

वार्षिक प्रतिवेदन 2024-25



वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान
देहरादून

(भारत सरकार के विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग का एक स्वायत्तशासी संस्थान)



संकलन: प्रकाशन एवं प्रलेखन अनुभाग, वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान

हिंदी अनुवाद: यशपाल सिंह बिष्ट

आवरण छायाचित्र: यह चित्र दि. 05 अगस्त 2025 को धराली ग्राम (उत्तराखण्ड) के ऊपरी क्षेत्र में हुई भारी वर्षा द्वारा जनित मलबा प्रवाह के प्रभाव को दर्शाता है। इस भीषण घटनाक्रम में धराली गाँव का एक भाग बह गया तथा भागीरथी घाटी में भीषण नुकसान हुआ।

(सौजन्य: अमित कुमार और मनीष मेहता)

वार्षिक प्रतिवेदन 2024–25



वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान

(भारत सरकार के विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग का एक स्वायत्तशासी संस्थान)

33, जनरल महादेव सिंह मार्ग, देहरादून – 248001

ई.पी.ए.बी.एक्स. : 0135–2525100

फैक्स : 0135–2625212

ई-मेल : dir.off@wihg.res.in; वेब : <http://www.wihg.res.in>

सम्पर्क :

निदेशक

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान

33, जनरल महादेव सिंह मार्ग, देहरादून-248001

दूरभाष: 0135-2525103, फ़ैक्स : 0135-2625212 / 2525200

ईमेल : dir.off@wihg.res.in

वेब : <http://www.wihg.res.in>

विषय-सूची

1. कार्यकारी सारांश	i
2. अनुसंधान गतिविधियां	1
3. वित्तपोषित अनुसंधान परियोजनाएं	72
4. शोध प्रकाशन	99
5. आयोजित सेमिनार/संगोष्ठी/कार्यशाला/अंतर्वेशन कार्यक्रम	106
6. पुरस्कार एवं सम्मान	112
7. विदेश दौरे	112
8. पीएच.डी. शोध प्रबंध	113
9. सेमिनार/संगोष्ठी/बैठकों/प्रशिक्षण में प्रतिभाग	114
10. संस्थान में दिए गए विशिष्ट व्याख्यान	117
11. संस्थान के वैज्ञानिकों द्वारा दिए गए व्याख्यान/आमंत्रित वार्ताएं	118
12. अकादमिक सोसाइटी की सदस्यता	122
13. प्रकाशन एवं प्रलेखन	123
14. पुस्तकालय	124
15. एस.पी. नौटियाल संग्रहालय	125
16. तकनीकी सेवाएं	126
17. समारोह	129
18. संस्थान में पधारे विशिष्ट अतिथि	139
19. हिंदी कार्यान्वयन की स्थिति	140
20. विविध मद	141
21. संस्थान के कर्मचारीगण	142
22. शासी निकाय/अनुसंधान सलाहकार समिति/वित्त समिति/भवन समिति के सदस्य	144
23. लेखा-विवरण	149

वा.हि.भू.सं. की संगठनात्मक संरचना

शासी निकाय

(फरवरी 17, 2025 तक)

तलत अहमद
सचिव, डीएसटी
वित्तीय सलाहकार, डीएसटी
ओ.पी. मिश्रा
एम. जयानंद
पुलक सेनगुप्ता
एन.पी. यलपति राव
अनुपम चट्टोपाध्याय
शैबाल गुप्ता
एस.सी. मटेल
शकील रोमशो
निदेशक, वा.हि.भू.सं.
रजिस्ट्रार, वा.हि.भू.सं.

(फरवरी 18, 2025 से)

शैलेश नायक
सचिव, डीएसटी
वित्तीय सलाहकार, डीएसटी
तलत अहमद
ए.पी. डिमरी
सुनील कुमार सिंह
ओ.पी. मिश्रा
प्रकाश चौहान
एन.पी. यलपति राव
कुसला राजेंद्रन
प्रकाश कुमार
निदेशक, वा.हि.भू.सं.
रजिस्ट्रार, वा.हि.भू.सं.

अनुसंधान सलाहकार समिति

शैलेश नायक
टी.एन. सिंह
डी.सी. श्रीवास्तव
राजेश कुमार श्रीवास्तव
रश्मि रवीन्द्र
राजेश के. श्रीवास्तव
बिनीता फर्देवाल
प्रकाश चौहान
ओ.पी. मिश्रा
प्रद्युम्न जना
कुसला राजेंद्रन
एल.एस. गम्वाल
सांतानु बगर्जी
वी. बलराम
देवेश के. शिन्हा
शैबाल गुप्ता
निदेशक, वा.हि.भू.सं.
आर.जे. पैरुमल

वित्त समिति

वित्तीय सलाहकार, डीएसटी
अनुपम चट्टोपाध्याय
निदेशक, वा.हि.भू.सं.
रजिस्ट्रार, वा.हि.भू.सं.
सहा. वित्त एवं लेखा अधिक., वा.हि.भू.सं.

भवन समिति

निदेशक, वा.हि.भू.सं.
वित्तीय सलाहकार, डीएसटी
भारतीय सर्वेक्षक के प्रतिनिधि
(शांतीबहाकला, देहरादून)
मुख्य अभियंता, सी.पी.डब्ल्यू.डी., देहरादून
आशीष कुमार सिंह
(ओ.एन.जी.सी., देहरादून के प्रतिनिधि)
आर.जे. पैरुमल
राजेश कुमार
(साई.आई.पी., देहरादून के प्रतिनिधि)
रजिस्ट्रार, वा.हि.भू.सं.
अधिसासी अभियंता, वा.हि.भू.सं.

निदेशक

शोध गतिविधियाँ

शोध समूह

- संरचना एवं विवर्तनिकी
- शैलविज्ञान एवं भूरसायनविज्ञान
- जैवरत्तरिकी
- भूआकृति, पर्यावरणीय एवं अभियंत्रिकी भूविज्ञान
- अवसादिकी एवं चतुष्क भूविज्ञान
- भूभौतिकी
- हिमनदविज्ञान एवं जलविज्ञान

शोध सहायक इकाईयाँ

- टी.सी.पी.एम.ई.
- प्रकाशन एवं प्रलेखन पुस्तकालय
- संग्रहालय
- विश्लेषणात्मक सेवाएँ
- नमूना निर्माण
- परामर्शी सेवाएँ (कन्सल्टेन्सी)

प्रशासन

- रजिस्ट्रार कार्यालय
- वित्त एवं लेखा स्थापना
- भंडार एवं क्रय
- कंप्यूटर एवं नेटवर्किंग
- निर्माण-कार्य, भवन तथा रख-रखाव
- परिवहन
- अतिथि-गृह

कार्यकारी सारांश



वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान (वा.हि. भू.सं.), देहरादून भारत सरकार के विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग का एक स्वायत्त अनुसंधान संस्थान है, जिसकी स्थापना वर्ष 1968 में हुई थी। संस्थान हिमालय के विभिन्न वैज्ञानिक पहलुओं के अभिज्ञान के लिए समर्पित है, जिसमें भू-गतिकी उद्भव, भूकंपजनन, जलवायु-विवर्तनिक अंतःक्रिया, जैविक उद्भव, अयस्क व खनिज निर्माण प्रक्रिया, हिमनद गतिकी, नदी तंत्र, भू-जोखिम (भूस्खलन, आकस्मिक बाढ़, हिमस्खलन, भूकंप), भू-संसाधन (खनिज/अयस्क, हाइड्रोकार्बन, शीत और भूतापीय जलधाराएँ), मानवजनित प्रभाव आदि शामिल हैं, जिनके द्वारा हिमालय और समीपस्थ क्षेत्रों में जनमानस का हित और संपत्तियों और अवसंरचनाओं की सुरक्षा की जा सके। संस्थान ने न केवल क्षेत्रीय अवलोकनों के आधार पर अपितु संरचनात्मक भूविज्ञान, शैलविज्ञान, भूरसायन विज्ञान, जीवाश्म विज्ञान, जैवस्तरीकरण, अवसादिकीय विज्ञान, हिमनद विज्ञान, जलविज्ञान, भूआकृतिक विज्ञान, अभियांत्रिकी भूविज्ञान, भूकंप विज्ञान, गुरुत्व व चुंबकीय, भूकंपीय, वेल लॉग, पर्यावरण और अभियांत्रिकी भूविज्ञान, चतुश्कनिक भूविज्ञान, और सुदूर संवेदन आदि के आधार पर आंकड़ों के विभिन्न समुच्चयों के मॉडलिंग और परिष्कृत उपकरणों का उपयोग कर आंकड़ों के विश्लेषण पर भी उपर्युक्त विषयों पर प्रकाश डाला है।

संस्थान में उन्नत विश्लेषणात्मक सुविधाएँ हैं, जिनमें लेजर एब्लेशन मल्टी-कलेक्टर इंडक्टिवली कपल्ड प्लाज्मा मास स्पेक्ट्रोमेट्री (LA-MC-ICP-MS), इंडक्टिवली कपल्ड प्लाज्मा मास स्पेक्ट्रोमेट्री (ICP-MS), स्टेबल आइसोटोप मास स्पेक्ट्रोमीटर, इलेक्ट्रॉन प्रोब माइक्रोएनालिसिस (EPMA), एक्स-रे फ्लोरोसीन स्पेक्ट्रोमीटर (XRF), स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप (SEM), एक्स-रे डिफ्रैक्शन (XRD), रमन स्पेक्ट्रोमीटर, थर्मोल्यूमिनेसेंस/ऑप्टिकली स्टिम्युलेटेड ल्यूमिनेसेंस (TL/OSL), और एक चुंबकीय संवेदनशीलता मीटर शामिल हैं, जो सभी सक्षम वैज्ञानिकों और तकनीशियनों द्वारा प्रबंधित किए जाते हैं। इसमें भूभौतिकीय डेटा अधिग्रहण, प्रसंस्करण, मॉडलिंग और निर्वचन के लिए अत्याधुनिक प्रयोगशालाएँ भी हैं, इनके साथ-साथ भूविज्ञान के लिए AI/ML उत्कृष्टता केंद्र भी है। ये सुविधाएँ वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान के वैज्ञानिकों के साथ-साथ विश्वविद्यालयों, संस्थानों और संगठनों के शोधकर्ताओं को समर्थित करती हैं। संस्थान हिमाचल प्रदेश, उत्तराखण्ड, पंजाब, हरियाणा, अरुणाचल प्रदेश, जम्मू और कश्मीर और लद्दाख में 80 ब्रॉडबैंड भूकंपसूचक और 15 एक्ससेलेरोग्राफ युक्त भूकंप विज्ञान नेटवर्क संचालित करता है। इसके अतिरिक्त, हिमाचल प्रदेश, उत्तराखण्ड, जम्मू और कश्मीर और लद्दाख में लगभग 14 जीपीएस उपकरण स्थापित किए गए हैं। संस्थान हिमालयी क्षेत्र में भूकंप के पूर्ववर्तियों का अध्ययन करने के लिए उत्तराखण्ड के घुस्तू में एक 'बहु प्राचलीय भूभौतिकीय प्रयोगशाला (एमपीजीओ)' भी संचालित करता है। इसके अतिरिक्त, संस्थान हिमालय और

समीपस्थ क्षेत्रों में भू-अभियांत्रिकी परियोजनाओं, भूजल सर्वेक्षण, प्राकृतिक जोखिमों और सड़क/रेल संरक्षण के लिए परामर्श सेवाएँ भी प्रदान करता है। संस्थान 13 हिमालयी हिमनदों की निगरानी भी कर रहा है।

संस्थान हिमालयी भूविज्ञान शिक्षा व अनुसंधान के लिए उत्कृष्टता का एक राष्ट्रीय केंद्र है। यह पीएचडी कार्यक्रमों के माध्यम से उच्च स्तर की योग्यता प्राप्त करने के लिए युवा और गतिशील प्रतिभाओं को पोषित करने पर बल देता है। यह संस्थान महाविद्यालयों/संस्थानों/विश्वविद्यालयों के छात्रों को पृथ्वी विज्ञान के विभिन्न क्षेत्रों में प्रशिक्षण भी प्रदान करता है। संस्थान एक आधुनिक भूवैज्ञानिक संग्रहालय का अनुसंधान करता है जो कि शैक्षिक उद्देश्यों के लिए हिमालय के विभिन्न हिस्सों में हिमालय, चट्टानों, खनिजों और जीवाश्मों के विकास को प्रदर्शित करता है। यह विज्ञान शिक्षा और भू-जोखिमों के संबंध में जागरूकता के लिए आउटरीच कार्यक्रम आयोजित करता है और लोकप्रिय व्याख्यान व राष्ट्रीय/अंतरराष्ट्रीय संगोष्ठियाँ आयोजित करता है। इसके अतिरिक्त, संस्थान हिमालयी भूविज्ञान पर केंद्रित विभिन्न विश्वविद्यालयों, उद्योगों और अन्य संस्थानों के साथ सहयोगी अनुसंधान में संलग्न है।

क्रियान्वित शोध गतिविधियाँ हिमालय (CAP-हिमालय) में सतही और उपसतही प्रक्रियाओं के लक्षणवर्णन और मूल्यांकन : भूगतिकी, भूकंपजनन, जैव-घटनाओं, पुरा-जलवायु, प्राकृतिक जोखिम और सतत विकास के लिए प्राकृतिक संसाधनों पर प्रभाव पर केंद्रित हैं। वर्ष 2024-2025 के लिए नियोजित शोध कार्यक्रम को 11 कार्यक्रमों या गतिविधियों में विभक्त किया गया है। प्रत्येक गतिविधि के महत्वपूर्ण परिणामों का सारांश अधोवर्णित है :

गतिविधि-1ए: भारत-यूरेशियाई संघट्टन क्षेत्र और क्रिस्टलीय थ्रस्ट शीट्स की भूगतिकी - पर्पटी विकास, कार्बन पृथक्करण और आर्थिक खनिजीकरण

भारत-यूरेशियाई संघट्टन क्षेत्र में वह प्रमुख भूवैज्ञानिक विशेषताएँ हैं, जो हमें हिमालय व व्यापक संघट्टन तंत्र के निर्माण में शामिल समय अंतराल, ज्यामिति और एवं प्रक्रियाओं को समझने में मदद करती हैं। यह उथले भू-रासायनिक चिह्नों, फोरआर्क गठन और असमान विवर्तनिक उत्प्रेरण की उपस्थिति से चिह्नित है। प्रारंभिक सबडक्शन अभिवृद्धि का विचार, प्लूम लिथोस्फीयर अंतःक्रिया के अवशेषों का अध्ययन और प्राचीन भूपर्पटी के व्यवहार को जानने से वैश्विक स्तर पर संघट्टन के घटनाक्रम को अत्यधिक अभिप्रेरण प्राप्त हुआ।

गतिविधि-1बी: प्रवार उत्प्रेरण, तरल संचरण, मेटासोमैटिक प्रक्रियाएँ- तरल-चट्टान अंतःक्रिया के निहितार्थ

गढ़वाल हिमालय की धौलीगंगा घाटी में उच्च हिमालयी क्रिस्टलीय अनुक्रम (एचएचसीएस) सेनोजोइक हिमालयी कार्यांतरण के दौरान न्यूनतम रूप से 15% आंशिक रूप से द्रवित चुका है। स्पोटॉग ओपियोलिटिक मेलेंज के अंतर्गत एक कार्यांतरित तले के अस्तित्व का समर्थन करने वाले साक्ष्य मौजूद हैं। हिमालयी कार्यांतरित कोर के उत्खनन को ज्ञाता सामान्य भ्रंश एवं मुख्य केंद्रीय थ्रस्ट क्षेत्र के साथ

सरल अपरूपण द्वारा समायोजित किया जाना माना गया है। गंगा, अलकनंदा एवं भागीरथी नदियों का जलरसायनविज्ञान तलछट में डोलोमाइटिक चूने पत्थर, मेटाबासाल्टिक शैल, स्लेट, फिलाइट और Dys खनिजों के आसपास की लिथोलॉजी के निरंतर अपक्षय का संकेत देता है तथा जल की रासायनिक संरचना में योगदान देता है। हम 20 से 60 μm लेजर स्पॉट आकारों के साथ LA-ICPMS तथा LA-MC-ICPMS समर्थित जिरकोन भू-कालानुक्रम विकसित कर सकते हैं।

गतिविधि – 2ए: हिमालय एवं समीपस्थ क्षेत्रों से भूवैज्ञानिक आंकड़ों के प्रति मशीन लर्निंग उपागम का विकास

इस गतिविधि के अंतर्गत, समूह ने ऊपरी असम बेसिन से बोरहोल स्ट्रैटिग्राफिक डेटा का उपयोग करके टेक्टोनिक सबसिडेंस वक्र का विकास और गणना पूर्ण की, जिससे इसके टेक्टोनिक विकास की जांच की जा सके। इस मॉडलिंग दृष्टिकोण ने समय के साथ बेसिन द्वारा प्रेक्षित कुल सबसिडेंस को मात्रात्मक रूप से निर्धारित करने को संभव बनाया। भूकंपीय विशेषता-सहायता प्राप्त मशीन लर्निंग वर्कफ्लो को उच्च-गुणवत्ता वाले भूकंपीय डेटा का उपयोग कर डिजाइन और कार्यान्वित किया गया है, जिससे भूमिगत अवसादिक परिवेश की प्रभावी ढंग से व्याख्या की जा सके। इस समूह ने उन्नत भूकंपीय लक्षणवर्णनों एवं मशीन लर्निंग-सहायतायुक्त वर्कफ्लोज का उपयोग कर बेसमेंट संरचनाओं की ज्यामिति और स्थिति का निर्वचन किया। पूर्वोत्तर भारत के ऊपरी शैल क्षेत्रों में प्रयुक्त इन विधियों को अन्य वैश्विक तटवर्ती एवं अपतटीय अवसादिक बेसिनों में भूकंपीय निर्वचन के लिए अंगीकृत किया जा सकता है। समूह द्वारा सतही एक्सपोजर व आउटक्राप के साथ सहसंबंध के माध्यम से उपसतही निर्वचनों की संपुष्टि के लिए भूगर्भीय क्षेत्रकार्य भी किया।

गतिविधि – 2बी: मुख्य हिमालयी थ्रस्ट की ज्यामिति एवं रिहोलॉजिकल आकलन तथा भूकंपजनन व स्थलमण्डलीय झुकाव के लिए निहितार्थ

फोकल मैकेनिज्म के स्ट्रेस टेंसर इनवर्जन के जरिए भारत-यूरेशियाई संघट्टन के पश्चिमी हिस्से में स्पष्ट किए गए तनाव पैटर्न से सामान्य, स्ट्राइक-स्लिप व घुमावदार भ्रंश तंत्र के साक्ष्यों के साथ प्रमुख संपीडन स्ट्रेश द्वारा जटिल टेक्टोनिक्स के माध्यम से भारतीय प्लेट की अंडरथ्रस्टिंग ज्ञात होती है। हमने पूर्वोत्तर भारत में ~54–78 किमी की गहराई पर हेल्स असंततता का पता लगाया। रिसेवर फंक्शन अध्ययन से पता चलता है कि परपटी की मोटाई आईजीपी में ~29 किमी से बढ़कर उच्च हिमालय में ~58 किमी तक हो गई है, ज्वालामुखीय थ्रस्ट के निकट त्वरित परिवर्तन (~47–53 किमी) है। आईजीपी में उच्च V_p/V_s मैफिक परपटी और सतही अवसाद की उपस्थिति के कारण हैं। नाहन-कौरिक-चांगो ट्रांसेक्ट के साथ मैग्नेटोटेल्सूरिक जांच उच्च हिमालय के तले मुख्य हिमालयी थ्रस्ट की एक सपाट-रैप-सपाट ज्यामिति का संकेत देती है। उत्तराखंड के चमोली में वर्ष 2021 के भीषण रॉक-आइस हिमस्खलन की सतह की गतिकी की निगरानी के लिए भूकंपीय और रेडॉन विसंत आद्याक्षरों का उपयोग किया गया। मल्टीपैरामीट्रिक अवलोकन के परिणाम अंतिम विफलन से पूर्व चट्टान/जोड़ों की क्रमिक प्रगति, तदोपरांत मलबा प्रवाह और स्खलन में त्वरित बढ़ोतरी के संकेत देते हैं। गढ़वाल

हिमालय के लिए तरंग प्रतिलोम के माध्यम से प्राप्त भूकंप स्केलिंग सहसंबंध, जो भूकंपीय जोखिम मॉडलिंग के लिए लाभप्रद हैं। भूकंपीय जोखिम के आकलन के लिए 2,716 भूकंपों (Mw 2.5–5.0) का उपयोग करके उत्तरपश्चिमी हिमालय के लिए भूकंपीय क्षीणन मॉडल का विकास; संरचनात्मक विशमता एवं गहराई-आधारित क्षीणन ज्ञात करने के लिए Qc, Qa, व Q β का आकलन किया गया।

गतिविधि – 2सी: हिमालय में भूकंपनीयता एवं भूकंपीय जोखिमों का मूल्यांकन

इस समूह ने त्रि-आयामी क्षीणन टोमोग्राफी का उपयोग करके उत्तराखंड हिमालय की परपटी की स्थिति का विश्लेषण किया, जो ऊपरी परपटी में एक उच्च क्षीणित परत को चिह्नित करता है, यह गढ़वाल में ~10 किमी गहराई और कुमाऊँ क्षेत्र में ~5 किमी तक भिन्न है। आईजीपी में चंडीगढ़-अंबाला क्षेत्र के तले अवसादिक परत की मोटाई में उल्लेखनीय रूप से परिवर्तनशीलता देखी गई, जिसमें मोटाई में 2.0 से 3.0 किमी तक का परिवर्तन हुआ। मोहो ($\delta\beta\text{M}$) में शीया-तरंग आवेग का अंतर हिमालयी क्षेत्र में 0.7 किमी/सेकेंड से 1.0 किमी/सेकेंड तक भिन्न है। $\delta\beta\text{M}$ और H के बीच स्केलिंग संबंध सकारात्मक है, जो उच्च $\delta\beta\text{M}$ से संबद्ध मोटी परपटी को इंगित करता है। उत्तर-पश्चिमी हिमालय के विपरीत, जहां भूकंपीयता की प्रबलता विखंडन व ऊपरी भूपर्पटी की गहराई (25–30 किमी) तक है, पूर्वी हिमालयी क्षेत्र में यह 60 किमी तक अधिक गहरी है।

गतिविधि – 3: भारत यूरेशियाई संघट्टन के संदर्भ में जैविक उद्भव, वैश्विक घटनाक्रमों हेतु साक्ष्य

सीएफ. प्रोगोनोमिस, सीएफ. डेमोक्रेसिटोडॉन और सीएफ. सेइमिस के कृन्तकों में संशोधित रेडियल इनेमल की अनुपस्थिति से यह ज्ञात होता है कि यह कृतक संभवतः पतियों, फूलों, बीजों, मांसल जड़ों व कीड़ों से युक्त एक नरम आहार का भक्षण करते थे, जबकि सीएफ. प्रोगोनोमिस, सीएफ. डेमोक्रेसिटोडॉन और सीएफ. सेइमिस के कृन्तकों में विशेष तीन-परत धारित स्मेलजमस्टर की उपस्थिति से यह ज्ञात होता है कि कृतक संभवतः एकोर्न, अखरोट व हेजलनट जैसे अपेक्षाकृत कठिन भागों से बने आहार को पसंद करते होंगे। समूह ने पश्च इओसीन-प्रारंभिक ओलिगोसीन के दौरान जमा निक्षेपित जीवाश्म पत्रक के आकारिकी गुणधर्मों का उपयोग कर लाइसॉग संरचना की जलवायु का मात्रात्मक पुनर्गठन किया। पुनर्गठन से औसत वार्षिक तापमान (एमएटी) $25.3 \pm 2.3^\circ\text{C}$ और शीत माह का औसत तापमान (सीएमएमटी) $19.2 \pm 3.5^\circ\text{C}$ होने का संकेत प्राप्त होता है। सूरमा समूह के ऊपरी भूमन संरचना के सूक्ष्म-जीवाश्म मध्य मायोसिन का संकेत देते हैं।

गतिविधि – 4: उत्तर पूर्वी व उत्तर पश्चिमी हिमालय के चयनित ट्रान्जैक्टों में जलवायु विविधता एवं भूपरिदृश्य प्रतिक्रिया

मेसो से नियोप्रोटरोजोइक राउतगारा संरचना, लघु हिमालय के अवसादिक विश्लेषण ने छह पृथक पुरापरिवेश के निष्कर्षों को चिह्नित किया, जो कि संभवतः एक अवरोध द्वारा बैक-वैरियर तट समीपस्थ सेटिंग में निक्षेपित हुए। समीपस्थ परिवेशों के मध्य अत्यधिक निरंतर ट्रांजिशन एक स्थिर अवरोध प्रणाली की पुष्टि करता है जो बैक

बैरियर क्षेत्र में महत्वपूर्ण रूप से पीछे नहीं हटती है। भारतीय मानसून के सहस्राब्दी पैमाने पर परिवर्तन मुख्य रूप से सौर पृथक्करण व उत्तरी अटलांटिक दोलों द्वारा संचालित होते हैं। हालांकि, यह संबंध गैर-रैखिक है। पैंगोंग त्सो में डेल्टा अनुक्रम गिल्बर्ट-प्रकार के डेल्टाओं की विशेषताओं को प्रदर्शित करते हैं तथा झील-स्तर के परिवर्तन के इतिहास को दर्शाते हैं व प्रबल स्रोत-से-सिंक कनेक्टिविटी प्रदर्शित करते हैं, जो कि तलछट की आपूर्ति व निक्षेपण स्थल में परिवर्तनों का त्वरितता से प्रतिउत्तर देते हैं, लाहौल-स्पीति हिमालय से प्राप्त बहु-प्रॉक्सी आंकड़ों से शताब्दी-सहस्राब्दी पैमाने पर उत्तर चतुर्थक काल जलवायु एवं पर्यावरणीय परिवर्तनों का पता चलता है, जो कि प्राचीन काल में अधिक ऊष्म व आर्द्र परिस्थितियों को दर्शाते हैं। गंगोत्री हिमनद घाटी से प्राप्त एरोसोल के पहले सूक्ष्म-स्पेक्ट्रोस्कोपिक अध्ययन से कार्बनयुक्त एरोसोल, ऑक्सीकृत कार्बनिक पदार्थों व परिवहनित धूल का एक जटिल मिश्रण सामने आया है, जो कि हिमनदों के द्रवण व क्षेत्रीय जलवायु परिवर्तन में उनकी भूमिका के अभिज्ञान के लिए महत्वपूर्ण है। हिमाचल प्रदेश के लाहौल क्षेत्र से पिसिया स्मिथियाना के 185 वर्ष लंबे वृक्ष वलय-चौड़ाई कालानुक्रम, जो फरवरी-मार्च के अवक्षेपण को दर्शाता है, ने 1951-1961 ई. के दौरान उच्चतम और 1858-1868 ई. के दौरान निम्नतम सूचकांकों को दर्शाया, जो कि पूर्ण श्रृंखला में क्रमशः सबसे आर्द्र एवं शुष्कतम अवधियों को दर्शाता है।

गतिविधि - 5: हिमालय में जोखिम मूल्यांकन एवं अनुक्षेत्रण हेतु भूस्खलनों पर भूगर्भविज्ञान व भूआकारकीय नियंत्रण

मुख्य सीमा भ्रंश के समानांतर भ्रंश ट्रेस को गिरि नदी घाटी में मानचित्रित किया गया है, जिसकी लंबाई लगभग 25 किमी है और इसका झुकाव लगभग पूर्व-पश्चिम की ओर है। भ्रंश निशान, रैखिक घाटियां व ढलान वाले तालाब भ्रंश निशान से जुड़े हैं। भ्रंश चिह्न दक्षिण की ओर झुके हुए हैं व भ्रंश तल में स्लीकनसाइड प्रेक्षित किए गए हैं। सतौन क्षेत्र में, मुख्य सीमा थ्रस्ट, मुख्य सीमा भ्रंश और स्ले भ्रंश 1 किमी के दायरे में निकट अंतराल पर हैं। यह क्षेत्र भूस्खलन द्वारा गंभीर रूप से प्रभावित है तथा ढलान की अस्थिरता का मुख्य कारक संरचनात्मक एवं भूवैज्ञानिक स्थिति है, जिसमें टो-क्षरण भी शामिल है। भूस्खलन को ज्ञात करने के लिए उन्नत गहन अभिगम तकनीकों, क्षीणन-संवर्धित YOLO और GELAN मॉडल का उपयोग करते हुए, टिहरी क्षेत्र में AHP व आवृत्ति अनुपात विधियों के माध्यम से भूस्खलन संवेदनशीलता के भू-स्थानिक मानचित्रण के साथ मिलकर, हिमालय में जोखिमों के आकलन व जोखिम न्यूनीकरण के लिए एक व्यापक विधि प्रदान करती हैं।

गतिविधि - 6ए: हिमनद गतिकी, हिमनद जलविज्ञान, पर्वत मौसमविज्ञान एवं संबंधित जोखिम

पेनसिलुंगपा ग्लेशियर ने वर्ष 2023 और 2024 के दौरान 5251 m asl के साथ $-6.32 \times 10^6 \text{ m}^3$ का शुद्ध ब्र्यमान हास दर्शाया। अधिकतम अपक्षयन 4800-5000 मीटर के मध्य पतले मलबे (-10 सेमी) के नीचे हुआ; सघन मलबे (4600-4800 मीटर) ने द्रवण में कटौती की। पार्काधिक नदी का प्रवाह लगातार बढ़ रहा है, जो कि वर्ष 2023 में $23.67 \times 10^6 \text{ m}^3$ के शीर्ष पर पहुंच जाएगा। पेनसिला दर्रे के पास पेरिग्लेशियल झीलों में -6.5% (क्षेत्रफल) और -7% (आयतन) की

वृद्धि हुई, और डुरुंग-डुंग हिमनद के निकट प्रोग्लेशियल झील का क्षेत्रफल लगभग 177% और आयतन 195% बढ़ा (वर्ष 2004-2023)। डुरुंग-डुंग हिमनद -165 ± 95 मीटर (-21 ± 12 मीटर/वर्ष) पीछे खिसका; पेनसिलुंगपा हिमनद वर्ष 2015 से 2023 तक -80 ± 35 मीटर (-10 ± 4 मीटर/वर्ष) पीछे खिसका। वर्ष 2013 और 2023 के दौरान उत्तराखंड में झीलों की संख्या में 1.9% और क्षेत्रफल में 8.1% की वृद्धि हुई। झीलें 4500 मीटर से ऊपर केंद्रित हैं; चमोली और उत्तरकाशी में सबसे अधिक झीलें हैं। चांगमोलुंग हिमनद में भूतापीय द्रवण का प्रथम साक्ष्य मिला; भूतापीय झरनों के पास स्थानीयकृत द्रवण दर ~ 390 सेमी/वर्ष तक पहुंच गई। कुमाऊं हिमालय में एससीए 461.17 वर्ग किमी (2008-09) से बढ़कर 601.01 वर्ग किमी (2021-22) हो गया। मौसमीय परिवर्तन हिम द्रवण की गतिकी एवं जल उपलब्धता के जोखिमों में बदलाव का संकेत देते हैं। पंचाचूली हिमनद ओएसएल डेटिंग के माध्यम से तीन प्रमुख उन्नयनों (मध्य-एमआईएस 3, ~ 20 ka, ~ 5.8 ka) दर्शाते हैं, जो वैश्विक/क्षेत्रीय जलवायु परिवर्तनों से जुड़े हुए हैं। ऊपरी गागीरथी तथा अलकनंदा नदियां उच्च CO_2 प्रवाह (88 और $\text{gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$) उत्सर्जित करती हैं; प्रतिप्रवाह विशोम गैस उत्सर्जन में महत्वपूर्ण रूप से बढ़ोतरी करते हैं।

गतिविधि - 6बी: जलभूगर्भविज्ञान - हिमालयी नदी तंत्र एवं भूजल

इस समूह ने भूजलविज्ञान पर प्रथम मर्तबा अंतर्दृष्टि प्रदान की, उपसतही जल-भूवैज्ञानिक विशेषताओं, तात्विक स्रोतों का मॉडल तैयार किया गया और देहरादून जिले के जनजातिय क्षेत्रों में भूजल की गुणवत्ता की विशेषताओं का निर्धारण किया गया। इसके अतिरिक्त, विवर्तनिकी एवं हिमालयी नदी घाटियों के अवसादिक बजट पर इसके प्रमुख नियंत्रण का मूल्यांकन तीस्ता नदी बेसिन के संदर्भ में भी किया गया, जो कि लघु हिमालय में अवसादिक उदगम निहित कर एक अनूठी हिमालयी नदी बेसिन है। तीस्ता बेसिन के एक अवसादिक मूल से प्राप्त होलोसीन अपरदन के अभिलेख लघु हिमालयी अवसादिक योगदान में वृद्धि की ओर संकेत करते हैं।

गतिविधि - 7: विभिन्न समय स्तरों पर मुख्य हिमालयी थ्रस्ट (MHT) में विकृति संवयन एवं विकृति निर्मुक्तन दर का प्रमात्रीकरण

दार्जिलिंग-सिक्किम हिमालय (डीएसएच) में मुख्य हिमालयी थ्रस्ट के विभाजन के पुराभूकंपीय साक्ष्य : डीएसएच एक 150 किमी लंबा स्वतंत्र खंड है, जो एक अनुप्रस्थ रीज व भ्रंश से घिरा है तथा इसका पुनरावृत्ति अंतराल $\sim 949-1963$ वर्ष है, जो नेपाल (लगभग 700-900 वर्ष) और भूटान हिमालय (लगभग 339-761 वर्ष) से काफी अधिक है। भारत के दक्षिण-पूर्वी काराकोरम में नुब्रा घाटी में काराकोरम भ्रंश (केएफ) क्षेत्र के साथ एक नए जिरकोन और एपेटाइट विखंडन-पथ (जेडएफटी - एएफटी) का तापकालक्रमिक अध्ययन किया गया है। जेडएफटी की आयु क्रमशः 8.7 ± 0.7 से 11.3 ± 0.6 मिलियन वर्ष और एएफटी की आयु क्रमशः 3.8 ± 0.5 से 6.9 ± 1.1 मिलियन वर्ष तक है। जेडएफटी आयु का उपयोग करते हुए परिकलित उत्स्रवध दरें $\sim 9.87 \text{ Ma}$ से $\sim 0.54 \pm 0.04$ से $0.66 \pm 0.04 \text{ mm yr}^{-1}$ तक तथा एएफटी आयु के लिए $\sim 4.8 \text{ Ma}$ से $\sim 0.58 \pm$

0.1 से $0.68 \pm 0.11 \text{ mm yr}^{-1}$ तक भिन्न होती हैं। संरक्षण के लिए पांच महत्वपूर्ण भूवैज्ञानिक विरासत स्थलों की पहचान की गई : भारतीय राज्यों ओडिशा, राजस्थान, उत्तर प्रदेश और उत्तराखंड में पांच अलग-अलग भूवैज्ञानिक क्षेत्रों में स्थित पांच भू-विरासत स्थल, जो भूविज्ञान शिक्षा के लिए महत्वपूर्ण हैं, और जिनमें 'भू-पर्यटन' के विकास की संभावना है, उन्हें स्थानीय पर्यटन के विकास के अतिरिक्त, भूवैज्ञानिकों, शोधकर्ताओं, छात्रों एवं विज्ञान के प्रति उत्साही जनों की अग्रेतर पीढ़ियों के लिए संरक्षण के लिए सुझाया गया। हिमालयी मेटामॉर्फिक कोर (एचएमसी) का बहिर्वेधन ओलिगोसीन से प्रारंभिक मायोसीन तक एक साथ मध्य-भूपर्पटी चैनल प्रवाह व क्रमिक थ्रस्टिंग द्वारा हुआ, जिसका आशय मध्य-भूपर्पटी चैनल के अंतर्गत का तनाव विभाजन है। मायोसीन उपरांत, एचएमसी का दक्षिण-पश्चिम दिशा में बहिर्वेधन एक विवर्तनिक वेज के रूप में घटित हुआ।

शैक्षणिक लक्ष्य

संस्थान के शोधकर्ताओं ने वर्ष 2024-2025 में सहकार्य-समीक्षित एससीआई जर्नलों में 117 शोध पत्र, 5 पुस्तक अध्याय, 1 क्षेत्र दौरा मार्गदर्शिका और 5 तकनीकी रिपोर्ट प्रकाशित कीं। वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान में वैज्ञानिक एवं नवाचार अनुसंधान अकादमी (एससीएसआईआर) द्वारा संस्थान के अनुभवी वैज्ञानिकों के माध्यम से पीएचडी शोधार्थियों को शिक्षित करने की पहल की जाती है। कुल 10 शोधार्थियों को पीएचडी की उपाधि से अलंकृत किया गया तथा पीएचडी उपाधि के लिए शोधार्थियों द्वारा 4 शोध-प्रबंध प्रस्तुत किए गए। संस्थान को (i) दि. 9 सितंबर, 2024 को हिमालय दिवस के अवसर पर 'जलवायु परिवर्तन, प्राकृतिक आपदाएं, तथा हिमालय का पारिस्थितिकी तंत्र' विषय पर एक दिवसीय कार्यशाला आयोजित करने का सौभाग्य प्राप्त हुआ, जिसमें विभिन्न अनुसंधान/शैक्षणिक संस्थानों, राज्य आपदा प्रबंधन विभागों, देहरादून के विश्वविद्यालयों/कॉलेजों, सैनिकों, इंजीनियरों, शोध अध्येताओं व छात्रों सहित 200 से अधिक प्रतिभागियों ने भाग लिया, (ii) क्षमता निर्माण आयोग, भारत सरकार के अंतर्गत उद्योग अंतर्वेशन कार्यक्रम दि. 17-18 सितंबर, 2024 को वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून में आयोजित किया गया, जिसके माध्यम से विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग

(डीएसटी) के अधिकारियों को संस्थान की योजनाओं, कार्यप्रणाली एवं प्रयोगशालाओं के संबंध में जानकारी साझा की जा सके, तथा (iii) दि. 22-25 नवंबर, 2024 के दौरान जम्मू व कश्मीर के कटरा में श्री माता वैष्णो देवी विश्वविद्यालय (एसएमवीडीयू) में 8वें राष्ट्रीय भू-अनुसंधान अध्येता सम्मेलन का आयोजन किया गया, जिसमें समग्र भारत से लगभग 60 अनुसंधान अध्येताओं ने प्रतिभाग किया।

संस्थान के वैज्ञानिकों को विभिन्न मंचों पर पुरस्कार एवं सम्मान से सम्मानित किया गया। डॉ. सोम दत्त को आई.जी.यू. में डॉ. जे.जी. नेगी युवा वैज्ञानिक पुरस्कार 2024 प्रदान किया गया तथा डॉ. पंकज चौहान को संयुक्त रूप से (आपदा रोधी अवसरचना संघ) वर्ष 2024-25 के लिए सीडीआरआई अध्येतावृत्ति प्रदान की गई, जिसका वित्तपोषण राष्ट्रीय सरकारों व संयुक्त राष्ट्र एजेंसियों द्वारा किया गया।

अन्य उपलब्धियां

संस्थान ने भारत के भिन्न-भिन्न क्षेत्रों में पृथक मंच पर प्रतिभाग किया तथा अपने वैज्ञानिक प्रदर्श प्रदर्शित किए। संस्थान ने दि. 30 नवंबर से 3 दिसंबर 2024 तक भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान गुवाहाटी, असम में आयोजित भारत अंतरराष्ट्रीय विज्ञान महोत्सव (आईआईएसएफ) 2024 में भाग लिया। संस्थान ने विद्यालयी छात्रों एवं आम जनता के लिए भूकंप व अन्य भूजोखिमों से संबंधित अनेकों जागरूकता कार्यक्रम आयोजित किए। संस्थान ने राजभाषा दिशानिर्देशों का सख्ती से अनुपालन किया तथा नियमित कार्यालयीन कार्यों के साथ-साथ वैज्ञानिक शोध प्रकाशनों में हिंदी के प्रयोग को बढ़ावा देने के लिए विभिन्न कदम उठाए। संस्थान में हिंदी पखवाड़ा 14-30 सितंबर 2024 तक मनाया गया। संस्थान के वर्ष 2023-24 के वार्षिक प्रतिवेदन को द्विभाषी रूप (हिंदी और अंग्रेजी) में तथा आंतरिक हिंदी पत्रिका 'अश्मिका' को प्रकाशित किया गया। संस्थान का अपना प्रमुख छमाही (जनवरी और जुलाई) शोध जर्नल 'हिमालयन जियोलॉजी' है, जिसमें हिमालय एवं अन्य क्षेत्रों के संबंध में पृथ्वी विज्ञान के अनेकों पहलुओं पर मौलिक शोध प्रकाशित किए जाते हैं।

