

## हमिनद झील के फटने से उत्पन्न बाढ़ से बचाव

यह एडिटरियल 16/10/2023 को 'इंडियन एक्सप्रेस' में प्रकाशित "The message from Sikkim: Heed the water's warning" लेख पर आधारित है। इसमें सikkिम में हाल ही में हमिनद झील के फटने से उत्पन्न बाढ़ (GLOF) के बारे में चर्चा की गई है जिससे बड़े पैमाने पर जान-माल की हानि हुई। इसमें ऐसी घटनाओं के कारणों और परिणामों तथा उन्हें रोकने या शमन करने के संभावित समाधानों पर भी विचार किया गया है।

### प्रलम्ब के लिये:

[हमिनद झीलें](#), [हमिनद झील के फटने से बाढ़](#) (GLOF), हमिनद झील का निर्माण, [भूकंप](#), [भारतीय भू-वैज्ञानिक सर्वेक्षण](#), [राष्ट्रीय रमिट सेंसिगि सेंटर \(NRSC\)](#), [सथिटिक-एपरचर रडार](#)

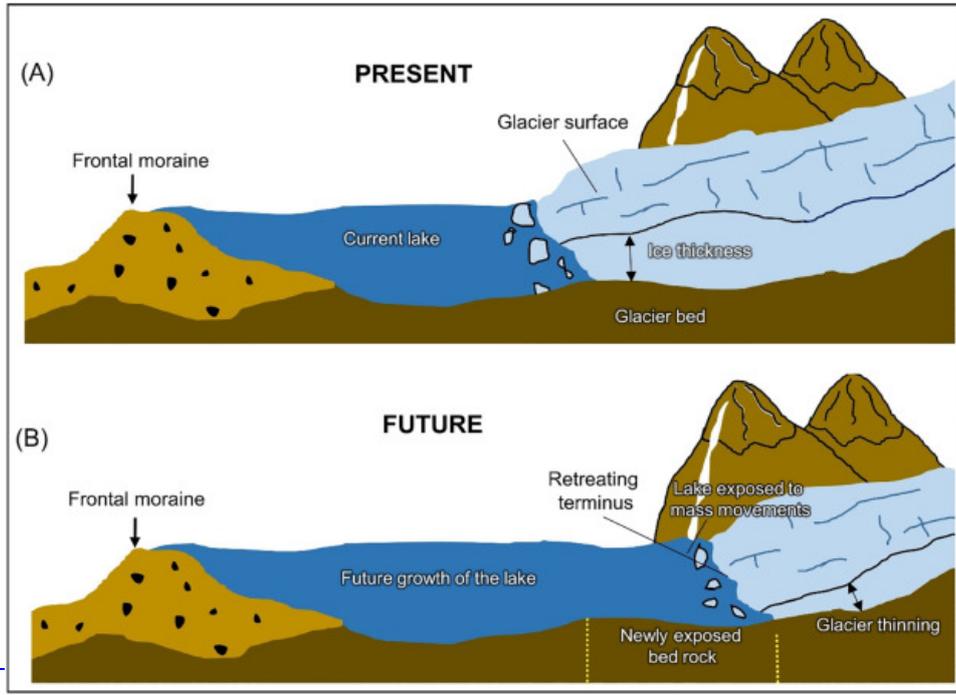
### मेन्स के लिये:

हमिनद झील में बाढ़ का प्रकोप - कारण, प्रभाव, [राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन प्राधिकरण \(NDMA\)](#) के दशा-निर्देश और आगे की राह

4 अक्टूबर की सुबह सikkिम के दक्षिण लोनाक झील का दक्षिणी तटबंध टूट गया, जिससे बरफ़ीले जल और मलबे का एक बड़ा मश्रण बहकर बाहर आ गया। उत्पन्न बाढ़ ने चुंगथांग बाँध, NHPC जलविद्युत परियोजना और क्षेत्र के बुनियादी ढाँचे को भारी नुकसान पहुँचाया। इस आपदा में 35 से अधिक लोगों की जान चली गई, 14 पुल क्षतिग्रस्त हो गए, 1320 घरों को गंभीर क्षति पहुँची और आवश्यक उपयोगिताओं में व्यवधान उत्पन्न हुआ। इस तबाही का असर उत्तरी सikkिम, गंगटोक, पाक्योग और नामची जिलों के राजमार्गों तक वसित रहा तथा इससे राष्ट्रीय राजमार्ग 10 का एक भाग भी प्रभावित हुआ जो शेष भारत से संपर्क के लिये एक महत्वपूर्ण लकि है।

