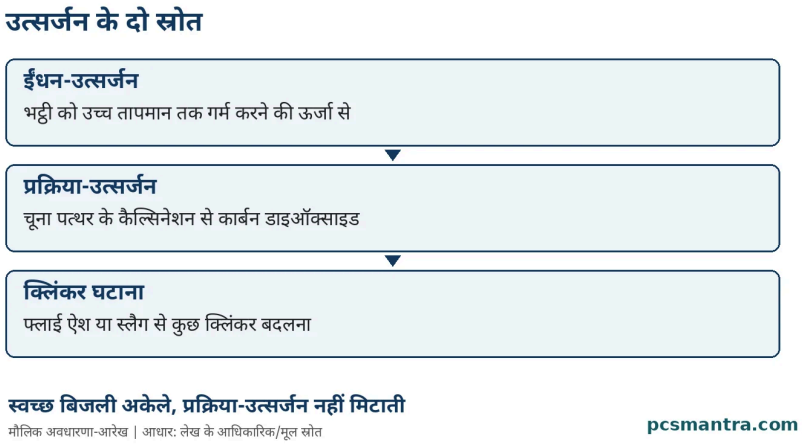
8 अक्टूबर 2026 को प्रकाशित विज्ञान रिपोर्ट ने भारत के सीमेंट उद्योग की कम कार्बन उत्पादन की चुनौती उठाई। इसका नीतिगत संदर्भ जनवरी 2026 में जारी नीति आयोग का क्षेत्रीय रोडमैप है। रोडमैप की प्रस्तावना स्पष्ट करती है कि वह सरकारी नीति-वक्तव्य नहीं, स्वतंत्र शोध दस्तावेज़ है।

सीमेंट को कठिन-न्यूनतम (hard-to-abate) क्षेत्र कहा जाता है, क्योंकि इसके उत्सर्जन का एक बड़ा हिस्सा केवल ईंधन बदलने से समाप्त नहीं होता।

उत्सर्जन के दो स्रोत:

क्लिंकर बनाने में चूना पत्थर और मिट्टी को लगभग 1,450 डिग्री सेल्सियस तक गर्म किया जाता है। रिपोर्ट के अनुसार इस तापन से सीमेंट-निर्माण के लगभग 35-40 प्रतिशत उत्सर्जन होता है। यह ईंधन और ऊर्जा से जुड़ा हिस्सा है।

शेष उत्सर्जन का मुख्य स्रोत कैल्सिनेशन है: इसमें चूना पत्थर का कैल्शियम कार्बोनेट टूटकर कैल्शियम ऑक्साइड और कार्बन डाइऑक्साइड बनाता है। कैल्शियम ऑक्साइड आगे अन्य कच्चे पदार्थों के साथ उच्च ताप पर अभिक्रिया करके क्लिंकर के खनिज बनाने में भाग लेता है। क्लिंकर-संबंधी हिस्सा कुल उत्सर्जन का लगभग 53-65 प्रतिशत बताया गया है। इसलिए भट्ठी को हरित बिजली से चलाना पूरी समस्या का समाधान नहीं है।



लेख के मूल स्रोतों पर आधारित मौलिक अवधारणा-आरेख।

सीमेंट के प्रकार और क्लिंकर:

सीमेंट के प्रकारों में खनिज अवयवों का मिश्रण अलग होता है। BIS के सीमेंट मानकों के संकलन के अनुसार, फ्लाई ऐश आधारित पोर्टलैंड पोज़ोलाना सीमेंट में फ्लाई ऐश का हिस्सा द्रव्यमान के आधार पर 15 से 35 प्रतिशत है। पोर्टलैंड स्लैग सीमेंट में दानेदार स्लैग का हिस्सा 25 से 70 प्रतिशत है। ये फ्लाई ऐश और स्लैग की सीमाएँ हैं; इन्हें क्लिंकर का प्रतिशत न समझें। उत्पाद को संबंधित भारतीय मानक की अन्य शर्तें भी पूरी करनी होती हैं।

नीति आयोग के अनुसार भारत का क्लिंकर-सीमेंट अनुपात लगभग 67.5 प्रतिशत है, जो वैश्विक औसत 77 प्रतिशत से कम है। अंतरराष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी का अनुमान है कि एक टन क्लिंकर बदलने से लगभग 0.83 टन कार्बन डाइऑक्साइड उत्सर्जन टल सकता है।

सीमेंट और कंक्रीट अलग हैं। सीमेंट बाँधने वाला पदार्थ है; कंक्रीट में उसके साथ पानी, रेत और अन्य समुच्चय मिलते हैं।

रोडमैप के रास्ते:

रिपोर्ट में उद्धृत रोडमैप की सिफारिश है कि 2030 तक नगरपालिका ठोस अपशिष्ट से बने RDF से 20 प्रतिशत तापीय प्रतिस्थापन हासिल किया जाए, जिससे संचयी रूप से लगभग 80 मिलियन टन कार्बन डाइऑक्साइड-समकक्ष कटौती संभव बताई गई है। इसके लिए स्रोत पर अपशिष्ट की छँटाई जरूरी है। यह सिफारिश है, बाध्यकारी नियम या प्राप्त लक्ष्य नहीं।

