शोधामृत
(कला, मानविकी और सामाजिक विज्ञान की अंतर्राष्ट्रीय सहकर्मी समीक्षित, मूल्यांकित, त्रैमासिक शोध पत्रिका)

ISSN : 3048-9296 (Online)
3049-2890 (Print)
IIFS Impact Factor-5.375
Vol.-3; issue-3 (July-Sept.) 2026
Page No- 176-181
©2026 Shodhaamrit
DOI : 10.71037/Shodhaamrit.v3i3.24
https://shodhaamrit.gyanvividha.com

Author's :

1. निलेश कुमार वर्मा
शोध छात्र, श्यामा प्रसाद मुखर्जी राजकीय डिग्री कालेज, इलाहाबाद विश्वविद्यालय, फाफामऊ, प्रयागराज.

2. डॉ. दिलीप कुमार मौर्या
असिस्टेंट प्रोफेसर, श्यामा प्रसाद मुखर्जी राजकीय डिग्री कालेज, इलाहाबाद विश्वविद्यालय, फाफामऊ, प्रयागराज.

Corresponding Author :

निलेश कुमार वर्मा
शोध छात्र, श्यामा प्रसाद मुखर्जी राजकीय डिग्री कालेज, इलाहाबाद विश्वविद्यालय, फाफामऊ, प्रयागराज.

ग्लेशियर से जुड़े खतरे और आपदा का जोखिम : लद्दाख और सिक्किम में सीमावर्ती बुनियादी ढांचे के लिए भू-पारिस्थितिकीय खतरे

सारांश : भारतीय हिमालयी क्षेत्र में तेज़ी से बदलते मौसम की वजह से बर्फ़ और ग्लेशियर के पिघलने और अभूतपूर्व भू-राजनीतिक सैन्यीकरण के कारण गंभीर भू-पारिस्थितिकीय बदलाव हो रहे हैं। यह अध्ययन लद्दाख केंद्र शासित प्रदेश और सिक्किम राज्य पर विशेष भौगोलिक ध्यान केंद्रित करते हुए, ग्लेशियर और पेरी-ग्लेशियर से जुड़े बढ़ते खतरों की विस्तृत जांच करता है, जो सीमावर्ती महत्वपूर्ण बुनियादी ढांचे के लिए खतरा पैदा कर रहे हैं। यह क्षेत्र नीचे की ओर रहने वाले लगभग दो अरब लोगों के लिए जलवायु को नियंत्रित करने वाले 'थर्मोस्टेट' और जल-चक्र को चलाने वाले 'इंजन' के रूप में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है, फिर भी यहाँ तेज़ी से तापमान बढ़ रहा है; 2100 तक तापमान में 3.5° C से 5.5° C की वृद्धि का अनुमान है, जिससे बड़े पैमाने पर ग्लेशियर पीछे हट रहे हैं और पर्माफ्रॉस्ट (स्थायी रूप से जमी हुई मिट्टी) पिघल रही है। साथ ही, वास्तविक नियंत्रण रेखा (LAC) पर सुरक्षा की ज़रूरतों के कारण नागरिक और सैन्य बुनियादी ढांचे का भारी विस्तार हुआ है, जिसमें से ज़्यादातर काम बॉर्डर रोड्स ऑर्गनाइज़ेशन द्वारा किया गया है। हाल की विनाशकारी घटनाओं, विशेष रूप से सिक्किम में अक्टूबर 2023 की साउथ ल्होनक ग्लेशियल लेक आउटबर्स्ट फ्लड (GLOF) और लद्दाख में पर्माफ्रॉस्ट के धंसने की घटनाओं के विस्तृत विश्लेषण के माध्यम से, यह शोध पत्र जलवायु परिवर्तन, बुनियादी ढांचे के जोखिम और भू-आकृतिक प्रतिक्रिया चक्रों को जोड़ने वाला एक वैचारिक ढांचा तैयार करता है। सीमावर्ती बुनियादी ढांचा एक तरह से जोखिम के प्रति संवेदनशील संपत्ति और खतरों को बढ़ाने वाला कारक है। अध्ययन से पता चलता है कि दीर्घकालिक राष्ट्रीय सुरक्षा के लिए, कठोर बुनियादी ढांचे के विस्तार के बजाय जलवायु-अनुकूल इंजीनियरिंग की ओर बढ़ने की ज़रूरत है। इसके लिए उन्नत जियोस्पेशियल अर्ली वार्निंग सिस्टम, मशीन लर्निंग प्रेडिक्टिव मॉडल और प्रकृति-आधारित समाधानों का उपयोग करके