विनीत कुमार गहलौत
निदेशक

अनुसंधान गतिविधियां

गतिविधि – 1ए

भारत-यूरेशियाई संघट्टन क्षेत्र की भूगतिकी एवं क्रिस्टलाइन थ्रस्ट शीट्स : पर्पटी उद्भव, कार्बन पृथक्करण एवं खनिजीकरण

(बरुण कुमार मुखर्जी, परमजीत सिंह, प्रताप चंद्र सेठी, हृदया चौहान, एम. रजनीकांत सिंह और कुंदा बंदे)

कुर्जोक क्रोमाइट से प्राप्त स्पिनल में रिवर्स जोनिंग

ओपियोलाइट खंड में, क्रोमाइट से प्राप्त स्पिनल सबसे स्थिर व अत्यधिक प्रतिरोधी खनिज हैं। इसलिए, इन्हें आमतौर पर विगत रासायनिक इकाई को धारित करने के लिए सर्वोत्तम कण्टेनर के रूप में पहचाना जाता है, जिस पर पृथ्वी के उथले इतिहास का छाप है। उत्तर-पश्चिमी हिमालय के कुर्जोक ओपियोलाइट के मेटल खंड में, पेरिडोटाइट चट्टानों से आच्छादित लगभग 10 मीटर लंबे पोंड के एक छोटे क्रोमाइट पिंड का अध्ययन किया गया। क्रोमाइट से प्राप्त स्पिनल की शैलवैज्ञानिक जांच से एक असममित बनावट प्रकट होती है, जिसमें स्पिनल के कभी-कभी सुविकसित अष्टफलकीय क्रिस्टल शामिल होते हैं। स्पिनल समरूप व विरल दोनों प्रकार की जोनिंग प्रदर्शित करते हैं, जिसकी विशेषता क्रोड और रिम्स में 0.78 से 0.91 तक Cr# का परिवर्तन है। यह क्रोड में उच्च Al और Mg सामग्री व रिम्स में उच्च Cr और Fe प्रदर्शित करता है। स्पिनल पर मापे गए रमन शिफ्ट 691 cm^{-1} से 708 cm^{-1} पर CrO स्ट्रेश क्षेत्र दर्शाते को हैं। 698 cm^{-1} पर सबसे तीव्र शीर्ष की पहचान (Mg, Fe) Cr₂O₃ के सममित खिंचाव कंपन मोड के रूप में की गई है। बढ़ते दबाव की प्रतिक्रिया में Al के अनुपात में वृद्धि के परिणामस्वरूप 748 cm^{-1} पर Al₂O₃ मोड के शीर्ष के विस्तार तथा शीर्षस्थ उच्च तरंग संख्या में स्थानांतरण प्रेक्षित किया गया, जिससे FeAl₂O₄ के गठन की पहचान हुई है। 1061 cm^{-1} व 3681 cm^{-1} पर विशिष्ट रमन शिफ्ट के साथ स्पिनल में प्रेक्षित रिवर्स जोनिंग, आंशिक निर्जल प्रावर खनिज की उपस्थिति को दर्ज करता है। अध्ययन स्पिनल गठन के लिए महत्वपूर्ण पथ प्रदर्शित करता है, जो कि काफी उच्च दाब में गार्नेट फेज के साथ सह-अस्तित्व में उपस्थित हो सकता है।

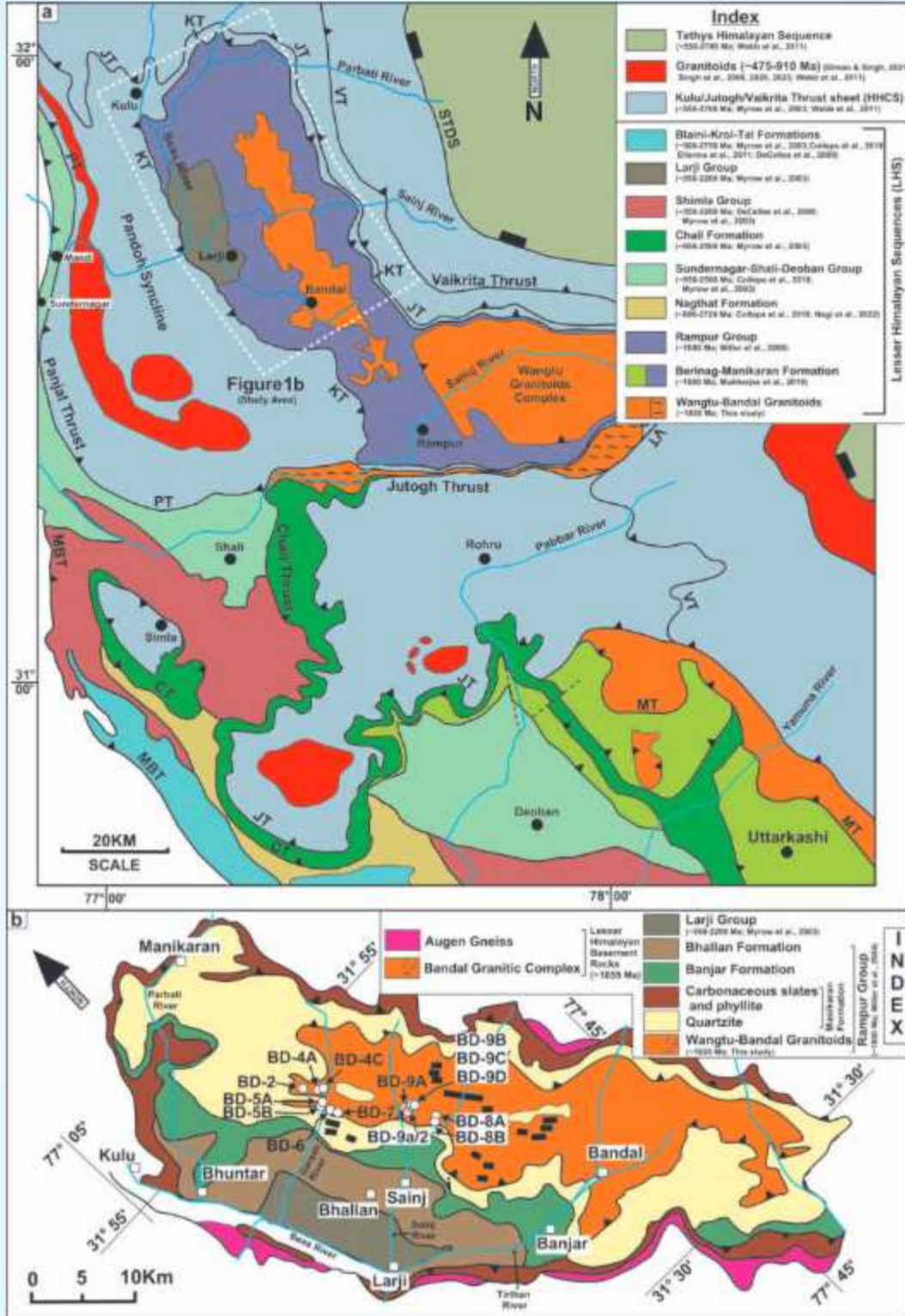
बंदल ग्रेनाइटॉइड से नवीन U-Pb आयु

भारतीय ब्लॉक के उत्तरी सीमांत के पैलियोप्रोटैरोजोइक मैग्माटिज्म व विवर्तनिक सेटिंग तथा उत्तर-पश्चिम भारत के आर्कियन-पैलियोप्रोटैरोजोइक अरावली-दिल्ली-बुंदेलखंड (ADB) क्रेटन के साथ उनके संभावित संबंध को समझने के लिए, उत्तर-पश्चिम हिमालय के हिमाचल क्षेत्र में बंदल ग्रेनाइटॉइड कॉम्प्लेक्स (BGC) से U-Pb जिरकोन भू-कालक्रमिक अध्ययन किया गया है (चित्र 1)। बीजीसी ग्रेनाइटॉइड्स के तीन ग्रेनाइटिक नाइसिस नमूनों से प्राप्त यू-पीबी जिरकोन की आयु लगभग 1.92–1.88 Ga और ~1.86–1.85 Ga के मध्य है, जिनमें कुछ वंशानुगत रूप से अधिक आयु लगभग 2.45–2.33 Ga है। जिरकोन के कण अपेक्षाकृत छोटे (50–200 μm), यूहेड्रल व समावेशन से युक्त होते हैं (चित्र 2ई, जी में सीएल चित्र)। Pb/U अनुपात >0.1 है, जो आग्नेय उद्भव का संकेत

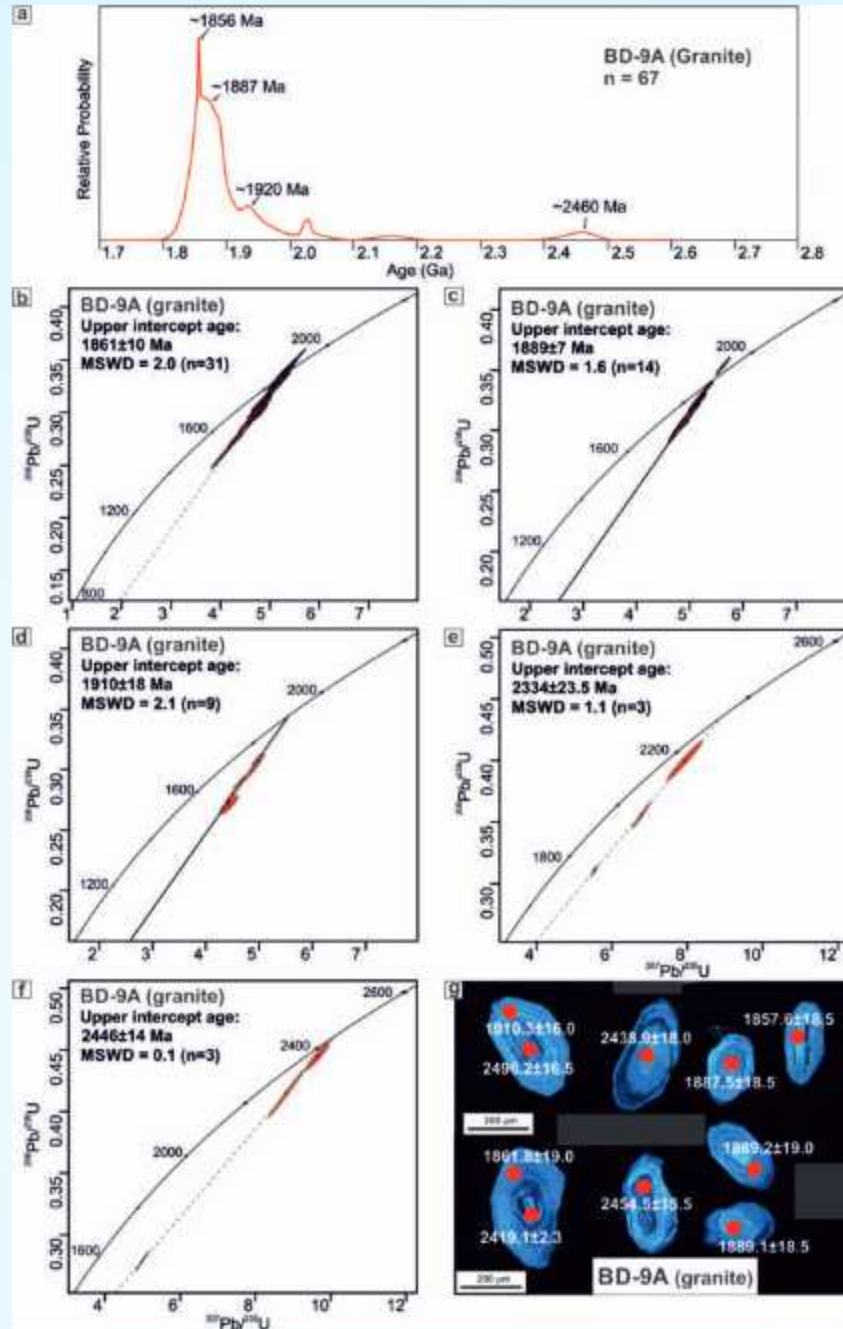
देता है (होस्किन व आयरलैंड, 2000; रुबाटो, 2002; किर्कलैंड एट अल., 2015)। जिरकोन के कोर और रिम्स में यू-पीबी आयु के कुल 109 स्पॉट विहित किए गए। सैंपल BD-2/2 से आयु सीमा 1377.6 ± 21.0 और 3070.0 ± 70.0 Ma प्राप्त होती है। BD-9/2 से आयु सीमा 1787.0 ± 19.5 Ma और 2780.0 ± 95.0 Ma प्राप्त हुई तथा BD-9A से आयु सीमा 1817.0 ± 18.5 और 3230.0 ± 12.5 Ma प्राप्त हुई (चित्र 2)। सभी संगत और असंगत आयुओं को 20: तक छांटा गया तथा एक-दूसरे के साथ औवलैप किया गया। प्राचीन घटक उत्तर-पश्चिमी हिमालय के BGC ग्रेनाइट के जिरकोन की प्रोटोलिथ आयु को दर्शाता है। जबकि, लगभग 1860 Ma के तरुण आयु घटक अधिकांशतः जिरकोन रिम्स में मौजूद है। यू-पीबी आयु परिणामों के आधार पर, यह अनुमान लगाया गया कि पैलियोप्रोटैरोजोइक मैग्माटिज्म भारतीय महाद्वीपीय ब्लॉक के उत्तरी मार्जिन के साथ घटित हुआ और ~1.92–1.85 Ga के मध्य सबडक्शन-अभिवृद्धि प्रेक्षित की गई, इसके उपरांत 1.80 Ga के लगभग पर्पटी में विस्तार हुआ। इसके अतिरिक्त, एडीबी क्रेटन के साथ जिरकोन आयु डेटा से ज्ञात होता है कि यह एक सतत मैग्मैटिक घटना थी जो कि भारतीय ब्लॉक के उत्तरी मार्जिन के साथ ~2.10–1.85 Ga के मध्य घटित हुई तथा कोलंबिया परममहाद्वीप के संयोजन से संबंधित थी।

हिमाचल हिमालय के मैफिक शैल में प्लूम-लिथोसिफियर अंतःक्रिया के अवशेष

उत्तर-पश्चिम हिमालय क्षेत्र के गतिक विवर्तनिक परिवेश में प्रीकैम्ब्रियन से लेकर सेनोजोइक तक प्रसारित मैफिक मैग्मैटिक गतिविधि के अनेकों चरणों का रिकॉर्ड उपस्थित है। यहां, हमने उत्तर-पश्चिमी हिमालय के हिमाचल क्षेत्र के नगराटा-काठिंडी खंड (एनकेएस) से मैफिक ज्वालामुखी और डाइक की विस्तृत शैलचित्रणा एवं नवीन समग्र-शैल भूरसायनविज्ञान का अध्ययन किया, जिससे शैलजनन व संभावित विवर्तनिक परिवेश को समझा जा सके। दोनों प्रकार की चट्टानों में तुलनीय खनिज संरचनाएं (विलनोपाइरोक्सीन, प्लेजियोक्लेज एक्टिनोलाइट-ट्रेमोलाइट + क्लोराइट + आयरन ऑक्साइड ± हॉर्नब्लेंड ± एपिडोट ± क्वार्ट्ज ± कार्बोनेट) हैं, जो कि ग्रीनशिस्ट द्वारा निम्न एम्फीबोलाइट संलयन रूपांतरित रूप से ओवरप्रिंट हैं। एनकेएस के मैफिक ज्वालामुखी व डाइक बेसाल्टिक एंडेसाइट्स के लिए उप-क्षारीय बेसाल्ट व एक विशिष्ट थोलेइट संरचनागत चरित्र प्रदर्शित करते हैं। चोंडाइट-सामान्यीकृत दुर्लभ पृथ्वी तत्व पैटर्न समान एलआरईई संवर्धन तथा प्रबल एचआरईई विभाजन प्रदर्शित करते हैं, जबकि प्राथमिक प्रावार सामान्यीकृत बहु-तत्व पैटर्न Rb, Ba, Th, LREE, के स्पष्ट LREE संवर्धन और Nb, K, P और Ti के HFSE कमी को दर्शाते हैं। Zr-Y-Nb-Th संबंध यह इंगित करते हैं कि दोनों शैल प्रकार प्लूम स्रोत से उत्पन्न हुए थे, जबकि न्यून Nb/La (<1), समान उच्च बड़े आयन लिथोफाइल तत्व सांद्रता व स्पष्ट रूप से नकारात्मक Nb, Zr, P और Ti विसंगतियां दर्शाते हैं। एनकेएस ज्वालामुखी और डाइक के लिए मूल मैग्मा की उत्पत्ति स्पिनलगार्नेट लेजोलाइट स्थिरता क्षेत्र से 4–6% और 10–20% आंशिक द्रवण से प्राप्त हुई। अध्ययन किए गए



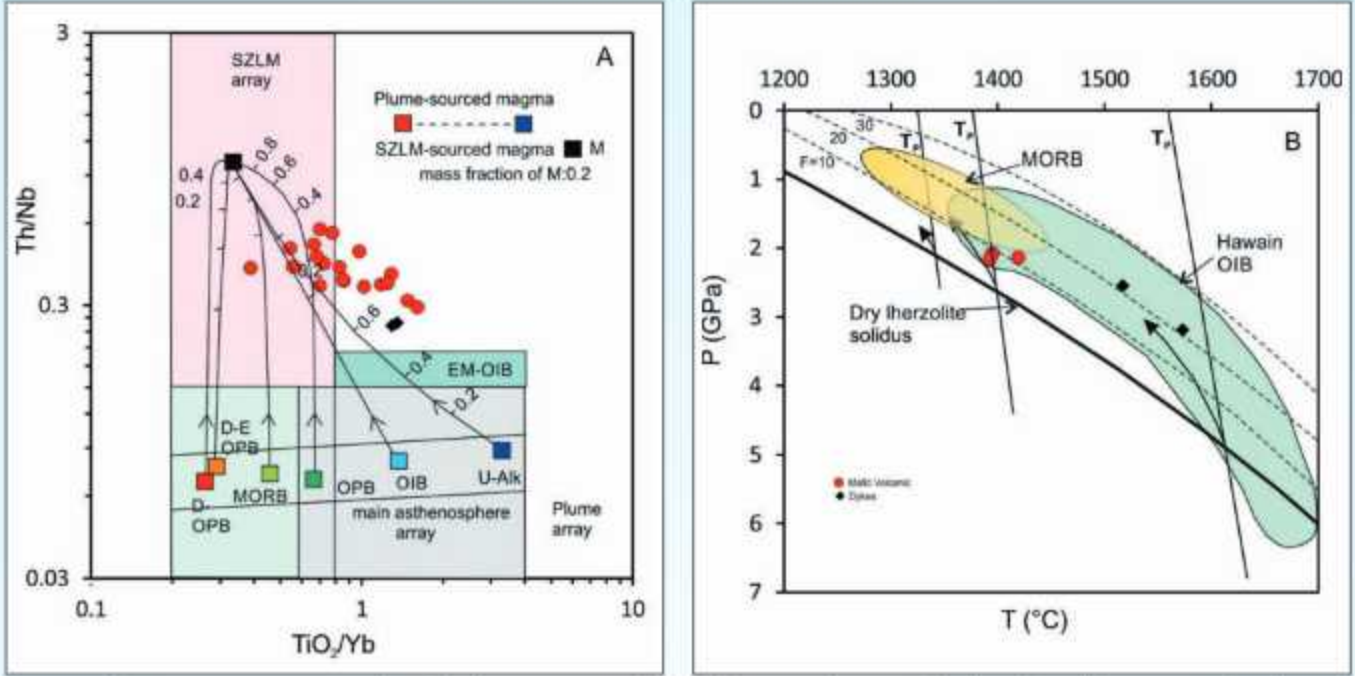
चित्र 1 : (ए) हिमाचल प्रदेश, उत्तर-पश्चिम-हिमालय का भूवैज्ञानिक मानचित्र जो वर्तमान अध्ययन क्षेत्रों की विवर्तनिक सेटिंग को दर्शाता है (ठाकुर, 1992; भार्गव और बरसी, 1994; सिंह एट अल, 2021; वल्लिया, 1980 के बाद संशोधित), आयताकार बॉक्स वर्तमान अध्ययन क्षेत्र को दर्शाता है। (बी) हिमाचल हिमालय के बंदल ग्रेनाइटोइड्स कॉम्प्लेक्स (बीजीसी) क्षेत्र से कुल्लू-लारजी-रामपुर गवाक्ष की विस्तृत भूवैज्ञानिक एवं विवर्तनिक सेटिंग तथा एकत्रित नमूनों के स्थल (शर्मा, 1977; शर्मा और राशिद, 2001; राशिद और शर्मा, 2001 के बाद संशोधित)। काले रंग का वृत्त नमूना अवस्थितियों को दर्शाता है।



चित्र 2 : (ए) BD-9/2 ग्रेनाइट नमूने की $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ आयु के लिए संभाव्यता घनत्व आरेख। (बी-सी-डी) बीजीसी ग्रेनाइटॉइड्स के BD-9/2 ग्रेनाइट नमूने के लिए सांख्यिकीय रूप से पृथक्कनीय समूहों के साथ अपर इण्टरसेप्ट U-Pb जिरकोन आयु क्रमशः दर्शाई गई है। (एफ) बीजीसी ग्रेनाइटॉइड्स के BD-2/2 ग्रेनाइट नमूनों की U-Pb समस्थानिक संरचनाओं के कॉनकोर्डिया आरेख। (ई-जी) BD-9/2 और BD-2/2 से प्रतिनिधि जिरकोन कणों के सीएल छायाचित्र। सीएल चित्रों में पृथक् रूप से विश्लेषित कणों की समरूप आयु ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ आयु) अंकित की गई है। एमएसडब्ल्यूडी – माध्य वर्ग भारित विचलन।

अधिकांश नमूने $(\text{Gd}/\text{Yb})_n$ vs. $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ आरेख पर स्पिनलगार्नेट पेरिडोटाइट द्रवण के अनुरूप हैं, जिससे मेंटल रीसाइट में अवशिष्ट गार्नेट की संपुष्टि होती है। एनके खंड से सभी बेसाल्ट और डाइक भू-रासायनिक विभेद के आधार पर एक अंतरमहाद्वीपीय दरार सेटिंग में फटे/अंतर्वेशित हुए। इन चट्टानों के निर्माण के लिए उत्तरदायी प्रमुख शैल-विवर्तनिक प्रक्रियाएं इस प्रकार हैं : (i) एडियाबेटिक

अपघटन द्वारा आरोही प्लूम का द्रवण; (ii) द्रवण तंत्र में इस प्लूम-एससीएलएम स्रोत का आंशिक द्रवण व (पपप) ऊष्मा का उत्सर्जन जो कि एससीएलएम द्रवण के लिए तापीय स्थिति प्रदान करता है तथा अपवेलिंग मेंटल प्लूम व सबडक्शन मेटासोमेटाइज्ड एससीएलएम के मध्य परस्पर अंतःक्रिया करता है (चित्र 3)।



चित्र 3: (ए) TiO₂/Yb बनाम Th/Nb आरेख (पियर्स एट अल., 2021 के उपरांत) प्लूम-एसजेडएलएम क्षेत्र में एनकेएस मैफिक ज्वालामुखीय स्ट्रैडल के बहुमत में एक डाइगोनल ट्रेंड है, जो यह दर्शाता है कि उनके मैग्मा का स्रोत एक समृद्ध प्लूम था जो डाइक की तुलना में एसजेडएलएम के साथ अधिक अंतःक्रिया करता था, जो मुख्य रूप से प्लूम स्रोत से गठित थे। एमओआरबी : मध्य-महासागर रिज बेसाल्ट, एन-एमओआरबी : सामान्य मध्य-महासागर रिज बेसाल्ट, ई-एमओआरबी : समृद्ध मध्य-महासागर रिज बेसाल्ट, ओआईबी : महासागर द्वीप बेसाल्ट, सीएबी : महाद्वीपीय चाप बेसाल्ट, आईएबी : द्वीप चाप बेसाल्ट, ओपीबी : महासागरीय पठार बेसाल्ट, एसजेडएलएम : सबडक्शन जोन-संशोधित लिथोस्फेरिक प्रावार (बी) द्रवण तापमान (°C) बनाम दाब (GPa) एनकेएस ज्वालामुखीय चट्टानों के लिए पी-टी अनुमान 1392–1419° सेल्सियस की मैग्मा तापमान सीमा, 2.1 जीपीए का दबाव दर्शाते हैं तथा एमओआरबी-ओआईबी अंतःक्रिया जोन में अवस्थित हैं। जबकि डाइक में 1517–1573 डिग्री सेल्सियस की एक बड़ी तापमान सीमा व 2.6–3.2 जीपीए की दाब सीमा निहित होती है, जो प्लूम द्वारा गठित हवाईयन बेसाल्ट के समतुल्य है। ली एट अल (2009) द्वारा परिकल्पित पूर्वी प्रशांत राइज व मध्य अटलांटिक रिज से मध्य-महासागरीय रिज बेसाल्ट और हवाईयन हॉटस्पॉट से महासागर द्वीप बेसाल्ट के लिए द्रवण तापमान और दाब की सीमा के तुलना के लिए भी दर्शाया गया है। मोटी गहरी रेखा व पतली डाट ग्रे रेखा क्रमशः शुष्क लेजॉलाइट सॉलिडस व द्रवित अंश आइसोप्लेथ का प्रतिनिधित्व करती हैं। MORB (Tp MORB) और OIB (Tp OIB) के लिए प्रावर संभाव्य तापमान भी ली एट अल, (2009) द्वारा की गई गणनाओं से लिया गया है।

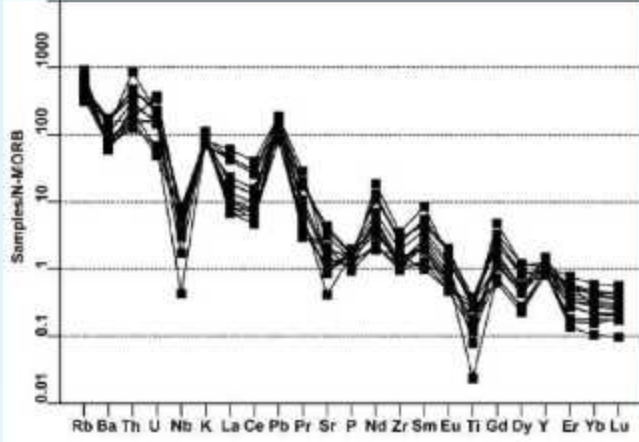
पूर्व-विद्यमान महाद्वीपीय परपटी की प्रवृत्ति

बंडल ग्रेनाइटॉइड कॉम्प्लेक्स (बीजीसी) उत्तर-पश्चिमी हिमालय में कुल्लू-लारजी-रामपुर विवर्तनिक गवाक्ष के अंतर्गत मणिकरण संरचना के मूल को धारित करता है। यह कॉम्प्लेक्स लघु हिमालयी क्रिस्टलीय बेल्ट के मेटासेडिमेंटरी और मेटावोल्कैनिक संयोजनों में अंतर्वेशित ग्रेनाइटॉइड्स के एक बहु-चरणीय समूह से बना है। क्षेत्रीय अवलोकन, शैलचित्रीय विशेषताएं और भू-रासायनिक संकेत सामूहिक रूप से इन ग्रेनाइटॉइड्स की मिश्रित प्रवृत्ति और एक विवर्तनिक रूप से गतिक तंत्र के भीतर उनके प्रतिस्थापन का संकेत देते हैं। भू-रासायनिक रूप से, बीजीसी नमूने 37 से 392 पीपीएम तक परिवर्तनशील स्ट्रॉटियम (Sr) सांद्रता, निम्न यिट्रियम (Y) मात्रा (23–42 पीपीएम) और 177 से 511 पीपीएम के मध्य उच्च रुबिडियम (आरबी) की भिन्नता को प्रदर्शित करते हैं। Rb/Sr अनुपात, जो कि 0.67 से 10.08 तक है, महत्वपूर्ण मैग्मैटिक विभाजन को दर्शाता है। N-MORB मान (सन और मैकडोना, 1989) के प्रति सामान्यीकृत करने पर, बीजीसी ग्रेनाइटॉइड्स में Rb, Th, K, Ba और Pb सहित बड़े-आयन लिथोफाइल तत्वों (एलआईएलई) में उल्लेखनीय वृद्धि और Nb, Sr, P और Ti जैसे उच्च-क्षेत्र सामर्थ्य तत्वों (एचएफएसई)

में कमी प्रेक्षित की गई (चित्र 4)। Ti, Nb, Sr और Zr में प्रबल ऋणात्मक विसंगतियों की उपस्थिति, साथ ही उच्च एलआईएलई/एचएफएसई अनुपात, एक अवसादी प्रोटोलिथ से व्युत्पन्न होने का संकेत देते हैं और एक पश्च-संघट्टन या विस्तारात्मक विवर्तनिक परिवेश की ओर संकेत करते हैं, जिनमें संभवतः पूर्व विद्यमान महाद्वीपीय परपटी का पुनःद्रवण सम्मिलित है।

गैबो में अंतः महासागरीय द्वीप आर्क के साक्ष्य

सुप्रा-सबडक्शन जोन (SSZ) ओपियोलाइट्स स्रोत संरचना, प्रावर वेज में द्रव्य/द्रवण अंतःक्रिया की व्यापकता एवं इस प्रकार सबडक्शन कॉम्प्लेक्स के विवर्तनिक इतिहास को प्रकट करने में महत्वपूर्ण हैं (डिलेक और फर्नेस 2019)। किलनोपाइरोक्सीन मैफिक-अल्ट्रामैफिक शैल में एक महत्वपूर्ण क्रिस्टलीकरण खनिज प्रावस्था है और मूल प्रावार स्रोत संरचना के संबंध में महत्वपूर्ण जानकारीयां संरक्षित करता है (बटकी एट अल, 2018; ली एट अल, 2020)। इसकी संरचनागत भिन्नता ओपियोलाइट अनुक्रमों से संबंधित मेजबान मैग्मा की विवर्तनिक स्थिति पर निर्भर करती है (निस्वेट और पीयर्स 1977; बेक्कालुवा एट अल, 1989; नायक और पाल 2021)। यह प्रदर्शित किया गया है कि किलनोपायरोक्सीन खनिज रसायन का



चित्र 4 : हिमाचल प्रदेश में बीजीसी ग्रेनाइटोइड्स का N-MORB-सामान्यीकृत (सन और मैकडोनो, 1989 के उपरांत) ट्रेस-एलिमेंट पैटर्न।

उपयोग ओपिओलाइट्स की ताप-बैरोमेट्री, शैलजनन व विवर्तनिक स्थिति के निर्धारण के लिए एक प्रॉक्सी के रूप में किया जा सकता है (उदाहरणार्थ : निस्बेट और पीयर्स 1977; लेटरियर एट अल. 1982; बेकालुवा एट अल. 1989; यालिनिज और गोकुओग्लू 2000; मोअज्जेन और ओबरहंसली 2008; ओवुंग एट अल. 2018; बर्न्स एट अल. 2020; विंड एट अल. 2021; खरे एट अल. 2022)। निम्न-श्रेणी के कार्यांतरण शैल में, क्लिनोपायरॉक्सीन के मैग्मैटिक चिह्न सुसंरक्षित रहते हैं और आमतौर पर अपरिवर्तित रहते हैं (फोडोर और थोडे 1977; बेकालुवा एट अल. 1989)। उच्च-Ti क्लिनोपायरॉक्सीन सामान्यतः मध्य-महासागरीय रीज, पश्च-आर्क बेसिन और Fe - क्षरित मैग्मैटिक परिवेशों में पाए जाते हैं (निस्बेट और पीयर्स 1977; बेकालुवा एट अल. 1989), जबकि निम्न - Ti क्लिनोपायरॉक्सीन सबडक्शन जोन के ऊपर अंतर्महासागरीय द्वीप आर्क मैग्माटिज्म से जुड़े हैं (बेकालुवा एट अल. 1989)। क्लिनोपायरॉक्सीन में, Al और ज्प की सांद्रता सामान्यतः थोलेइटिक से प्रति-क्षारीय मैग्मैटिक आत्मीयता तक बढ़ जाती है (ले बास 1962)। इसके अलावा, क्लिनोपायरॉक्सीन पर्पटी-प्रावार प्रक्रियाओं, द्रवण-पेरिडोटाइट अंतःक्रिया, मेजबान मैग्मा संरचना और विवर्तनिक संरचना (लेटरियर एट अल. 1982; बेकालुवा एट अल. 1989; पुतिरका एट अल. 1996; योगोडजिंस्की व केलेमेन 2007; चेन एट अल. 2018; विंड एट अल. 2021) से संबंधित व्यवस्थित और सूक्ष्म रासायनिक विभेद को प्रदर्शित करता है।

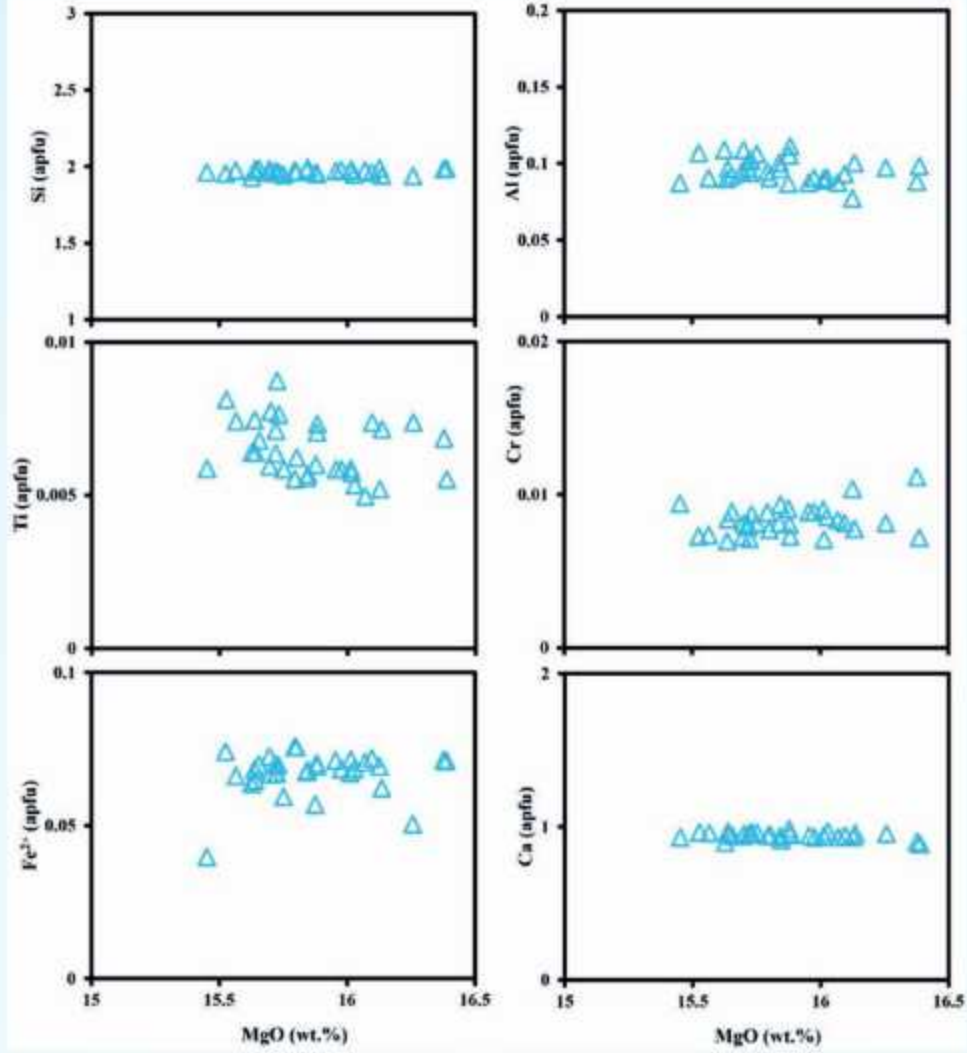
लद्दाख हिमालय में, सिंधु सूचक क्षेत्र (आईएसजेड) के साथ जुरासिक काल के अंत से लेकर क्रेटेशियस काल के ओपिओलाइट्स प्रकट हुए हैं, जो नियो-टेथिस महासागर के पूर्वी भाग के अवशेषों का प्रतिनिधित्व करते हैं (अहमद एट अल. 2008; भट एट अल. 2019ए, 2019बी; बकमैन एट अल. 2018)। हालाँकि, पश्चिमी लद्दाख की ओपिओलाइटिक चट्टानों, यथा. द्रास, थसगाम, सुरु घाटी, शेरगोल ओपिओलाइटिक स्लाइस (जैसो, भट एट अल. 2019ए, 2019बी, 2019सी, 2021, 2023) पर व्यापक संपूर्ण-शैल भू-रासायनिक डेटा उपलब्ध है, फिर भी, मेजबान ओपिओलाइटिक शैल के शैलजनन और विवर्तनिक आत्मीयता को समझने के लिए खनिज रसायन विज्ञान पर सीमित अध्ययन उपलब्ध हैं। पश्चिमी लद्दाख में, थसगाम ओफियोलाइटिक गैब्रो, एसएसजेड मैग्माटिज्म के भू-गतिकी विकास

में विशिष्ट अंतर्दृष्टि प्रदान करता है। थसगाम ओफियोलाइटिक गैब्रो में, क्लिनोपायरॉक्सीन संरचना की विशेषता TiO_2 (0.18 से 0.31wt.%), और Al_2O_3 (1.74 से 2.51wt.%) की कम सांद्रता और CaO (21.2 से 24.5 wt.%), MgO (15.5 से 16.4wt.%) की उच्च सांद्रता है। ये क्लिनोपायरॉक्सीन $Wo_{43.3-31.2}$, $En_{56.6-38.2}$ और $Fs_{34.8-10.9}$ तक सीमित संरचना की सीमा को प्रदर्शित करते हैं, जो लौह संवर्धन की सीमित मात्रा को दर्शाता है। वोलास्टोनाइट (Wo) – एनस्टाटाइट (En) – फेरोसिलाइट (Fs) पायरॉक्सीन त्रिक वर्गिकी आरेख में यह डायोप्साइड संरचनागत युग्मता को दर्शाते हैं, जो थसगाम ओपिओलाइट पायरॉक्सेनाइट्स (भट एट अल. 2021 के उपरांत के आंकड़े) के समतुल्य हैं। इसकी तुलना में, आईएसजेड के साथ निडार ओपिओलाइट गैब्रोस (नायक और पाल 2021 के उपरांत के आंकड़े) और शेरगोल ओपिओलाइट गैब्रोस (भट एट अल. 2019सी के उपरांत के आंकड़े) अधिक ऑगिटिक संरचना दर्शाते हैं। अध्ययन किए गए क्लिनोपायरॉक्सीन में TiO_2 की अल्प सांद्रता के कारण, हमने उन्हें निम्न-ज्प क्लिनोपायरॉक्सीन के रूप में निर्दिष्ट किया है।