## GLOF क्या है?

- **हमिनद झीलें (Glacial lakes)** जल की ऐसी बड़ी निकाय हैं जो **पघिलते ग्लेशियर** के सामने, ऊपर या इसके नीचे स्थित होती हैं।
  - इसके अलावा, हमिनद झीलों का निर्माण **हमिनदों या ग्लेशियरों के मुहाने के पास पघिलते जल के संचय** से होता है।
- जैसे-जैसे उनका आकार बढ़ता जाता है, वे और अधिक खतरनाक होती जाती हैं क्योंकि **हमिनद झीलें अधिकांशतः अस्थिर बर्फ या ढीली चट्टानों एवं मलबे से बनी तलछट से घरी** होती हैं।
- यदि उनके चारों ओर की सीमा टूट जाती है तो जल की भारी मात्रा पहाड़ों की ओर से नीचे की ओर बहने लगती है, जिससे नचिले इलाकों में बाढ़ आ सकती है।
  - इसे **हमिनद झील के फटने से बाढ़ (glacial lake outburst floods)** या GLOF के रूप में जाना जाता है।
- GLOF कई कारणों से प्रेरित हो सकता है, जिनमें **भूकंप**, अत्यधिक भारी वर्षा और बरफ़ीले हमिस्खलन शामिल हैं।



## GLOF के प्रमुख कारण

- **जलवायु परिवर्तन और हमिनद का पघिलना:** **क्षोभमंडल (troposphere)** का बढ़ता तापन (warming) **जलवायु परिवर्तन** का प्रत्यक्ष परिणाम है। इस तापन के कारण दुनिया के विभिन्न हिस्सों में हमिनदों का तेज़ी से पघिलना शुरू हो गया है।
  - हमिनदों के पघिलने से उत्पन्न जल गहरे क्षेत्रों में जमा होने लगता है, जिनसे झीलें बन सकती हैं। ये हमिनद झीलें अस्थायी होती हैं और उल्लेखनीय खतरे उत्पन्न कर सकती हैं।
- **हमिनदों का पीछे हटना:** जैसे-जैसे तापमान वृद्धि के कारण हमिनद पघिलते जाते हैं और पीछे हटते जाते हैं, वे अपने पीछे गर्त या बेसिन छोड़ते जाते हैं। ये गर्त पघिले जल और बर्फ से भर सकते हैं, जिससे हमिनद झीलों का निर्माण हो सकता है। जब ये झीलें आकार में बहुत बड़ी हो जाती हैं तो तटबंध पर दबाव बढ़ जाता है, जिससे GLOF का खतरा बढ़ जाता है।
- **हमिनद की वृद्धि:** कुछ हमिनदों में वृद्धि या उफान की स्थिति बन सकती है, जो तेज़ी से आगे बढ़ने और पीछे हटने की अवधि है। इस वृद्धि के दौरान हमिनद पघिलते जल को अवरुद्ध कर सकता है, जिससे एक अस्थायी हमिनद झील का निर्माण हो सकता है। जब यह उफान समाप्त होता है तो तटबंध टूट सकता है, जिससे GLOF उत्पन्न हो सकता है।
- **उच्च भेद्यता गुणांक (High Vulnerability Quotient):** इन झीलों के तटबंधों में **हमिद (moraine)**, **शैल**, **बोलडर**, **मट्टी** और **बर्फ** के ढीले जमाव होते हैं। चूँकि ये तटबंध उपयुक्त रूप से संकुचित (compacted) नहीं होते हैं, इसलिये वे उच्च भेद्यता गुणांक रखते हैं।
- **हमिसखलन या भूसखलन:** हमिसखलन, शैल-सखलन या भूसखलन बाँध सामग्री (damming material) को प्रभावित कर सकते हैं, जिससे यह दुर्बल हो जाता है या ढह जाता है और झील का जल अचानक बाहर निकल आता है।
- **भूकंप:** भूकंपीय गतिविधि बाँध सामग्री को **खंडित या दुर्बल कर GLOF को उत्प्रेरित कर** सकती है। कुछ मामलों में, भूकंप से बर्फ और मलबा खसिककर झील में पहुँच सकता है, जिससे जल स्तर में तेज़ी से वृद्धि हो सकती है और फरि बाढ़ की स्थिति बन सकती है।
- **ज्वालामुखी गतिविधि:** ज्वालामुखी विस्फोट से हमिनद पघिल सकते हैं और भारी मात्रा में जल का निकास कर सकते हैं, जो फरि GLOF का कारण बन सकता है।
- **मानवीय गतिविधियाँ:** हमिनी झीलों के आसपास खनन, निर्माण या वनों की कटाई जैसी मानवीय गतिविधियाँ प्राकृतिक अवरोधों को अस्थिर बना सकती हैं और GLOF के खतरे को बढ़ा सकती हैं।
- **कृत्रिम झील निर्माण:** जलविद्युत बाँध या खनन गतिविधियाँ जैसी निर्माण परियोजनाओं के परिणामस्वरूप कृत्रिम हमिनी झीलों का निर्माण हो सकता है। अकुशल रूप से डिज़ाइन किये गए बुनियादी ढाँचों और रखरखाव से GLOF का खतरा बढ़ सकता है।