GCCA India और TERI के सीमेंट क्षेत्र के नेट-ज़ीरो रोडमैप में कुल उत्सर्जन-तीव्रता 2020 के 0.68 टन CO_2 प्रति टन सीमेंट से घटाकर 2030 में 0.56 तथा 2047 में 0.51 टन करने का परिदृश्य दिया गया है। इस माप में Scope-1 और Scope-2 उत्सर्जन शामिल हैं, जबकि कैप्टिव पावर प्लांट के उत्सर्जन को बाहर रखा गया है। यह रोडमैप का अनुमानित मार्ग है, हासिल हो चुकी स्थिति या अपने-आप बाध्यकारी सरकारी लक्ष्य नहीं। उत्पादन तेजी से बढ़े तो प्रति टन उत्सर्जन घटने पर भी कुल उत्सर्जन बढ़ सकता है।

शेष उत्सर्जन और सावधानी:

विशेषज्ञ राय के अनुसार व्यवहार में औसत क्लिंकर-प्रतिस्थापन की सीमा लगभग 40 प्रतिशत मानी जाती है, क्योंकि संरचना की मजबूती और प्रारंभिक सामर्थ्य बनाए रखनी होती है। इसलिए कुछ शेष उत्सर्जन के लिए कार्बन कैप्चर, उपयोग और भंडारण जैसे विकल्पों का आकलन किया जाता है।

कार्बन डाइऑक्साइड का जलवायु प्रभाव और धूल, नाइट्रोजन ऑक्साइड या सल्फर डाइऑक्साइड का स्थानीय वायु-प्रदूषण अलग मुद्दे हैं। कम कार्बन सीमेंट का दावा हर पर्यावरणीय समस्या समाप्त होने का प्रमाण नहीं है।

सीमेंट से जुड़ा एक और विश्लेषण समझने के लिए पढ़ें: कम कार्बन वाला सीमेंट: ऊर्जा सुधार से आगे प्रक्रिया-बदलाव।

प्रारंभिक परीक्षा: अभ्यास प्रश्न

प्रश्न 1. सीमेंट उत्पादन में कैल्सिनेशन से क्या होता है?

(a) भट्ठी में कोयले का दहन बंद हो जाता है

(b) कंक्रीट में पानी मिलने से ठोस बनता है

(c) चूना पत्थर के तापीय विघटन से कैल्शियम ऑक्साइड और कार्बन डाइऑक्साइड बनती हैं

(d) फ्लाई ऐश पूरी तरह सीमेंट में घुल जाता है

उत्तर: (c)। कैल्सिनेशन में $CaCO_3$ से CaO और CO_2 बनते हैं। क्लिंकर-निर्माण में इसके बाद की उच्च ताप वाली प्रतिक्रियाएँ भी शामिल हैं। इसलिए प्रक्रिया-उत्सर्जन केवल ईंधन बदलने से समाप्त नहीं होता।

प्रश्न 2. BIS के सीमेंट मानकों के संकलन के अनुसार निम्नलिखित में से कौन-सा युग्म सही है?

(a) पोर्टलैंड स्लैग सीमेंट: दानेदार स्लैग 25-70 प्रतिशत

(b) फ्लाई ऐश आधारित पोर्टलैंड पोज़ोलाना सीमेंट: फ्लाई ऐश 95 प्रतिशत से अधिक

(c) पोर्टलैंड स्लैग सीमेंट: सभी परिस्थितियों में क्लिंकर शून्य

(d) सभी प्रकार के सीमेंट: खनिज अवयवों का अनुपात समान

उत्तर: (a)। BIS संकलन में पोर्टलैंड स्लैग सीमेंट के लिए दानेदार स्लैग 25-70 प्रतिशत और फ्लाई ऐश आधारित पोर्टलैंड पोज़ोलाना सीमेंट के लिए फ्लाई ऐश 15-35 प्रतिशत द्रव्यमान-अंश बताया गया है। ये क्लिंकर-अंश नहीं हैं।

प्रश्न 3. नीति आयोग के रोडमैप की RDF सिफारिश के संबंध में कौन-सा कथन सही है?

(a) यह 2030 तक 20 प्रतिशत तापीय प्रतिस्थापन की सिफारिश है, बाध्यकारी नियम नहीं

(b) यह लक्ष्य पहले से प्राप्त हो चुका है

(c) इससे क्लिंकर की आवश्यकता पूरी तरह समाप्त हो जाती है

(d) इसके लिए अपशिष्ट छँटाई की कोई आवश्यकता नहीं

उत्तर: (a)। रोडमैप स्वतंत्र शोध दस्तावेज़ है; सिफारिश को अधिसूचित नियम या उपलब्धि नहीं मान सकते।

स्रोत:

विज्ञान रिपोर्ट: भारत का सीमेंट उद्योग और नेट-ज़ीरो, 8 अक्टूबर 2026

https://www.thehindu.com/sci-tech/energy-and-environment/india-formidable-cement-footprint-stands-way-to-net-zero/article71550380.ece

नीति आयोग: सीमेंट क्षेत्र डिकार्बोनाइजेशन रोडमैप, जनवरी 2026

https://niti.gov.in/sites/default/files/2026-01/Roadmap_for_Cement_Sector_Decarbonaisation.pdf

भारतीय मानक ब्यूरो (BIS): सीमेंट मानकों का संकलन, 2025

https://www.services.bis.gov.in/tmp/compendium_2025-06-02-03-45-10.pdf

GCCA India और TERI: भारतीय सीमेंट क्षेत्र डिकार्बोनाइजेशन रोडमैप

https://www.teriin.org/files/Decarbonisation-Roadmap-for-the-Indian-Cement-Sector.pdf

PCSMANTRA.COM