कई तरह के खतरों से होने वाली आपदाओं के असर को कम किया जा सकता है।

मुख्य शब्द : जलवायु परिवर्तन, ग्लोबल वार्मिंग, पारिस्थितिकी तंत्र, हिमस्खलन, तुषार-भूमि, हिममंडल, परमाफ़्रोस्ट।

1. भूमिका : हिमालय एक अहम भू-राजनीतिक सीमा और वैश्विक जलवायु परिवर्तन के प्रहरी के रूप में विद्यमान है। भारतीय हिमालय क्षेत्र 2,500 किलोमीटर में फैला है और इसमें 13 राज्य और केंद्र शासित प्रदेश शामिल हैं, जो देश के कुल भौगोलिक क्षेत्र का 16 प्रतिशत से ज़्यादा हिस्से का प्रतिनिधित्व करता है। पर्वतों की यह विशाल श्रृंखला एक जलवायु नियंत्रक प्रणाली की तरह काम करती है; यह मध्य एशिया की ठंडी अधोगामी हवाओं से उत्तरी भारत को ठंडे रेगिस्तान में बदलने से रोकती है और नमी वाली दक्षिण-पश्चिम मानसून हवाओं को बनाए रखती है। इसके अलावा, हिमालय का हिममंडल एशिया का प्राकृतिक जल के भंडार का प्रमुख स्रोत है, जो मॉनसून से पहले के महीनों में हिमनदों के पिघला हुआ जल प्रदान करता है, जिससे 240 मिलियन से ज़्यादा पहाड़ी निवासियों और 1.65 से 1.9 बिलियन अधोनिवासियों को जल की आपूर्ति होती है। लेकिन यह आवश्यक पारिस्थितिकी तंत्र गंभीर खतरे में है।

ग्लोबल वार्मिंग के कारण हिममंडल में स्थायी बदलाव हो रहा है, जिससे बारिश के क्रम में परिवर्तन हो रहा है और " बाढ़ -सूखे" का विरोधाभास पैदा हो रहा है, जहाँ अचानक और बहुत ज़्यादा बाढ़ के बाद लंबे समय तक पानी की कमी हो जाती है। 2023 के एक आकलन में चेतावनी दी गई है कि हिंदू कुश हिमालय में ग्लेशियर बहुत तेज़ी से पिघल रहे हैं और सदी के अंत तक उनका 75% तक हिस्सा खत्म हो सकता है। 2018 की नीति आयोग की शोध में अधोगामी असर पर ज़ोर दिया गया था, जिसमें बताया गया कि भारतीय हिमालयी क्षेत्र के 50% से ज़्यादा झरने सूख रहे हैं या पहले ही सूख चुके हैं। साथ ही, यह एक बहुत अस्थिर भू-राजनीतिक हॉटस्पॉट भी है।