## GLOFs के प्रभाव

- **जीवन और संपत्ति का नुकसान:** GLOF जान-माल की क्षति का कारण बन सकता है और घरों, पुलों, सड़कों, वनों एवं फसलों को नष्ट कर सकता है।
  - उदाहरण के लिये, अक्टूबर 2023 में भारत के सिककिम में उत्पन्न GLOF ने कम से कम 18 लोगों की जान ले ली और 150 से अधिक लोग लापता हो गए। जून 2013 में भारत के उत्तराखंड में GLOF की एक अन्य घटना में 5,000 से अधिक लोगों की जान चली गई और कई जलविद्युत परियोजनाओं को भारी नुकसान पहुँचा।
- **आजीविका के लिये व्यवधान:** GLOF संसाधनों, बाजारों, सेवाओं और अवसरों तक स्थानीय समुदायों की पहुँच को बाधित कर उनकी आजीविका को दीर्घकालिक रूप से प्रभावित कर सकता है। GLOF पर्यटन उद्योग को भी नुकसान पहुँचा सकता है, जो कई पर्वतीय क्षेत्रों के लिये आय का एक प्रमुख स्रोत है।

- **अवसंरचना और पर्यावरण को नुकसान:** GLOFs जलविद्युत संयंत्रों को नुकसान पहुँचा सकते हैं या उन्हें नष्ट कर सकते हैं, जो बजिली प्रदान करने और गरीनहाउस गैस उत्सर्जन को कम करने के लिये महत्वपूर्ण हैं। GLOFs भूदृश्य को भी बदल सकते हैं, मृदा का अपरदन कर सकते हैं, नदियों में तलछट का भार बढ़ा सकते हैं और जल की गुणवत्ता एवं उपलब्धता को प्रभावित कर सकते हैं।
- **सीमा-पार प्रभाव:** GLOFs हिमाच्छादित मुख्य जलक्षेत्र से दूर नचिले इलाकों को भी प्रभावित कर सकते हैं।
  - उदाहरण के लिये, ऊपरी **सतलज नदी बेसिन (चीन)** में उत्पन्न सीमा-पारीय GLOFs पूर्वी हिमाचल प्रदेश के नचिले इलाकों के लिये खतरा उत्पन्न करते हैं।