मैग्मा से क्लिनोपायरॉक्सीन का प्रगतिशील क्रिस्टलीकरण, विभाजन सूचकांक यथा. डहल्ल के संबंध में इसके तात्त्विक सांद्रता की भिन्नता में प्रतिबिंबित होता है। MgO कुके Si^{4+} , Al^{3+} , Ti^{4+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} और Ca^{2+} बाइनरी प्लॉट (चित्र 5) में, अध्ययन किए गए क्लिनोपायरॉक्सीन की संरचना एक समग्र रूप से सुसंगत रैखिक मैग्मैटिक प्रवृत्ति दिखाती है, जिससे मैग्मैटिक परिवर्तन के बाद की न्यूनतम संभावना के साथ उनकी मैग्मैटिक प्रकृति का संकेत मिलता है। MgO बनाम Si , Al , Ti , Cr , और Fe प्लॉट में, अध्ययन किए गए क्लिनोपायरॉक्सीन में थोड़ी कमी की प्रवृत्ति दर्शित होती है, जो प्रगतिशील क्लिनोपायरॉक्सीन क्रिस्टलीकरण के साथ क्लिनोपायरॉक्सीन और उनके मेजबान मैग्मा में इन तत्वों की समग्र कमी का संकेत देती है। जबकि MgO बनाम Ca आरेख में, क्लिनोपायरॉक्सीन वर्धित प्रवृत्ति दर्शाता है, जो कि क्लिनोपायरॉक्सीन क्रिस्टलीकरण के दौरान होस्ट मैग्मा में Ca के संवर्धन को प्रतिबिंबित करता है।

मैफिक शैल में, क्लिनोपायरॉक्सीन की संरचना मुख्य रूप से मेजबान मैग्मा की संरचना द्वारा नियंत्रित होती है (ब्राउन 1967)। लेटरियर एट अल. (1982) के अनुसार, क्लिनोपायरॉक्सीन खनिज संरचना यथा Ca , Ti , Al , Si , Mg , आदि का उपयोग पैतृक मैग्माओं की विवर्तनिक संरचना को समझने के लिए किया जा सकता है। थैसगम गैब्रो क्लिनोपायरॉक्सीन की उच्च CaO और MgO सांद्रता के साथ-साथ निम्न TiO_2 और Al_2O_3 सांद्रता, क्षीण मेटल स्रोतों से उनकी व्युत्पत्ति को दर्शाती है (पियर्स और नॉरी 1979; हेबर्ट और लॉरेंट 1990)। इसके अतिरिक्त, थैसगम ओपिओलाइटिक गैब्रो से प्राप्त अध्ययन किए गए क्लिनोपायरॉक्सीन में निम्न-Ti मात्रा की उपस्थिति, SSZ सेटिंग में उनकी उत्पत्ति को दर्शाती है (बेकालुवा एट अल., 1989)।

मैग्मा से क्रिस्टलीकृत होने वाले क्लिनोपायरॉक्सीन में किसी तत्व की सक्रियता, द्रवित पदार्थ में मौजूद सक्रियता के समानुपाती है। पर्वतजनित शैलों, यथा. अधोहन क्षेत्र के शैलों में Ti और Cr की कमी होती है, जबकि मध्य-महासागरीय कटक, महाद्वीपीय दरारों व निष्क्रिय महाद्वीपीय उपांत से प्राप्त मैग्मैटिक शैलों में Ti और Na की प्रचुरता होती है (लेटरियर एट अल. 1982)। इसके अतिरिक्त, इन क्लिनोपायरॉक्सीन में उच्च MgO की मात्रा, द्वीप आर्क सम्बद्धता



चित्र 5: थैसगाम ओपियोलिटिक गैब्रोस से क्लिनोपाइरोक्सीन के लिए MgO बनाम Si, Al, Ti, Cr, Fe₂₊, और Ca के द्विचर आरेख।

धारित अन्य ओपियोलाइट संकुलों में पाई जाने वाली पाइरोक्सीन संरचना के अनुरूप है (डी बारी और कोलमैन 1989)। इसके अलावा, थसगाम ओपियोलाइटिक गैब्रोस से प्राप्त निम्न-Ti क्लिनोपाइरोक्सीन, लद्दाख हिमालय के सन्निहित ओपियोलाइट्स के समतुल्य हैं, और इसलिए SSZ विवर्तनिक सम्बद्धता को प्रकट करते हैं।

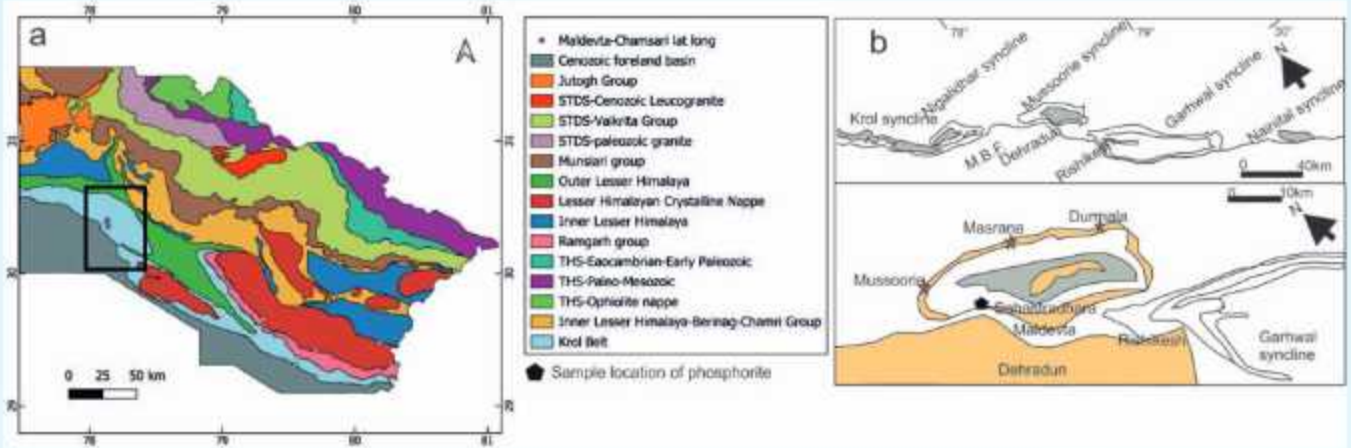
इन क्लिनोपाइरोक्सीन का लक्षणवर्णन निम्न Ti और Al मात्रा से किया जाता है है, जबकि Mg और Ca की उच्च सांद्रता एसएसजेड विवर्तनिक परिवेश की विशेषता, एक क्षीणित प्रावार स्रोत से व्युत्पन्न होने की पुष्टि करती है। इसके अलावा, आसपास के ओपियोलाइटिक शैल प्रकारों का हाल ही में प्रकाशित संपूर्ण-चट्टान भू-रासायनिक अध्ययन, उप-क्षारीय थोलेइटिक प्रकृति पर बल देता है, जिसमें समृद्ध बड़े-आयन लिथोफाइल तत्व (LILE) और क्षीण उच्च-क्षेत्र-शक्ति तत्व (HFSE) हैं, जो सबडक्शन-संबंधी भू-रासायनिक संकेतों का सुझाव देते हैं (भट्ट एट अल., 2021)। इसलिए, थसगाम ओपियोलाइट गैब्रो से क्लिनोपाइरोक्सीन का वर्तमान पेट्रोग्राफिकल एवं खनिज रासायनिक अध्ययन लद्दाख हिमालय के व्यापक संदर्भ के साथ संरेखित होता है, जहाँ ओपियोलाइट अवशेष नियो-टेथिस

महासागर में अंतर-महासागरीय द्वीप चाप सबडक्शन प्रणाली के समतुल्य हैं।

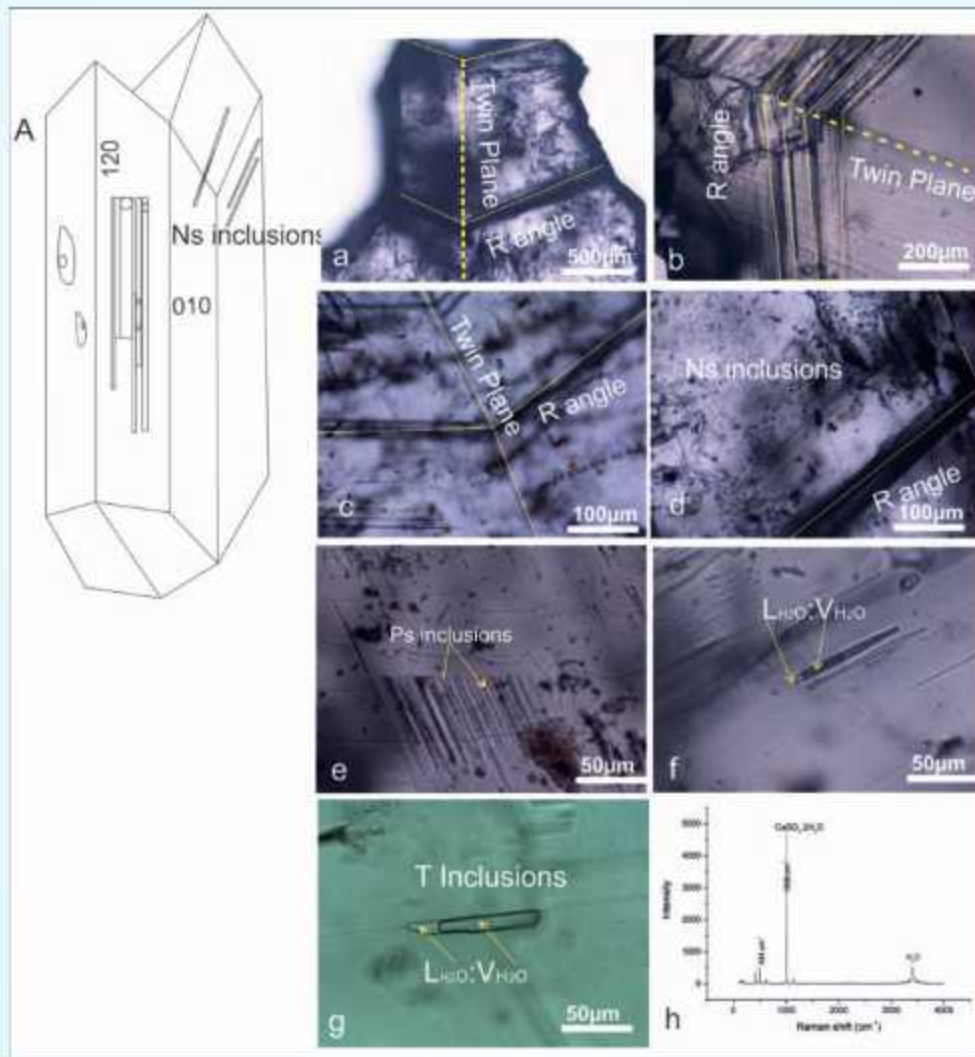
लघु हिमालय जिप्सम में समुद्री जल इम्प्रिण्ट्स

समुद्री परिवेश में गठित जिप्सम एवं द्रव समावेशन (FIs), निक्षेपण व द्विजनन परिवेश के अध्ययन के लिए विशेष रूप से उपयोगी टूल हैं। सूक्ष्मतापमितीय विश्लेषण समुद्री परिवेश में अवक्षेपित खनिजों के निर्माण के तापमान के संबंध में जानकारी प्रदान कर सकते हैं, जब तक कि निक्षेपण उपरांत FIs में परिवर्तन न किया गया हो। जिप्सम भेजवान चट्टान शैल व कार्बोनेट में पाया जाता है, जो क्रोल बेल्ट, लघु हिमालय, सहस्त्रधारा (चित्र 6) में मौजूद है। अध्ययन क्षेत्र में, जिप्सम दो प्रकारों : एनहाइड्राइट और शैल की सतह पर जिप्सम के पारभासी प्लेटी आवरण के रूप में पाया जाता है।

वर्तमान अध्ययन में, जिप्सम में कुछ μm से लेकर $> 300 \mu\text{m}$ तक के आकार के द्रव समावेशन को रिपोर्ट किया गया है, जो समूहों, पृथक और छद्मद्वितीयक पथों के रूप में हैं (चित्र 7)। FIs युग्मित पुनः प्रवेशन कोण के साथ और क्रिस्टलोग्राफिक प्लेन व प्राथमिक FIs के समानांतर मौजूद हैं। उनकी लवणता 0-4-4-46 wt% NaCl



चित्र 6 : ए) उत्तराखण्ड राज्य तथा बी) मसूरी क्षेत्र, लघु हिमालय का भूवैज्ञानिक मानचित्र (वाल्दिया, 1980; घोष एट अल., 1991)।



चित्र 7 : जिप्सम में द्रव समावेशन के फोटोमाइक्रोग्राफ : ए, वर्तमान अध्ययन से सुई के आकार (Ns) के समावेशन के इनपुट के साथ जिप्सम क्रिस्टल आकारिकी। ए, बी, सी, डी, एनएस समावेशन के साथ जिप्सम के पुनः प्रवेशन (R) कोण और युग्मित प्लेन को दर्शाते हैं। ई, प्लेन के समानांतर छद्म माध्यमिक समावेशन (Ps)। जे, के, जलीय संरचना के तरल-वाष्प के पतली सुई के आकार के समावेशन (Fns)। जी, सारणीबद्ध जलीय समावेशन और इसके एच, द्रव समावेशन के लेजर रमन स्पेक्ट्रा।

की तुलना में कम है। द्विचरणीय द्रव समावेशन में द्रव से वाष्प चरण (L:V) अनुपात परिवर्तनशील है। वर्तमान अध्ययन से ज्ञात होता है कि FI के आकार व लवणता के मध्य सहसंबंध है : विशाल FIs में कम लवणता होती है। इसका यहां जिप्सम के क्रिस्टलीकरण के दौरान FI सामग्री में संभावित परिवर्तन के रूप में निर्वचन किया जा सकता है।

गतिविधि : 1बी

प्रावर उत्पन्न, तरल संचरण, मेटासोमेटिक प्रक्रियाएं : तरल चट्टान अंतःक्रिया पर निहितार्थ

(कौशिक सेन, एस.एस. ठाकुर, सौरभ सिंघल, आदित्य खरया, सी. पेरुमलसागी और प्रमोद कुमार रजक)

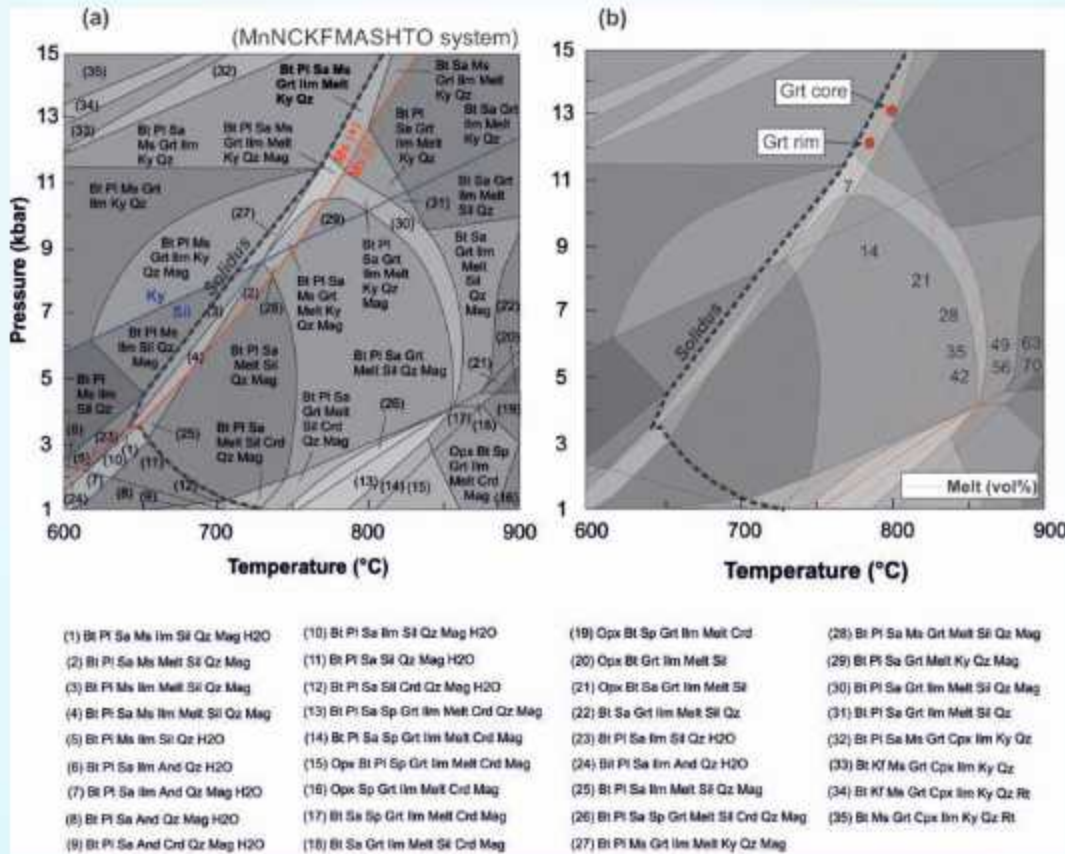
बद्रीनाथ संरचना, घौलीगंगा घाटी में उच्च हिमालयी क्रिस्टलीय अनुक्रम (एचएचसीएस) का संरचनात्मक रूप से ऊपरी भाग है। गढ़वाल हिमालय में सेनोजोइक हिमालयी कायांतरण के दौरान आंशिक रूप से द्रवण हुआ। अध्ययन से ज्ञात होता है कि बद्रीनाथ संरचना में अवसादिक शैल के आंशिक द्रवण का प्रारंभ निम्नलिखित अभिक्रिया (थॉम्पसन, 1982) के अनुसार अग्रक के निर्जलीकरण विघटन घटित होने के परिणामस्वरूप होता है :



विस्तृत थर्मोबैरोमेट्री अध्ययन से ज्ञात होता है कि बद्रीनाथ संरचना की चट्टानें ~ 11.9 किलोबार और ~ 800 डिग्री सेल्सियस की अधिकतम P-T स्थिति प्राप्त कर चुकी हैं। शैलवैज्ञानिक अध्ययन से पता चला कि मस्कोवाइट और बायोटाइट दोनों ने निर्जलीकरण अभिक्रिया में भाग लिया। एचएचसीएस शैल में आंशिक द्रवण के लिए निम्नलिखित अग्रक निर्जलीकरण अभिक्रियाओं का सुझाव दिया गया:



यह माना जाता है कि शैल में निर्जलीकरण द्रवण का निश्कर्ष कायनाइट के स्थायित्व क्षेत्र में प्रोग्रेड तापन के परिणामस्वरूप घटित हुआ। मस्कोवाइट निर्जलीकरण द्रवण के उपरांत प्रोग्रेड कायांतरण के दौरान बायोटाइट निर्जलीकरण द्रवण घटित हुआ। पी-टी आभासीयखंड मॉडलिंग से ज्ञात होता है कि बद्रीनाथ संरचना के मेटापेलाइट्स में न्यूनतम ~15 वॉल्यूम% आंशिक द्रवण घटित हुआ है (चित्र 8)।



चित्र 8 : MnNCKFMASHTO तंत्र में सैम्पल HH31 (बद्रीनाथ संरचना) के लिए चरण आरेख। प्रयुक्त ऑक्साइड मोल अनुपात इस प्रकार हैं SiO₂ = 62.45, TiO₂ = 0.87, Al₂O₃ = 12.64, FeO = 7.27, MnO = 0.083, MgO = 5.56, CaO = 0.50, Na₂O = 0.98, K₂O = 3.72, H₂O = 7.00, O₂ = 0.30। (ए) पी-टी आभासीय खंड जिसमें सॉलिडस मोटी, काली डैशदार रेखा द्वारा चिह्नित है। शीर्ष संयोजन को मोटे अक्षरों में दर्शाया गया है। Ms-in और Ms-out रेखा को लाल रेखा में दर्शाया गया है; (बी) आयतन प्रतिशत में द्रवण के आइसोमोड समोच्च्य; कृपया आइसोप्लेथ्स प्रतिच्छेदन विधि का उपयोग करके गार्नेट के कोर और रिम संरचना के लिए मापे गए पी-टी मान का संदर्भ ग्रहण करें।

LA-ICPMS और LA-MC-ICPMS के विकास ने 20 से लेकर 60- μm लेजर स्पॉट आकारों के साथ जिरकोन भू-कालानुक्रम को सक्षम किया। जटिल रूप से जोन किए गए जिरकोन के कारण, छोटे आकारों पर U-Pb डेटिंग आवश्यक है। हालाँकि, स्पॉट आकार को कम करने से डाउनहोल फ्रैक्शनेशन (DHF) बढ़ जाता है, जिससे त्रुटियाँ होती हैं। इस कार्य का उद्देश्य MC-ICPMS की उच्च संवेदनशीलता का उपयोग करके 20 μm से कम रिजॉल्यूशन वाले आयु का निर्धारण करना है। जिरकोन मानकों (91500, GJ-1, और प्लेशोविस) का परीक्षण छोटे स्पॉट आकारों के साथ किया गया। लेजर सेटिंग्स और शॉट काउंट के अनुकूलन ने DHF प्रभाव को कम कर दिया। 150 शॉट्स के साथ 35- से 15- μm स्पॉट पर स्टैटिक एब्लेशन ने 1.5% से कम परिशुद्धता और 2% से कम आयु के ऑफसेट को प्राप्त किया। 10 μm पर, DHF के परिणामस्वरूप 4% आयु में ऑफसेट हुआ। शॉट काउंट को मास्क करने से सटीकता में सुधार मुख्यतः कम काउंट पर हुआ। 75 शॉट्स के साथ, सटीकता 1, 4% तक वर्धित हुई और $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ के लिए आयु ऑफसेट घटकर 1, 6% रहा (चित्र 9)। यह विधि अनेकों आयु समूहों की सैमलिंग से बचने के लिए शॉट्स की संख्या को कम करती है, यद्यपि छोटे आकारों पर DHF परिवर्तनशीलता परिणामों को प्रभावित कर सकती है।

आंतरिक लघु हिमालय अवसादिक क्षेत्र (iLHS) के भीतर अंतर्गत ग्रेनाइट नाइसिस के सभी U-Pb जिरकोन डेटा को ऊपरी व निचली अवरोधन रेखा प्राप्त करने के लिए मॉडल किया गया। ऊपरी

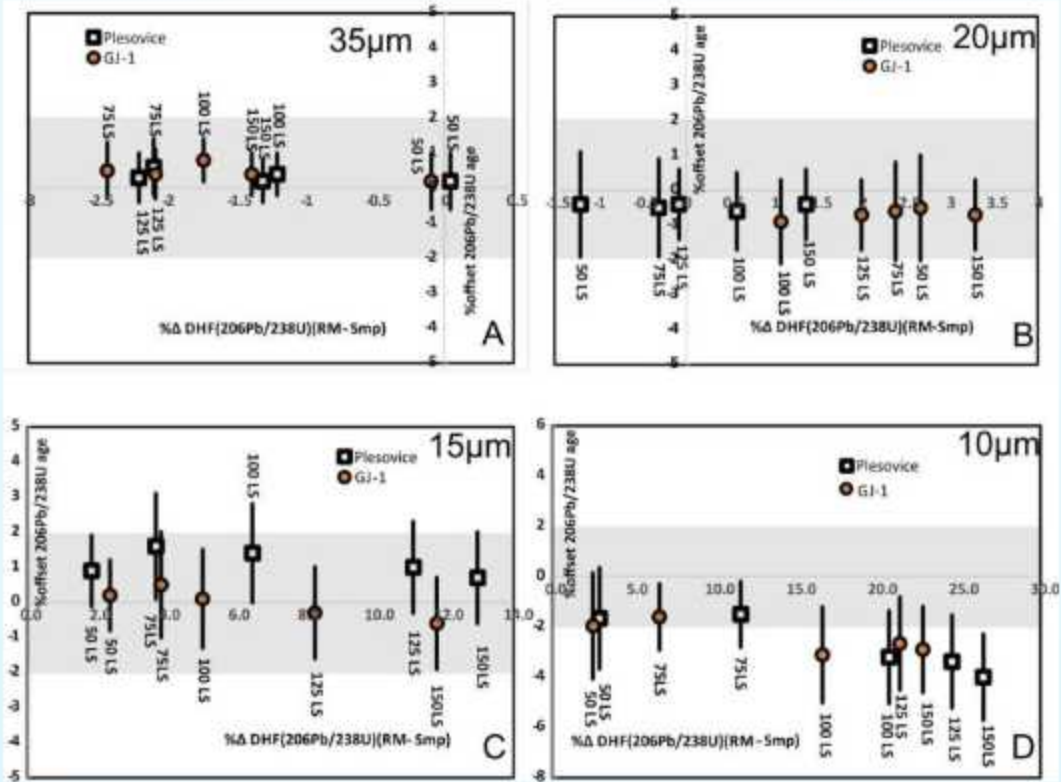
अवरोध लगभग 1920 Ma (चित्र 10ए) के शीर्ष को दर्शाता है। संभाव्यता का 2-डी मानचित्र, मानचित्र के नीले क्षेत्र द्वारा दर्शाए गए नूतन समय से 45 Ma तक Pb-हास की घटना को दर्शाता है, जो लगभग 1920 Ma ऊपरी अवरोध (चित्र 10बी) के अनुरूप है। इस समय हिमालयी पर्वत श्रृंखला में विभिन्न गतिविधियों के कारण Pb-हास का घटनाक्रम दीर्घ हो जाता है।

अध्ययन ने स्पॉटोंग ओफियोलाइटिक मेलेंज के अंतर्गत एक कार्यांतरण तली के अस्तित्व का समर्थन करने वाले नए साक्ष्य प्रदान किए। हम थर्मोडायनामिक मॉडलिंग और द्रव समावेशन अध्ययनों के साथ-साथ पेट्रोग्राफिक व खनिज रसायन विश्लेषण का उपयोग उन मैफिक शैल के चयन की जांच करने के लिए करते हैं, जो विभिन्न स्तरों पर एम्फीबोलाइट संलयन के परिवर्तनों से गुजरी हैं।

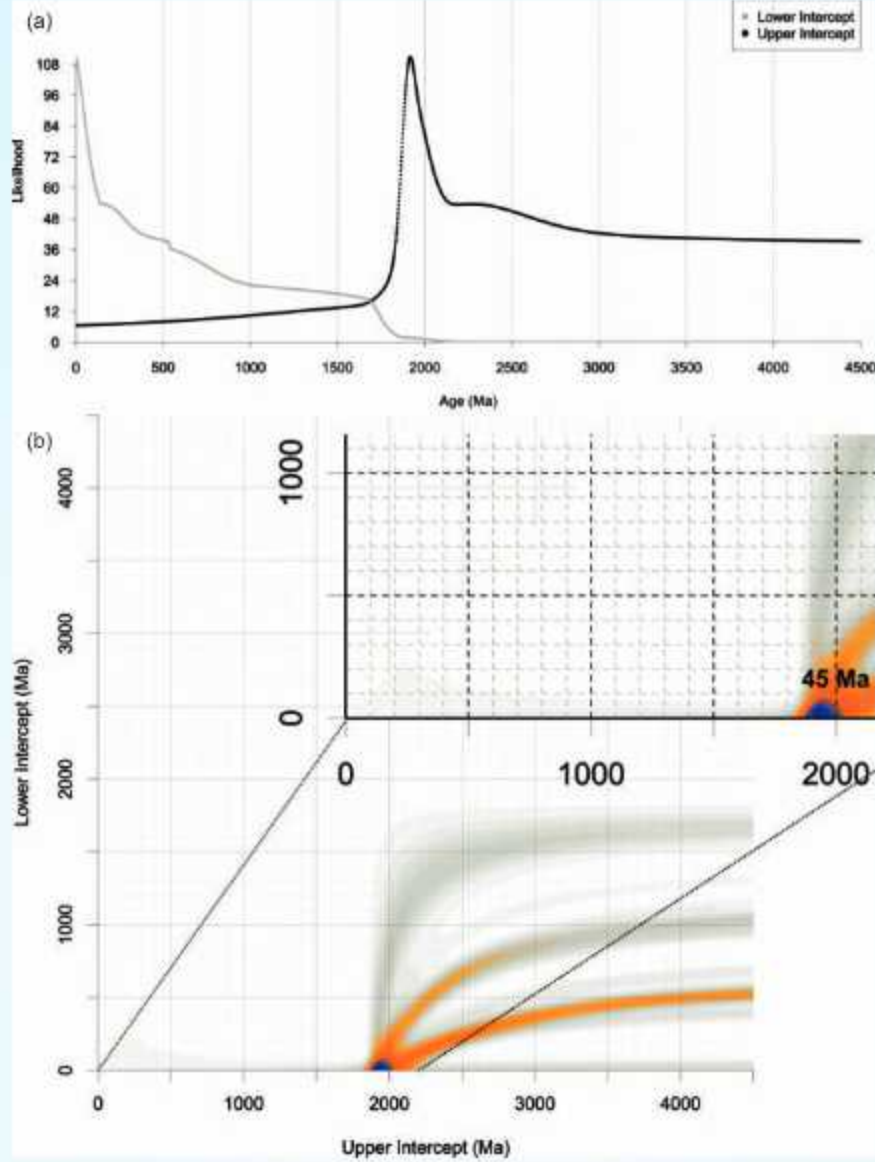
शैल विभिन्न प्रकार की अभिक्रियात्मक संरचनाएं प्रदर्शित करती हैं, यथा, क्लिनोपाइरोक्सीन को आच्छादित किए हुए हॉर्नब्लेंड, और साथ ही कुछ प्लेजियोक्लेज, जो जलयोजन प्रक्रियाओं के अनुरूप हैं। अभिक्रिया को इस प्रकार दर्शाया जा सकता है :



निष्कर्ष दर्शाते हैं कि मैफिक गैब्रो के कार्यांतरण के दौरान जल-समृद्ध परिस्थितियां विद्यमान थीं। विश्लेषित नमूनों के प्रावस्था संतुलन मॉडलिंग से ज्ञात होता है कि शीर्ष कार्यांतरण घटनाक्रम 678 से 790 °C के तापमान और 7.1 से 11.28 kbars (0.71-1.13 GP) के मध्य दाब पर, साथ ही जल-समृद्ध परिस्थितियों (यथा., 2.5-3.2



चित्र 9 : प्राथमिक मानक (Z91500) और अज्ञात (प्लेशोविस और GJ-1) के लिए $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ अनुपात के लिए DHF में % अंतर बनाम $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ आयु का प्रतिशत : ऑफसेट, (ए) 35 μm , (बी) 20 μm , (सी) 15 μm , और (डी) 10 μm के लिए। अनिश्चितता 2 σ स्तर पर है।



चित्र 10 : Pb-हास मॉडल U-Pb आयु के लिए संभाव्यता आलेख, जो ऊपरी इंटरसेप्ट एवं निम्न इंटरसेप्ट (ए) को दर्शाता है। 2-डी संभाव्यता मानचित्र ऊपरी इंटरसेप्ट आयु ~c 1920 Ma को दर्शाता है, जिसमें Pb-हास घटनाक्रम लगभग 45 Ma (बी) है।

मोल प्रतिशान या 0.7 wt% H₂O) में लगभग 640–670°C पर जल-समृद्ध परिस्थितियों में घटित हुआ।।

द्वि-चरणीय जलीय-कार्बोनिक समावेशन एवं कार्बोनिक समावेशन के अभिज्ञान से लगभग -56.6 °C के प्रारंभिक यूटेक्टिक तापमान का संकेत प्राप्त हुआ है, जो शुद्ध CO₂ की उपस्थिति को दर्शाता है। H₂O-CO₂ समावेशन के समआयतित्रों से संकेत मिला है कि उनका गठन 10.9–7.1 kbar और 790–680 °C की अधिकतम दाब-तापमान स्थितियों में हुआ, जबकि कार्बोनिक समावेशन के समआयतित्रों से संकेत मिला है कि घनत्व प्रतिलोम के कारण शीर्ष कार्यांतरण के उपरांत की अवस्था में उन्हें पुनःसाम्यावस्था प्राप्त हुई। इसके अतिरिक्त, द्वि-चरणीय जलीय समावेशन 450 °C और 4.2 kbar पर क्वार्ट्ज ट्रेप हो गए थे।

TQ-ICP-MS 8900 एक अग्रणी विश्लेषणात्मक विधि है, जो कि उच्च परिशुद्धता व सटीकता के साथ सूक्ष्म तत्वों का निर्धारण करने में सक्षम है। इस अध्ययन में विभिन्न स्तरों पर तत्वों की सांद्रता (0.01 ppb, 0.1ppb, 1ppb, 10, 100 ppb) का मापन, CRM मानकों, बैच अंशांकन व डेनसिटी 5.2 सॉफ्टवेयर का उपयोग कर सत्यापन शामिल है। ऑन-मास व मास-शिफ्ट मोड सहित गैस सेल मोड को ट्यून करके, हम हस्तक्षेप न्यूनीकरण में He, H₂ और O₂ की प्रभावशीलता प्रदर्शित करते हैं। आंतरिक मानक के रूप में ¹⁰³Rh के उपयोग ने मैट्रिक्स सप्रेसन व सिग्नल ड्रिपट को और अधिक सही किया, जिससे डेटा विश्वसनीयता और पुनरुत्पादन क्षमता में उल्लेखनीय रूप से वृद्धि हुई। इस अध्ययन के उद्देश्य में, i) न्यूनतम अंतःक्षेप प्रतिस्थापन के साथ स्प और जी सहित REE का सटीक निर्धारण, ii) CRMs के माध्यम से व विभिन्न नदीय जल नमूनों में

SLRS-6 (शुद्ध जल मानक) का सत्यापन, और पपप) नियमित REE विश्लेषण के लिए ICP-MS/MS का प्रबलता से प्रदर्शन सम्मिलित हैं।

इस अध्ययन में, भागीरथी, अलकनंदा एवं गंगा नदियों के विभिन्न स्थानों से नदी के जल नमूने एकत्र किए गए, जहां अनेकों सहायक नदियां नदियों में का संगम स्थित हैं। प्री-क्लीन पॉलीप्रोपाइलीन (पीपी) की बोतलों को कुछ फीट की गहराई पर डुबोया गया व पानी के नमूने एकत्र किए और तुरंत सील कर दिए गए। पानी का तापमान, पीएच, कुल घुलित ठोस व विद्युत चालकता (ईसी) पोर्टेबल मल्टी-पैरामीटर उपकरण जल गुणवत्ता मीटर (DR1900, हैच, यूएसए) का उपयोग कर दर्ज किए गए। नमूनों को 2 डिग्री सेल्सियस पर एक रेफ्रिजरेटर में संग्रहीत किया गया तदोपरांत एक सप्ताह के भीतर संसाधित किया गया था। प्रयोगशाला में, नमूनों को निलंबित कणिकीय पदार्थों से बचने के लिए 0.22 माइक्रोन सेलुलोजयुक्त झिल्लीदार फिल्टर पेपर का उपयोग कर 50 मिलीलीटर प्री-क्लीन अपकेंद्रित शीशियों में समरूपीकृत व संसाधित किया गया। क्षारीय प्रवृत्ति, निम्न टीडीएस तथा तत्वों की उच्च सांद्रता (Ca>Mg>Na>K>Al>Fe>B>Zn>As>Sr>Ba>Rb) अवसाद में डोलोमाइटिक चूना पत्थर, मेटाबासाल्टिक चट्टानों, स्लेट, फिलाइट्स व मृदा खनिजों के समीपस्थ शैल संरचना के निरंतर अपक्षयन को दर्शाती है तथा पानी की रासायनिक अवसंरचना में योगदान करती है।

उत्तर भारत की भागीरथी घाटी में अनावरित हिमालयी कार्यांतरण मूल को तीन प्रधान विवर्तनिक क्षेत्रों द्वारा लक्षणवर्णित किया जाता है। मुख्य केंद्रीय थ्रस्ट क्षेत्र (एमसीटीजेड) पैलियोप्रोटरोजोइक लघु हिमालयी क्रिस्टलीय शैलों और प्रोटरोजोइक से कैनब्रो-ऑर्डोविशियन वृहत्तर हिमालयी अनुक्रम (जीएचएस) के मध्य की सीमा को परिभाषित करता है। ऊपरी स्तर पर, उच्च हिमालयी असंततता (एचएचडी) निचले प्रतिलाम कार्यांतरित अनुक्रम को जीएचएस के ऊपरी एनाटेक्टिक भाग से पृथक करती है। इस कार्यांतरण कोर की सबसे उत्तरी सीमा झाला सामान्य भ्रंश (जेएनएफ) द्वारा सीमांकित की गई है। इस कार्यांतरित कोर में क्वार्ट्ज के सूक्ष्म संरचनात्मक विश्लेषण से ज्ञात होता है कि निम्न-तापमान गतिक पुनःक्रिस्टलीकरण ने पहले के उच्च-तापमान विरूपण फ़ैब्रिक को ओवरप्रिंट कर दिया है, जिन्हें अग्रतर रूप से क्वार्ट्ज में विद्यमान prism (a) slip द्वारा इंगित किया जाता है। उल्लेखनीय रूप से, इन अवस्थितियों में क्वार्ट्ज क्रिस्टलोग्राफिक द्वारा वरीयता प्रदान औरियंटेशन (सीपीओ) का सामर्थ्य अधिकतम है। वोर्टेसिटी विश्लेषण से विरूपण का विभाजन ज्ञात होता है, जिसमें जेएनएफ तथा एमसीटीजेड के साथ सरल अपरूपण प्रबल होता है, जबकि शेष क्षेत्रों के लिए शुद्ध अपरूपण का अनुमान लगाया गया। हिमालयी रूपांतरित कोर के उत्पन्न को जेएनएफ तथा एमसीटीजेड के साथ सरल अपरूपण द्वारा समायोजित किया गया जाना माना गया है। इसके अतिरिक्त, एमसीटीजेड के दक्षिण में थ्रस्ट में प्रवर्द्धल ने जेएनएफ के साथ गतिविधि के परिणामस्वरूप हिमालयी वेज टेपर कोण में समायोजन के लिए प्रतिपूर्ति किए जाने का संकेत प्रस्तावित है।

जम्मू व कश्मीर के कालाकोट, मेटका व मोघला से 25 मिश्रित कोयला नमूनों के विश्लेषण पर केंद्रित एक शोध उपक्रम चार

संस्थानों में किया गया। वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून द्वारा भारत में इन और अन्य सेनोजोइक कोयला भंडारों के पुरा-इतिहास, रासायनिक विसंगतियों के लिए टीओसी और हाइड्रोकार्बन क्षमता को समझने के लिए आईसीपी-एमएस, प्रमुख ऑक्साइड के लिए एक्सआरएफ, खनिज विश्लेषण के लिए एक्सआरडी और टीओसी विश्लेषण का उपयोग कर भू-रासायनिक घटकों का विश्लेषण किया गया। इसके साथ-साथ, वाराणसी के बनारस हिंदू विश्वविद्यालय के भूविज्ञान विभाग ने दि. 25 मई से 16 जून 2024 के मध्य उन्हीं 25 नमूनों का शैलवैज्ञानिक विश्लेषण किया, जिसमें विट्रीनाइट परावर्तन, मैकेरल, श्वेत प्रकाश में माइक्रोलिथोटाइप व प्रतिदीप्ति प्रकाश में लिटिनाइट पर ध्यान केंद्रित किया गया। अंततः, 25 मिश्रित कोयला नमूनों का बायोमार्कर विश्लेषण दि. 18 सितंबर से 2 अक्टूबर, 2024 तक आईआईएसईआर, मोहाली में किया गया। इस बहुआयामी दृष्टिकोण का उद्देश्य जम्मू व कश्मीर के कोयला भंडारों की भू-रासायनिक और शैलवर्णनात्मक विशेषताओं का व्यापक अभिज्ञान प्रदान करना है।

गतिविधि : 2ए

हिमालय एवं समीपस्थ क्षेत्रों से भूवैज्ञानिक आंकड़ों के प्रति मशीन लर्निंग दृष्टिकोण का विकास

(नरेश कुमार, प्रियदर्शी विनमय कुमार, बप्पा मुखर्जी और जितेन्द्र कुमार)