लाइन ऑफ़ एक्चुअल कंट्रोल (LAC) पर चीन के साथ बढ़ते तनाव और सैन्य टकराव के कारण, भारत सरकार को तेज़ी से अपना सैन्य और नागरिक अवसंरचना का निर्माण करना पड़ रहा है। पिछले पाँच सालों में, भारत ने चीन के साथ अपनी सीमा पर 2,088 किलोमीटर लंबे हाईवे का निर्माण किया है। वाइब्रेंट विलेजेज़ प्रोग्राम और दूसरी योजनाओं के तहत 663 सीमावर्ती गाँवों के विकास के लिए ₹4,800 करोड़ का बजट रखा गया है, ताकि चीन द्वारा बनाए गए 628 "ज़ियाओकांग" (Xiaokang) रक्षात्मक गाँवों का मुकाबला किया जा सके और अहम सीमावर्ती इलाकों से लोगों के पलायन को रोका जा सके। लेकिन विश्व के सबसे ज़्यादा भूवैज्ञानिक रूप से सक्रिय और जलवायु के लिहाज़ से नाज़ुक इलाकों में से एक में बहुत सघन, कठोर कंक्रीट के नागरिक अवसंरचना का निर्माण करना बहुत जोखिम भरा कार्य है। यह धारणा कि हिमस्खलन, भूस्खलन और बाढ़ जैसी प्राकृतिक आपदाएँ पूरी तरह से प्राकृतिक होती हैं, अब पुरानी हो चुकी है। इन्हें तेज़ी से ज़मीन के गैर-ज़िम्मेदाराना इस्तेमाल और ज़रूरत से ज़्यादा अवसंरचनात्मक कार्यों के कारण पैदा हुए इंसानी खतरों के तौर पर देखा जा रहा है।

2. सीमा पर बुनियादी ढांचा: खतरों और आपदाओं के प्रति संवेदनशीलता : लद्दाख और सिक्किम में रक्षा व्यवस्था और बुनियादी ढांचे के विकास का काम सीमा सड़क संगठन की देखरेख में किया जाता है। सीमा सड़क संगठन ने मुश्किल इलाकों में बड़े-बड़े काम किए हैं। इसका उद्देश्य राष्ट्रीय सीमाओं की सुरक्षा करना और अपने काम करने के तरीके में मानवीय सहायता और आपदा राहत को शामिल करना है। इस संगठन ने 64,100 किलोमीटर हाईवे, 1,179 पुल और रणनीतिक रूप से अहम सुरंगें बनाई हैं, जिनमें अरुणाचल प्रदेश में सेला सुरंग, लद्दाख में ज़ोजिला दर्रा और हिमाचल प्रदेश में अटल सुरंग शामिल हैं। रक्षा मंत्रालय ने वित्त वर्ष 2020-21 से 2024-25 के बीच सीमा सड़क संगठन ने जनरल स्टाफ़ की सड़कों के लिए ₹23,625 करोड़ दिए हैं। लेकिन इस अवसंरचनात्मक निर्माण की जटिलता और कठोरता इसे बहुत बड़े खतरे की वजह बनाती है।

सड़कों, सुरंगों और पनबिजली प्रोजेक्ट्स जैसे बड़े इंफ्रास्ट्रक्चर प्रोजेक्ट्स में अक्सर बड़े पैमाने पर ढलान काटना, विस्फोटक से ज़ोरदार ब्लास्टिंग और पेड़ों की कटाई शामिल होती है। इस तरह की आक्रामक इंजीनियरिंग स्थानीय जल-विज्ञान (हाइड्रोलॉजी) पर असर डालती है और पहाड़ों की स्थिरता को कमज़ोर करती है, जिससे अवसंरचनात्मक निर्माण खतरों की चपेट में आ जाता है और साथ ही इलाके की भू-आकृतिक कमज़ोरी भी बढ़ जाती है।

a. सिक्किम की साउथ ल्होनक आपदा: अक्टूबर 2023 की साउथ ल्होनक GLOF (ग्लेशियर झील के फटने से आई बाढ़) अवसंरचना की कमज़ोरी का एक बड़ा उदाहरण है। 4 अक्टूबर को रात 12:40 बजे तीस्ता नदी तेज़ी से पानी बहने के कारण बड़े पैमाने पर तबाही मचाने वाली आपदा में बदल गई। सिक्किम के सबसे बड़े ऊर्जा प्रोजेक्ट, चुंगथांग में 1200 MW के तीस्ता III पनबिजली प्रोजेक्ट का 60 मीटर ऊँचा बांध पूरी तरह बह गया। चुंगथांग बांध के टूटने से जल का बहाव (सेकेंडरी सर्ज) आया, जिससे नीचे की तरफ जल का स्तर 15 से 20 फ़ीट तक बढ़ गया। सेना और आम लोगों की लॉजिस्टिक्स श्रृंखला ठप हो गई।