## भारत GLOFs के प्रतिक्रिया संवेदनशील है?

- **इसरो का 'ग्लेशियल लेक एटलस':** इसरो (ISRO) के **राष्ट्रीय रमिट सेंसिंग सेंटर (NRSC)** ने हिमालयी नदी घाटियों के लिये एक ग्लेशियल लेक एटलस जारी किया है। यह एटलस वर्ष 2016-17 के दौरान **रिसोर्ससैट-2 उपग्रह** द्वारा प्राप्त छवियों का उपयोग करके तैयार किया गया है और इसमें 0.25 हेक्टेयर से बड़े आकार की 28,000 से अधिक हमिनद झीलों की पहचान की गई है।
- **सकिकमि:** सकिकमि राज्य आपदा प्रबंधन प्राधिकरण ने राज्य में 300 से अधिक हमिनद झीलों की पहचान की है। इनमें से 10 को GLOF के प्रतिक्रिया संवेदनशील श्रेणी में रखा गया है। हालाँकि, NRSC के आकलन ने सकिकमि में 733 हमिनदी झीलों की पहचान की है।
- **उत्तराखण्ड:** **भारतीय भू-वैज्ञानिक सर्वेक्षण** (Geological Survey of India) ने पाया है कि उत्तराखण्ड में 486 हमिनद झीलों में से 13 GLOFs के प्रतिक्रिया संवेदनशील हैं।
- **जम्मू और कश्मीर:** दिल्ली विश्वविद्यालय के एक वैज्ञानिक के नेतृत्व में आयोजित वर्ष 2021 के एक अध्ययन में पाया गया कि जम्मू और कश्मीर में संवेदनशील हमिनद झीलों की संख्या सबसे अधिक है; इसके बाद अरुणाचल प्रदेश और सकिकमि हैं। इससे पता चलता है कि GLOF का खतरा किसी एक क्षेत्र तक सीमित नहीं है बल्कि हिमालय क्षेत्र में व्यापक रूप से मौजूद है।