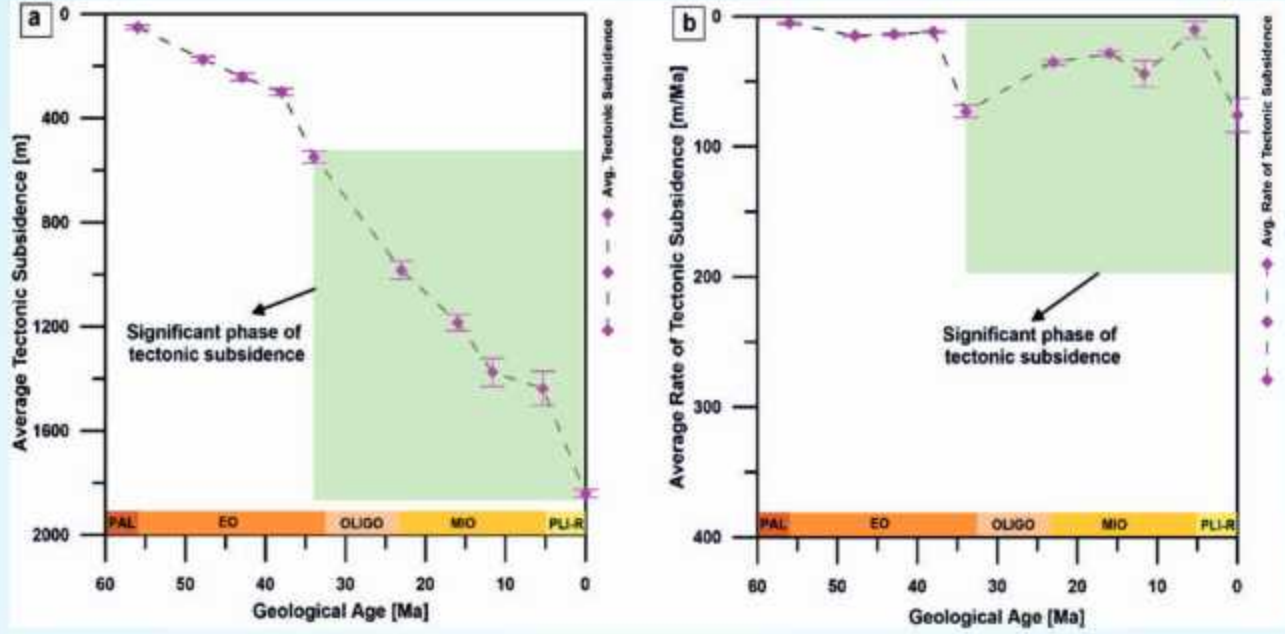
विवर्तनिक अवतलन मॉडलिंग

ऊपरी असम बेसिन के विवर्तनिक उदभव के अन्वेषण के लिए बोरहोल स्ट्रेटीग्राफिक डेटा का उपयोग कर विवर्तनिक अवतलन वक्र (चित्र 11) की संकल्पना एवं गणना की गई। इस मॉडलिंग दृष्टिकोण ने समय के साथ बेसिन द्वारा प्रेक्षित कुल अवतलन का परिभाषीकरण संभव बनाया। समेकित तौर पर, बेसिन ने अपने समग्र जीवनकाल में लगभग 2 किमी का विवर्तनिक अवतलन प्रेक्षित किया, जिसकी औसत अवतलन दर लगभग 30 मीटर/माह थी। यह केस स्टडी बेसिन के विवर्तनिक इतिहास को प्रमुखता से स्पष्ट करती है, जो सेनोजोइक काल के दौरान घटित हुआ था। हमारे निष्कर्ष दुनिया भर में अवसादिक बेसिनों के भू-इतिहास के समाधान के लिए एक संभावित दृष्टिकोण के रूप में बैकस्ट्रिपिंग तकनीक के माध्यम से अवतलन विश्लेषण के महत्व पर बल देते हैं।

भूकंपीय गुणधर्म-आधारित मशीन लर्निंग (एमएल) वर्कफ्लो

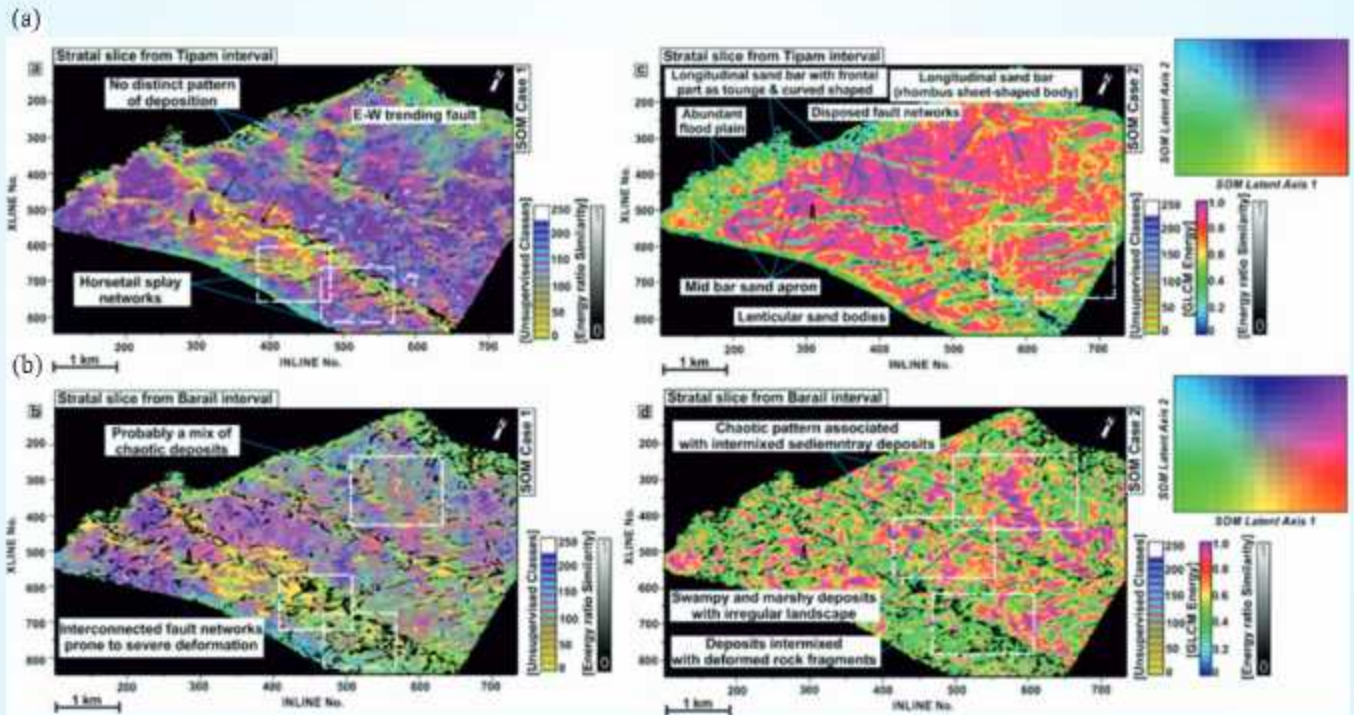
भूमध्य अवसादिक परिवेश के प्रभावी निर्वचन के लिए उच्च-गुणवत्ता धारित भूकंपीय डेटा का उपयोग कर भूकंपीय गुणधर्म-सहायतायुक्त मशीन लर्निंग वर्कफ्लो संकल्पित एवं क्रियान्वित किए गए।

बेसिन के ऊपरी शेल्फ से प्राप्त उच्च-रिजॉल्यूशन धारत त्रि-आयामीय भूकंपीय डेटा का उपयोग करके ज्यामितीय, वर्णक्रमीय, आयाम व जीएलसीएम-बनावट (ग्रे लेवल सह-घटना मैट्रिक्स) सहित भूकंपीय विशेषताओं की एक श्रृंखला निश्कर्षित की जाती है। इन विशेषताओं को दो अलग-अलग केस में समाहित किया गया जिससे स्व-संगठित मानचित्र (एसओएम) मॉडल (चित्र 12) की गणना की जा सके, जिसका उद्देश्य भूमिगत संरचनाओं का अनावरण और इन संरचनाओं के भीतर समाहित अवसादिक निक्षेपों को प्रकट करना है। यह प्रेक्षित किया गया है कि मॉडल एसओएम केस 1 भूमिगत भ्रंश नेटवर्क को प्रकट करता है जो संरचनात्मक रूप



चित्र 11 : (ए) औसत विवर्तनिक अवतलन; और (बी) अध्ययन किए गए बोरहोलों के बैकस्ट्रिप्ड स्ट्रेटीग्राफिक विवरणों से संकलित भूगर्भिक काल में विवर्तनिक अवतलन की औसत दरें। मानक त्रुटि को गुलाबी ऊर्ध्वांतर पट्टियों का उपयोग कर प्रमुखता से दर्शाया गया है।

अनुसंधान गतिविधियाँ



चित्र 12 : (ए-बी) एसओएम केस 1 के लिए प्रदर्शित टिपम एवं बरेल अंतरालों से स्ट्रेटल स्लाइस, ऊर्जा अनुपात समानता गुणधर्म के साथ सह-प्रस्तुत किए गए हैं। यह प्रदर्शन भ्रंश नेटवर्क (सघन श्याम रंग के तीरों से चिह्नित) की उपस्थिति को प्रकट करता है; (सी-डी) एसओएम केस 2 के लिए प्रदर्शित टिपम और बरेल अंतरालों से स्ट्रेटल स्लाइस, जीएलसीएम ऊर्जा एवं ऊर्जा अनुपात समानता गुणधर्मों के साथ सह-प्रस्तुत किए गए हैं। यह मॉडल अंतराल के अंतर्गत भ्रंश-परिबद्ध अवसादों से संबद्ध अनेकों भू-आकृतिक विशिष्टताओं की ज्यामिति को स्पष्ट रूप से प्रकट करते हैं।

से ओलिगोसीन-मायोसीन अंतरालों को नियंत्रित करते हैं। हालाँकि, मॉडल एसओएम केस 2 न केवल इन संरचनाओं की उपस्थिति का संकेत देता है अपितु भ्रंश-सीमाबद्ध अवसंरचनाओं के अंतर्गत ट्रेप अवसाद से संबद्ध भूकंपीय प्रतिबिंबों व भू-आकृतिक लक्षणवर्णनों के विभिन्न स्वरूपों को भी प्रकट करता है। इस शोध के माध्यम से, हम यह परिकल्पना करते हैं कि एसओएम को ईष्टतम बनाने के लिए, भूकंपीय गुणधर्मों के भूवैज्ञानिक रूप से सार्थक सेटों को एक इनपुट के रूप में उपयोग किया जाना चाहिए, जिससे भूकंपीय निर्वचकों की सहायता करने वाली विशेषताएं डेटा के अंतर्गत संबंधों या पैटर्न की सफलतापूर्वक पहचान कर सकें।

बेसमेंट संरचना निर्वचन

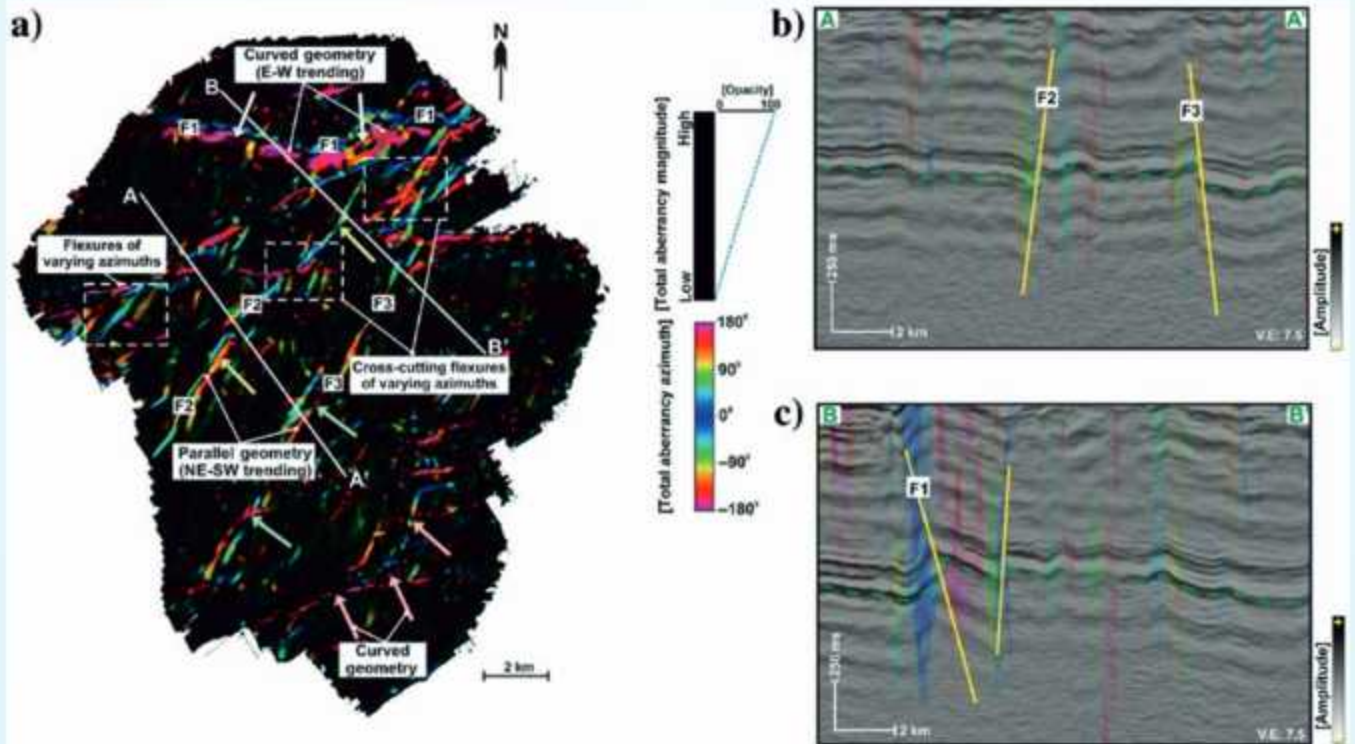
उन्नत भूकंपीय विशेषताओं और मशीन लर्निंग (एमएल)-सहायता प्राप्त कार्यप्रवाहों का उपयोग कर बेसमेंट संरचनाओं की ज्यामिति और विन्यास का निर्वचन किया गया। पूर्वोत्तर भारत के ऊपरी शैल क्षेत्रों में प्रयुक्त इन विधियों को अन्य वैश्विक तटवर्ती एवं अपतटीय तलछटी बेसिनों में भूकंपीय निर्वचन के लिए अंगीकृत किया जा सकता है।

उत्तर पूर्व भारत के ऊपरी असम फोरलैंड बेसिन में आधार तल गंभीर रूप से विरूपित व मुड़ा हुआ है। यह अनेकों संरचनात्मक घटकों में विभाजित है। ये घटक सूक्ष्म फ्लेक्सचर (या दरारों) से ग्रस्त हैं, जो भूवैज्ञानिक काल में भ्रंश नेटवर्क व ऊपरी तलछट बजट द्वारा

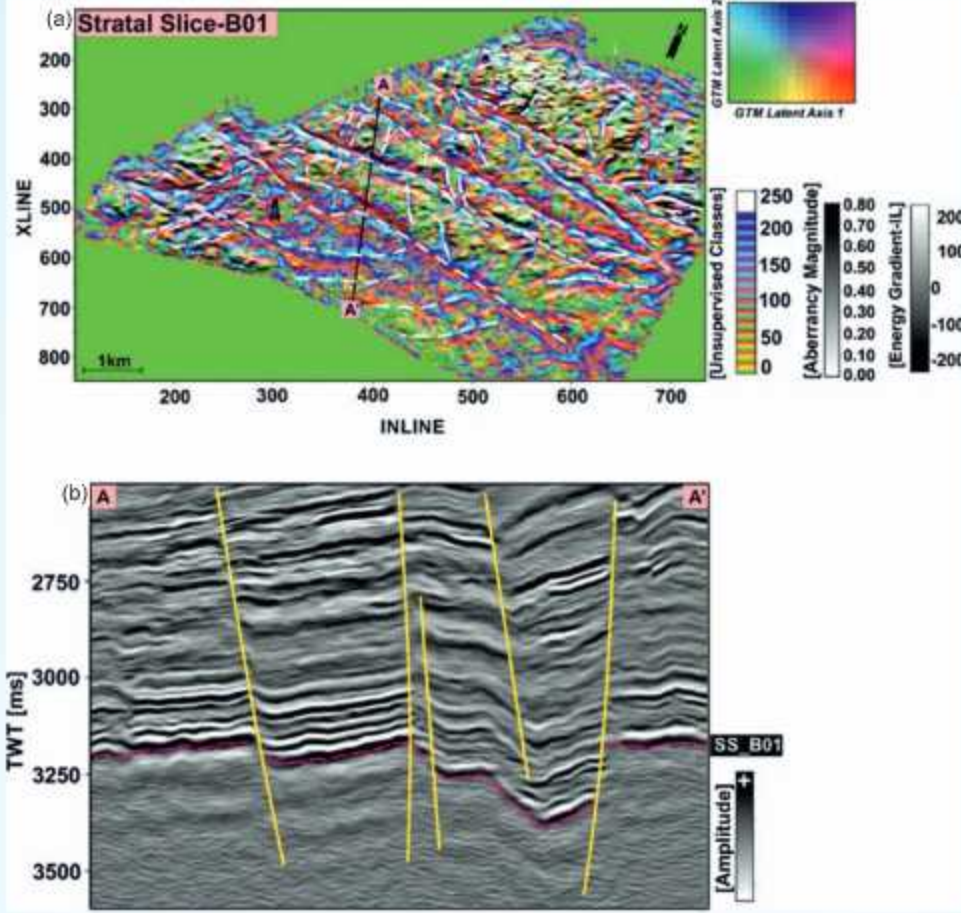
विवर्तनिक संशोधनों के कारण विकसित हुए हैं। बेसमेंट अंतराल के भीतर प्रमुख फ्लेक्सचर विसंगतियों का निर्वचन बेसिन से प्राप्त उच्च-गुणवत्ता धारित त्रि-आयामी भूकंपीय आंकड़ों का उपयोग कर किया जाता है। ऊर्जा-अनुपात-समानता एवं वक्रता जैसी पूर्व भूकंपीय विशेषताओं की गणना कर प्राप्त गुणधर्म मानचित्रों को फ्लेक्सचर नेटवर्क व संबंधित विरूपित संरचनाओं के निर्वचन के लिए एकीकृत किया गया। उपरोक्त पैत्रक विशेषताओं के निर्वचन को पूरित करने के लिए एक उन्नत भूकंपीय विशेषता जिसे विचलन कहा जाता है, की गणना गई (चित्र 13)।

आधारस्तंभीय भ्रंश की व्याख्या के लिए मशीन लर्निंग का अनुप्रयोग

बेसमेंट भ्रंश का सटीक रूप से लक्षणवर्णन, जिसमें उनके स्वरूप एवं गति शामिल हैं, इंजीनियरों और भूकंप विज्ञानियों के लिए आधारशिला और भू-तकनीकी संरचनाओं को डिजाइन करने व संसाधनों के अन्वेषण में अत्यंत महत्वपूर्ण है। यह शोध पूर्वोत्तर (एनई) भारत के डिब्रूगढ़ क्षेत्र में बेसमेंट अंतराल को संरचित और विरूपित करने वाले भ्रंश नेटवर्क को प्रकट करने के लिए अपर्यवेक्षित मशीन लर्निंग मॉडल की प्रभावकारिता को ज्ञात करता है। पूर्वोत्तर भारत के ऊपरी शैल से उच्च-गुणवत्ता वाले त्रि-आयामी भूकंपीय डेटा का उपयोग ज्यामितीय विशेषताओं के एक व्यापक सेट को निष्कर्षित करने के लिए किया गया। इन गुणधर्मों का विश्लेषण एवं एकीकरण



चित्र 13 : (ए) बेसमेंट के शीर्ष हेतु प्रदर्शित विचलन गुणधर्म मानचित्र। यह प्रदर्शन विचलन गुणधर्म के कुल परिमाण एवं दिगंश घटकों को सह-प्रतिपादित कर सृजित किया गया है। भ्रंश नेटवर्क व विभिन्न दिगंशों के अनेकों क्रॉसकटिंग फ्लेक्सर्स ने अध्ययन क्षेत्र में बेसमेंट को संरचनात्मक रूप से विरूपित किया है। प्रमुख भ्रंशों को विभिन्न रंगों के सघन तीरों का उपयोग करके हाइलाइट किया गया है; (बी-सी) आयाम के आयतन को विचलन गुणधर्म के साथ सह-प्रतिपादित कर यादृच्छिक भूकंपीय रेखाओं को प्रदर्शित किया गया है, जो परिणामस्वरूप बेसमेंट अंतराल के अंतर्गत ऐसी सूक्ष्म विसंगतियों की उपस्थिति को प्रकट करते हैं।



चित्र 14 : (ए) जीटीएम का उपयोग कर बेसमेंट अंतराल के लिए प्रदर्शित स्ट्रेटा स्लाइस। यह स्लाइस अध्ययन किए गए बेसमेंट के ऊबड़-खाबड़ व विरूपित संरचनात्मक परिवेश को प्रमुखता से प्रकट करते हैं; (बी) बेसमेंट इकाई से निष्कर्षित स्ट्रेटल स्लाइस की अवस्थिति को चिह्नित करने वाली यादृच्छिक भूकंपीय रेखा एए'। अनुप्रस्थ खंडों में पीली सघन रेखाओं का उपयोग कर भ्रंशों को चिह्नित किया गया है। स्ट्रेटा स्लाइस में बिंदीदार सफेद वक्रों का उपयोग कर भ्रंश नेटवर्क की ज्यामिति व वितरण को रेखांकित किया गया है। वेलबोर को एक काले ट्राइपोड का उपयोग कर चिह्नित किया गया है।

दो अलग-अलग अपर्यवेक्षित मशीन लर्निंग मॉडल : स्व-संगठित मानचित्र (एसओएम) एवं जनरेटिव टोपोग्राफिक मैपिंग (जीटीएम) का उपयोग कर किया गया। आधारस्तंभीय भ्रंश एवं संबंधित विरूपणों को प्रकट करने के लिए सबसे प्रभावी अपर्यवेक्षित मशीन लर्निंग मॉडल निर्धारित करने के लिए इनमें से प्रत्येक मॉडल का निर्वचन एवं तुलना की गई (चित्र 14)।

भूभौतिकीय लॉग से मशीन लर्निंग से सहायतार्थ अत्याधुनिक शैलवर्णनात्मक वर्गीकरण

अन्वेषण और उत्पादन (ईएंडपी) उद्योग में सटीक स्थलाकृतिक वर्गीकरण एक मूलभूत कार्य है, क्योंकि यह जलाशय के लक्षणवर्णनों को समझने एवं निष्कर्षण रणनीतियों को निर्देशित करने में सहायता करता है। कोर लॉगिंग जैसी पारंपरिक विधियाँ महंगी और समय लेने वाली होती हैं। इसके विपरीत, भूभौतिकीय लॉग उच्च-रिजॉल्यूशन शैलवर्णनात्मक गुणधर्म प्रदान करते हैं, जो उन्हें स्थलाकृतिक पूर्वानुमान के लिए एक बहुमूल्य विधि बनाते हैं। हालांकि, पारंपरिक विधियाँ अक्सर सटीक स्थलाकृतिक वर्गीकी के साथ, विशेष रूप से जटिल भूवैज्ञानिक संरचनाओं में, संघर्ष करती हैं। इस अध्ययन में,

हम भूभौतिकीय लॉग डेटा से स्थलाकृति के पूर्वानुमान करने के लिए छह मशीन लर्निंग (एमएल) एल्गोरिदम, यथा, k -निकटतम नेबर (केएनएन), सपोर्ट वेक्टर मशीन (एसवीएम), डिसीजन ट्री (डीटी), रैंडम फॉरेस्ट (आरएफ), एक्सट्रीम ग्रेडिएंट बूस्टिंग (एक्सजीबूस्ट), और आर्टिफिशियल न्यूरल नेटवर्क (एएनएन) के उपयोग को ज्ञात करते हैं।

यह अध्ययन असम-अराकान बेसिन में अवस्थित भोगपारा तेल क्षेत्र के लाकाडोंग-थेरिया संरचना पर केंद्रित है, जो कि एक समृद्ध उपसतही लिथोलॉजी वाला पेट्रोलियम क्षेत्र है। चित्र 15(ए) भोगपारा तेल क्षेत्र की भौगोलिक स्थिति को दर्शाता है, जबकि चित्र 15(बी) अध्ययन किए गए कुओं के मध्य की दूरी को दर्शाता है, जो क्षेत्र में कुओं की स्थानिक व्यवस्था की अंतर्दृष्टि प्रदान करता है। लाकाडोंग-थेरिया संरचना की सामान्य स्तर-रेखा को चित्र 15(सी) में दर्शाया गया है, जो शैल लक्षणनात्मक अनुक्रम को रेखांकित करता है, जो कि इस अध्ययन के लिए एक भूवैज्ञानिक संदर्भ के रूप में कार्य करता है।

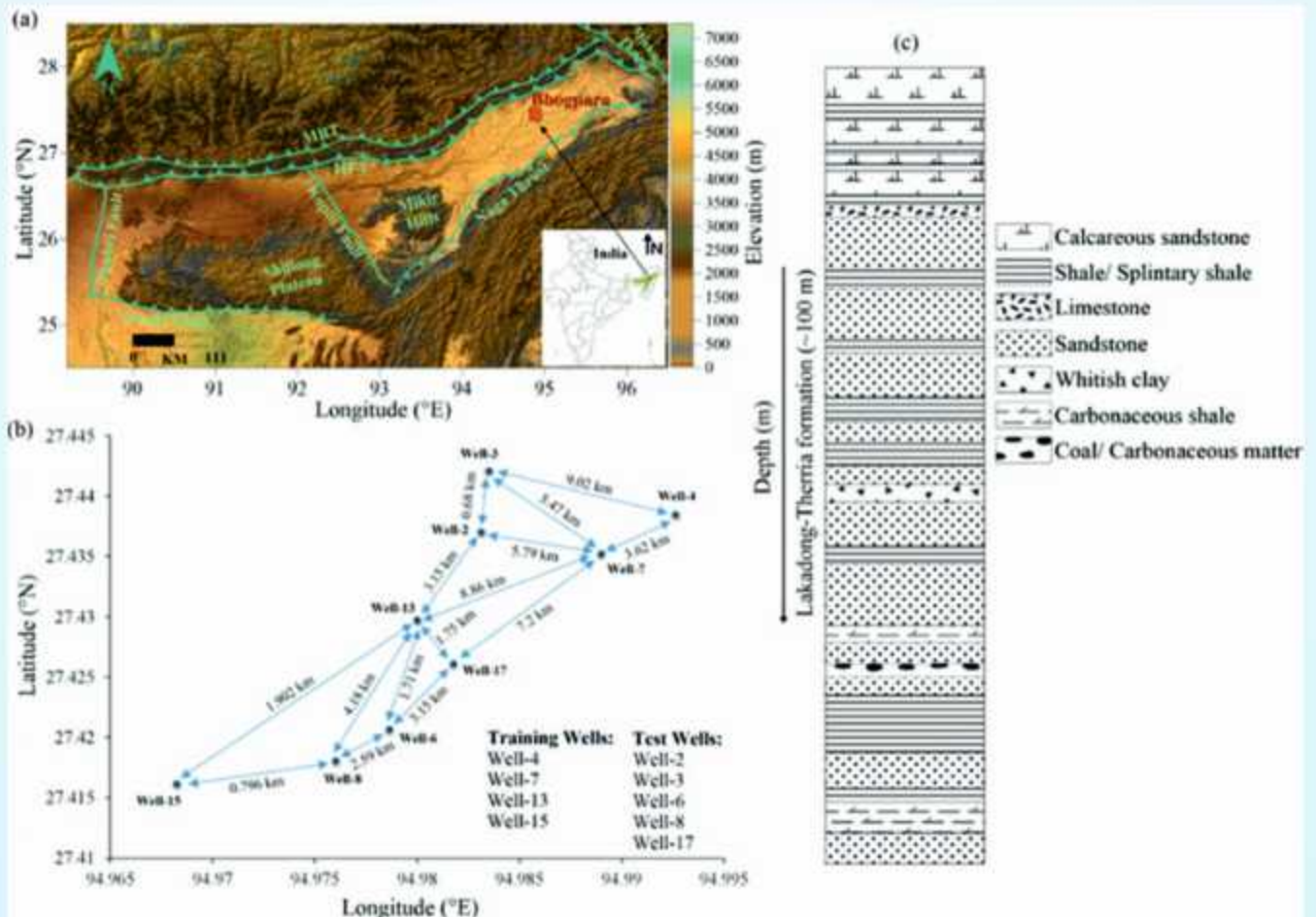
इस अध्ययन में भोगपारा तेल क्षेत्र के आठ कुओं से वायरलाइन

लॉग डेटा का उपयोग किया गया, जो विभिन्न प्रकार के शैल लक्षण यथा, क्लेस्टोन, सैंडस्टोन, कैल्केरियस सैंडस्टोन, शेल, कैल्केरियस शेल, कार्बनेशियस शेल, कोयला और चूना पत्थर का प्रतिनिधित्व करते हैं। वायरलाइन लॉग तथा वेल-2 वेल-4 से कोर-व्युत्पन्न लिथोलॉजिकल अनुक्रम, क्रमशः आंकड़े चित्र 16 और 17 में उदाहरण के रूप में दर्शाए गए हैं। यह आंकड़े वायरलाइन लॉग प्रतिक्रियाओं को दर्शाते हैं, जिसमें कैलिपर लॉग, गामा रे (जीआर) लॉग, लेटरलॉग डीप रेसिस्टिविटी (RT) लॉग, न्यूट्रॉन पोरॉसिटी लॉग (ΦN), बल्क डेंसिटी (pb) लॉग, फोटोइलेक्ट्रिक फैक्टर (पीईएफ) लॉग तथा कोर-व्युत्पन्न लिथोलॉजिकल अनुक्रम सम्मिलित हैं।

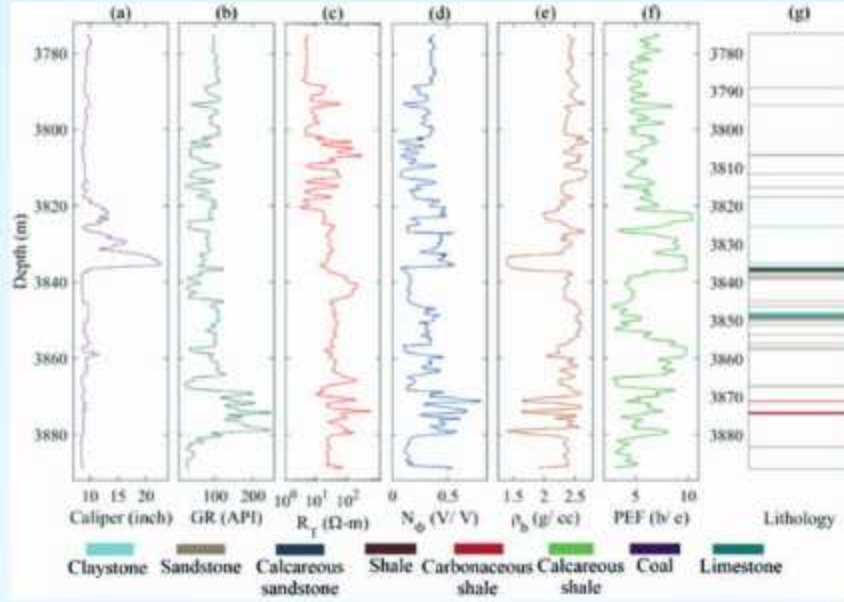
हमने भूभौतिकीय लॉग डेटा से शैल लक्षणों के पूर्वानुमान के लिए छह मशीन लर्निंग मॉडल (kNN, SVM, DT, RF, XGBoost और ANN) को प्रयुक्त किया। इन मॉडलों का मूल्यांकन अनेकों प्रदर्शन मेट्रिक्स के आधार पर किया गया, जिनमें सटीकता, परिशुद्धता, रि कॉल, F1-स्कोर और रिसीवर ऑपरेटिंग विशेषता (आरओसी) वक्र शामिल हैं। निष्कर्षों ने प्रदर्शित किया कि ANN o XGBoost मॉडल ने सबसे अच्छा प्रदर्शन कर प्रशिक्षण व परीक्षण दोनों चरणों के दौरान उच्चतम सटीकता प्राप्त की। सटीकता पदानुक्रम प्रशिक्षण के दौरान ANN > XGBoost > RF > SVM > DT > kNN और परीक्षण के

दौरान ANN/XGBoost > kNN > DT/RF > SVM था। चित्र 18(ए-जी) कोर-व्युत्पन्न लिथोलॉजिकल अनुक्रम के साथ, छह एमएल क्लासिफायर के आधार पर वेल-2 पर अनुमानित लिथोफेसीज वर्गिकी को दर्शाते हैं। चित्र 18(ए) कोर लॉगिंग से व्युत्पन्न विशुद्ध लिथोलॉजिकल अनुक्रम को दर्शाता है, जबकि चित्र 18(बी-जी) प्रत्येक मॉडल से अनुमानित लिथोफेसीज वर्गिकी को दर्शाते हैं। तुलनात्मक विश्लेषण दर्शाता है कि XGBoost और छह ने सबसे सटीक लिथोफेसीज वर्गीकरण सुजित किया है, जो कि कोर-व्युत्पन्न लिथोलॉजी से सुमेलित है। ये मॉडल न केवल उच्च सटीकता प्रदान करते हैं अपितु जटिल भूवैज्ञानिक संरचनाओं में शैल लक्षणात्मक पूर्वानुमान के लिए एक मजबूत दृष्टिकोण भी प्रदान करते हैं।

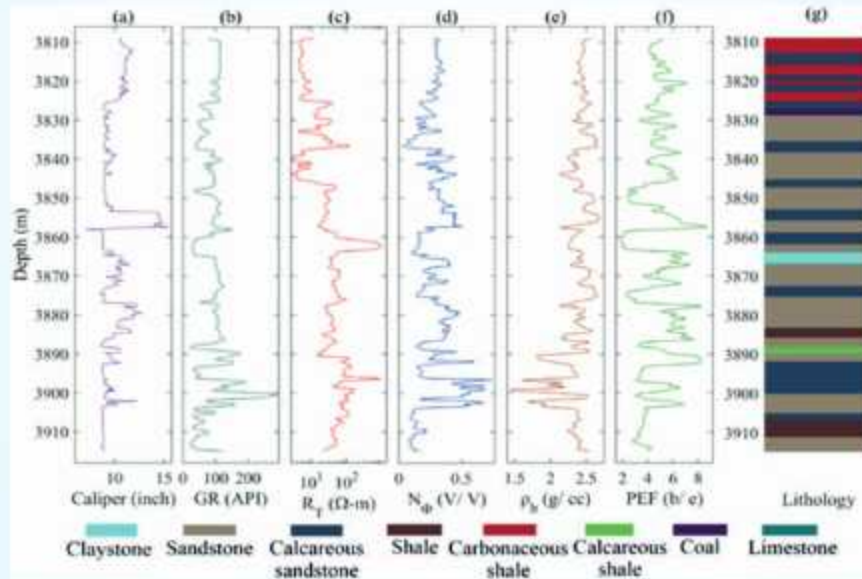
यह अध्ययन भूभौतिकीय लॉग्स से लिथोलॉजी का पूर्वानुमान लगाने के लिए मशीन लर्निंग मॉडल के अनुप्रयोग पर प्रकाश डालता है और उच्च पूर्वानुमान सटीकता प्राप्त करने में XGBoost और ANN जैसे उन्नत एल्गोरिदम की प्रभावशीलता को प्रदर्शित करता है। निष्कर्षों से यह परिलक्षित होता है कि मशीन लर्निंग लिथोलॉजी वर्गिकी की दक्षता व सटीकता में उल्लेखनीय सुधार कर सकती है, जो भूवैज्ञानिकों एवं जलाशय इंजीनियरों के लिए एक मूल्यवान विधि



चित्र 15 : (ए) भोगपारा तेल क्षेत्र की भौगोलिक अवस्थिति, (बी) अध्ययन किए गए कुओं के मध्य दूरी तथा (सी) लाकाडोंग-थेरिया संरचना के सामान्यीकृत स्तरीकृत स्तंभ का प्रतिनिधित्व।



चित्र 16 : वेल-2 में क्रमशः वायरलाइन लॉग प्रतिक्रियाएं एवं कोर व्युत्पन्न शैल लक्षणात्मक अनुक्रम। (ए) कैलिपर, (बी) गामा किरण (जीआर), (सी) लेटरोलॉग डीप रेसिस्टिविटी (आरटी), (डी) न्यूट्रॉन पोरॉसिटी (Φ_n) (ई) बल्क डेंसिटी (ρ_b) (एफ) फोटो इलेक्ट्रिक फैक्टर (पीईएफ) लॉग, तथा (जी) कोर व्युत्पन्न शैल लक्षणात्मक अनुक्रम।



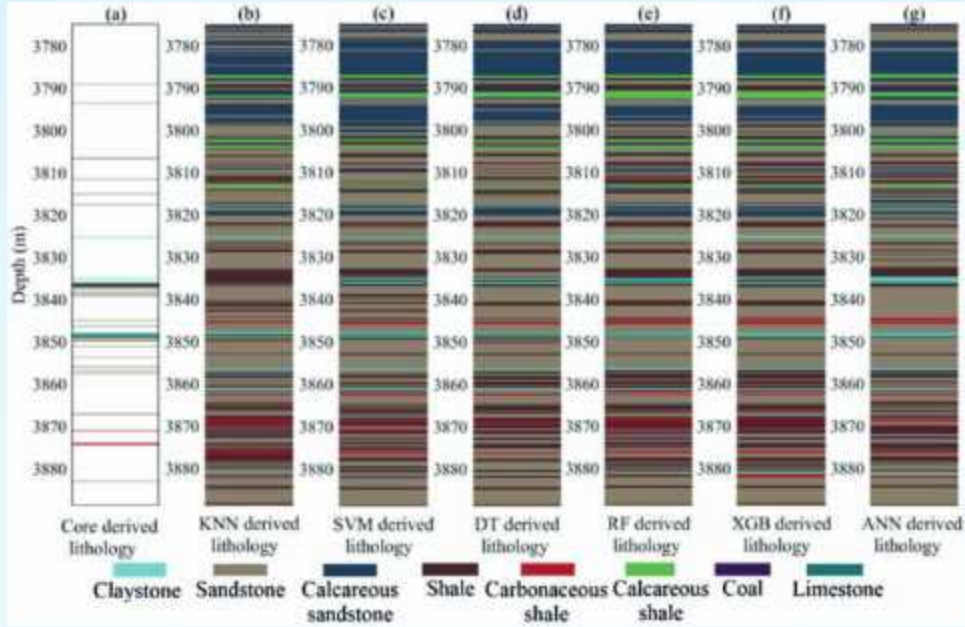
चित्र 17 : वेल-4 में क्रमशः वायरलाइन लॉग प्रतिक्रियाएं एवं कोर व्युत्पन्न शैल लक्षणात्मक अनुक्रम। (ए) कैलिपर, (बी) गामा किरण (जीआर), (सी) लेटरोलॉग डीप रेसिस्टिविटी (आरटी), (डी) न्यूट्रॉन पोरॉसिटी (Φ_n) (ई) बल्क डेंसिटी (ρ_b) (एफ) फोटो इलेक्ट्रिक फैक्टर (पीईएफ) लॉग, तथा (जी) कोर व्युत्पन्न शैल लक्षणात्मक अनुक्रम।

हो सकती है। इसके अतिरिक्त, मशीन लर्निंग तकनीकों के साथ भूभौतिकीय लॉग्स का उपयोग कोर-व्युत्पन्न लिथोलॉजिकल अनुक्रमों को संपूरित कर सकता है, जिससे उपसतही भूविज्ञान के समय अभिज्ञान में वृद्धि होगी तथा अन्वेषण व उत्पादन के लिए बेहतर निर्णय लेने में सहायता प्राप्त होगी।