सीमा सड़क संगठन के सिक्किम डिवीज़न 'प्रोजेक्ट स्वास्तिक' ने सिक्किम में 80 अहम पुल बनाए हैं ताकि साल भर कनेक्टिविटी बनी रहे। हिमनदी झील विस्फोट बाढ़ (GLOF) ने डिकचू और टूंग में भी अहम पुल बहा दिए, जिससे सिंगतम तक पहुँच कट गई और चुंगथांग और लाचेन घाटी अलग-थलग पड़ गए। सेना की ईस्टर्न कमांड ने बताया कि सिंगतम के पास बारडांग में खड़ी सेना की गाड़ियाँ गाद और कीचड़ में डूब गईं, और शुरु में 23 सैनिकों के लापता होने की खबर मिली। इस पूरी आपदा में 55 आम नागरिकों और सेना के जवानों की जान चली गई, 100 गांवों के लगभग 80,000 लोगों को अपना घर-बार छोड़कर भागना पड़ा और नेशनल हाईवे 10 (NH-10) बर्बाद हो गया। दिसंबर 2023 में, नेशनल डिजास्टर मैनेजमेंट अथॉरिटी (NDMA) के साथ मिलकर 'आपदा के बाद ज़रूरतों का आकलन' (PDNA) किया गया, जिसका मकसद घरों, स्वास्थ्य और खेती के क्षेत्रों में हुए भारी आर्थिक नुकसान का हिसाब लगाना था। खेती की ज़मीन और बनी-बनाई जगहों के नुकसान को इस बात ने और बढ़ा दिया कि कई निर्माण सीधे पुराने बाढ़ वाले इलाकों (फ्लडप्लेन) में किए गए थे, जो जगह के नियोजन में गंभीर कमियों की ओर इशारा करता है।

b. लद्दाख में स्थायी तुषार-भूमि और भू-राजनीतिक संचार रेखा: लद्दाख में, पर्यावरणीय खतरे सीधे तौर पर वास्तविक नियंत्रण रेखा (LAC) के साथ मौजूद सैन्य आपूर्ति मार्ग से जुड़े हैं, जिन्हें ज़्यादातर सीमा सड़क संगठन (BRO) का 'प्रोजेक्ट विजयक' संभालता है। इस इलाके में सबसे आवश्यक भू-स्ट्रेटेजिक अवसंरचना 'दरबुक-श्योक-दौलत बेग ओल्डी' (DSDBO) रोड है, जो भारत की सबसे उत्तरी चौकियों तक हर मौसम में पहुँचने का रास्ता देती है। खतरनाक इलाकों से बचने के लिए सीमा सड़क संगठन ने इस मार्ग पर 920 मीटर लंबी श्योक टनल बनाई है। हालाँकि, 'दरबुक-श्योक-दौलत बेग ओल्डी' मार्ग बुरी तरह से खराब हो चुके स्थायी तुषार-भूमि क्षेत्र और रॉक ग्लेशियर की सीमाओं से होकर गुज़रता है। इन मार्गों के नीचे मौजूद बर्फ की परतों के पिघलने से ज़मीन धंसने की समस्या बड़े पैमाने पर होती है। इंटरफेरोमेट्रिक सिंथेटिक एपर्चर रडार (InSAR) डेटा से पता चलता है कि ज़मीन धंसने की दर 16 cm तक हो सकती है, जिससे टनल के मुहाने में दरारें आ जाती हैं, डामर वाली सड़क की सतह उखड़ जाती है और रिटेनिंग वॉल अस्थिर हो जाती हैं।