## GLOFs के प्रबंधन के लिये NDMA दिशा-निर्देश

- **संभावित रूप से खतरनाक झीलों की पहचान करना:**
  - संभावित रूप से खतरनाक झीलों की पहचान करने में बहु-वर्षिक दृष्टिकोण शामिल होता है। **क्षेत्र अवलोकन, ऐतिहासिक रिकॉर्ड और भू-आकृतिक एवं भू-तकनीकी विशेषताओं का विश्लेषण उच्च जोखिमयुक्त क्षेत्रों की पहचान करने में मदद कर सकता है।**
  - इस सूचना का उपयोग **नगिरानी और जोखिम शमन के प्रयासों को प्राथमिकता देने के लिये** किया जा सकता है।
- **प्रौद्योगिकी का उपयोग:**
  - **सैटिटाइ-परिचर रडार** इमेजरी का उपयोग पूर्व-चेतावनी प्रणालियों की क्षमता को व्यापक रूप से बढ़ा सकता है।
  - यह प्रौद्योगिकी जल निकायों में परिवर्तन का पता लगा सकती है, **हमिनद की गतिविधियों की नगिरानी कर** सकती है और विशेष रूप से मानसून के मौसम के दौरान नई झील संरचनाओं की पहचान कर सकती है।
  - अंतरिक्ष से दूरस्थ **नगिरानी एक व्यापक परिप्रेक्ष्य प्रदान कर** सकती है, जिससे समय के साथ **झील की स्थिति में परिवर्तन को ट्रैक** करने में मदद मिल सकती है।
- **संभावित बाढ़ों का प्रबंधन:**
  - झीलों का संरचनात्मक प्रबंधन जोखिम न्यूनीकरण का एक महत्वपूर्ण पहलू है। **नियंत्रित उल्लंघन (controlled breaching), जल को पंपिंग से बाहर निकालना और सुरंग निर्माण जैसी तकनीकें** जल की मात्रा को कम करने में मदद कर सकती हैं, जिससे GLOF का खतरा कम हो सकता है।
  - अनुप्रवाह प्रभावों को कम करने के लिये इन तरीकों को अच्छी तरह से नियोजित और क्रियान्वित किया जाना चाहिए।
- **निर्माण गतिविधियों के लिये समान संहति:**
  - GLOF-प्रवण क्षेत्रों में अवसंरचना और भूमि उपयोग योजना के लिये समान निर्माण संहति का विकास किया जाना आवश्यक है। संहति में भूवैज्ञानिक एवं जलवैज्ञानिक जोखिमों पर विचार किया जाना चाहिए और निर्माण परियोजनाओं में इन जोखिमों को कम करने के उपायों को शामिल किया जाना चाहिए।
- **पूर्व-चेतावनी प्रणाली (EWS) को बेहतर बनाना:**
  - आपदा तैयारियों के लिये आरंभिक या पूर्व-चेतावनी प्रणालियाँ महत्वपूर्ण हैं। **GLOF की पूर्व-चेतावनी के लिये सेंसर और नगिरानी-आधारित तकनीकी प्रणालियों** को लागू करना महत्वपूर्ण है, क्योंकि यह जोखिम रखने वाले समुदायों को समय पर सूचना प्रदान कर सकती है।
  - ऐसी प्रणालियों के दायरे का विस्तार करना आवश्यक है, विशेष रूप से ग्लोफ प्रवण क्षेत्रों में।
- **स्थानीय जनशक्ति को प्रशिक्षण देना:**
  - स्थानीय समुदाय आपदा प्रतिक्रिया और तैयारियों में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। **स्थानीयकार्मिकों को प्रशिक्षण देने से GLOFs पर त्वरित एवं प्रभावी प्रतिक्रिया** देने में मदद मिल सकती है।
  - आपदा के समय रक्षा की पहली पंक्ति के रूप में ये प्रशिक्षित लोग खोज एवं बचाव अभियान में भागीदारी कर सकते हैं **आपातकालीन आश्रय स्थापित करने में सहायता कर सकते हैं और राहत आपूर्ति वितरण में** भूमिका निभा सकते हैं।
- **व्यापक अलार्म प्रणाली:**
  - सेल फोन और स्मार्टफोन जैसे आधुनिक संचार तकनीक पारंपरिक चेतावनी अवसंरचना को पूरकता प्रदान कर सकते हैं या उन्हें प्रतस्थापित कर सकते हैं।
  - **व्यापक अधिसूचना प्रणालियों के लिये इन प्रौद्योगिकियों** का उपयोग व्यापक लोगों तक पहुँच प्रदान कर सकता है और आसन्न आपदाओं के मामले में समय पर सावधान कर सकता है।