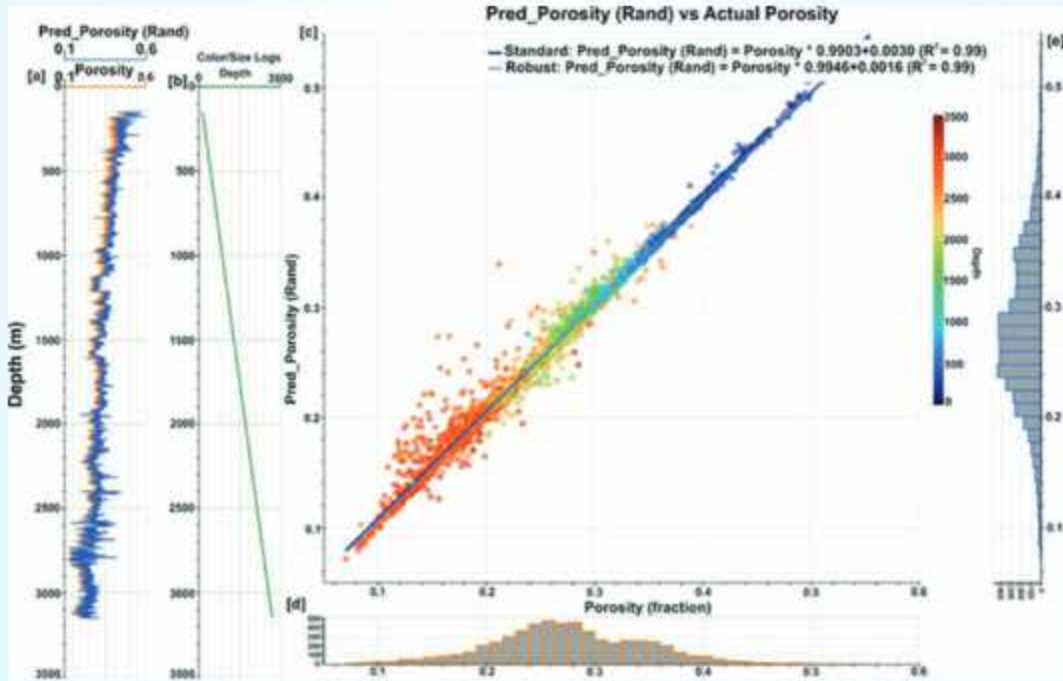
समवेत मशीन लर्निंग विधि के माध्यम से सरंधता का पूर्वानुमान

पेट्रोलियम अन्वेषण में, यह भंडार के लक्षण-निर्धारण, शैलभौतिकीय अध्ययन एवं भूवैज्ञानिक विश्लेषण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

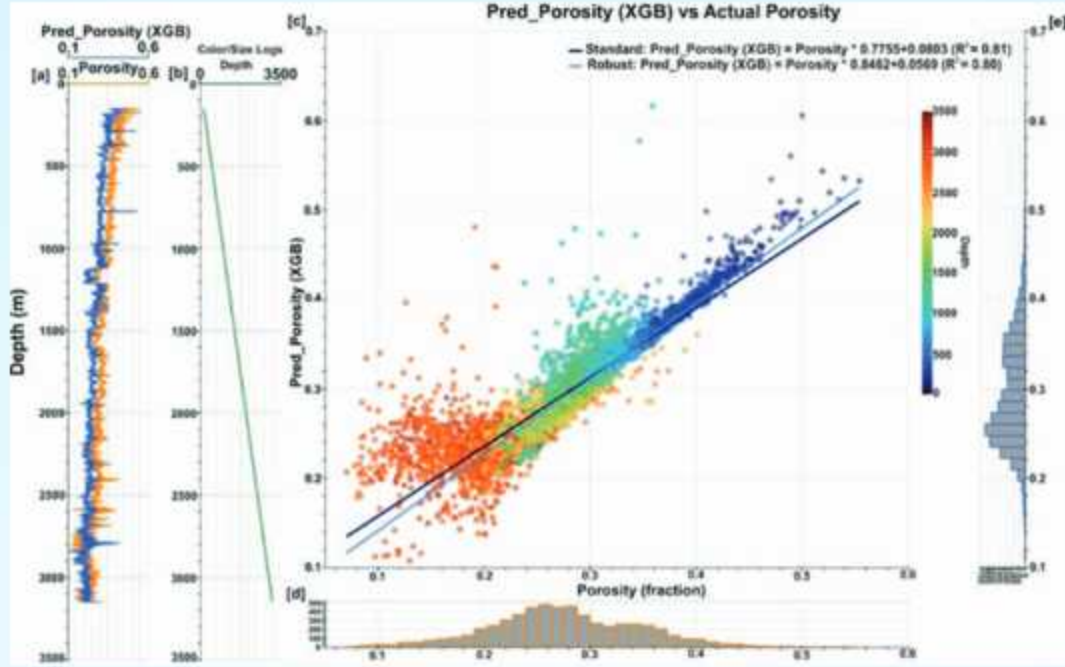
हालांकि, सामान्य प्रक्रिया में, संपूर्ण कुएं से रिकॉर्ड किए गए लॉग में सरंधता लॉग की गणना या तो यंत्रिय त्रुटि या बोरहोल परिवेशी समस्याओं के कारण नहीं की जाती है। इस प्रकार, उन्नत शैलभौतिकीय विश्लेषण तथा भंडार के लक्षण-निर्धारण के लिए सरंधता लॉग का पूर्वानुमान आवश्यक है। वर्तमान अध्ययन में, हम गुम डेटा अंतराल पर सरंधता लॉग के पूर्वानुमान में मशीन लर्निंग (एमएल) विधियों के कार्यान्वयन पर बल देते हैं। वर्तमान अध्ययन का निष्कर्ष काफी संतोषजनक है, क्योंकि हमने प्रेक्षित किया कि



चित्र 18 : वेल-2 में समस्त छह मशीन लर्निंग वर्गिकी से कोर-व्युत्पन्न एवं पूर्वानुमानित लिथोफेसीज वर्गिकी (ए) कोर-व्युत्पन्न लिथोलॉजिकल अनुक्रम, (बी) केएनएन पूर्वानुमानित लिथोफेसीज वर्गिकी, (सी) एसवीएम पूर्वानुमानित लिथोफेसीज वर्गिकी, (डी) डीटी पूर्वानुमानित लिथोफेसीज वर्गिकी, (ई) आरएफ पूर्वानुमानित लिथोफेसीज वर्गिकी, (एफ) XGBoost पूर्वानुमानित लिथोफेसीज वर्गिकी तथा (जी) एएनएन पूर्वानुमानित लिथोफेसीज वर्गिकी।



चित्र 19 : मशीन लर्निंग के रैंडम फॉरेस्ट एल्गोरिथम के लिए वास्तविक एवं अनुमानित परिणामों के मध्य क्रॉस प्लॉट। वास्तविक एवं अनुमानित सरंधता के बीच R^2 त्रुटि 0.99 है। (ए) प्रथम पैनल वास्तविक व रैंडम फॉरेस्ट अनुमानित सरंधता के ओवरले को दर्शाता है; (बी) द्वितीय पैनल अध्ययन किए गए गहराई अंतराल में डेटा की उपलब्धता को दर्शाता है; (सी) तृतीय पैनल विभिन्न गहराई के अंतरालों पर वास्तविक सरंधता बनाम रैंडम फॉरेस्ट अनुमानित सरंधता को दर्शाता है; (डी) चौथा पैनल वास्तविक सरंधता के हिस्टोग्राम प्रतिनिधित्व को दर्शाता है तथा (ई) पंचम पैनल अनुमानित सरंधता के हिस्टोग्राम प्रतिनिधित्व को दर्शाता है।



चित्र 20 : मशीन लर्निंग के XGBoost एल्गोरिथम के लिए वास्तविक एवं अनुमानित परिणामों के मध्य क्रॉस प्लॉट। वास्तविक एवं अनुमानित सरंधता के बीच R^2 त्रुटि 0.81 है। (ए) प्रथम पैनल वास्तविक व रैंडम फॉरेस्ट अनुमानित सरंधता के ओवरले को दर्शाता है; (बी) द्वितीय पैनल अध्ययन किए गए गहराई अंतराल में डेटा की उपलब्धता को दर्शाता है; (सी) तृतीय पैनल विभिन्न गहराई के अंतरालों पर वास्तविक सरंधता बनाम रैंडम फॉरेस्ट अनुमानित सरंधता को दर्शाता है; (डी) चौथा पैनल वास्तविक सरंधता के हिस्टोग्राम प्रतिनिधित्व को दर्शाता है तथा (ई) पंचम पैनल अनुमानित सरंधता के हिस्टोग्राम प्रतिनिधित्व को दर्शाता है।

वास्तविक एवं अनुमानित सरंधता के सहसंबंध गुणांक मान 0.8 से 0.9 के मध्य भिन्न होते हैं (चित्र 19 और 20)। इस प्रकार, समवेत एमएल विधि गुम डेटा अंतराल पर अन्य शैलभौतिकीय प्राचल प्रदान कर सकती है।

गतिविधि : 2बी

मुख्य हिमालयी थ्रस्ट की ज्यामिति एवं रिहोलॉजिकल आकलन, लिथोस्फेरिक फ्लेक्सिंग – भूकंपजनन, गहरी पृथ्वी प्रक्रियाओं के प्रति निहितार्थ

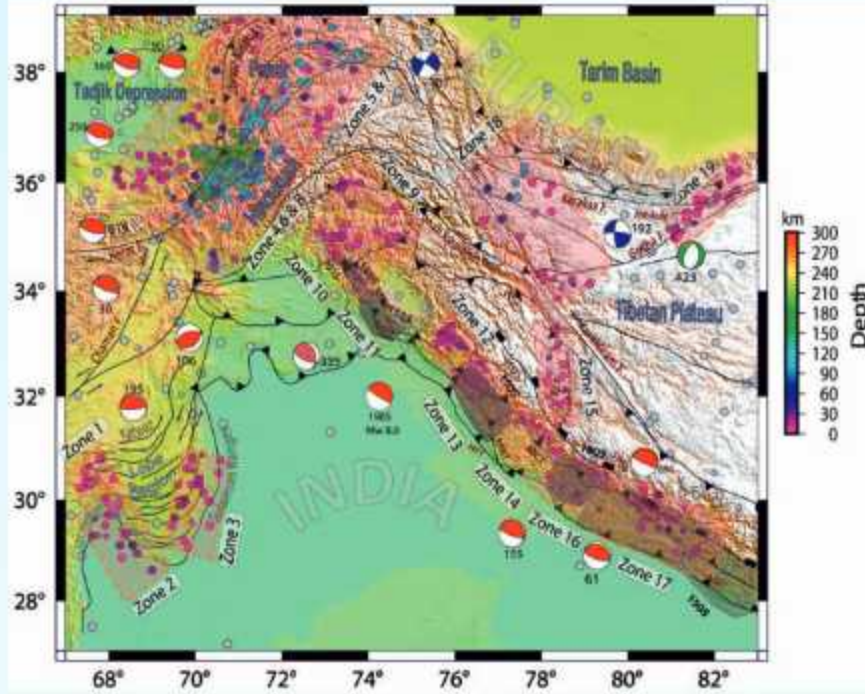
(नरेश कुमार, देवाजित हजारिका, गौतम रावत और वंदना)

प्रतिबल टेंसर व्युत्क्रम पर आधारित हिमालय-काराकोरम-तिब्बत में प्रतिबल क्षेत्र के प्रति निहितार्थ

भारतीय प्लेट (आईपी) और यूरोशियाई प्लेट (ईपी) संघट्टन के पश्चिमी भाग के अंतर्गत उच्च भूकंपीय रूप से सक्रिय क्षेत्रों के प्रतिबल व्यवस्था पैटर्न, जो कि हिमालय-काराकोरम-तिब्बत के भागों में फैले हुए हैं, वर्ष 1962 से 2021 तक 684 फोकल मैकेनिज्म सॉल्यूशंस (एफएमएस) के विश्लेषण के माध्यम से स्पष्ट किए गए हैं। प्रतिबल टेंसर व्युत्क्रम के लिए उपयोग किए गए अठारह भूकंपीय रूप से सक्रिय क्षेत्रों (चित्र 21) को भूकंपीयता की स्थानिक सीमा, भूकंपीय घटनाक्रमों के गहराई वितरण, फोकल मैकेनिज्म व भूकंपीय विवर्तनिकी के आधार पर परिभाषित किया गया है। विहित विशिष्ट क्षेत्र इस प्रकार हैं : (1) सुलेमान पर्वतमाला एवं लोब क्षेत्र, (2) हिंदुकुश, (3) पामीर, (4) नंगा पर्वत सिटैक्सिस (एनपीएस), (5)

हजारा सिटैक्सिस, (6) कश्मीर-जांस्कर क्षेत्र, (7) कांगड़ा-चंबा, (8) किन्नौर एवं कौरिक-चांगो भ्रंश क्षेत्र (केसीएफजेड), (9) गढ़वाल, (10) कुमाऊँ, (11) काराकोरम भ्रंश क्षेत्र (केएफजेड), और (12) गोड़ा-आशिकुल भ्रंश क्षेत्र। हिंदुकुश और पामीर के अन्यत्र, अधिकांश भूकंपीयता ऊपरी भूपर्पटी में केंद्रित है, जहाँ भूकंपीयता सबसे ऊपरी प्रावार (280 किमी) तक प्रसारित है। हिंदुकुश और पामीर के इस भाग में भूकंपीयता तीन गहराई क्षेत्रों (70 किमी तक, 70 – 160 किमी तथा 160 – 280 किमी तक) में विभक्त है, जिनमें विशिष्ट भूकंपीयता समूह मौजूद हैं। एफएमएस का स्ट्रेस टेंसर इनवर्जन (एसटीआई) विवर्तनिक एवं उप-सतही परपटी-स्केल संरचना पर स्ट्रेस पैटर्न को दर्शाता है (चित्र 22)।

विभिन्न क्षेत्रों के स्ट्रेश रीजाइम और संबंधित अधिकतम क्षैतिज तनाव एक्सिस (SHmax) अभिविन्यास उत्तर-पश्चिम हिमालय में उत्तर और उत्तर-पूर्व थरिंटिंग, केएफजेड में स्ट्राइक-रिलप व तिब्बती पठार (जोन 15 और 19) से समीपस्थ रूप से संबद्ध क्षेत्रों में विस्तार का संकेत देते हैं। इस अध्ययन से प्राप्त (SHmax) दिशा पूर्व रिपोर्ट की गई क्षैतिज प्रधान विरूपण-दर दिशाओं के साथ संरेखित हैं। इसके अतिरिक्त, निष्कर्ष तिब्बती पठार की सीमाओं के साथ स्ट्रेश तंत्र में एक स्पष्ट प्रवणता को प्रकट करते हैं। तनाव रीजाइम दक्षिणी सीमा (जोन 12 से जोन 17) में संपीड़न से केंद्रीय भाग (जोन 18) में वाष्पोत्सर्जन व उत्तरी कोने (जोन 19) पर विस्तार स्ट्रेश में परिवर्तित हो जाता है। इस प्रतिबल व्युत्क्रमण अध्ययन के निष्कर्षों के आधार पर, दाएं द्विफलक व घूर्णन ईष्टमीकरण विधियों के मध्य, सिवाय उन



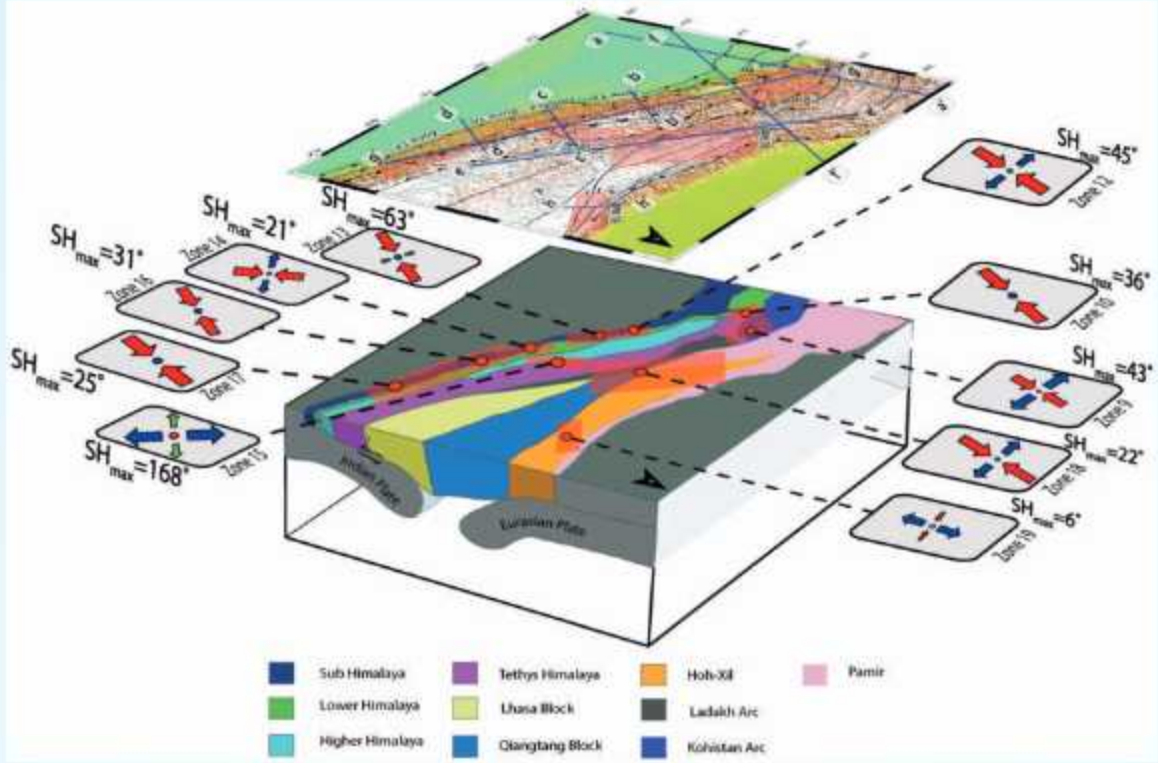
चित्र 21 : अध्ययन क्षेत्र का भूकंपविवर्तनिकी मानचित्र। प्रमुख भ्रंश, प्रबल एवं बड़े भूकंप, भूकंपीयता व तनाव टेंसर व्युत्क्रम (एसटीआई) के क्षेत्र मानचित्र में दर्शाए गए हैं - बिंदीदार रेखा से परिभाषित क्षेत्र एसटीआई के लिए विचार किए गए क्षेत्रों को दर्शा रहे हैं। एसटीआई के लिए प्रयुक्त घटनाओं को क्षेत्रों के अंदर रंग से पूरित वृत्त के रूप में दिखाया गया है, घटनाक्रम का रंग इसी फोकल गहराई (किमी) का प्रतिनिधित्व करता है। रंग धारित घटनाक्रम इस अध्ययन के लिए अप्रयुक्त घटनाओं को इंगित करती हैं। कुछ भूतकाल के प्रबल और प्रमुख घटनाओं ($M \geq 6.5$) को बीचबॉल प्रतिनिधित्व द्वारा दर्शाया गया है। बीचबॉल का पृथक रंग विभिन्न तंत्रों (लाल : थ्रस्ट, हरा : सामान्य, नीला : स्ट्राइक स्लिप, भूरा : थ्रस्ट-स्ट्राइक-स्लिप) को इंगित करता है।

क्षेत्रों के जहां ऊर्ध्वाधर अभिविन्यास में पीएसए की उच्च अनिश्चितता है, कोई स्पष्ट अंतर नहीं पाया गया। घूर्णन ईष्टमीकरण विधि अधिक सटीक परिणाम दे सकती है क्योंकि यह पीएसए अभिविन्यास में किसी भी अंतर्निहित त्रुटि को कम करती है।

हिंदूकुश क्षेत्र में, वर्धित गहराई के सापेक्ष संपीडन तंत्र में भ्रंश का दक्षिणावर्त घूर्णन, गहराई में वृद्धि के साथ-साथ थ्रस्टिंग प्लेट की घूर्णाकार प्रवृत्ति को दर्शाता है (चित्र 23)। इनके साथ ही, पामीर क्षेत्र में, बढ़ती गहराई के सापेक्ष स्ट्रैश तंत्र में परिवर्तन के साथ भ्रंश का वामावर्त घूर्णन प्रेक्षित किया गया है। एक प्रभावी संकल्पनात्मक मॉडल जो गहराई-वार क्षेत्रीय प्रतिबल परिवेश को प्रकट करता है, हि.प्र. क्षेत्र में भूकंपीयता और एसटीआई परिणामों द्वारा प्रदान किया गया है (चित्र 23)। यह आईपी-ईपी संघट्टन पर प्रभावी जानकारी देता है और भविष्य में अतिरिक्त डेटा परिणामों को सुदृढ़ करेगा। उत्तर-पश्चिमी हिमालयी आर्क में, विवर्तनिक अभिसरण बल प्रधान अभिप्रेरण बल के रूप में कार्य कर रहा है जो प्रतिबल व्यवस्था की प्रवृत्ति को नियंत्रित करता है। हालांकि, एनपीएस, किन्नौर, केएफजेड और जांस्कर जैसे क्षेत्र इसके अपवाद हैं, जहां प्रबल विस्तारत्मक व परिवर्तनकारी विवर्तनिक बल प्रधानता में हैं। यह स्थानीय स्तर पर जटिल विवर्तनिकी का भी संकेत देता है। SHmax अभिविन्यास प्लेट सीमा के लगभग लंबवत है, जहां थ्रस्टिंग/सबडक्शन घटित होता है,

जिसका आशय है कि अभिसरण विवर्तनिकी ऐसे क्षेत्रों में भूकंपीय विवर्तनिकी प्रक्रियाओं के लिए प्रमुख अभिप्रेरक शक्ति है। उत्तर-पश्चिमी हिमालय आर्क में, भूकंपीय अंतराल क्षेत्र सामान्यतः थ्रस्ट व्यवस्था प्रदर्शित करते हैं। केएफजेड और जीएएफजेड तिब्बती तल में अवस्थित हैं, जहां प्लेट अभिसरण बल का स्ट्रैश तंत्र को परिभाषित करने पर निम्न प्रभाव पड़ता है।

पृथ्वी के ऊपरी प्रावर में भूकंपीय असंततताओं का अन्वेषण, प्रावर प्रक्रिया के अभिज्ञान के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है, जो किसी विवर्तनिक रूप से सक्रिय क्षेत्र के भू-गतिकी उद्भव को प्रभावित करता है। पृथ्वी का प्रावर, भूपर्पटी के विकास में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है और प्लेट विवर्तनिकी के लिए तापीय व यांत्रिक अभिप्रेरक बल प्रदान करता है। भूपर्पटी के विपरीत, प्रावर की रासायनिक व खनिज संरचना सरल है। ऊपरी प्रावर मुख्यतः एक पेरिडोटाइटिक कार्यांतरण संकुल है, जो कि ओलिवाइन खनिजों, ऑर्थोपाइरॉक्सीन, क्लिनोपाइरॉक्सीन और एक एल्युमिनस प्रावस्था (यथा: दाब के अनुसार प्लेजियोक्लेज, स्पिनल या गार्नेट) से गठित है। खनिजों की क्रिस्टलीय संरचना ऊपरी प्रावर के दाब व तापमान के साथ परिवर्तित होती रहती है जिससे प्रावस्था परिवर्तन होते हैं। अनेकों भूकंपीय अध्ययनों ने ऊपरी मेंटल (यथा: 440 और 660 किमी) की प्राथमिक वैश्विक असंततता को ज्ञात किया है, हालांकि,



चित्र 22 : उत्तर-पश्चिमी हिमालय, काराकोरम और गोड्डा-आशिकुले क्षेत्रों में स्ट्रैश तंत्र एवं समनुरूपी SH_{max} अभिविन्यास को दर्शाने वाले विवर्तनिक मॉडल का एक त्रि-आयामी चित्रण। प्रमुख पर्पटी खंडों को लिजेंड के अनुसार अलग-अलग रंगों में दर्शाया गया है; पार्सन्स एट अल., 2020 के उपरान्त संशोधित। नीली रेखाएँ (a-a', b-b', c-c', d-d', e-e', f-f', g-g' and h-h') क्रॉस-खंड प्रोफाइलों को दर्शाती हैं।

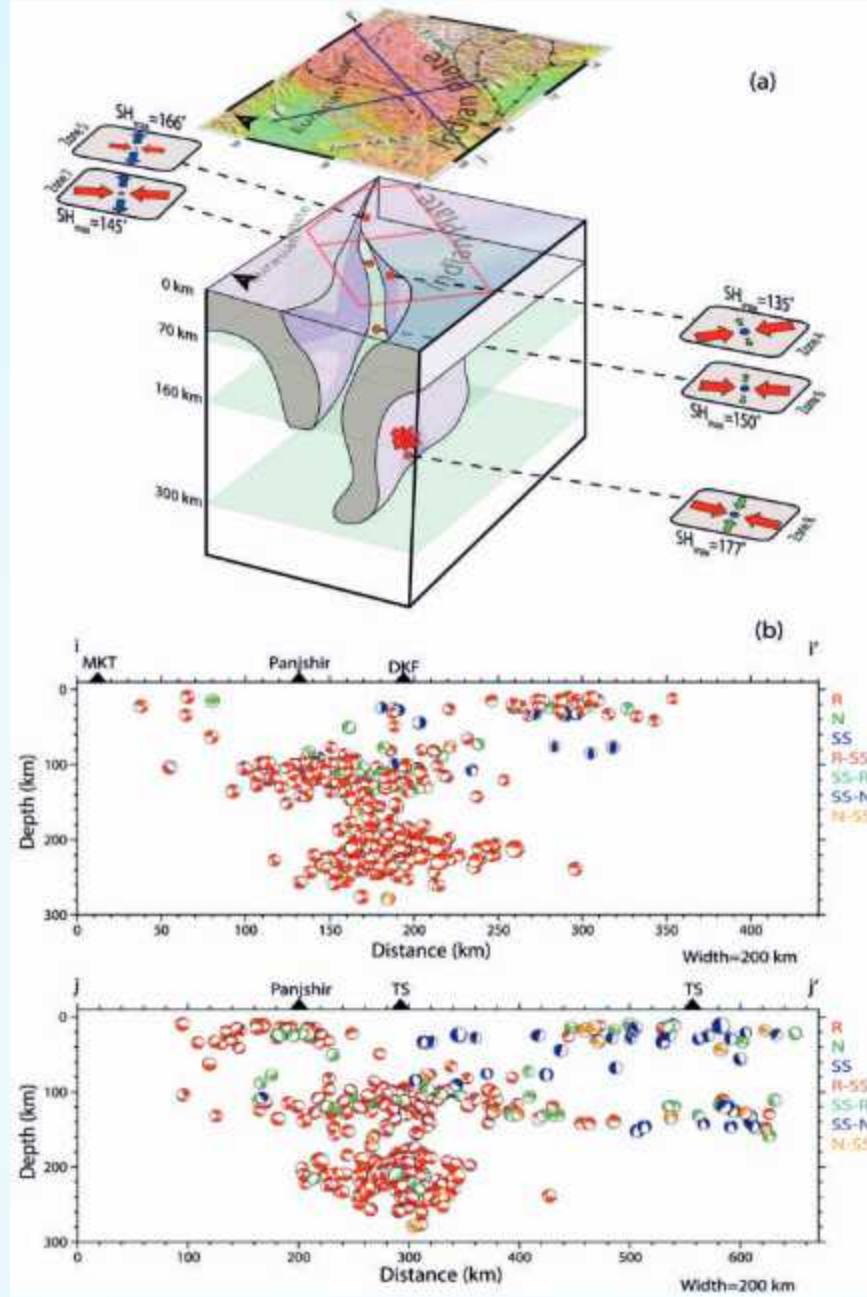
लिथोस्फेरिक प्रावार (हेल्स, 1969, ईपीएसएल, खंड : 7, पीपी : 44-46) में हेल्स असंततता जैसे द्वितीय क्रम असंततता का खराब अध्ययन किया गया है।

पूर्वोत्तर भारत के तले एक उथली प्रावार भूकंपीय असंततता (हेल्स)

इस अध्ययन में, राष्ट्रीय भूकंप विज्ञान केंद्र, पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय, नई दिल्ली के 11 ब्रॉडबैंड भूकंपीय केंद्रों पर टेलीसेस्मिक रिसीवर फंक्शन (आरएफ) प्रतिलोम व सामान्य रूपांतरण बिंदु (सीसीपी) इमेजिंग के आधार पर ऊपरी असम घाटी या ब्रह्मपुत्र नदी घाटी (बीआरवी) और आईबीआर एवं बंगाल बेसिन के कुछ हिस्सों के लिए हेल्स असंततता की रिपोर्ट की गई है (चित्र 24)। उच्च सिग्नल-टू-रव अनुपात (> 3.0), बॉडी वेव परिमाण (एमवी > 5.5), और ~ 30-95 डिग्री के उपरिकेंद्रीय दूरी (Δ) वाले टेलीसेस्मिक भूकंपों के तरंगरूप डेटा का उपयोग किया गया (इनसेट, चित्र 24)। आईएमपी स्टेशन पर आरएफ का उदाहरण मोहो (पीएमएस) और हेल्स (पीएचएस) असंततता पर पी-टू-एस का रूपांतरण प्रेक्षित करता है (चित्र 25)। आरएफ में 0s प्रेक्षित किया गया, प्रथम प्रबल सकारात्मक आगमन प्रत्यक्ष पी-आगमन (पीपी चरण) है तदोपरान्त ~3.2 एस, ~6 एस, और ~7 एस पर सकारात्मक आगमन हुए हैं। ~3.2 एस पर सकारात्मक आगमन एक उथली मध्य-पर्पटी असंततता का प्रतिनिधित्व किया गया है और इसे मोहो असंततता के लिए उत्तरदायी नहीं ठहराया जा सकता, क्योंकि यह असामान्य रूप से पतली पर्पटी को इंगित

करेगा। आगमन के समय और घ्रवता के आधार पर, साथ ही पिछले अध्ययनों से तुलना करने पर, ~ 6 एस पर सकारात्मक आगमन को मोहो असंततता माना गया है। पीएस चरण के बाद प्रेक्षित मजबूत सकारात्मक आगमन, जिसे पीएच के रूप में लेबल किया गया है, को उथली प्रावार असंततता (यथा, हेल्स असंततता) से उत्पन्न माना गया है। नेबरहुड एल्मोरिदम (एनए) व्युत्क्रम विधि को रेडियल आरएफ पर प्रयुक्त किया गया (चित्र 26)। वेग मॉडल ऊपरी भूपर्पटी (~ 10-22 किमी) में एक निम्न-वेग क्षेत्र (एलवीजेड) को दर्शाता है। $Ps1$ चरण बेस एलवीजेड के अनुरूप है। ~ 42 और ~ 57 किमी पर Vs में तीव्र परिवर्तन प्रेक्षित किया गया है, जहां Vs क्रमशः ~ 4.1 और ~ 4.6 किमी/सेकंड है। अपरूपण तरंग वेग व इस क्षेत्र में किए गए पूर्व अध्ययनों के आधार पर, ~ 42 किमी पर स्टेप-जंप को मोहो माना गया है, जबकि अगले स्टेप-जंप को एक उथली ऊपरी प्रावार असंततता के रूप में चिह्नित किया गया है, जिसका हेल्स असंततता के रूप में निर्वचन किया गया है।

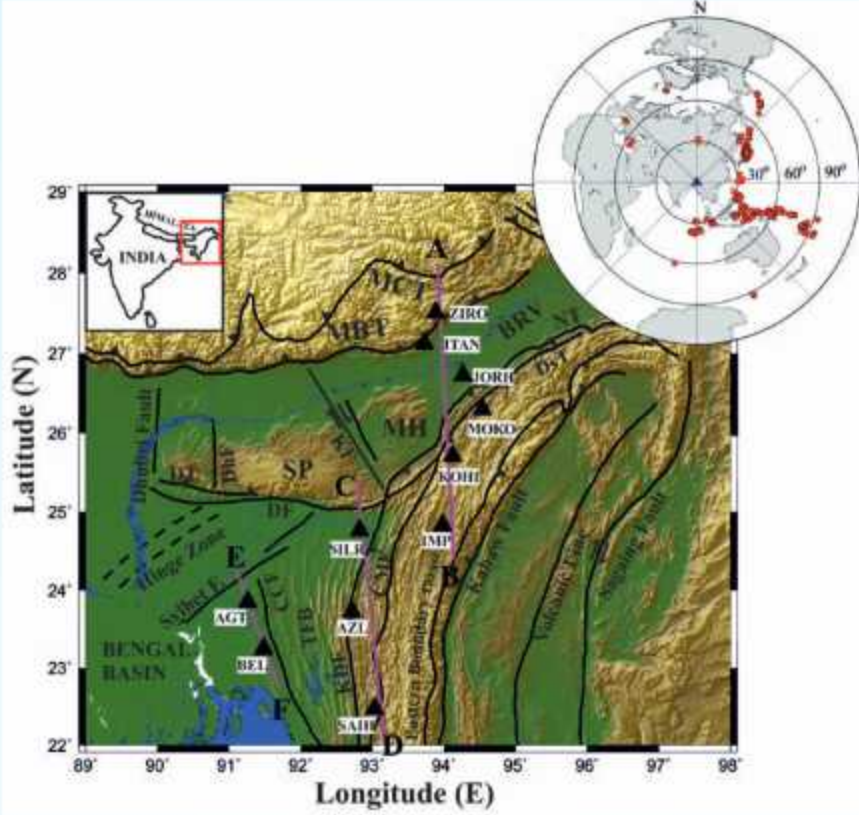
अध्ययन से ब्रह्मपुत्र घाटी (जेओआरएच स्टेशन पर) के नीचे एक पतली भूपर्पटी (~35 किमी) का पता चलता है, जिसकी सतह पर ~4 किमी मोटी अवसादिक परत है। भूपर्पटी की मोटाई हिमालय में उत्तर की ओर (जेडआईआरओ और आईटीएन में ~40 किमी) और दक्षिण में (केओएचआई में ~46 किमी तक) बढ़ती हुई प्रेक्षित की गई है। त्रिपुरा वलित बेल्ट व बंगाल बेसिन के पास भूपर्पटी की मोटाई



चित्र 23 : (ए) हिंदूकुश-पामीर क्षेत्र में स्ट्रेस तंत्र व उसके समनुरूप SHmax अभिविन्यास को गहराई से दर्शाने वाले विवर्तनिक मॉडल का एक त्रि-आयामी चित्रण। नीली रेखाएं (i-i' और j-j') क्रॉस-खंड प्रोफाइल को दर्शाती हैं। (बी) बीचबॉल प्रतिनिधित्व के रूप में i-i' और j-j' क्रॉस-खंडों के रूप में एफएमएस का प्रस्तुतीकरण। बीचबॉल का पृथक रंग, जैसा कि लीजेंड में दर्शाया गया है, विभिन्न प्रकार के एफएमएस को दर्शाता है। शीर्ष पर संपूरित त्रिभुज उन प्रमुख भ्रंशों को दर्शाता है जो कि संबंधित प्रोफाइलों को प्रतिच्छेद करते हैं।

~ 36–40 किमी के भीतर परिवर्तित होती रहती है। अध्ययन से ~ 54–78 किमी की परिवर्तनशील गहराई सीमा पर उथली प्रावार असंततता (हेल्स विच्छेदन) के अस्तित्व का पता चलता है, जिसकी विशेषता प्रतिलोम मॉडल (चित्र 27) में प्रेक्षित किए गए शीयर तरंग वेग में एक फेज वृद्धि (~ 7.5–11%) है। स्पिनल से गार्नेट तक

खनिज चरण परिवर्तन को इस असंततता का उद्भव माना जाता है। असंततता की गहराई में परिवर्तन का निर्वचन Cr+3 के योग के रूप में किया जा सकता है, जो कि स्पिनल-गार्नेट स्थिरता क्षेत्र को अधिक गहराई पर स्थानांतरित करता है, जबकि Fe+2 इसे निम्न गहराई पर स्थानांतरित करता है। ऊपरी प्रावार में उच्च तापमान के



चित्र 24 : भारत के पूर्वोत्तर क्षेत्र (एनईआर) का विवर्तनिक मानचित्र, इस अध्ययन में उपयोग किए गए भूकंपीय स्टेशनों (काले त्रिकोण) के स्थान को दर्शाता है। प्रमुख विवर्तनिक विशिष्टताएं यथा, ब्रह्मपुत्र नदी घाटी (बीआरवी), शिलांग पठार (एसपी), मिकिर पठार (एमपी), चटगांव तटीय भ्रंश (सीसीएफ), चुराचांदपुर-माओ भ्रंश (सीएमएफ), डौकी भ्रंश (डीएफ), दुधनोई भ्रंश (डीएचएफ), दिसांग थ्रस्ट (डीएसटी), दपसी थ्रस्ट (डीटी), कलादान भ्रंश (केडीएफ), कोपिली भ्रंश (केएफ), मुख्य सीमा थ्रस्ट (एमबीटी), मुख्य केंद्रीय थ्रस्ट (एमसीटी), नागा थ्रस्ट (एनटी), त्रिपुरा फोल्ड मेखला (टीएफबी) हैं।

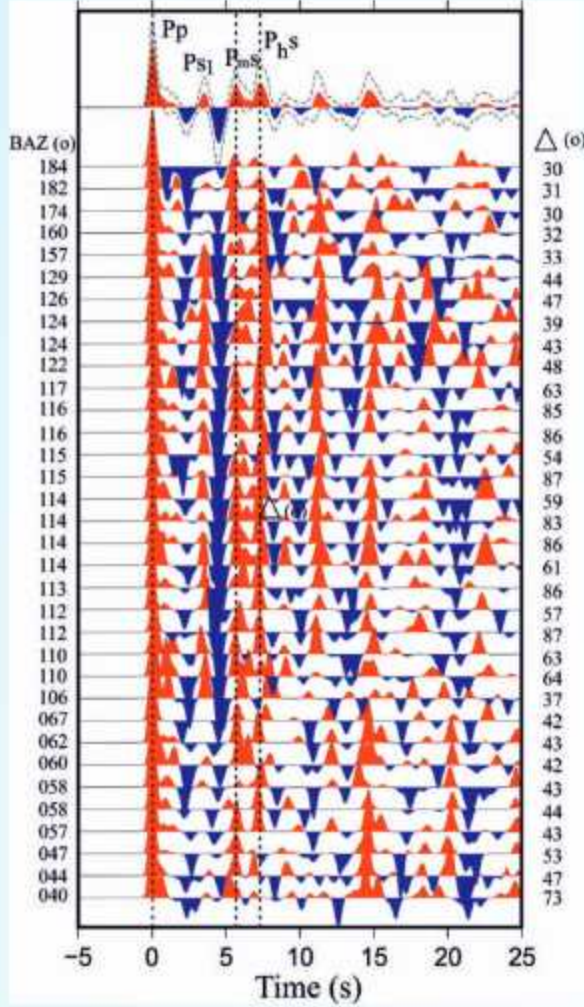
बावजूद, हेल्स असंततता के तले प्रेक्षित किए गए निम्न V_p/V_s अनुपात (1.65–1.75) को ऑर्थोपाइरॉक्सीन के उच्च अंश की उपस्थिति से परिभाषित किया जा सकता है।

शैल-हिम स्खलन की सातही गतिकी के लिए बहु-पैरामीट्रिक दृष्टिकोण

वर्ष 2021 के चमोली शैल-हिम स्खलन के पूर्वगामी संकेतों का अवलोकन, चट्टान स्खलन के बहु-विषयक विश्लेषण दृष्टिकोण की जाँच करने का एक अवसर प्रदान करता है। दि. 7 फरवरी 2021 को, भारत के उत्तराखंड के चमोली जिले में रौंथी चोटी से एक विशाल चट्टान-बर्फ की एक शिला टूट गई थी (चित्र 28)। इससे 200 से अधिक मौतें हुईं और अत्यधिक आर्थिक नुकसान हुआ। विच्छेद से पहले संभावित पूर्वगामी विसंगतियों को चिह्नित करने के लिए रेडॉन सांद्रता व भूकंपीय संकेतों का उपयोग किया गया। यह अध्ययन न केवल असामान्य संकेतों की विशेषता बताता है, अपितु चट्टान स्खलन तंत्र का मॉडल भी तैयार करता है। विश्लेषण तीन समय-निर्भर न्यूक्लियेशन चरणों, सिग्मल सृजन के भौतिक तंत्रों व भौतिक कारकों के एक संपूर्ण परिदृश्य को प्रकट करता है जिन्होंने ढलान विफलन की गंभीरता की सीमा को प्रभावित किया है। शैल दरारों/जोड़ों की