हिमस्खलन के खतरों के गंभीर पर्यावरणीय प्रभाव हो सकते हैं; 2012 में सोनमर्ग में आए हिमस्खलन ने लद्दाख के ज़मीनी संपर्क को लगभग 45 दिनों तक रोक दिया था, जिससे सेना को हेलीकॉप्टर मिशन और आपातकालीन एयरलिफ्ट आपूर्ति पर बहुत ज़्यादा खर्च करना पड़ा था। लगातार आने वाली प्राकृतिक रुकावटों के मामले में, सीमा सड़क संगठन हिमस्खलन से निपटने वाली टीमें, मॉड्यूलर क्लास-70 बेली ब्रिज और लैंडस्लाइड साफ करके रास्ता बहाल करने वाली 'रोड ओपनिंग पार्टी' जैसे उपाय करता है। सिर्फ़ 26 दिनों में 200 फुट का बेली ब्रिज तेज़ी से बनाना (जैसे उत्तराखंड में "ब्रिज ऑफ़ कम्पैशन") बेहतरीन ऑपरेशनल क्षमता को

दिखाता है। हालाँकि, हमेशा आपदा के बाद मरम्मत और बहाली पर निर्भर रहने का तरीका आर्थिक रूप से बहुत खर्चीला और रणनीतिक रूप से जोखिम भरा है।

3. प्रमुख चुनौतियाँ : नीतियों में विरोधाभास, तकनीकियों की कमियां और संरचनात्मक अभियांत्रिकी की अपनी भौतिक सीमाएं मिलकर भारतीय हिमालयी क्षेत्र में सीमाई अवसंरचना से जुड़े बड़े आपदा जोखिम से निपटने की कोशिशों में भारी रुकावटें पैदा करती हैं।

a. नीतिगत विरोधाभास: वन संरक्षण (संशोधन) अधिनियम 2023: भू-पर्यावरणीय स्थिरता के लिए सबसे बड़ा आधुनिक खतरा पर्यावरण नियंत्रण की कीमत पर सीमा पर सैन्यीकरण को तेज़ी से बढ़ाने की कानूनी इच्छा है। वन संरक्षण (संशोधन) अधिनियम 2023 में एक बहुत ही विवादास्पद प्रावधान है जो भारत की अंतरराष्ट्रीय सीमाओं या वास्तविक नियंत्रण रेखा के 100 किलोमीटर के दायरे में "रणनीतिक रैखिक इंफ्रास्ट्रक्चर प्रोजेक्ट्स" — जैसे हाईवे, रेल लाइन और सैन्य कॉरिडोर — को औपचारिक पर्यावरणीय मंज़ूरी की ज़रूरत से छूट देता है। इस संशोधन का मकसद देरी को कम करना और संभावित दो-तरफ़ा संघर्ष के बीच राष्ट्रीय सुरक्षा ढांचे को मज़बूत करना है। लेकिन पर्यावरण प्रभाव आकलन को नज़रअंदाज़ करने के लंबे समय में विनाशकारी परिणाम हो सकते हैं। बेसिन अधिकारियों के पास ढलान की स्थिरता, तलछट के भार और पारिस्थितिक वहन क्षमता के आधार पर अवसंरचना के घनत्व को सीमित करने के लिए नियामक तंत्र नहीं रह जाते हैं। बिना पर्यावरण प्रभाव आकलन के रक्षात्मक परियोजना ढलान काटने और बिना विनियम के ब्लास्टिंग करने की पूरी छूट के साथ आगे बढ़ सकते हैं, और "हज़ार कट से मौत" की घटना को नज़रअंदाज़ कर सकते हैं जो पूरी घाटियों को अस्थिर कर देती है। यह अविनियमित वन अधिकार अधिनियम को भी दरकिनार करता है और ग्राम सभा (ग्राम परिषद) की मंज़ूरी देने की शक्ति और ढलान के व्यवहार व ऐतिहासिक जल प्रवाह के बारे में स्थानीय ज्ञान को कमज़ोर करता है।