## GLOF आपदा को कम करने के लिये क्या उपाय किये जा सकते हैं?

- **नगिरानी और डेटा संग्रह:** संवेदनशील हमिनद झीलों के मुहाने के पास मौसम संबंधी घटनाओं की गहन नगिरानी करना एक तात्कालिक आवश्यकता है। वेधशालाओं में डेटा एकत्र किया जाना चाहिये और इन्हें एक केंद्रीकृत कार्यालय को संप्रेषित किया जाना चाहिये। हमिनद झीलों के व्यवहार का पूर्वानुमान लगाने और लोगों को सचेत करने के लिये इस डेटा को समयबद्ध रूप से संसाधित किया जाना चाहिये।
  - संवेदनशील झीलों के अनुप्रवाह क्षेत्र की नदियों में जल स्तर की भी लगातार नगिरानी की जानी चाहिये।
- **प्रौद्योगिकी का उपयोग:** उपग्रहों और ड्रोनों द्वारा संवेदनशील हमिनद झीलों की नियमिती नगिरानी के लिये एक राष्ट्रव्यापी कार्यक्रम शुरू किया जाना चाहिये। यह प्रौद्योगिकी भू-अवस्थिति वेधशालाओं को प्रकृता प्रदान कर सकती है और GLOF की समग्र समझ एवं पूर्वानुमान को बेहतर बना सकती है।
- **संशोधित सुरक्षा मानक:** GLOFs से बढ़ते खतरों को देखते हुए, परवतीय क्षेत्रों में अवसंरचना परियोजनाओं के लिये सुरक्षा मानकों को संशोधित किया जाना चाहिये। इसमें बाँध, पुल और राजमार्ग जैसी परियोजनाएँ शामिल हैं। ऐसी परियोजनाओं की सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिये गुणवत्ता नियंत्रण उपाय कठोर बनाए जाने चाहिये।
- **नरिमाण का वनियमन:** परवतीय क्षेत्रों में बाँध, पुल और राजमार्ग जैसी अवसंरचना परियोजनाओं को कड़े गुणवत्ता नियंत्रण उपायों के अधीन किया जाना चाहिये। परवतीय क्षेत्रों में GLOF और बाढ़ की अन्य घटनाओं से उजागर होता है कि नदियों के नकिट बनी इमारतें सबसे पहले और सबसे अधिक प्रभावित होती हैं।
  - इसलिये, नदियों के नकिट नरिमाण कार्य को सावधानीपूर्वक नियंत्रित किया जाना चाहिये।
- **वैज्ञानिक अनुसंधान:** देश में हमिनदों पर वैज्ञानिक अध्ययन को बढ़ाया जाना चाहिये। जलवायु अनुमानों से संकेत मलिता है कि हिमालय क्षेत्र में हमिनद घट रहे हैं। इसका अर्थ यह है कि नई झीलों का नरिमाण हो सकता है, जबकि मौजूदा झीलें वसितारति हो सकती हैं।
  - हमिनद जलवायु परिवर्तन के सर्वोत्तम संकेतकों में से एक है।
  - इसलिये, यह समझना आवश्यक है कि ये हमि नकिया वभिनिन हिमालयी क्षेत्रों (जो देश के सबसे अधिक डेटा-दुर्लभ क्षेत्रों में से एक हैं) में जलवायु परिवर्तन पर किस प्रकार प्रतिक्रिया करते हैं।
- **व्यापक जोखिम मूल्यांकन:** हिमालय क्षेत्र को एक व्यापक जोखिम मूल्यांकन की आवश्यकता है जो अनुमानित तापमान वृद्धि, वर्षा पैटर्न में परिवर्तन और भूमि-उपयोग/भू-आवरण परिवर्तन को ध्यान में रखे। इस मूल्यांकन से आपदा जोखिम न्यूनीकरण रणनीतियों के विकास में मदद मलि सकती है।
- **जलवदियुत विकास को संतुलित करना:** केंद्र की उत्तरवर्ती सरकारों ने जलवदियुत विकास में पूर्वोत्तर भारत को महत्त्वपूर्ण रूप से देखा है।  
चुंगथांग बांध 1,200 मेगावाट के तीस्ता चरण 3 जलवदियुत परियोजना का एक भाग है।
  - सरकार का दावा है कि नमिन उत्सर्जन तीव्रता के कारण ऐसी परियोजनाएँ जलवायु-अनुकूल हैं।
  - हालाँकि, पारस्थितिकी वैज्ञानी (Ecologists) बाँध नरिमाण के प्रतिकूल प्रभावों के प्रति आगाह करते हैं क्योंकि इससे हिमालय क्षेत्र में चट्टानों की अस्थिरता बढ़ जाती है।
  - सकिक्मि में आई आपदा एक चेतावनी है कि ऐसी आपदाओं की संभावनाओं पर गंभीरता से ध्यान दिया जाए और मज़बूत सुरक्षा तंत्र स्थापित किया जाए।

**अभ्यास प्रश्न:** हमिनद झील के फटने से उत्पन्न बाढ़ (GLOFs) के प्रति हिमालयी क्षेत्र की संवेदनशीलता में योगदान देने वाले कारकों की चर्चा कीजिये और GLOFs से जुड़े जोखिमों को कम करने के लिये किये जा सकने वाले उपायों के सुझाव दीजिये।

### UPSC सविलि सेवा परीक्षा, वगित वर्षों के प्रश्न (PYO)

Q. बाँध की वफिलताएँ हमेशा वनाशकारी होती हैं, खासकर नचिले हसिसे में, जिसके परणामस्वरूप जान-माल की भारी क्षति होती है। बाँध वफिलता के वभिनिन कारणों का वशिलेषण कीजिये और हाल की बाँध वफिलता के दो उदाहरण दीजिये। (2023)