क्रमिक प्रगति, उसके बाद मलबा प्रवाह और फिसलन उन्नयन त्वरण के अंतिम स्खलन के चरण से पूर्व हुआ। रेडॉन डेटा का तापमान रिकॉर्ड (औली अवस्थित एडब्ल्यूएस स्टेशन से, 2900 मीटर समुद्र तल से, स्रोत से 23 किमी दूर) तथा वायुमंडलीय दबाव (धुतू स्टेशन) के साथ सहसंबंध के आधार पर, हमने वेज विफलन को प्रभावित करने वाले कारकों का एक योजनाबद्ध मॉडल तैयार किया (चित्र 29)। ऋषिगंगा-धौलीगंगा जलग्रहण क्षेत्र में बीवीएस स्थापित है तथा संयोगवश एक बीवीएस स्टेशन स्रोत क्षेत्र के बहुत करीब (10 किमी – टीपीएन, तपोवन शहर) अवस्थित है।

इस आपदा से 2 दिन पूर्व मलबा प्रवाह, विच्छेद और भंजन में क्रमिक रूप से बढ़ोतरी हुई थी, जो मलबा प्रवाह के समय के करीब आने पर साथ तेज हो गई। यह असामान्य परिवर्तन संभवतः एमसीटी और हिमालय के अन्य स्थानीय टेक्टोनिक विच्छेदन के करीब चट्टानों में अतिरिक्त तनाव-विकृति परिवर्तनों के कारण रेडॉन उत्सर्जन में वृद्धि में योगदान करते हैं। रेडॉन समय श्रृंखला में देखे गए परिवर्तन और प्रवाह के भूकंपीय संकेत विभिन्न मापदंडों के परस्पर संबंधित प्रभावों का सुझाव देते हैं। दर्ज किए गए पूर्ववर्तियों के सामूहिक अध्ययन ने हमें पूर्ववर्ती गतिशील न्यूक्लियेशन चरणों, वेज विफलता को प्रभावित करने वाले कारकों, चट्टान विफलन तंत्र और पूर्ववर्ती



चित्र 25 : इम्फाल (आईएमपी) स्टेशनों के लिए गॉसियन चौड़ाई 2.5 का रिसेवर फलन (मूव-आउट करेक्टेड) आरेख, जिसमें बाईं ओर बढ़ते हुए बैक एजिमुथ (बीएजेड) को दर्शाया गया है। संगत उपकेंद्रीय दूरी (D) दाईं ओर दर्शाई गई है। प्रत्यक्ष P-तरंग (Pp), मोहो (Ps) से P- से -S अभिसरण, और हेल्स (Ph) असंततता क्रमशः डैशदार रेखाओं से दर्शाए गए हैं। स्टैकड रिसेवर फलन को ± 1 मानक विचलन सीमाओं के साथ शीर्ष पर दर्शाया गया है। P_s , एक मध्य-भूगर्भीय प्रावस्था है, जो मुख्य हिमालयी ध्रुव (एमएसटी) पर अभिसरण के लिए संभव है।

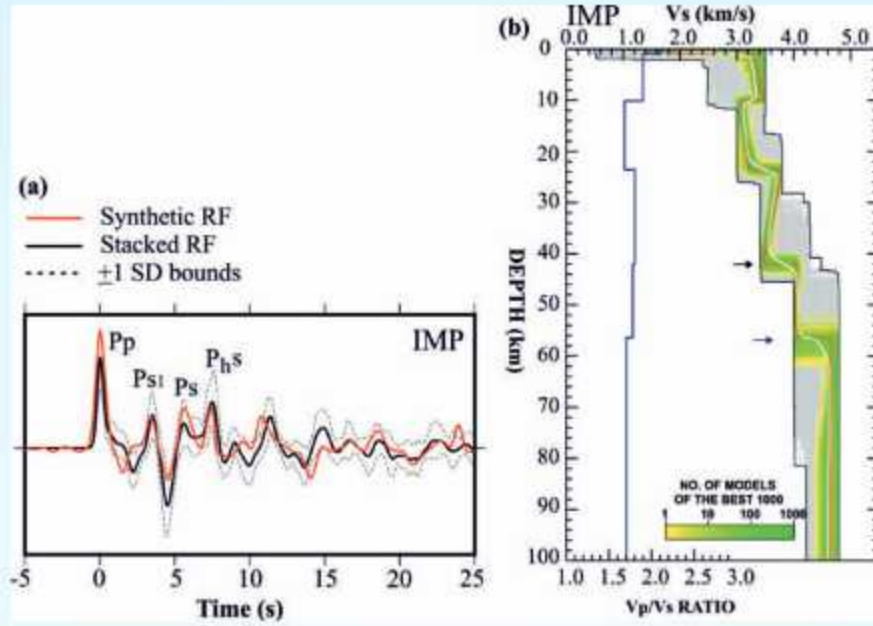
सिग्नल सृजन के भौतिक तंत्रों का पुनर्निर्माण करने में सुगम बनाया। मलबा प्रवाह की गंभीरता की सीमा अनेकों भौतिक मापदंडों पर भी निर्भर है, यथा, स्ट्रेया-स्ट्रेन उन्नयन, ओवरबर्डन दबाव जो विफलन क्षेत्र के साथ रेडॉन गैस माइग्रेशन, फ्रीजिंग-थॉइंग चक्र, फ्रैक्चर और मलबे का प्रसार, स्लिप त्वरण तथा वेज विफलन प्लेन के साथ अनेकों छोटे विच्छेदों को बढ़ाता है। तीन समय-निर्भर न्यूक्लियेशन चरणों को अलग करने के मानदंडों को ध्यान में रखते हुए, हम मुख्य रूप से सीसी थ्रेसहोल्ड, एसएनआर और वेवलेट विश्लेषण पर ध्यान केंद्रित करते हैं। पुनरावृत्त कमजोर संकेतों का एक अनुक्रम आयाम प्रवर्धन में

परिवर्तन और भूकंपीय संकेतों के बीच कम अवधि के साथ होता है, जो विकसित दरारों और फ्रैक्चर के साथ स्थिर से गतिक परिवर्तनों को दर्शाता है। यहां, हमारे प्रेक्षण शैल या ढलान के विफलन को प्रभावित करने वाले कारकों का सीधे वर्णन करने वाले रेडॉन संकेतों में महत्वपूर्ण समय-निर्भर परिवर्तनों को प्रकट नहीं करते हैं। व्यवस्थित व एकीकृत अध्ययन महत्वपूर्ण है क्योंकि हमें दि. 5-6 फरवरी के दिन कोई भी पूर्ववर्ती भूकंपीय संकेत नहीं मिले, लेकिन रेडॉन सांद्रता में निरंतर $m + 2\sigma$ विसंगतियां मिलीं, जो इस समय सीमा में सीमित है। हमने प्रेक्षित किया कि वर्ष 2021 के इस हिमालयी विनाशकारी घटनाक्रम को नियंत्रित करने में चट्टानों की गतिकी ने महत्वपूर्ण भूमिका निभाई (चित्र 30)। सटीकता व झूठे अलार्म से बचने के लिए, हमें वास्तविक समय अनुश्रवण के साथ एक सघन एकीकृत मल्टीपैरामीट्रिक नेटवर्क की आवश्यकता है।

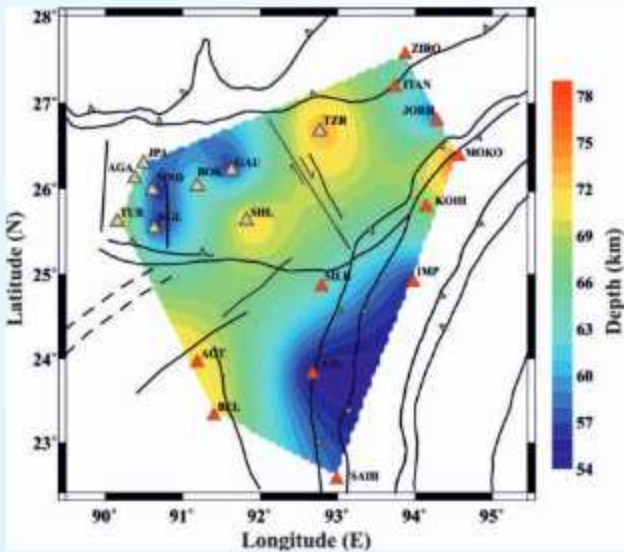
केंद्रीय भूकंपीय अंतराल, उत्तर-पश्चिमी हिमालय में भूकंप स्रोत का लक्षणवर्णन और मापन सहसंबंध

गढ़वाल हिमालय में 8 ब्रॉडबैंड सीस्मोग्राफ के तरंगरूप आंकड़ों का उपयोग कर, अपरूपण तरंग वर्णक्रमीय व्युत्क्रमण के माध्यम से, M_w 1.5-3.3 के 52 स्थानीय भूकंपों के भूकंप स्रोत प्राचलों का मूल्यांकन किया गया। यह पुनरावृत्त तकनीक ब्रून के ω -स्क्वायर वृत्ताकार स्रोत वर्णक्रमीय मॉडल पर आधारित है। स्थिर आयाम धारित निम्न आवृत्ति के लिए कोण आवृत्ति एवं विस्थापन आयाम का अनुमान लगाने के लिए अनेक स्टेशनों पर विस्थापन वर्णक्रम का उपयोग किया गया। मॉडल किए गए स्रोत पैरामीटर, जिनमें कॉर्नर फ्रीक्वेंसी (f_c), स्रोत-रेडियस (r), स्ट्रेस ड्रॉप ($\Delta\sigma$), भूकंपीय आघूर्ण (M_0), और आघूर्ण परिमाण (M_w) शामिल हैं, क्रमशः 1.3-11.58 Hz, 117.6-1054.4 m, 0.004-36 bar, $2.83E+11$ - $1.33E+14$ N-m, और 1.5-3.3 की सीमा में भिन्न थे (तालिका 1)। तरंग स्पेक्ट्रम के माध्यम से भूकंप स्रोत पैरामीटर का अनुमान भूकंपजनन के अध्ययन के लिए एक महत्वपूर्ण घटक है तथा स्केलिंग संबंध प्राप्त करना भूकंपीय जोखिमों के आकलन को समझने के लिए महत्वपूर्ण है। स्केलिंग संबंधों का उपयोग भू-गति पूर्वानुमान समीकरणों (जीएमपीईएस) को विकसित करने के लिए किया जाता है, महत्वपूर्ण निश्कर्ष यह है कि हमारा मॉडलिंग M_0 और f_c के बीच एक स्केलिंग संबंध को दर्शाता है, जो M_w 1.5 से 3.3 के स्थानीय भूकंपों के आधार पर गढ़वाल हिमालय के लिए $M_0 f_c 2.6 \propto$ स्थिरांक का संकेत देता है। हमारे वर्तमान अध्ययन से प्राप्त यह स्केलिंग संबंध गढ़वाल हिमालय क्षेत्र के लिए भूकंपीय जोखिम मॉडलिंग को उत्कृष्ट बना सकते हैं। इससे, परिणामस्वरूप भूकंप इंजीनियरों को इस क्षेत्र में अधिक प्रतिरोधी इमारतें बनाने में सहायता प्राप्त हो सकती है।

इस अध्ययन में भूकंपीय मोमेण्ट (एमओ) एवं कॉर्नर आवृत्ति (एफसी) के मध्य के परिमाणों में अंतर आयामों की सीमा (मेगावाट 1.5-3.3) से प्रेक्षित किया जा सकता है। हमारा मॉडल एक स्केलिंग संबंध भी प्रदान करता है ($\log(\Delta\sigma) = 0.605 \log(M_0) - 17.34$)। वर्ष 1967 में, भारत के उत्तराखंड व उत्तर-पूर्व के हिमालयी क्षेत्रों में अंतरप्लेट भूकंपों के लिए समान लिनियन स्केलिंग को प्रेक्षित किया



चित्र 26 : आईएमपी स्टेशन पर प्रयुक्त एनए प्रतिलोम तकनीक के उदाहरण। (ए) बाएं पैनेल में स्टैकड रिसीवर फंक्शन दर्शाए गए हैं। एनए व्युत्क्रम से प्राप्त स्टैकड (लाल तरंग रूपी) व सिंथेटिक आरएफ (श्याम तरंग रूपी) की तुलना (ए) में दर्शाई गई है। ये डैशदार रेखाएं ± 1 के मानक विचलन सीमाओं को चिह्नित करती हैं। प्रत्यक्ष P-चरण (Pp) के साथ-साथ मोहो परिवर्तित चरण व ऊपरी प्रावार (Ph) में P-से-S परिवर्तित चरण चिह्नित किए गए हैं। अंत-परपटी फेज को Ps, द्वारा चिह्नित किया गया है। एनए व्युत्क्रम से प्राप्त वेग मॉडल दाएं पैनेल (बी) में दिखाए गए हैं। प्रारंभिक मॉडलों की कुल सीमा ग्रे क्षेत्र द्वारा चिह्नित है, जिसमें से सर्वोत्तम 1000 मॉडल हरे क्षेत्र में दिखाए गए हैं, जिनमें प्रेक्षित व सिंथेटिक आरएफ के मध्य न्यूनतम मिसफिट है। सर्वोत्तम-फिटिंग व औसत मॉडल क्रमशः लाल और सफेद रेखाओं द्वारा चिह्नित हैं। सर्वोत्तम-फिटिंग मॉडल के लिए गहराई के साथ टचधटे मानों में परिवर्तन बाईं ओर एक नीली रेखा द्वारा दिखाया गया है। मोहो व ऊपरी प्रावार असंततता की संभावित स्थितियों को क्रमशः काले एवं लाल तीरों से चिह्नित किया गया है।

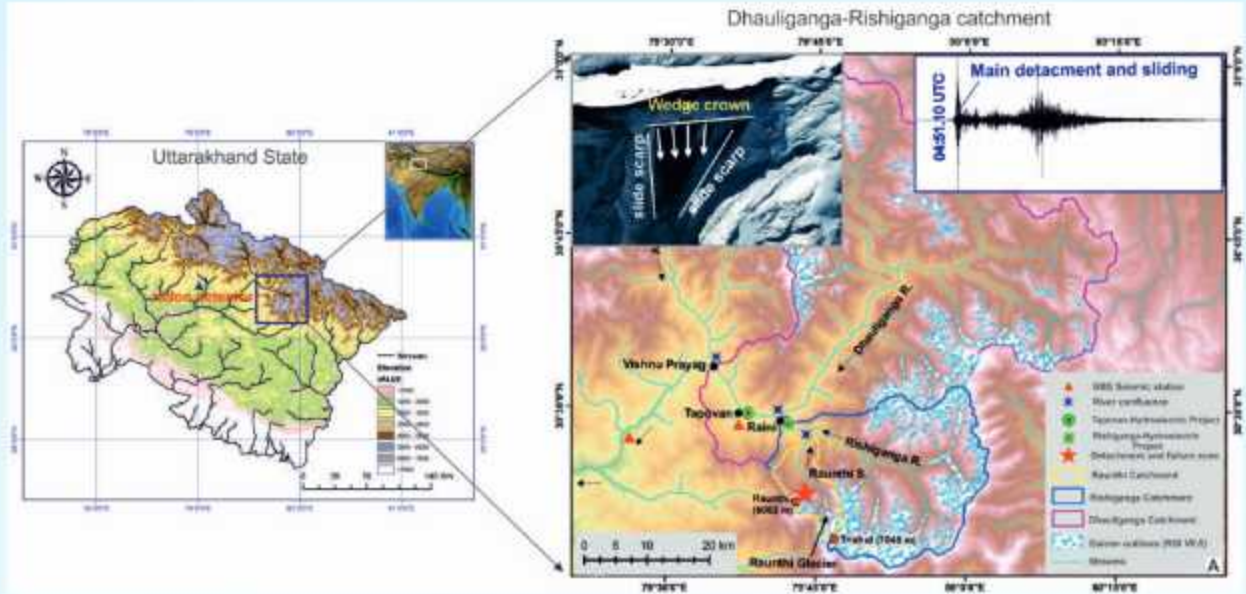


चित्र 27 : अध्ययन क्षेत्र में एवं उसके समीपस्थ हेल्स असंततता की गहराई में परिवर्तन को दर्शाने वाला समोच्च आरेख, जो वर्तमान अध्ययन के 11 भूकंपीय केंद्रों (लाल त्रिभुज) से प्राप्त निष्कर्षों के साथ-साथ आनंद एट अल. (2018, जेईएस, खंड 154, पृष्ठ 238-247) द्वारा शिलांग पठार व असम घाटी में किए गए पूर्व कार्यों पर आधारित है। आनंद एट अल. (2018) द्वारा उपयोग किए गए भूकंपीय केंद्रों को ये त्रिभुजों द्वारा दर्शाया गया है।

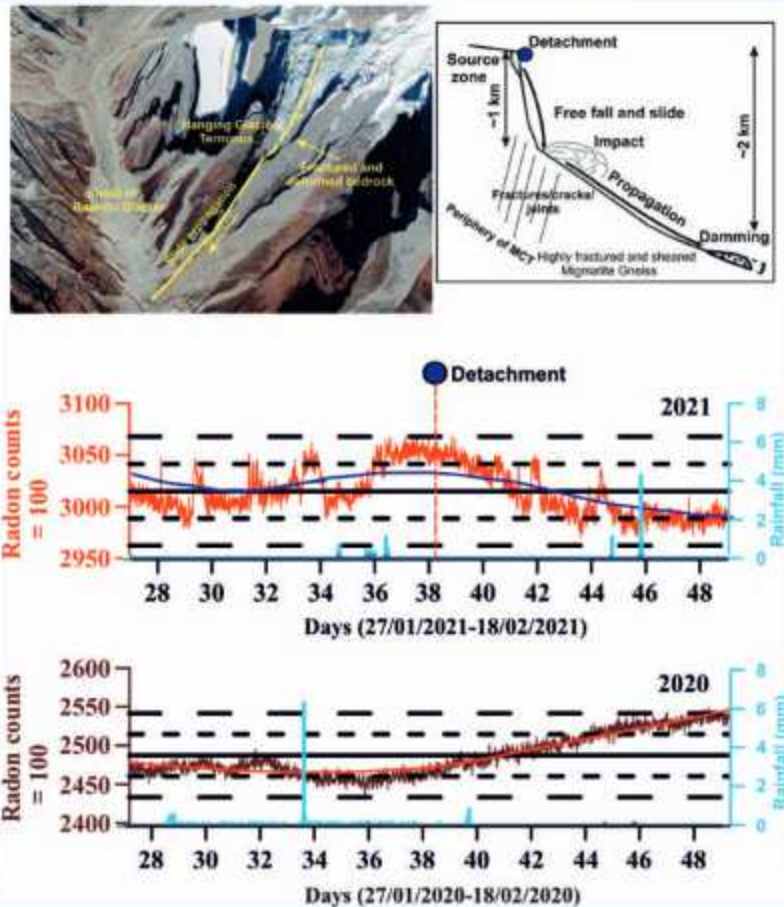
गया था। हमारा सुझाव है कि हमारे वर्तमान अध्ययनों से प्राप्त भूकंप स्केलिंग सहसंबंध गढ़वाल हिमालयी क्षेत्र, उत्तराखंड के लिए भूकंप जोखिम मॉडलिंग को बढ़ाया जा सकता है। जिसके परिणामस्वरूप, यह भूकंप इंजीनियरों को इस क्षेत्र में अधिक प्रतिरोधक इमारतों के निर्माण में सहायता प्रदान करता है। भू-घाटी परिदृश्यों (जीएमपीई) को विकसित करने के लिए जीएमपीई भूकंपीय जोखिमों के पैमाने, भूकंपीय इंजीनियरिंग व भवन कोड के विकास के लिए आवश्यक विधि प्रदान करता है, जो अधोवर्णित भूकंपीय परिदृश्य हेतु भूकंपन का संभावित अनुमान प्रदान करते हैं।

नाहन-कौरिक-चांगो ट्रांसेक्ट में मैग्नेटोटेलेयूरिक (एमटी) अध्ययन

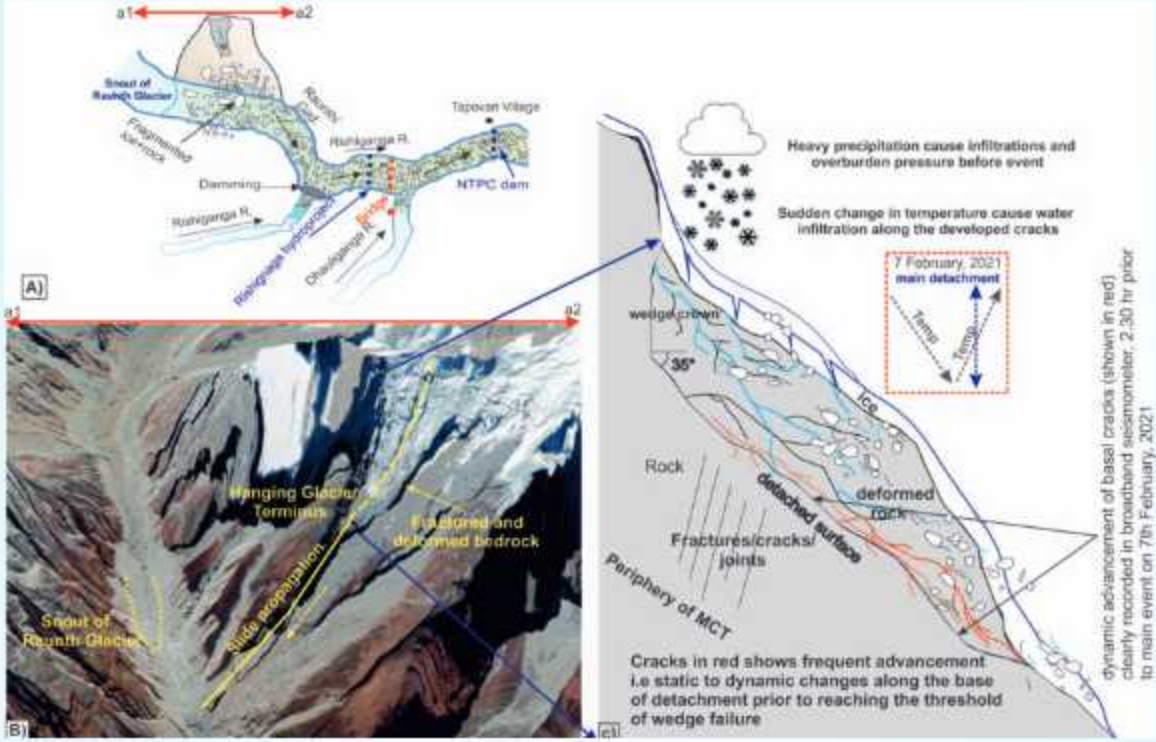
उत्तर-पश्चिम हिमालय (चित्र 31) की सतलुज नदी घाटी में नाहन-कौरिक चांगो ट्रांसेक्ट में मैग्नेटोटेलेयूरिक (एमटी) अध्ययन, उपसतही विद्युत गुणधर्मों पर एक अंतर्दृष्टि प्रदान करते हैं। हिमालय के इस क्षेत्र में मुख्य हिमालयी थ्रस्ट की ज्यामिति एक फ्लैट-रैंप-फ्लैट ज्यामिति है। लघु हिमालयी क्रिस्टलीय संस्तरों के तले, एक पतली चालक परत उपस्थित है, जो एसटीडी तक विद्यमान है। इस पतली सुचालक परत की उपस्थिति लघु हिमालयी क्रिस्टलीय संस्तरों के स्थानांतरण में अपना प्रभाव डालती है।



चित्र 28 : उपग्रह चित्र सहित अध्ययन क्षेत्र का मानचित्र, और धौलीगंगा रूषिगंगा जलयग्रहण क्षेत्र में मलबा विफलन/ शैल-हिम स्खलन का स्थल। भूकंपीय वेवफॉर्म 04:51:10 यूटीसी पर मुख्य पृथक्करण के रिकॉर्ड दर्शाते हैं। मानचित्र को ArcGIS सॉफ्टवेयर के लाइसेंस प्राप्त संस्करण 10.5 (<https://www.arcgis.com/index.html>) का उपयोग कर सृजित किया गया।



चित्र 29 : यह ग्राफ वर्ष 2020 व 2021 में समान समयवधि में रेडॉन वितरण तथा उसके माध्य मान वितरण के साथ 21 दिवसीय गतिक औसत (लाल और नीले रंग के समान वक्र) को दर्शाता है। उपग्रह चित्र मुख्य विफलन के स्रोत क्षेत्र को दर्शाते हैं, साथ ही साथ सामग्री विफलन के पुनर्निर्माण तथा उसके प्रसार को दर्शाने वाले एक सघन रेखाचित्र को भी दर्शाते हैं।



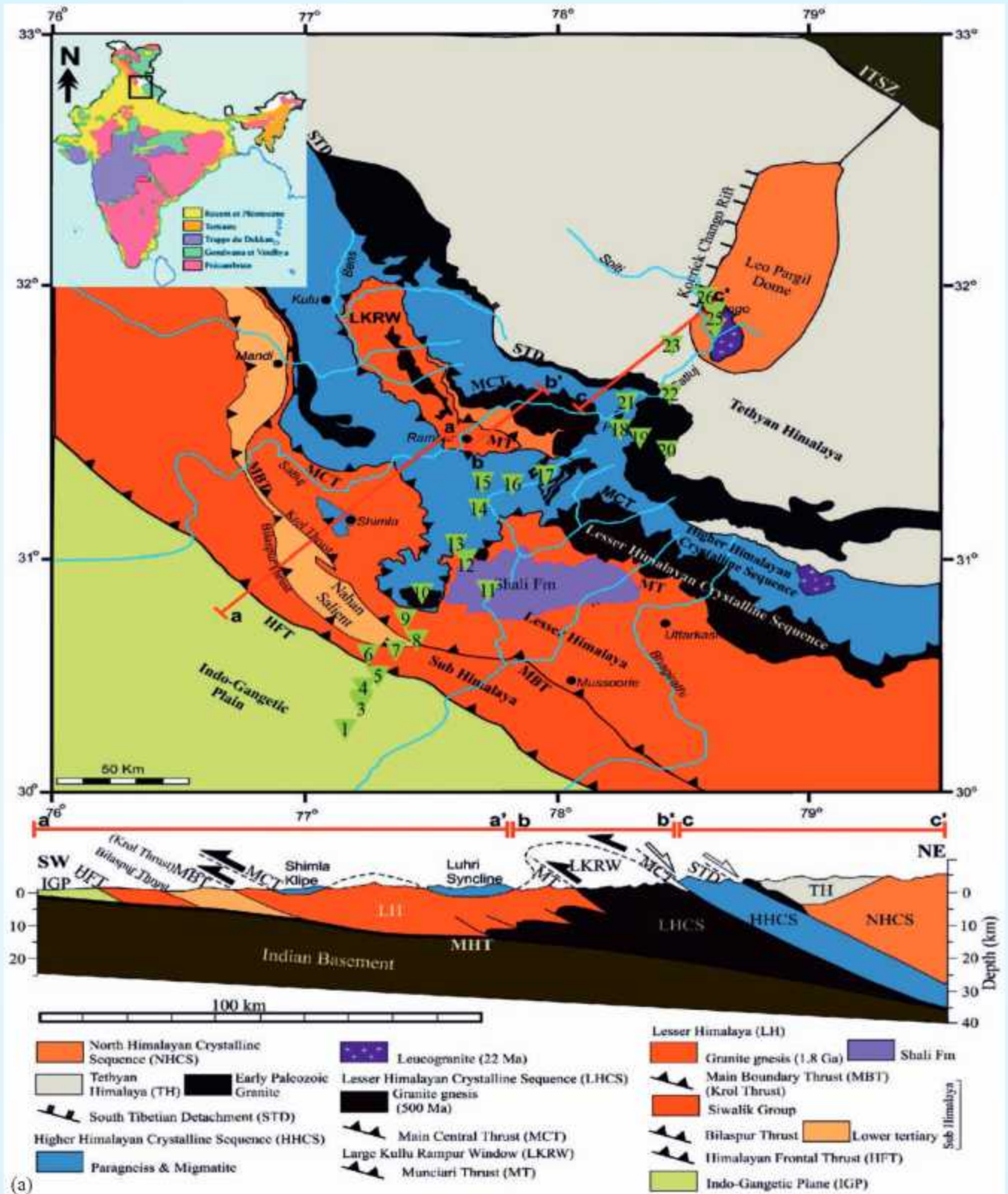
चित्र 30 : स्रोत क्षेत्र के अंतर्गत विफलन व संबंधित गतिक परिवर्तनों तथा पुनःसमंजन के लिए उत्तरदायी कारकों का संपूर्ण परिदृश्य। (ए) मलबा-प्रवाह में बढ़ोतरी को दर्शाने वाला एक योजनाबद्ध आरेख, (बी) विफलन से पहले रौंथी शिखर व घाटी का उपग्रह चित्र तथा (सी) चट्टान तंत्र में महत्वपूर्ण लोडिंग तदोपरंत गतिक परिवर्तनों का चित्रांकन।

भू-विद्युत मॉडल में, लघु एवं उच्च हिमालय में मध्यम से लेकर अत्यधिक कायंतरित क्रिस्टलीय चट्टानें उच्च प्रतिरोधकता वाली विशेषताओं के रूप में प्रेक्षित की जाती हैं। लगभग 5-15 किमी की गहराई पर, एक अंतःपर्पटी निम्न प्रतिरोधक परत संपूर्ण प्रोफाइल के साथ निरंतर मौजूद रहती है। इस झुकी हुई अंतःपर्पटी परत की ज्यामिति मुख्य हिमालयी थ्रस्ट की उपस्थिति को दर्शाती है, जो अभिवृद्धि वेज के आधार का प्रतिनिधित्व करती है, जहां हिमालयी विवर्तनिकी के सभी प्रमुख थ्रस्ट इसके द्वारा आच्छादित हैं। गढ़वाल-कुमाऊं और नेपाल हिमालय के निकटवर्ती क्षेत्रों की तुलना में इस परत के ज्यामितीय अंतर एवं विशिष्ट प्रतिरोधकता हिमालय के इस भाग में विवर्तनिक प्रक्रियाओं की परिवर्तनशीलता को इंगित करते हैं। एक अन्य महत्वपूर्ण प्रेक्षण, उथली गहराई (लगभग 1-3 किमी) पर एक पतली, अत्यधिक सुचालक परत का अस्तित्व है। इस परत का स्थानिक विस्तार, मुख्य केंद्रीय थ्रस्ट के दक्षिण की ओर झुकने के विस्तार के साथ, हिमालयी विवर्तनिकी के दौरान क्रिस्टलीय चादरों के दक्षिण की ओर स्थानांतरण में इसकी भूमिका का संकेत देता है।

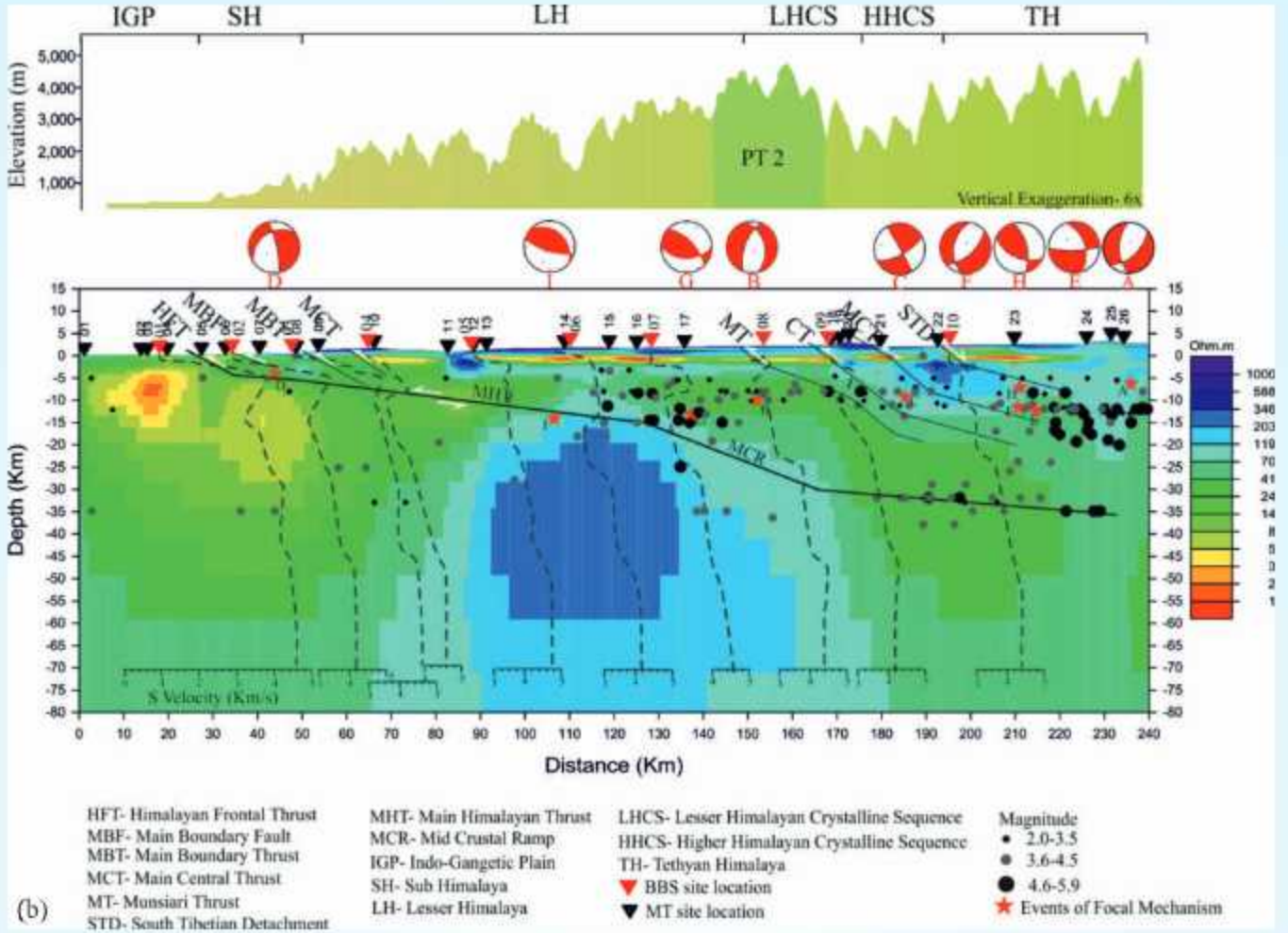
उत्तर-पश्चिमी हिमालय एवं उसके समीपस्थ क्षेत्रों के भूकंपीय क्षीणन मॉडल का समावेशन

इस अध्ययन में, हमने 30 ब्रॉडबैंड सीस्मोग्राफ (चित्र 32) के नेटवर्क द्वारा वर्ष 2008 से 2015 तक दर्ज किए गए 2,716 भूकंपों ($2.5 \leq Mw \leq 5.0$) के डेटासेट का उपयोग कर उत्तर-पश्चिमी हिमालय व

समीपवर्ती क्षेत्रों की भूकंपीय क्षीणन विशेषताओं का विश्लेषण किया है। विभिन्न आवृत्तियों पर तीन अंतराल समय गवाक्षों (एलटीडब्ल्यू) में कोडा तरंगों (Q_c) के गुणवत्ता कारक का अनुमान लगाने के लिए एकल पश्च प्रकीर्णन मॉडल का उपयोग किया गया। हमारे परिणाम प्रकट करते हैं कि फव आवृत्ति और LTW दोनों के साथ बढ़ता है, जो इस क्षेत्र में भूकंपीय क्षीणन की गहराई-निर्भर प्रकृति का संकेत देता है। उत्तर-पश्चिम हिमालय में Q_c , Q_α और Q_β के औसत क्षीणन संबंध क्रमशः 20, 30 और 40 सेकंड के एलटीडब्ल्यू के लिए निम्नानुसार : $Q_c = (74 \pm 14)f^{(1.27+0.06i)}$, $Q_c = (103 \pm 26)f^{(1.16+0.08i)}$, तथा $Q_c = (140 \pm 41)f^{(1.10+0.09i)}$ निर्धारित किए गए हैं। हमारे निष्कर्ष टेथिस (टीएच), उच्च (एचएच), लघु (एलएच) तथा शिवालिक (एसएच) हिमालयी क्षेत्रों के साथ-साथ समीपस्थ सिंधु-गंगा के मैदानों (आईजीपी) में Q_c , Q_α और Q_β में महत्वपूर्ण परिवर्तनशीलता प्रकट करते हैं तथा यह परिवर्तनशीलता प्रत्येक क्षेत्र में संरचनात्मक विविधता एवं भूकंपजन्य प्रक्रियाओं से प्रबलता से जुड़ी हुई है। हम निम्नलिखित पदानुक्रम : $[Q_{a,b,c}^{-1}(HH) < Q_{a,b,c}^{-1}(SH) < Q_{a,b,c}^{-1}(IGP) < Q_{a,b,c}^{-1}(LH) < Q_{a,b,c}^{-1}(TH)]$ का पालन करते हुए, विशिष्ट विवर्तनिक इकाइयों के लिए क्षीणन संबंध स्थापित करते हैं। टेथिस हिमालय उच्च क्षीणन प्रदर्शित करता है, जो कि संभवतः इसकी अवसादी संरचना के कारण है, जबकि उच्च हिमालय निम्न क्षीणन प्रदर्शित करता है। उत्तर-पश्चिम हिमालय में भू-विवर्तनिक खंडों में क्षीणन विशेषताओं की यह अंतर्दृष्टि इस क्षेत्र के लिए एक अधिक व्यापक भूकंपीय जोखिम के आकलन में योगदान देती है।



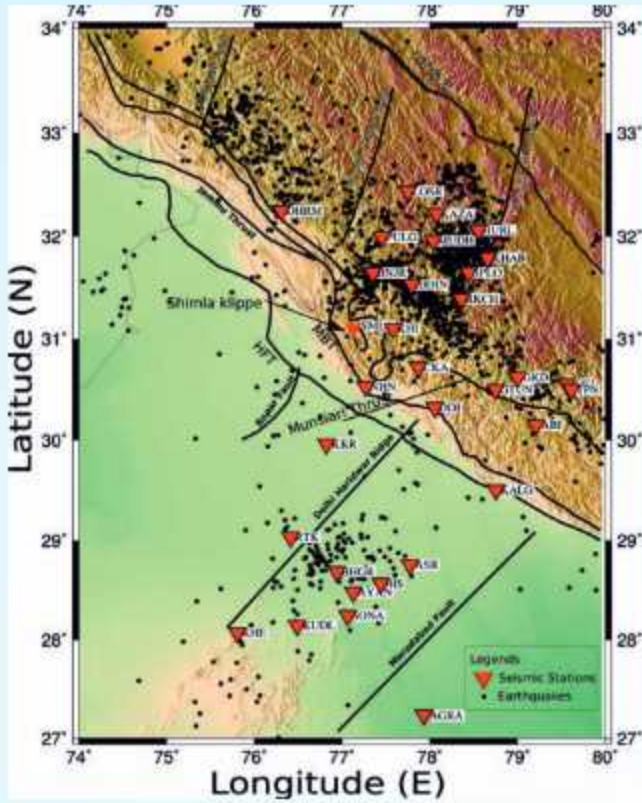
अनुसंधान गतिविधियां



चित्र 31 : (ए-बी) सतलुज घाटी में एमटी प्रोफाइल अवस्थिति एवं भूविद्युत खंड।

भारत-यूरेशियाई संघट्टन क्षेत्र में अवस्थित होने के कारण, हिमालयी क्षेत्र में उच्च भूकंपीय गतिविधियाँ घटित होती हैं। हालांकि भूकंपीय तरंगों का क्षीणन प्रत्यक्षतः भूकंपीय विवर्तनिक विशिष्टताओं से जुड़ा नहीं है, उच्च क्षीणन अक्सर अधिक भूवैज्ञानिक विशमताओं से संबद्ध है, जिसके परिणामस्वरूप बारंबार भूकंपीय गतिविधियाँ घटित होती हैं (कुमार एट अल., 2005)। इस अध्ययन में, हम उत्तर-पश्चिमी हिमालय व समीपस्थ क्षेत्रों की विभिन्न भू-विवर्तनिक इकाइयों में क्षीणन विशेषताओं का मूल्यांकन व तुलना करते हैं, जिनमें 'P' तरंग (Q_p) और 'S' तरंग (Q_s) महत्वपूर्ण भूकंपीय विवर्तनिक प्रासंगिकता धारण करते हैं। विभिन्न क्षेत्रों के क्षीणन के विश्लेषण से ऐसे पैटर्न प्रकट होते हैं, जिन्हें इन क्षेत्रों की भूवैज्ञानिक संरचना से जोड़ा जा सकता है। औसत कोडा तरंग गुणवत्ता कारक (Q_s) और P-तरंगों (Q_p) व S-तरंगों (Q_s) के गुणवत्ता कारकों सहित औसत क्षीणन विशेषताएं दर्शाती हैं कि उच्च हिमालय (HH), उप-हिमालय (SH), सिंधु-गंगा के मैदान (IGP), लघु हिमालय (LH), और टेथिस हिमालय (TH) की तुलना में उच्चतम मान प्रदर्शित करते हैं। इनके प्रतिलोमतः, इन गुणवत्ता कारकों के व्युत्क्रम - जिन्हें Q_p^{-1} , Q_s^{-1} और Q_s^{-1} द्वारा दर्शाया जाता है, इस प्रकार : Q_p^{-1} , Q_s^{-1} and Q_s^{-1} as Q_p^{-1}