b. पूर्व चेतावनी प्रणाली और डेटा में असमानता: राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन प्राधिकरण के ग्लेशियल लेक पूर्व चेतावनी प्रणाली जैसी संस्थागत प्रक्रियाएं और 'आपदा मित्र योजना' के तहत समुदाय-आधारित आपदा प्रतिक्रियाकर्ताओं की तैनाती जैसी व्यवस्थाएं लागू की गई हैं, लेकिन अभी भी काफी कमियां हैं। रिपोर्टों के अनुसार, सरकार साउथ ल्होनक त्रासदी के समय पूर्व चेतावनी प्रणाली के अत्याधुनिक उपकरण लगाने पर काम कर रही थी, लेकिन इस प्रणाली से तीस्ता III बांध और नीचे की ओर मौजूद सैन्य बैरकों से लोगों को तेज़ी से नहीं निकाला जा सका। कई आपदाओं का सिलसिला इतना प्रभावशाली था कि इसने स्थानीय संचार व्यवस्था को नष्ट कर दिया । प्रेडिक्शन मॉडलिंग अभी भी काफी असमान है। हालांकि, सिक्किम में भूस्खलन की संभावना का पता लगाने के लिए कन्वेन्शनल न्यूरल नेटवर्क (CNNs) और फ़्रीक्वेंसी रेशियो (FR) मॉडल जैसे मशीनी तरीकों का इस्तेमाल किया जा रहा है, लेकिन इनके लिए बहुत ज़्यादा पुराने डेटा की ज़रूरत होती है जो हमेशा उपलब्ध नहीं होता। लद्दाख जैसे इलाकों में, जहाँ परमाफ़्रोस्ट (जमी हुई मिट्टी) ज़्यादा है, लगातार हाई-रिज़ॉल्यूशन सैटेलाइट मॉनिटरिंग न होने के कारण योजना बनाने वालों को वहाँ की ज़मीन के नीचे की ऊष्मागतिकी स्थितियों के बारे में ज़्यादा जानकारी नहीं मिल पाती। अलकनंदा घाटी जैसे इलाकों में जमी हुई मिट्टी का पता लगाने के लिए औसत सालाना हवा के तापमान और संभावित आने वाले सौर विकिरण का इस्तेमाल करने वाले प्रेडिक्टिव लॉजिस्टिक रिग्रेशन मॉडल काफी सटीक (92.4% तक) रहे हैं, लेकिन इन मॉडलों को सीमा सड़क संगठन के सभी निर्माण कार्यों के लिए व्यवस्थित रूप से लागू नहीं किया गया है।

c. हिममंडल के ढहने के दौर में अभियांत्रिकी की सीमाएँ: आखिरकार, मानव-प्रभावित युग पारंपरिक अभियांत्रिकी को काफी सीमित करता है। नदी के किनारों पर भारी कंक्रीट का काम, जो पहले बाढ़ से बचाव का सबसे अच्छा तरीका माना जाता था, अब गलत साबित हुआ है। कंक्रीट की सख्त दीवारें ग्लेशियर झील के फटने से आने वाली बाढ़ के दौरान पानी के दबाव को सोखती नहीं हैं, बल्कि उसे और बढ़ा देती हैं। 2023 में जोशीमठ में ज़मीन धंसने की घटना इसका एक बेहतरीन उदाहरण है कि कैसे बड़े पैमाने पर विकसित की गई अवसंरचना ने

उसी ज़मीन को धंसा दिया जिस पर वे बने थे। चार धाम प्रोजेक्ट के लिए ज़ोर-शोर से की गई खुदाई और सड़क निर्माण इस आपदा का एक मुख्य कारण रहा है। जैसे-जैसे हिममंडल पिघल रहा है और बारिश का तरीका भरोसेमंद बर्फबारी से बदलकर अनिश्चित और तेज़ बारिश में बदल रहा है, 20वीं सदी के जलवायु के आधार पर बनाए गए ढांचे का असफल होना लगभग तय है।