(TH) $>Q_p^{-1}$ (LH) $>Q_p^{-1}$ (IGP) $>Q_p^{-1}$ (SH) $>Q_p^{-1}$ (HH); Q_s^{-1} (TH) $>Q_s^{-1}$ (LH) $>Q_s^{-1}$ (IGP) $>Q_s^{-1}$ (SH) $>Q_s^{-1}$ (HH) और Q_s^{-1} (TH) $>Q_s^{-1}$ (LH) $>Q_s^{-1}$ (IGP) $>Q_s^{-1}$ (SH) $>Q_s^{-1}$ (HH) हैं। यह परिणाम परिलक्षित करते हैं कि टेथिस हिमालय में सबसे अधिक क्षीणन है तदोपरांत घटते क्रम में लघु हिमालय, सिंधु-गंगा का मैदान, उप-हिमालय और उच्च हिमालय का स्थान है। टेथिस हिमालय में प्रेक्षित किया गया उच्च क्षीणन संभवतः इसके अवसादी निक्षेपों के कारण है, जो मुख्य रूप से उच्च हिमालयी क्रिस्टलीय अनुक्रम के साथ विवर्तनिक अंतःक्रिया में गुरुत्वाकर्षण-चालित अपरदन द्वारा निर्मित हैं (लियू और आइसेले, 1994; गारजंती, 1999; श्रीवास्तव एट अल., 2013)। स्फुडिच व आइडा (1993) के अनुसार, अवसादिक घाटियों के ऊपरी कुछ किलोमीटर में प्रबल प्रकीर्णन घटित होता है, जो टेथिस क्षेत्र में प्रेक्षित उच्च क्षीणन में अपना योगदान देता है। टेथिस हिमालय व उच्च हिमालयी क्रिस्टलीय (एचएचसी) अनुक्रम के बीच स्पष्ट भूवैज्ञानिक पृथक्करण, साथ ही सीमा संक्रमण, क्षीणन गुणों में अंतर उत्पन्न करता है, विशेष रूप से महत्वपूर्ण विवर्तनिक असंततता धारित क्षेत्रों में (कुमार और यादव, 2019)। इसके विपरीत, लघु हिमालय, जो वृहत्तर क्रिस्टलीय हिमालय अनुक्रम के दक्षिण में



चित्र 32: उत्तर-पश्चिमी हिमालय व समीपस्थ क्षेत्रों की विवर्तनिक विशिष्टताओं को दर्शाता एक मानचित्र। विवर्तनिक विशिष्टताओं को रेखाओं द्वारा दर्शाया गया है, जिनमें मुख्य सीमा ध्रुव (एमबीटी), मुख्य केंद्रीय ध्रुव (एमसीटी), हिमालयी फ्रंटल ध्रुव (एचएफटी), मुनस्यारी ध्रुव, जम्मू ध्रुव (जेटी), लघु हिमालयी क्रिस्टलीय आवरण (एलएचसीएन), दक्षिण तिब्बती विच्छेद तंत्र (एसटीडीएस) और सिंधु त्सांगपो सूचक क्षेत्र (जीएसआई) के उपरान्त विवर्तनिकी (2000) सम्मिलित हैं। सघन त्रिभुजाकार नेटवर्क में भूकंपमापी केंद्रों के स्थानों को दर्शाते हैं, जबकि सघन वृत्त इस अध्ययन में विश्लेषित भूकंपों के उपकेंद्रों को दर्शाते हैं। भूकंप के उपरिकेंद्र अंतरराष्ट्रीय भूकंप विज्ञान केंद्र (आईएससी) की ग्रंथसूची (<https://www.isc.ac.uk/>) से उद्धरित हैं।

अवस्थित है और उत्तर में मुख्य केंद्रीय ध्रुव (एमसीटी) और दक्षिण में मुख्य सीमा ध्रुव (एमबीटी) से घिरा है, अपनी जटिल भूवैज्ञानिक संरचना के कारण विभिन्न क्षीणन विशेषताएं प्रदर्शित करता है। यह क्षेत्र मुख्यतः प्रोटरोजोइक और निम्न पैलियोजोइक अवसादिक शैल से निर्मित है, जो ग्रीनशिस्ट संलयन में कार्यांतरित हो गया है, साथ ही पैलियोसीन-इओसीन चूना पत्थर और शैल संरचनाएँ (सुबाथू संरचना) तथा वृहत्तर हिमालयी कार्यांतरित चट्टानों के बाहरी भाग भी हैं। यह कारक संभवतः लघु हिमालय (चित्र 33) में प्रेक्षित उच्च क्षीणन में योगदान करते हैं। चूंकि यह स्थलीय कार्बोनेट चट्टानों को गनीस और अन्नक शिस्ट सहित अन्य कार्यांतरित शैल से पृथक करता है, इसलिए एमसीटी, जो उच्च व लघु हिमालय को विच्छेदित करता एक महत्वपूर्ण देशांतरीय ध्रुव भ्रंश है, क्षीणन में प्रेक्षित परिवर्तनों के लिए उत्तरदायी हो सकता है (सिन्हा, 1987)। दोनों क्षेत्रों के बीच

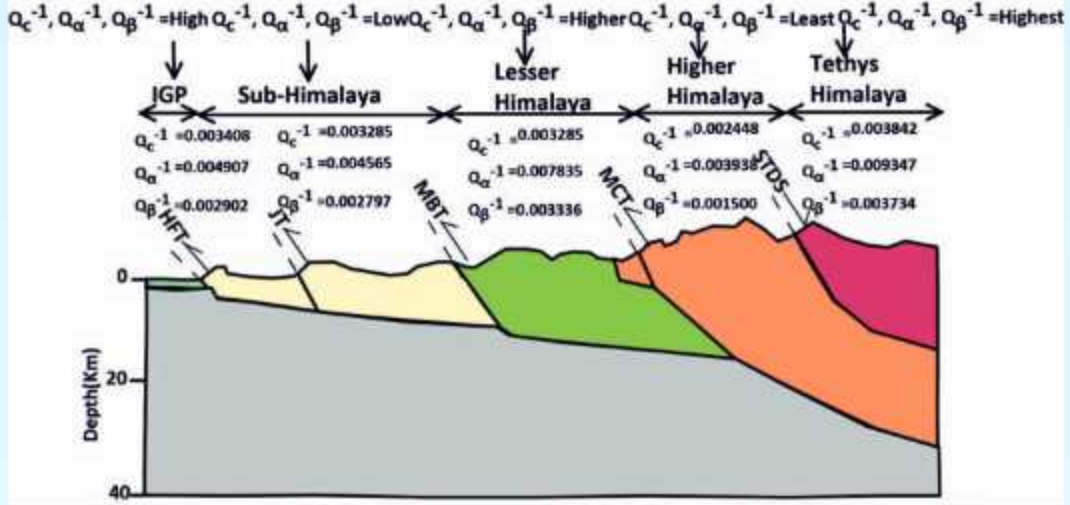
अलग-अलग क्षीणन व्यवहार को एमसीटी क्षेत्र में प्रतिगामी रूपांतरित श्रृंखलाओं की उपस्थिति से और स्पष्ट किया गया है, जिसमें लघु हिमालयी क्षेत्र में पैलियोजोइक अवसाद व उच्च हिमालयी क्षेत्र में क्रिस्टलीय शैल शामिल हैं। अनुसंधान क्षेत्र का सबसे दक्षिणी क्षेत्र, सिंधु-गंगा का मैदान (आईजीपी), टेथिस हिमालय और लघु हिमालय की तुलना में अधिक क्षीणन दर्शाता है।

आईजीपी, एक सक्रिय फोरलैंड अवसादिक बेसिन, सिंधु गंगा और यमुना नदियों के जलोढ़ निक्षेपों से भरा हुआ है (ल्योन-कैन और मोलनार, 1985)। इन अवसादिक निक्षेपों के तले शिवालिक तलछटों की एक मोटी श्रृंखला है, जो भारतीय क्रैटन की प्रीकैम्ब्रियन ग्रेनाइट चट्टानों पर अवस्थित है (रिवरमैन, 1983)। जैसा कि दास एट अल. (2024) में उल्लेख किया गया है, पश्चिमी आईजीपी की विशेष रूप से मोटी अवसादिक परतें विशेषताएं हैं, जो महत्वपूर्ण भूकंपीय तरंग क्षीणन में योगदान करती हैं। सबसे ऊपरी 400-700 मीटर के भीतर कम अपरूपण तरंग वेग ($V_s < 0.5$ किमी/सेकंड) और उच्च वीपी/वीएस अनुपात (~2.5-3.0) धारित नरम जलोढ़ तलछटों की उपस्थिति भूकंपीय तरंगों के पर्याप्त अवशोषण व मंदन का कारक बनती है। जैसे-जैसे यह तलछट उत्तर-पूर्व की ओर मोटी होते जाते हैं, क्षीणन प्रभाव तीव्र होता जाता है, तथा हिमालयन फ्रंटल ध्रुव (एचएफटी) के पास आधारतल की गहराई लगभग 3.8 किमी तक पहुंच जाती है, जिससे आईजीपी भूकंपीय दृष्टि से संवेदनशील क्षेत्र बन जाता है, जहां हिमालयी भूकंपों से उत्पन्न ऊर्जा काफी नुकसान पहुंचा सकती है।

इसके विपरीत, उप-हिमालय (एसएच), या हिमालयी अग्रभूमि, आईजीपी, लघु हिमालय और टेथिस हिमालय की तुलना में कम क्षीणन दर्शाता है। यह इसकी संरचना के कारण है, जिसमें मुख्य रूप से सघन, कम छिद्रयुक्त चट्टानें यथा, क्वार्ट्जाइट, फ़्लाइट और शिस्ट शामिल हैं, जो अधिक सघन व क्रिस्टलीय हैं। इस संरचना के कारण भूकंपीय ऊर्जा का अवशोषण व अपव्यय कम होता है, जिसके परिणामस्वरूप कम क्षीणन होता है। इसके अलावा, उच्च-श्रेणी की कार्यांतरित चट्टानों, यथा, चोल समूह में, की उपस्थिति भी कम क्षीणन में योगदान करती है, क्योंकि यह चट्टानें अधिक प्रबल और स्थिर होती हैं, जिससे ऊर्जा हास न्यूनतम होता है। आईजीपी के विपरीत, एसएच में नरम, असंगठित तलछट की मोटी परतें नहीं हैं, जो सामान्यतः भूकंपीय तरंगों को बढ़ाती व क्षीण करती हैं। यद्यपि एसएच, जटिल भूवैज्ञानिक संरचनाओं, जैसे कि ध्रुव व विवर्तनिक गवाक्ष, से प्रभावित होता है, वह क्षीणन को महत्वपूर्ण रूप से नहीं बढ़ाते हैं, जिसके कारण इस क्षेत्र में क्षीणन का स्तर कम होता है। उच्च हिमालय, अपनी एचएचसी संरचनाओं के साथ, इन सभी क्षेत्रों में सबसे कम क्षीणन दर्शाता है। मध्यम से उच्च श्रेणी की कार्यांतरित चट्टानों की एक परत, जिसमें ऑर्डोविशियन (लगभग 500 Ma) और मायोसीन (लगभग 22 Ma) ग्रेनाइट द्वारा अंतर्वेशित मेटा-तलछटी चट्टानें शामिल हैं, उच्च हिमालयी क्रिस्टलीय (एचएचसी) अनुक्रम को गठित करती है। यह परत 30 किमी मोटी है। यह चट्टानें सतलुज नदी के किनारे एक प्रतिलोमतः कार्यांतरित क्षेत्र को दर्शाती हैं, जिसमें तल पर मिग्माटाइट बैरोवियन खनिज समूह, आधार पर गार्नेट-स्टैरोलाइट चट्टानें, और केंद्र में कायनाइट और सिलिमेनाइट हैं (वन्नय और ग्रासमैन, 1998)।

सारणी 1 : विभिन्न प्राचलों पर भूकंप उद्भव समय एवं अनुमानित स्रोत अवस्थिति।

Date (YYYY-MM-DD)	Oigin Time (Hr:Min:Sec)	Latitude (°N)	Longitude (°E)	Depth (km) (MW)	Moment Magnitude	Seismic moment (Mo in N-m)	Source Radius (m)	Stress Drop (bar)	Corner Frequency (Hz)
2020-12-01	04:11:51.56	30.150	77.977	37.6	3.305	1.33E+14	386.784	10.604	3.500
2020-12-01	22:34:57.15	28.776	77.263	1.9	3.027	5.42E+13	701.292	0.684	1.896
2020-12-03	15:16:12.71	31.366	77.988	8.8	2.841	2.44E+13	147.006	35.997	8.893
2020-12-03	16:03:21.25	31.317	77.961	6.3	2.156	2.82E+12	308.069	0.792	5.889
2020-12-04	04:51:10.07	30.100	76.975	19.9	2.643	1.15E+13	252.217	3.905	5.400
2020-12-04	22:46:45.03	31.253	78.358	7.1	1.832	1.37E+12	195.517	0.571	6.868
2020-12-06	11:31:29.8	30.722	77.921	21.1	2.793	2.07E+13	144.614	30.471	9.392
2020-12-07	18:57:42.76	29.223	77.182	4.5	2.723	1.70E+13	799.927	0.183	1.862
2020-12-17	12:05:51.81	31.261	78.461	39.3	1.900	9.25E+11	302.874	0.378	5.184
2020-12-20	02:04:59.04	30.049	80.772	23.5	2.426	5.63E+12	254.381	2.898	5.775
2020-12-25	23:06:27.04	31.883	78.322	2.8	2.490	8.03E+12	335.522	1.479	4.426
2020-12-28	15:16:50.71	30.394	80.073	1.1	2.462	8.05E+12	273.606	2.593	5.557
2021-01-01	22:41:56.41	30.480	79.195	10	1.918	1.14E+12	224.996	1.008	6.331
2021-01-02	16:15:54.73	32.616	77.763	0.1	2.311	5.87E+12	574.919	0.127	2.321
2021-01-02	18:39:02.89	30.843	77.385	34.1	1.746	9.23E+11	456.364	0.087	4.865
2021-01-04	05:24:40.76	30.493	79.234	6.8	1.923	1.30E+12	166.408	1.343	8.264
2021-01-04	06:09:24.02	31.466	77.016	0.7	2.142	2.19E+12	217.994	1.107	6.131
2021-01-05	20:14:54.33	31.419	77.389	1.3	2.342	5.26E+12	205.602	2.946	6.628
2021-01-08	04:35:16.93	30.077	79.811	3.2	3.008	4.49E+13	347.739	6.411	3.953
2021-01-09	05:57:24.98	31.083	78.699	35.1	2.928	3.53E+13	444.775	2.418	3.399
2021-01-09	19:33:27	31.514	77.608	10.7	1.769	5.81E+11	181.244	0.505	7.708
2021-01-14	14:49:13.29	30.392	79.477	15.7	1.900	1.18E+12	205.296	0.682	7.436
2021-01-20	07:14:08.64	30.517	79.306	14.8	2.825	2.18E+13	310.396	7.120	4.996
2021-01-26	02:02:03.5	30.237	79.553	1.9	1.958	1.25E+12	272.263	0.352	5.566
2021-01-27	15:28:28.01	31.613	78.164	13.8	2.119	2.69E+12	227.133	2.785	6.863
2021-01-27	19:14:29.47	30.376	79.536	29	1.847	7.54E+11	176.526	1.049	7.919
2021-01-30	12:28:19.1	30.490	80.608	6	2.344	5.16E+12	251.383	1.813	5.772
2021-02-03	07:37:28.95	31.123	78.936	1.8	2.389	8.47E+12	219.333	6.119	7.214
2021-02-04	20:31:46.77	31.328	78.215	49.4	2.155	2.52E+12	248.759	0.734	5.687
2021-02-05	22:34:21.82	30.786	78.884	43.8	2.867	2.59E+13	464.413	1.125	2.843
2021-02-07	13:32:51.44	31.417	79.356	29.3	1.959	1.22E+12	139.229	2.639	10.893
2021-02-09	12:41:42.64	31.616	80.142	31.3	1.730	6.20E+11	117.659	2.115	11.582
2021-02-09	18:10:55.54	31.579	78.707	10	1.573	3.49E+11	344.301	0.124	5.619
2021-02-10	21:03:49.54	31.502	78.337	48.2	1.998	1.46E+12	205.481	3.859	8.330
2021-02-11	14:31:33.79	31.416	78.511	10.1	1.887	1.19E+12	368.579	0.673	5.230
2021-02-11	16:53:18.99	30.963	78.562	77.1	1.810	1.09E+12	1054.372	0.004	1.313
2021-02-12	10:58:01.38	31.050	78.156	15.9	2.088	1.77E+12	208.553	1.082	6.434
2021-02-14	10:19:52.96	31.281	77.095	0.1	2.709	1.59E+13	228.789	6.214	5.983
2021-02-14	18:20:59.07	31.495	80.107	23.1	1.938	2.05E+12	221.515	1.800	6.289
2021-02-14	19:56:04.09	29.447	76.946	17	1.953	1.35E+12	334.218	0.174	4.066
2021-02-15	22:40:07.22	29.774	80.376	43.6	1.711	6.26E+11	304.928	0.112	4.463
2021-02-15	23:56:36.91	30.438	77.507	20	1.607	4.55E+11	147.049	0.745	9.490
2021-02-16	20:00:39.1	32.021	79.693	7.9	1.801	9.23E+11	334.136	0.425	5.062
2021-02-17	22:20:47.95	31.044	78.058	9.1	2.024	1.75E+12	244.921	0.844	6.559
2021-02-18	20:50:30.02	31.097	78.060	41.5	1.845	7.70E+11	235.740	0.378	5.930
2021-02-18	22:35:51.58	31.282	77.945	15.7	1.773	8.90E+11	243.557	0.321	6.034
2021-02-19	04:01:04.34	30.495	79.161	12.2	1.713	5.31E+11	194.310	0.366	7.015
2021-02-19	11:08:34.31	30.157	79.990	14.8	2.828	2.51E+13	309.790	5.826	4.760
2021-02-19	20:56:06.78	30.486	79.162	5.9	2.310	4.14E+12	263.901	1.088	5.332
2021-02-19	22:25:48.21	30.760	76.785	5.3	1.969	1.16E+12	313.593	0.644	5.348
2021-02-21	14:19:1.53	30.653	77.041	28.5	1.601	3.93E+11	164.769	0.584	8.826
2021-02-26	19:53:54.05	30.565	79.306	8	1.560	2.83E+11	153.397	0.405	8.650



चित्र 33 : (ए) उत्तर-पश्चिम हिमालयी क्षेत्र, किन्नौर हिमालय क्षेत्र व गढ़वाल हिमालय क्षेत्र (बी) उत्तर-पश्चिम हिमालय के संपूर्ण डेटासेट के लिए Q_c आकलन की तुलना। संक्षिप्त शब्दावली चित्र 32 अनुसार समान है।

कम दबाव पर भी, एचएचसी में पाए जाने वाले अभ्रक शिस्ट, क्वार्टजाइट, पैरान्नीस, मिग्माटाइट और ल्यूकोग्रैनाइट चट्टानें बहुचरणीय विरूपण प्रदर्शित करती हैं (सोरखाबी, 1999)। यह जटिल भूविज्ञान इस निष्कर्ष की पुष्टि करता है कि उच्च हिमालय में सबसे निम्न क्षीणन घटित होता है (चित्र 33)। इनके अतिरिक्त, हिमालय के देशांतरीय स्ट्राइक को क्रॉस करने वाले या तिरछे संरेखित स्ट्राइक स्लिप भ्रंशों ने हाल ही में भूकंपीय गतिविधि प्रदर्शित की है। विशेष रूप से जहां, यह ट्रांसवर्स भ्रंश हिमालय के थ्रस्ट बैंड से सुमेलित होते हैं, इन क्षेत्रों में भूकंप थ्रस्ट और स्ट्राइक-स्लिप दोनों भ्रंशों के कारण होते हैं। इन ट्रांसवर्स भ्रंशों के साथ, स्ट्राइक-स्लिप गतिकी एमसीटी क्षेत्र के कुछ क्षेत्रों में प्रेक्षित चतुर्थक गतिविधि से भी सहलग्न है।

गतिविधि : 2सी

हिमालय में भूकंपनीयता तथा भूकंप जोखिम आकलन
(दिलीप कुमार यादव, नरेन्द्र कुमार, प्रवीण कुमार और विनमय हलदर)

उत्तराखंड एवं हिमाचल हिमालय में क्षीणन टोमोग्राफी

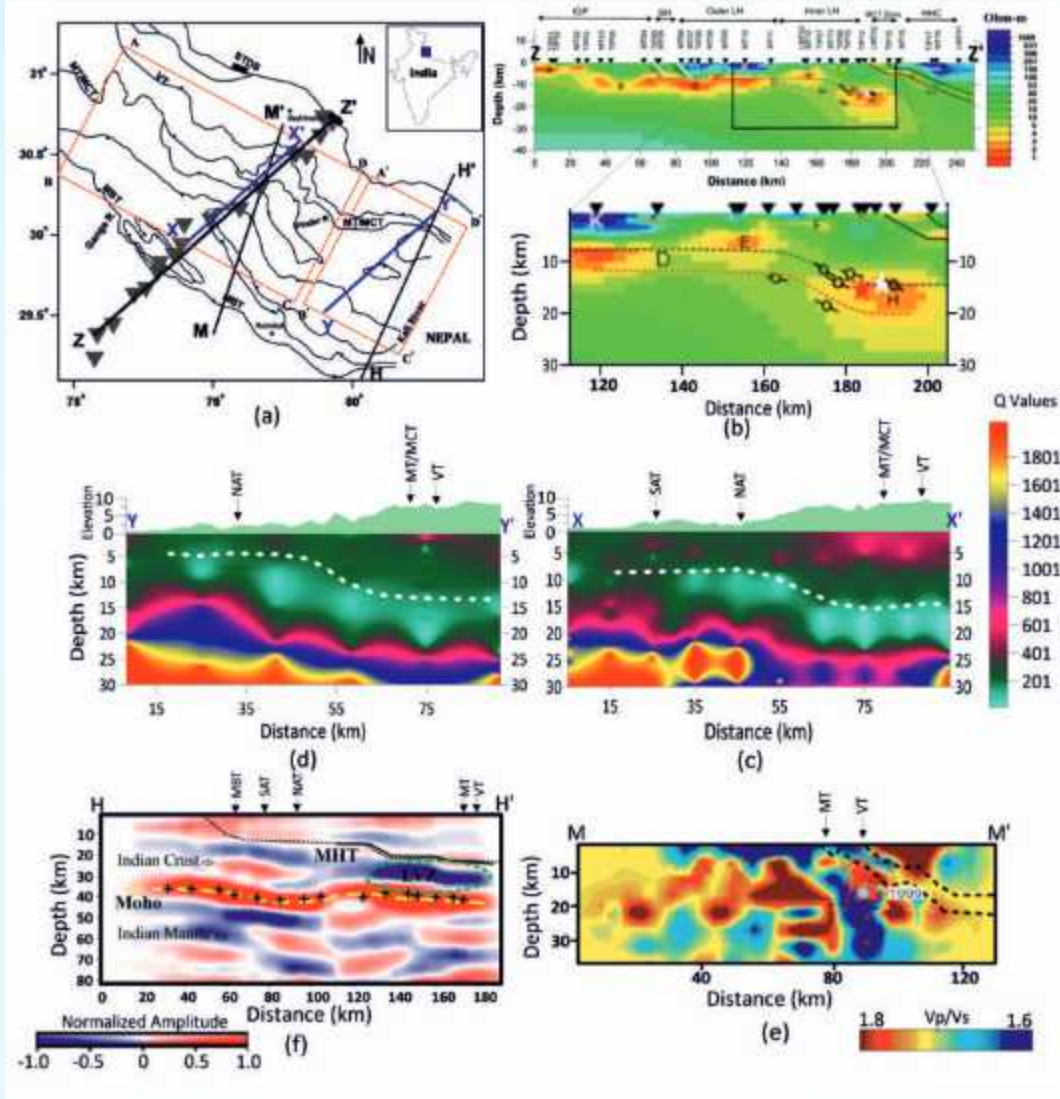
यह कार्य उत्तराखंड हिमालय के गढ़वाल और कुमाऊं क्षेत्रों की भूपर्पटी की स्थिति के अन्वेषण के लिए शीयर-तरंग क्षीणन टोमोग्राफी को प्रस्तावित करता है। क्षीणन विशेषताओं के आधार पर, चिह्नित उच्च क्षीणन परत गढ़वाल क्षेत्र में लगभग 10 किमी और कुमाऊं क्षेत्र में लगभग 5 किमी से प्रारंभ होती है (चित्र 34)। प्राप्त मॉडल से ज्ञात हुआ है कि कुमाऊं व गढ़वाल क्षेत्रों के लिए 1 हर्ट्ज आवृत्ति पर गुणवत्ता कारक (फ) के मान क्रमशः 16 से 664 तथा 49 से 866 तक भिन्न हैं। गढ़वाल क्षेत्र की तुलना में कुमाऊं क्षेत्र में उच्च क्षीणन दर ($1/Q$) कुमाऊं क्षेत्र में कम गहराई पर उच्च क्षीणन परत के कारण हो सकती है। गढ़वाल की तुलनात्मक रूप से कम क्षीणन दर इसे उच्च भूकंपीय जोखिम के संभाव्यता क्षेत्र के रूप में चिह्नित करती है। एक प्रणता के तौर पर, 5 किमी मोटाई वाली छह विभिन्न परतों के लिए 30 किमी की गहराई तक स्तरित आवृत्ति-निर्भर क्षीणन मॉडल

प्रस्तावित किए गए हैं, जो भूकंपीय जोखिमों के मूल्यांकन में नवीन अंतर्दृष्टि प्रदान करेंगे।

भारत के हिमाचल प्रदेश में भूकंपीय जोखिमों को सीमित करने व एक अंतर-परपटी उच्च प्रवाहकीय (आईसीएचसी) परत की उपस्थिति ज्ञात करने के लिए त्रि-आयामी क्षीणन संरचना तथा आवृत्ति-निर्भर क्षीणन स्तरित मॉडल को भी प्रस्तावित किया गया। हिमाचल प्रदेश में दर्ज त्वरण डेटा का उपयोग करते हुए, यह कार्य शीयर-तरंग गुणवत्ता कारक (Q_β) के रूप में क्षीणन विशेषताओं को निर्धारित करता है। यह कार्य 30 किमी की गहराई तक, 5 किमी मोटाई वाली छह अलग-अलग परतों के लिए एक आवृत्ति-आधारित शीयर तरंग क्षीणन मॉडल का संकेत देता है (चित्र 35)। निम्न Q_β मान (10-60 तक) ~ 11 किमी की गहराई से शुरू होने वाले एक जलीय द्रव क्षेत्र को दर्शाते हैं (चित्र 35)। 11-20 किमी की गहराई पर चिह्नित किए गए जलीय द्रव्य क्षेत्र की उपस्थिति हिमालयी भूकंपीय मेखला में उच्च भूकंपीयता के संभावित कारणों में से एक हो सकती है।

सिंधु-गंगा के मैदान एवं हिमालय के तले भूपर्पटी संरचना में परिवर्तन

इस अध्ययन में रिसीवर फंक्शन (पीआरएफ) तकनीक का उपयोग कर सिंधु-गंगा के मैदानों में चंडीगढ़-अंबाला क्षेत्र में चार स्टेशनों के तले अवसादिक परत की संरचना का अन्वेषण किया गया। अध्ययन में पाया गया कि अवसादिक परत की मोटाई में उल्लेखनीय रूप से भिन्नता है, जिसका मान आईजीपी के तले 2.0 से 3.0 किमी तक है तथा उत्तर की ओर बढ़ता जाता है (चित्र 36)। शिवालिक हिमालय के तले अवसादिक परत के आधार पर उथला अपरूपण आवेग (S_v) 2.8 से 2.9 किमी/सेकंड तक है, जिसका उपयोग भूकंपीय भू-गतिक स्थलों का आकलन करने के लिए किया जा सकता है (चित्र 36)। सिंधु-गंगा के मैदान में भूपर्पटी की मोटाई का मान 44 से 50 किमी के मध्य है (चित्र 36)। शिवालिक हिमालय से उच्च हिमालय तक, यह मान 44 से 65 किमी तक है (चित्र 37)।

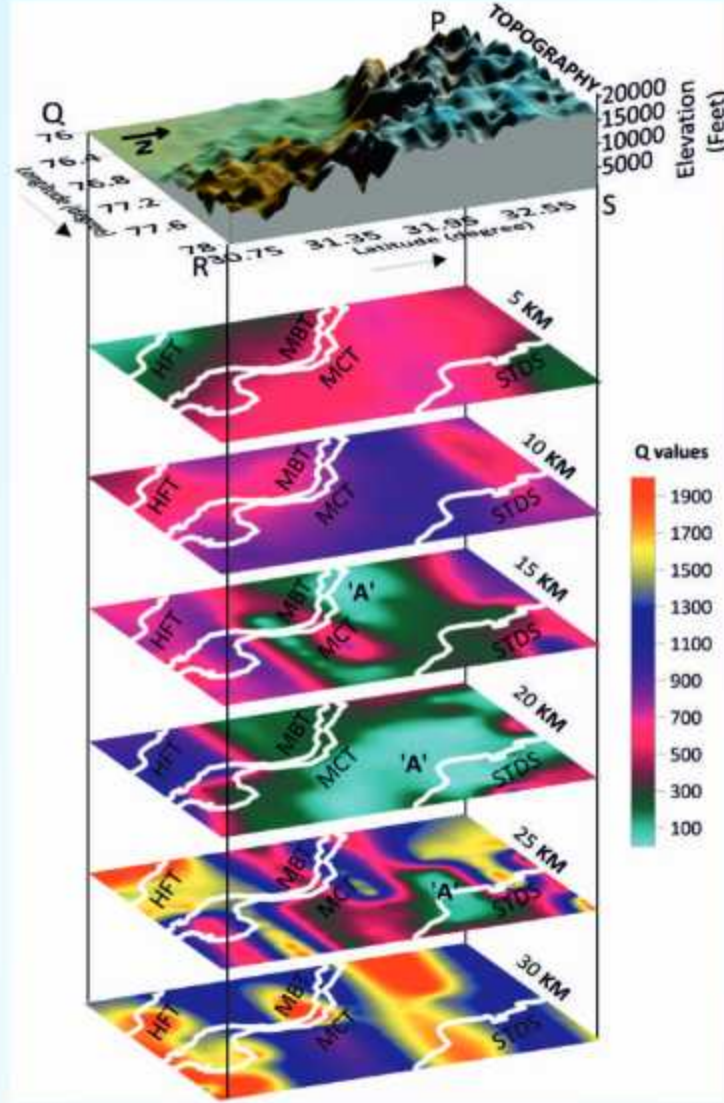


चित्र 34 : (ए) उत्तराखंड हिमालय में विचार किए गए प्रोफाइलों की अवस्थितियाँ तथा (बी) रावत एट अल. (2014) द्वारा दर्शाए गए प्रोफाइल ZZ' के साथ में भू-विद्युत मॉडल। गढ़वाल क्षेत्र में प्रोफाइल (सी) XX' और कुमाऊँ क्षेत्र में प्रोफाइल (डी) YY' के साथ क्षीणन मॉडल। (ई) प्रोफाइल MM' के साथ मंडल (2021; साइंस रिपोर्ट 11 (1), 14067) द्वारा प्रस्तावित P-तरंग द्वारा S-तरंग (V_p/V_s) अनुपात और (एफ) प्रोफाइल HH' के साथ हजारिका एट अल. (2021; GJI, 224, 858-870) द्वारा सुझाए गए रिसेवर फंक्शन का उपयोग कर सामान्य परिवर्तन बिंदु स्टैकिंग चित्र। (सी) व (डी) में सफेद डैशदार रेखा द्रव या आंशिक द्रवण क्षेत्र की प्रारंभन गहराई को दर्शाती है।

उत्तर-पश्चिम हिमालय में मोहो ज्यामिति तथा इसके संचालक तंत्र : मोहो में शीयर-तरंग वेग वैषम्य से प्राप्त अंतर्दृष्टि

एक नवीन तकनीक $\delta\beta_M$ का अनुमान लगाने के लिए प्रयुक्त की गई, जो कि P-से-s परिवर्तित तरंग आयाम डेटा का उपयोग करती है। अन्वेषणाधीन क्षेत्र में $\delta\beta_M$ के मान 0.7 किमी/सेकंड से 1.3 किमी/सेकंड तक हैं। हिमालय क्षेत्र के तले $\delta\beta_M$ का मान 0.7 से 1.0 किमी/सेकंड तक भिन्न है, जबकि अवसादिक परतों की उपस्थिति में, यह 1.3 किमी/सेकंड तक बढ़ जाता है (चित्र 38)। यह दर्शाता है कि अवसाद की उपस्थिति $\delta\beta_M$ मान को प्रभावित करती है। अध्ययन में भूपर्पटी की मोटाई (H) 44 से 83 किमी तक भिन्न है। $\delta\beta_M$ और H

के मध्य स्केलिंग संबंध घनात्मक है, जो कि उच्च $\delta\beta_M$ से जुड़ी मोटी भूपर्पटी को इंगित करता है, जिसका आशय यह है कि हिमालय क्षेत्र के नीचे निचली भूपर्पटी में कम-आवेग वाले पदार्थ की उपस्थिति तरल रूप में हो सकती है। यह प्रस्तावित है कि दुर्बल क्षेत्र से संबद्ध द्रव ने पूर्व उपस्थित भ्रंशों को सक्रिय कर दिया होगा, जिससे भूकंप उत्पन्न हुए होंगे। यह सुझाव दिया गया है कि पर्पटी-प्रावार ट्रांजिशन क्षेत्र, जो द्रव से समृद्ध है, में तनाव का संचयन निचली पर्पटी में भूकंपीयता उत्पन्न करने के लिए पर्याप्त हो सकता है।

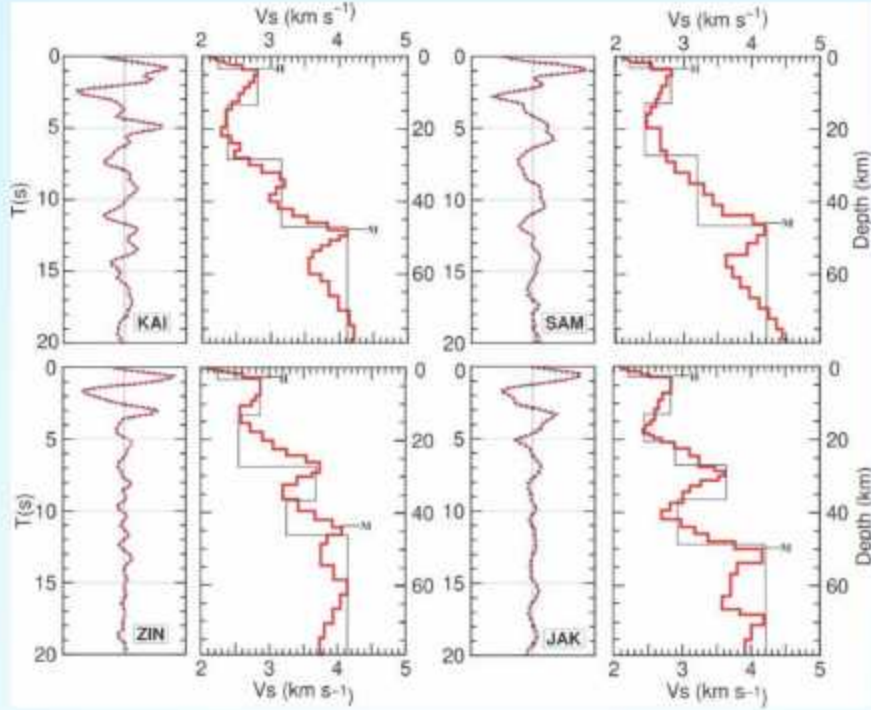


चित्र 35: हिमाचल हिमालय की स्थलाकृति में 5 हर्ट्ज आवृत्ति पर विभिन्न गहराइयों पर गुणवत्ता कारक वितरण। सफेद रेखा सतह की प्रमुख विवर्तनिकी को दर्शाती है। एचएफटी, एमबीटी, एमसीटी और एसटीडीएस क्रमशः हिमालयी फ्रंटल थ्रस्ट, मेन बाउंड्री थ्रस्ट, मेन सेंट्रल थ्रस्ट और साउथ तिब्बती डिटेचमेंट सिस्टम का वर्णन करते हैं। 'A' से चिह्नित क्षेत्र द्रव क्षेत्र से सुमेलित है।

स्थानीय भूकंपों के भ्रंश प्लेन सॉल्यूशन्स तथा पूर्वोत्तर भारत के अरुणाचल प्रदेश के निकटवर्ती क्षेत्र में उनकी गहराई का वितरण

पूर्वोत्तर भारत के अरुणाचल प्रदेश की सियांग घाटी, दुनिया में भूकंपीय विवर्तनिक दृष्टि से अत्यंत सक्रिय क्षेत्रों में से एक है, जो पूर्वी हिमालयी सिंटेक्सिस (ईएचएस) में अवस्थित है। हमने इस क्षेत्र में भूकंपीयता, भ्रंश तल समाधान (एफपीएस) और P (दाब) एक्सिस अभिविन्यास का अन्वेषण किया है। जनवरी 2019 से दिसंबर 2021 की अवधि के दौरान इस क्षेत्र में ($1.0 \leq ML \leq 5.9$) परिमाण सीमा के 756 स्थानीय भूकंपों का विश्लेषण किया गया। वर्तमान अध्ययन में भूकंपों का स्थल क्षेत्र की भूकंपीय रूप से सक्रिय विवर्तनिक संरचना को दर्शाता है। स्रोत तंत्र का अध्ययन करने के लिए परिमाण सीमा ($2 \leq M \leq 5.4$) पर 11 भूकंपों का मूल्यांकन किया गया। इसके