4. उपसंहार : भारतीय हिमालयी क्षेत्र में बढ़ते सैन्यीकरण के पीछे की भू-रणनीतिक ज़रूरतों की तुलना जलवायु परिवर्तन से की जा रही है। बाहरी भू-राजनीतिक हमलों के ख़िलाफ़ अहम सुरक्षा कवच माने जाने वाले लद्दाख और सिक्किम, बर्फ़ और ग्लेशियर के तेज़ी से पिघलने और ढहने की गंभीर समस्या का सामना कर रहे हैं। अक्टूबर 2023 में दक्षिण ल्होनक में आई विनाशकारी आपदा (ग्लेशियर झील के फटने से आई बाढ़) ने सिक्किम की मुख्य पनबिजली संपत्तियों को नष्ट कर दिया और सैन्य लॉजिस्टिक्स को बुरी तरह प्रभावित किया। साथ ही, लद्दाख में पर्माफ्रॉस्ट (जमी हुई मिट्टी) के धंसने से बुनियादी ढांचा टूट रहा है। ये घटनाएँ साफ़ दिखाती हैं कि यहाँ का प्राकृतिक क्षेत्र ही राष्ट्रीय सुरक्षा के लिए एक खतरनाक कारक बन गया है।

इन सीमाओं की टिकाऊ ढंग से सुरक्षा करने और सतत विकास लक्ष्यों, खासकर जलवायु परिवर्तन और इसके प्रभावों से निपटने के लिए तत्काल कार्रवाई (SDG 13) और गरीबी उन्मूलन (SDG 1) को पूरा करने के लिए बुनियादी ढांचे के निर्माण के विचार में बड़ा बदलाव आवश्यक है। पहला कदम नीतिगत माहौल में बदलाव करना है। वन संरक्षण (संशोधन) अधिनियम 2023 के तहत ज़रूरी सीमावर्ती बुनियादी ढांचे के निर्माण को कड़े 'पर्यावरण प्रभाव आकलन' से जो छूट दी गई है, उसमें बदलाव करके तेज़ी से और वैज्ञानिक रूप से महत्वपूर्ण क्षेत्रों के अध्ययन को शामिल किया जाना चाहिए। जिस ज़मीन पर सेना काम करती है, उसे जानबूझकर अस्थिर करके राष्ट्रीय सुरक्षा सुनिश्चित नहीं की जा सकती। दूसरा, स्थानिक योजना और सिविल इंजीनियरिंग को भारी कंक्रीट के इस्तेमाल से हटकर प्रकृति-आधारित समाधानों की ओर बढ़ना चाहिए। सड़कों, पुलों और सुरंगों को बायो-इंजीनियरिंग के ज़रिए ऐसा बनाना होगा कि वे स्थायी तुषार-भूमि के उठने और ज़्यादा जलस्थैतिक दबाव को झेल सकें और जलवायु परिवर्तन के असर से सुरक्षित रह सकें। आखिर में, पूर्वानुमान तकनीक में और निवेश करना बहुत ज़रूरी है। स्थानीय स्तर पर मशीन लर्निंग आधारित जोखिम मॉडल को बढ़ाना, स्थायी तुषार-भूमि की स्मॉल बैसलाइन सबसेट इंटरफेरोमेट्रिक सिंथेटिक एपर्चर रडार (SBAS-InSAR) के माध्यम से निगरानी का विस्तार करना और सैटेलाइट से जुड़े ग्लेशियर लेक अर्ली वार्निंग सिस्टम (GLEWS) को पूरी तरह से ऑटोमेट करना, आपदा के बाद राहत कार्य करने के बजाय आपदा से पहले ही बचाव की तैयारी करने के लिए ज़रूरी समय देगा। हिमालयी पर्यावरण को एक बहुत ही नाजुक और आपस में जुड़े हुए तंत्र के तौर पर देखकर ही भारत ऐसा सीमावर्ती बुनियादी ढाचें का निर्माण कर सकता है जो भू-राजनीतिक दुश्मनों और जलवायु परिवर्तन से होने वाली भारी तबाही, दोनों का सामना कर सके।

संदर्भ ग्रन्थ सूची :

1. भारत सरकार, गृह मंत्रालय. (2005). आपदा प्रबंधन अधिनियम, 2005. नई दिल्ली: भारत सरकार।
2. राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन प्राधिकरण (NDMA). (2009). आपदा प्रबंधन पर राष्ट्रीय नीति, 2009. नई दिल्ली: भारत सरकार।
3. जल संसाधन, नदी विकास और गंगा संरक्षण मंत्रालय. (2023). हिमनद प्रबंधन पर संसदीय स्थायी समिति की रिपोर्ट. नई दिल्ली: लोकसभा सचिवालय, भारत सरकार।
4. राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन प्राधिकरण (NDMA). (2020). हिमनद झील विस्फोट बाढ़ (GLOF) जोखिम न्यूनीकरण दिशानिर्देश. नई दिल्ली: भारत सरकार।
5. पत्र सूचना कार्यालय (PIB). (2026). प्राकृतिक आपदाओं के लिए वित्तीय सहायता एवं राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन नीति. नई दिल्ली: सूचना एवं प्रसारण मंत्रालय, भारत सरकार।

6. राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन प्राधिकरण (NDMA). (2023). सिक्किम हिमनद झील विस्फोट 2023 में प्रतिक्रिया एवं राहत कार्य. नई दिल्ली: गृह मंत्रालय।
7. इसिमोड (ICIMOD). (2026). हिंदुकुश हिमालय में जलवायु परिवर्तन और हिमनद जोखिम (अनुदित संस्करण). काठमांडू: अंतरराष्ट्रीय एकीकृत पर्वतीय विकास केंद्र।
8. दास, एम., एवं अन्य. (2023). सिक्किम हिमालय में दक्षिण ल्होनक झील के हिमनद आउटबर्स्ट बाढ़ (GLOF) का स्थानीय आजीविका और सतत विकास पर प्रभाव (अनुदित शोध). बर्लिन: स्प्रिंगर (Springer)।
9. भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण (GSI). (2023). हिमालयी हिमनदों के पिघलने का अध्ययन और निगरानी रिपोर्ट. नई दिल्ली: खान मंत्रालय, भारत सरकार।
10. राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन प्राधिकरण (NDMA). (2026). सूखा न्यूनीकरण परियोजना पर राष्ट्रीय दिशानिर्देश. नई दिल्ली: भारत सरकार।
11. सिक्किम राज्य आपदा प्रबंधन प्राधिकरण (SSDMA). (2023). सिक्किम फ्लैश फ्लड आपदा 2023: प्रारंभिक रिपोर्ट और आकलन. गंगटोक: सिक्किम सरकार।
12. गृह मंत्रालय, भारत सरकार. (2025). तकनीकी हिमनद झील विस्फोट बाढ़ (जीएलओएफ) एडवाइज़री. नई दिल्ली: राज्यसभा सचिवालय।
13. राष्ट्रीय आपदा मोचन बल (NDRF). (2023). सिक्किम हिमनद झील विस्फोट 2023 में खोज और बचाव अभियान रिपोर्ट. नई दिल्ली: गृह मंत्रालय।
14. श्मिट, एस., एवं अन्य. (2016). लद्दाख के ग्या गांव में हिमनद झील विस्फोट (GLOF) का भूवैज्ञानिक अध्ययन (अनुदित शोध). बर्लिन: स्प्रिंगर (Springer)।
15. पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय. (2026). हिमालय के हिमनद के खतरों पर नियमित वैज्ञानिक निगरानी रिपोर्ट (NGT को प्रस्तुत). नई दिल्ली: भारत सरकार।

•