अतिरिक्त, हम भूकंपीय नेटवर्क (अधिकेंद्रीय दूरी ≤ 50 किमी) के निकट स्थित भूकंपों का चयन करते हैं। क्षेत्र के नीचे हाइपोसेंटर के स्थान-गहराई वितरण की जांच तीन प्रोफाइलों A-B के साथ WNW-ESE में, C-D के साथ NE-SW में, और E-F के साथ की गई है, जो महत्वपूर्ण विवर्तनिक विशिष्टताओं, यथा, क्रमशः एमबीटी, एमसीटी, लोहित थ्रस्ट (एलटी), मिशमी थ्रस्ट (एमटी), और वालोंग थ्रस्ट (डब्ल्यूएल) से होकर गुजरती हैं। इन खंडों में भूकंपों के गहराई वितरण को गहराई से आरेखित प्रमुख टेक्टोनिक विशेषताओं के साथ प्लॉट किया गया है। गहराई के संबंध में भूकंपीयता के वितरण को प्रेक्षित करने के लिए, हमने तीन प्रोफाइल ली हैं, ए-बी, सी-डी, और ई-एफ (चित्र 39 ए व बी)। ए-बी प्रोफाइल सियांग गवाक्ष के पश्चिमी भाग पर है, सी-डी प्रोफाइल पूर्वी भाग पर है, प्रोफाइल ई-एफ में, यह प्रेक्षित किया गया है कि प्रमुख थ्रस्ट एमबीटी, एमसीटी,

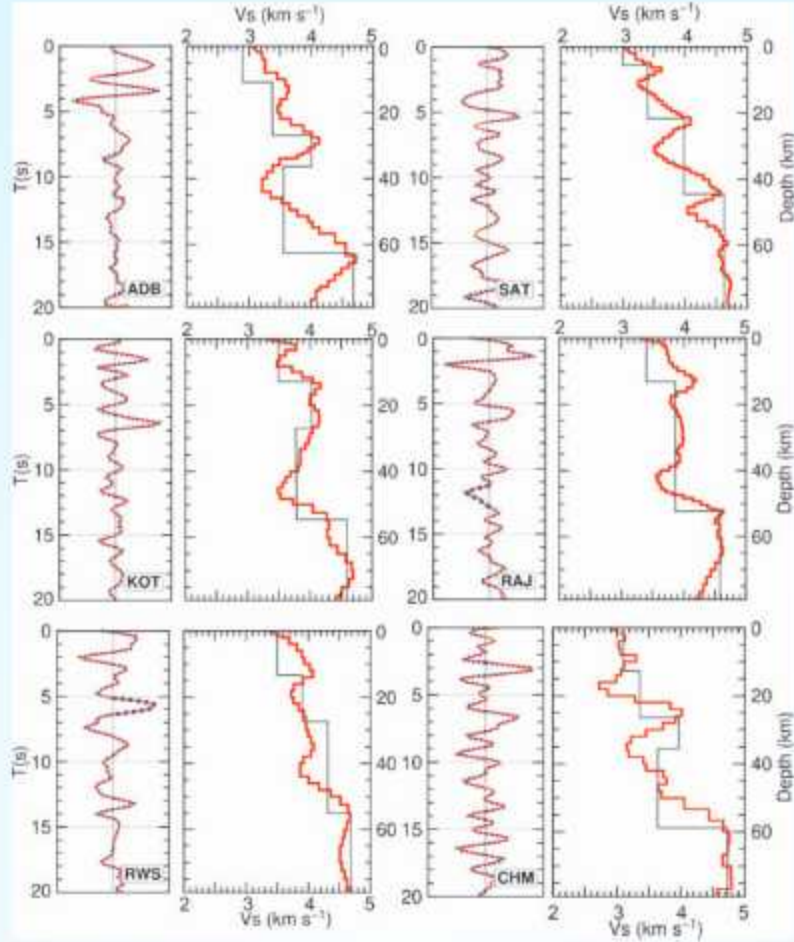


चित्र 36 : स्टैकड पीआरएफ के प्रतिलोम द्वारा प्राप्त शीयर तरंग वेग मॉडलों को 4 वीबीएस स्टेशनों (KAI, SAM, ZIN, और JAK) के तले दर्शाया गया है। लाल रेखा विभिन्न स्टेशनों पर प्रेक्षित तरंगरूप को दर्शाती है तथा नीला रंग स्टैकड PRF के प्रतिलोम का उपयोग कर अंतिम वेग मॉडल से प्राप्त संश्लिष्ट तरंगरूप को दर्शाता है। दाएं पैनल में ग्रे रेखा डेटा का प्रतिलोम करने के लिए प्रयुक्त 1-डी प्रारंभिक वेग मॉडल को दर्शाती है।

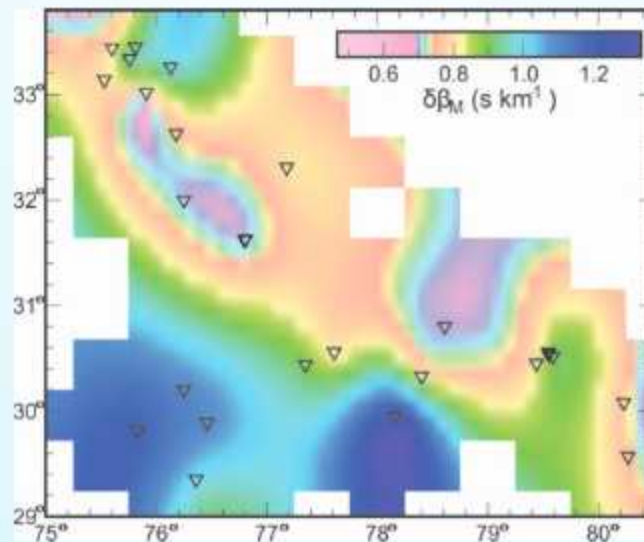
उत्तरपश्चिम की ओर एक डिपिंग ट्रेंड दिखाते हैं, तथा एफपीएस नंबर 4 द्वारा दर्शाया दृश्य एमसीटी की डिप दिशा के साथ इसके नोडल प्लेनों में से एक के अभिविन्यास को दर्शाता है तथा यह एक थ्रस्ट फॉल्टिंग प्रकार है; भूकंपीय घटनाक्रमों का एक अन्य वितरण MCT2 के साथ संबद्ध है। एफपीएस नंबर 1, 3, और 2 एमबीटी के उत्तरपश्चिम में स्थित हैं जहां एफपीएस नंबर 4 और 3, थ्रस्ट प्रकार के साथ उथली गहराई वाले हैं, और एफपीएस नंबर 2 सामान्य प्रकार के फॉल्टिंग के साथ उथली गहराई वाला है। प्रोफाइल सी-डी में, बोमडो थ्रस्ट (बीटी), रामगढ़ थ्रस्ट (आरटी), और लोहित थ्रस्ट (एलटी) उत्तरपूर्वी दिशा में डिप कर रहे हैं। भ्रंश प्लेन सॉल्यूशन्स के नोडल प्लेनों में से नं. 6 थ्रस्ट प्रकार का भ्रंश है, 5 सामान्य प्रकार का भ्रंश है तथा 7 स्ट्राइक-स्लिप भ्रंश के साथ थ्रस्ट है। प्रोफाइल क्रॉस-सेक्शन ई-एफ में, जो NNW-SSE की ओर प्रवृत्त है, इसकी विवर्तनिक रेखाएं NNW और SSE की ओर झुक रही हैं। एफपीएस संख्या 10 और 9 एमसीटी से संबंधित हैं, और एफपीएस संख्या 11 संभवतः लोहित थ्रस्ट से संबंधित है। एफपीएस संख्या 10 सामान्य प्रकार का है, 9 थ्रस्ट प्रकार का है, 8 स्ट्राइक-स्लिप प्रकार का है, और 11 सामान्य प्रकार का भ्रंश है।

तरंगरूप व्युत्क्रमण (ISOLA) का उपयोग कर ग्यारह भ्रंश प्लेन सॉल्यूशन्स (FPS) निर्धारित किए गए हैं। यह व्युत्क्रमण ML 4.5 तीव्रता के भूकंप के लिए दर्शाई गई, जिसकी नाभीय गहराई 15.3 किमी (घटना संख्या 7) है। छह स्टेशनों (BLNG, GLNG, JNGG, MRNG, PADU, और YING) से प्राप्त तरंगरूप डेटा का उपयोग 0.06-0.09 हर्ट्ज के आवृत्ति बैंड के साथ प्रतिलोम निष्पादित करने

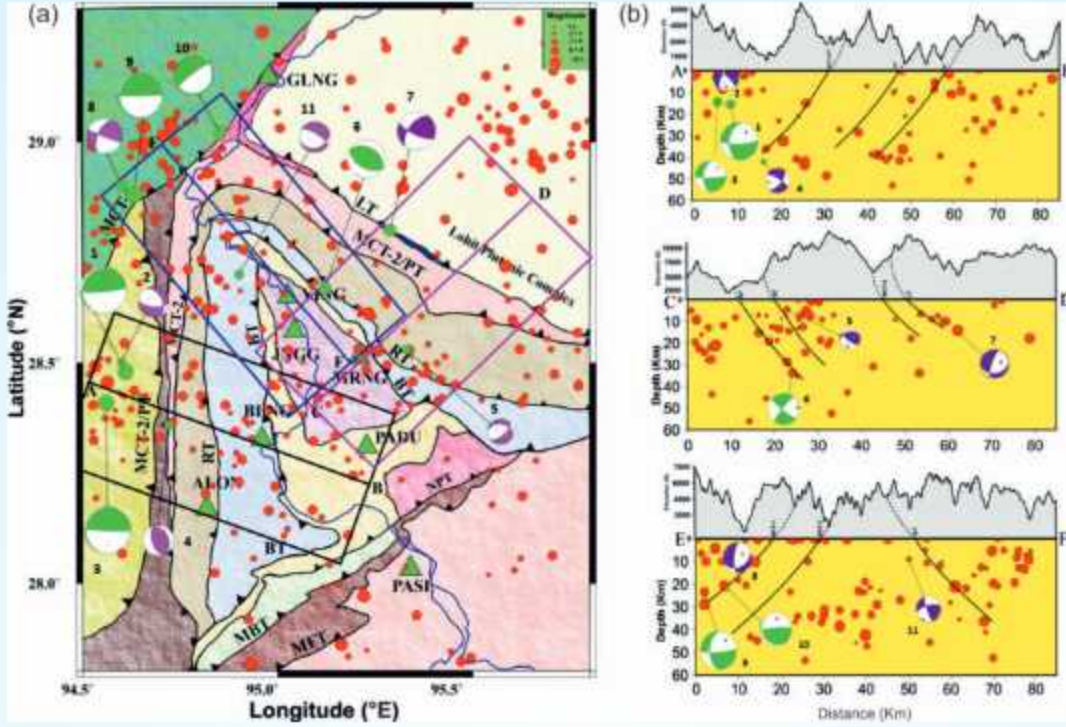
के लिए किया गया। एमटी सॉल्यूशन्स की गणना 3 किमी के चरणों में 3 से 15 किमी तक की 10 परीक्षण गहराइयों को ध्यान में रखते हुए की गई। चित्र 40 में ईष्टतम मोमेंट टेंसर सॉल्यूशन्स के लिए प्रेक्षित व संश्लेषित भूकंपीय तरंगरूप संगति दर्शाता है। औसत भिन्नता में कमी (VR>0.66), परिस्थिति संख्या (CN<2.7) तथा दो अतिरिक्त पैरामीटर - स्थान-समय परिवर्तनशीलता सूचकांक (STVAR<0.14), जो ग्रिड सर्च में स्रोत की स्थिति व समय की स्थिरता का मूल्यांकन करता है तथा साथ ही फोकल-मैकेनिज्म परिवर्तनशीलता सूचकांक (FMVAR<310), जो फोकल मैकेनिज्म सॉल्यूशन्स में अनिश्चितता का प्रतिनिधित्व करता है, का उपयोग सर्वोत्तम फिट सॉल्यूशन्स की पहचान करने के लिए किया जाता है (सोकोस और जहरादनिक, 2013)। एक ब्लैक बीच बॉल 3 किमी की गहराई और ~2s के समय बदलाव पर सर्वोत्तम-फिट सॉल्यूशन्स का प्रतिनिधित्व करता है और डीसी अनुपात उच्चतम सहसंबंध मान, 94% के अनुरूप है। ऊर्ध्वाधर अक्ष पर, परीक्षण स्रोत की गहराई प्रदर्शित की गई है। क्षैतिज अक्ष उद्भव समय के संबंध में -7 और 7 के मध्य टेम्पोरल ग्रिड सर्च का प्रतिनिधित्व करता है (चित्र 41ए तथा बी)। बीच बॉल प्रतिनिधित्व संपीडन चतुर्थांश (छायांकित क्षेत्र) व विस्तार चतुर्थांश (गैरछायांकित क्षेत्र) को दर्शाता है, जहां P और T अक्ष लम्बकोणीय हैं। नोडल तल के स्ट्राइक, डिप और रेक क्रमशः 217°, 56° और 21° हैं। उपरोक्त प्राचलों को प्राप्त करने के लिए, अन्य वयनित भूकंपों के लिए भी यही विधि अंगीकृत की गई। अध्ययन किए गए भूकंपों का DC% 65-94% की सीमा में पाया गया, जो कि क्षतिपूर्ति रैखिक सदिश द्विध्रुव (CLVD%) के प्रतिशत से



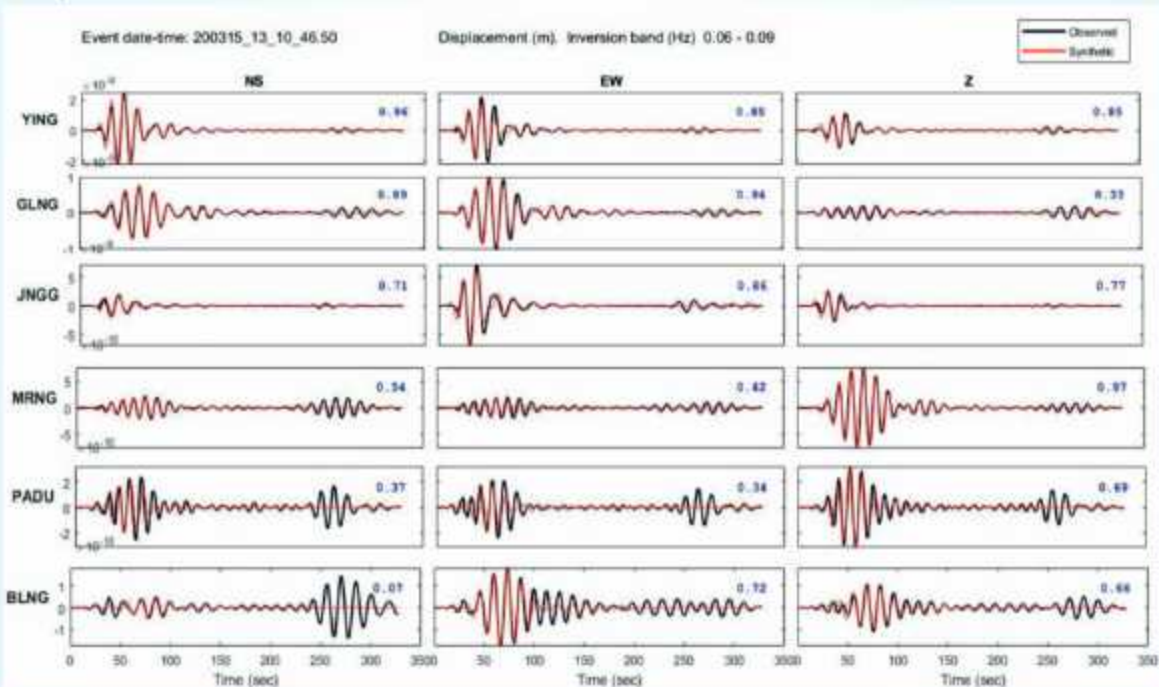
चित्र 37 : स्टैक पीआरएफ के प्रतिलोम द्वारा प्राप्त शीयर तरंग वेग मॉडलों को 6 बीबीएस स्टेशनों (ADB, SAT, KOT, RAJ, RWS और CHM) के तले दर्शाया गया है। यह चित्र 36 के समान है परंतु विभिन्न स्टेशनों से संबंधित है।



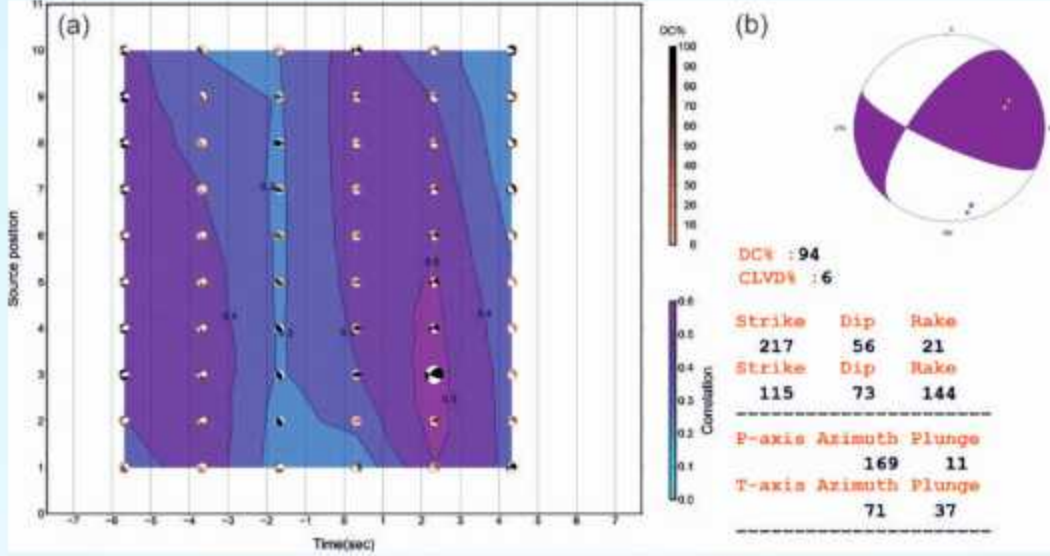
चित्र 38 :अध्ययन क्षेत्र में मोहो के मध्य शीयर-तरंग वेग कंट्रास्ट मानचित्र। प्रतिलोम त्रिभुज बीबीएस स्टेशन की अवस्थितियों को इंगित करते हैं।



चित्र 39 : (ए) अरुणाचल प्रदेश की सियांग घाटी एवं उसके समीपस्थ के क्षेत्रों में आठ ब्रॉडबैंड भूकंपीय स्टेशनों (हरे त्रिकोण) द्वारा दर्ज भूकंपों के आधार पर, फोकल मैकेनिज्म सॉल्यूशन (एफएमएस) की भूकंपीयता व बीच बॉल वितरण। इस क्षेत्र में विवर्तनिक विशिष्टताएं एलटी (लोहित थ्रस्ट), आरटी (रामगढ़ थ्रस्ट), बीटी (बोमडो थ्रस्ट) तथा एनपीटी (उत्तरी पासीघाट थ्रस्ट) हैं। हरे बीच बॉल (घटनाक्रम संख्या 6, 1, 10, 9 और 3) आईएससी कैंटलॉग से उद्धरित हैं तथा बैंगनी (घटनाक्रम संख्या 11, 5, 4, 2, 7 और 8) वर्तमान अध्ययन से हैं। (बी) भूकंपीय गतिविधि का वर्तमान उन्नयन, विवर्तनिकी व गहराई क्रॉस-सेक्शन प्रोफाइल ए-बी, सी-डी और ई-एफ के साथ दर्शाया गया है। स्थानीय भूकंप के अनुमानित एफएमएस का गहराई से दर्शाया चित्र।



चित्र 40 : $M_w 4.5$ भूकंप के मोमेंट टेन्सर सॉल्यूशन के लिए अनेकों स्टेशनों पर तरंगरूप समायोजन (घटना तिथि : 15 मार्च, 2020, घटित होने का समय : 13 बजकर 10 मिनट 46.5 सेकंड, घटना संख्या 7)। प्रेक्षित और संश्लेषित तरंगरूप क्रमशः काले व लाल रेखाओं द्वारा दर्शाए गए हैं। भिन्नता न्यूनीकरण कारक नीले अंकों में लिखा गया है।



चित्र 41 : घटना संख्या 7 के मोमेंट टेंसर प्रतिलोम सॉल्यूशन्स। (ए) सहसंबंध आरेख स्रोत गहराई बनाम मूल समय परिवर्तन सहसंबंध को दर्शाते हैं। सबसे बड़ा काला बीच बॉल अधिकतम सहसंबंध मान वाले एफपीएस के लिए एक अनुक्रिया है। परीक्षण स्रोत गहराई ऊर्ध्वाधर अक्ष पर दर्शाई गई है। मूल समय के संबंध में -7 और +7 सेकंड के बीच टेम्पोरल ग्रिड सर्व क्षैतिज अक्ष द्वारा दर्शाई गई है। (बी) सर्वोत्तम-फिट सॉल्यूशन्स के लिए प्राप्त फोकल तंत्र को दर्शाने वाला आरेख।

काफी अधिक है। विगत शोध (सिपकिन एट अल. 1986, फ्रोलिच एट अल. 1994) ने इस बात का परीक्षण किया है कि किसी विशेष भ्रंश क्षेत्र के साथ उप-भ्रंशों का अभिविन्यास स्रोत तंत्र में सीएलवीडी घटक की उपस्थिति को कैसे प्रभावित करता है।

गतिविधि : 3

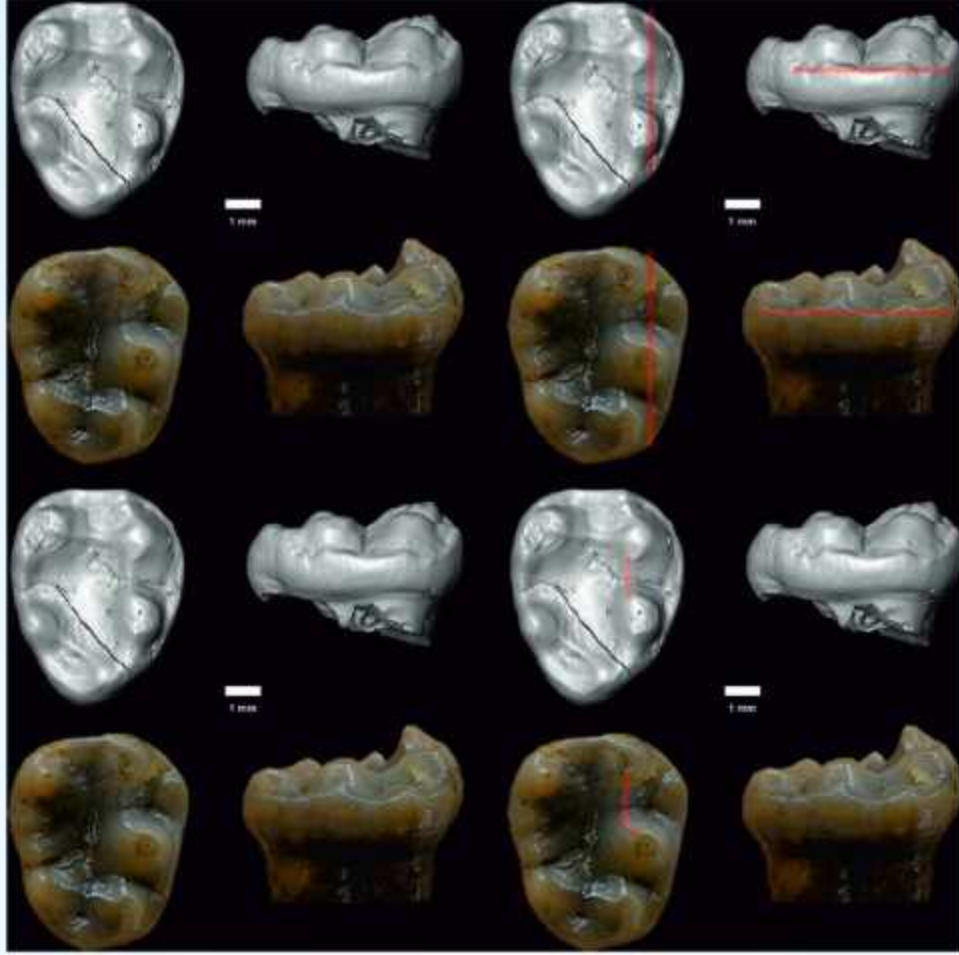
भारत-यूरेशियाई संघट्टन के संदर्भ में जैविक उद्भव, वैश्विक घटनाओं हेतु साक्ष्य

(आर.के. सहगल, कपेसा लोखो, सुगन लता श्रीवास्तव और निगथौजम प्रेमजीत सिंह)

स्टेम कैटराइन एवं होमिनॉइड दंत आकृतिविज्ञान के अतिरिक्त विश्लेषणों द्वारा कपी रामनगरेंसिस का एक स्टेम हाइलोबैटिड के रूप में समर्थन

कपी रामनगरेंसिस को भारत के रामनगर (जम्मू व कश्मीर) के आसपास के लगभग 13.0-12.5 मिलियन वर्ष पुराने निक्षेपों से पृथक निचले दाहिने एम3 के आधार पर एक स्टेम हाइलोबैटिड के रूप में वर्णित किया गया था। इस व्याख्या को हाल ही में चुनौती दी गई, जिसमें वैकल्पिक परिकल्पनाओं ने सुझाव दिया कि यह एक स्टेम कैटराइन या एक अजीब तरह से व्युत्पन्न प्लियोपिथेकॉइड है, जो हाइलोबैटिड आकृति विज्ञान पर अभिसरित हुआ है। कहा जाता है कि कई रूपात्मक विशेषताएं कपी को जीवाश्म व विद्यमान हाइलोबैटिड से पृथक करती हैं; हालांकि, उल्लेखनीय रूप से, इनमें से किसी भी विशेषता की मात्रात्मक विश्लेषण का उपयोग करके जांच या तुलना नहीं की गई। तत्पश्चात हमने इस परिकल्पना का आलोचनात्मक मूल्यांकन करने के लिए कपी के दंत आकृतिविज्ञान की और जांच की कि कपी एक स्टेम हाइलोबैटिड के बजाय एक स्टेम कैटराइन या प्लियोपिथेकॉइड का प्रतिनिधित्व करता है। हमने

जी एट अल (2022) द्वारा चर्चा की गई दंत विशेषताओं पर मात्रात्मक विश्लेषणों हाइलोबैटिड, स्टेम होमिनॉइड और स्टेम कैटराइन विकास के संदर्भ में, यथा. एंटोकोनिड आकार, हाइपोकोनिड आकार, हाइपोकोनुलिड आकार, प्रोटोकोनिड के सापेक्ष मेटाकोनिड आकार और प्रोटोकोनिड के सापेक्ष मेटाकोनिड अभिविन्यास (चित्र 42) की एक श्रृंखला आयोजित की। हमने बुक्कल सिंगुलम विकास, प्लियोपिथेसिन त्रिभुज विकास, क्राउन ऊँचाई और क्रिस्टिड ऑब्लिकिड अभिविन्यास के संदर्भ में कपी, युआनमौपिथेकस और कृष्णापिथेकस के बीच अधिक विस्तृत तुलना भी प्रदान की। इन विश्लेषणों के लिए, हमने गिल्बर्ट एट अल में प्रयुक्त डेटा सेट पर निर्माण किया (2020ए)। पुनः, प्रोप्लियोपिथेसिडस (एजिप्टोपिथेकस और प्रोप्लियोपिथेकस), प्लियोपिथेसिडस/प्लियोपिथेकॉइड्स (प्लियोपिथेकस, एपिप्लियोपिथेकस, लैकोपिथेकस, एगारापिथेकस, एनापिथेकस और प्लेटोडोन्टोपिथेकस), डेंड्रोपिथेसिडस (डेंड्रोपिथेकस, लिम्नोपिथेकस, सिमिओलस और माइक्रोपिथेकस), तथा प्रोकॉन्सुलिड्स/प्रोकॉन्सुलोइड्स (रंगवापिथेकस, ओटाविपिथेकस, एकम्बो, प्रोकॉन्सुल और कालेपिथेकस) का प्रतिनिधित्व करने वाले कई स्टेम कैटराइन एवं स्टेम होमिनॉइड के वर्गिकी नमूने लिए गए। हमने सभी जीवित होमिनॉइड जेनेरा के साथ-साथ कपी, युआनमौपिथेकस और बूनोपिथेकस का भी नमूना लिया। मात्रात्मक विश्लेषणों के अलावा, हमने एम3 क्राउन आकार और कस्य स्थिति का 2डी ज्यामितीय आकारमितीय (जीएम) विश्लेषण किया, जिसे 14 समजातीय स्थलों द्वारा परिमाणित किया गया। हमारा तुलनात्मक आकारमितीय सैम्पल गिल्बर्ट एट अल. (2020ए) में प्रयुक्त नमूने के समान ही है। अंत में, हमने जी एट अल. (2022) के संशोधित संस्करण पर पारसिंगनी अनुमान का उपयोग करते हुए एक फायलोजेनेटिक विश्लेषण किया। चार एमपीटी प्राप्त

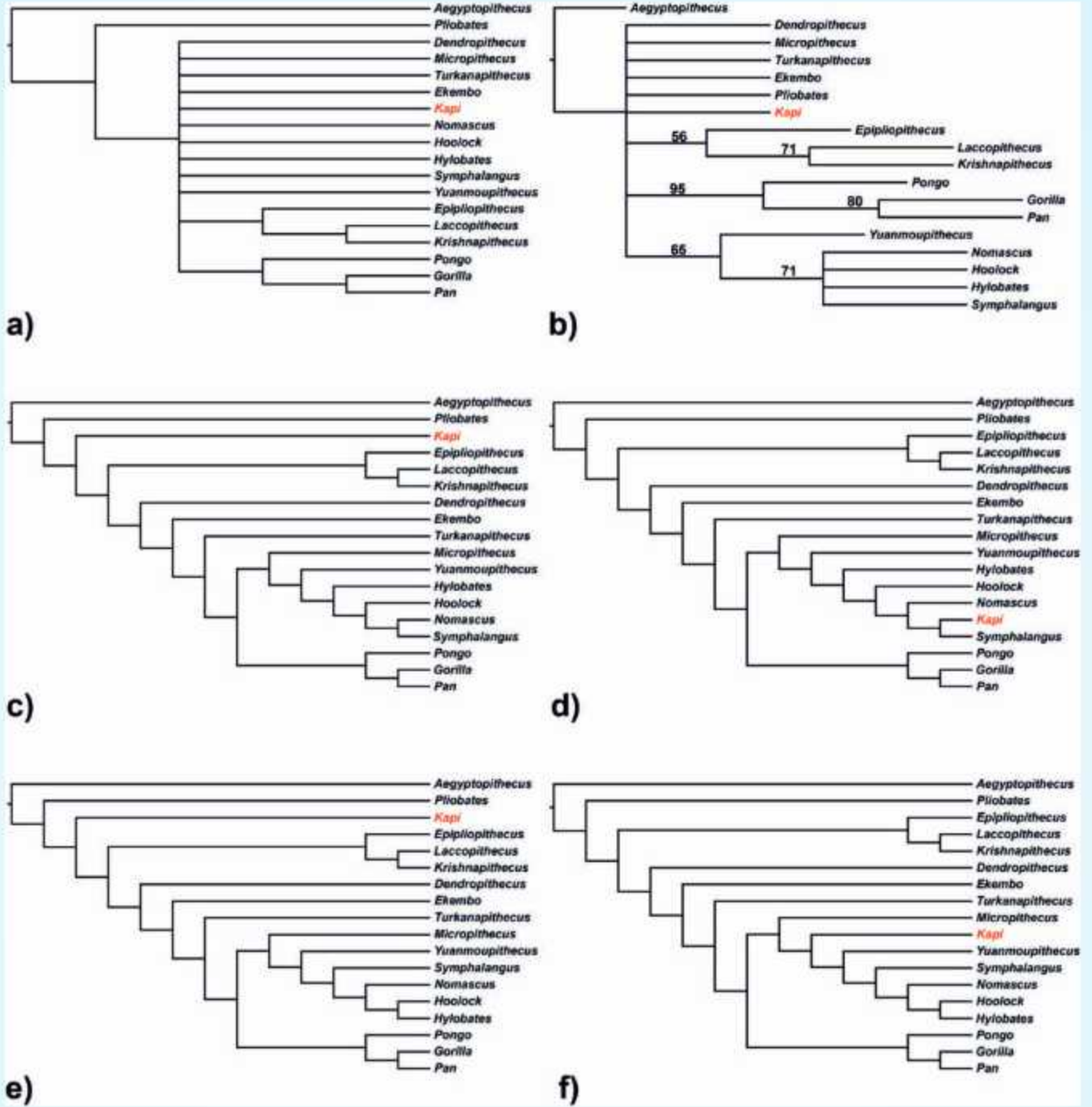


चित्र 42 : कपी रामनग्रेसिस और युआनमौपिथेकस जियाओयुआन के एम3 के मध्य तुलना। ऊपर बाई ओर : कपी (ऊपर) और युआनमौपिथेकस (नीचे) की संवृत व आमूख दृश्यों में तुलना। ऊपर दाई ओर : उक्त तुलना, जिसमें लाल रेखा मुख सिंगुलम के विकास और विस्तार को दर्शा रही है। यह ध्यान दें कि युआनमौपिथेकस में मुख सिंगुलम, कपी की तुलना में अधिक लंबा व विस्तृत है, जी एट अल. (2022) के प्रतिलोमतः। नीचे बाई ओर : पहले जैसी ही तुलना, कपी और युआनमौपिथेकस के साथ संवृत व आमूख दृश्यों में। नीचे दाई ओर : उक्त तुलना, जिसमें लाल रेखा क्रिस्टिड ओक्लिक्वा के अभिविन्यास को दर्शा रही है। यह ध्यान दें कि कपी में क्रिस्टिड ओक्लिक्वा, युआनमौपिथेकस की तुलना में अधिक मध्यबिंदु के रूप में उन्मुख है, जी एट अल. (2022) के प्रतिलोमतः। उत्कृष्ट दृश्यता के लिए सभी पैन्लों में कपी के लिए सीटी चित्र प्रदान किए गए हैं; युआनमौपिथेकस के चित्र जी एट अल. (2022) से उद्धरित हैं। सीटी = कंप्यूटेड टोमोग्राफी।

हुए, जिनमें कपी को एक स्टेम हाइलोबैटिड, एक क्राउन हाइलोबैटिड, या एक स्टेम कैटराइन के रूप में रखा गया, जो प्लियोबेट्स और एपिलियोपिथेकस, लैकोपिथेकस और कृष्णापिथेकस सहित एक मोनोफाइलेटिक प्लियोपिथेकोइड क्लैड के बीच से अलग होता है। अधिकांश क्लैड्स के लिए बूटरट्रीप संपुष्टि कम है, केवल विद्यमान वानरों, युआनमौपिथेकस, विद्यमान हाइलोबैटिड्स, और प्लियोपिथेकोइड्स (एपिलियोपिथेकस + कृष्णापिथेकस/लैकोपिथेकस) को 50 प्रतिशत से अधिक बूटरट्रीप समर्थन प्राप्त है (चित्र 43)। कृष्णापिथेकस को सदैव एक प्लियोपिथेकोइड के रूप में, विशेष रूप से लैकोपिथेकस (सम्मिलित वर्गिकी में) के सहोदर वर्गिक के रूप में पुनर्निर्मित किया जाता है। यह उल्लेख करना रूचिकर है कि प्लियोबेट्स एक मोनोफाइलेटिक प्लियोपिथेकोइड क्लैड में नहीं पाया जाता है, अपितु अन्य

प्लियोपिथेकोइड्स के बाहर एक अलग, पहले शाखाओं वाले ताने कैटराइन के रूप में पाया जाता है।

यह उल्लेख करना महत्वपूर्ण है कि जबकि उपलब्ध साक्ष्यों की प्रचुरता यह दर्शाती है कि कपी संभवतः सबसे प्रारंभिक ज्ञात हाइलोबैटिड है, इसकी वास्तविक आत्मीयता के बारे में निश्चित होना कठिन है, यह देखते हुए कि यह केवल एक निचले दाहिने एम3 द्वारा दर्शाया गया है। जबकि निचले एम3 आमतौर पर एम1 और एम2 की तुलना में अधिक परिवर्तनशील होते हैं, यह भिन्नता अधिक विकासशीलता को जन्म दे सकती है, जिससे एम3 विभिन्न वर्गों के बीच अधिक विशिष्ट हो जाते हैं तथा इस प्रकार, कुछ तरीकों में, अधिक वर्गिकी संबंधी जानकारीपूर्ण हो जाते हैं (उदाहरणार्थ, मोंगल, 2019)। यह अनुमान हमारे बहुभिन्नरूपी विश्लेषणों द्वारा भी समर्थित है, जो प्रमुख समूहों के बीच एम3 संरोधक आकारिकी में स्पष्ट



चित्र 43 : कृष्णापिथेकस सहित संशोधित जी एट अल., 2022; मैट्रिक्स के फायलोजेनेटिक विश्लेषण से निष्कर्ष। ए) आठ स्टेम कैंटरहाइन/ स्टेम होमिनोइड इनग्रुप टैक्सा, आठ क्राउन होमिनोइड इनग्रुप टैक्सा और कपी के फायलोजेनेटिक विश्लेषण के परिणामस्वरूप चार सबसे अधिक संक्षिप्त वृक्षों (बी) एमपीटी की बाहुल्य सहमति, जिसमें 163 वर्ण (क्रैनियोडेंटल+पोस्टक्रैनियल) शामिल हैं, जिनमें इजिप्टोपिथेकस को एकमात्र आउटग्रुप के रूप में निर्दिष्ट किया गया है। चार एमपीटी का बाहुल्य मतैकस। शाखाओं के ऊपर की संख्या 50 प्रतिशत से अधिक किसी भी बूटरट्रैप मान को इंगित करती है। सी) एमपीटी 1 कपी को प्लियोबेटस तथा एक मोनोफाइलेटिक प्लियोपिथेकोइड क्लैड के मध्य एक स्टेम कैंटरहाइन के रूप में पुनर्निर्मित करता है। डी) एमपीटी 2, कपी को क्राउन हाइलोबैटिड के रूप में पुनर्निर्मित करता है, जो सिम्फैलैंगस का सहोदर वर्ग है। ई) एमपीटी 3ए कपी को प्लियोबेटस और एक मोनोफाइलेटिक प्लियोपिथेकोइड क्लैड के बीच एक स्टेम कैंटरहाइन के रूप में पुनर्निर्मित करता है, एमपीटी 1 की तुलना में क्राउन हाइलोबैटिड्स की भिन्न स्थितियों पर ध्यान दें; एफ) एमपीटी 4ए कपी को माइक्रोपिथेकस और युआनमौपिथेकस के मध्य एक स्टेम हाइओबैटिड्स के रूप में पुनर्निर्मित करता है। वृक्ष लंबाई = 441 स्टेप्स, सीआई = 0.5079, एचआई = 0.4921, आरआई = 0.6604, आरसी = 0.3354।

पृथक्करण प्रदर्शित करते हैं। इस प्रकार, जब तक *के.रामनगरेंसिस* का एकमात्र नमूना वास्तविक प्रजाति औसत (सांख्यिकीय रूप से सबसे संभावित परिदृश्य और डिफॉल्ट अवधारणा) के निकट आकारिकीयता को संरक्षित करता है।

कृतक दन्तवल्क सूक्ष्म संरचना पर आधारित उत्तर मियोसीन शिवालिक कृतकों के कार्यात्मक और पारिस्थितिक निहितार्थ

नियोजीन शिवालिक अवसादों के जीवाश्म कृतक दांत सुविदित हैं तथा विभिन्न पारिस्थितिक वासस्थलों के विकास, वर्गिकी, आहार और अनुकूलन के संबंध में जानकारी प्रदान कर सकते हैं। हालांकि, भारतीय नियोजीन शिवालिक अवसादों से प्राप्त कृतक दन्तवल्कों की सूक्ष्म संरचना के आंकड़े दाढ़ों की तुलना में कम हैं। हमने उत्तर भारत के पंजाब राज्य के दुनेरा में उत्तर मियोसीन (लगभग 10-11 मिलियन वर्ष पूर्व) शिवालिक तलछटों से प्राप्त कुछ चयनित कृतक दन्तवल्कों की दन्तवल्क सूक्ष्म संरचनाओं (अनुप्रस्थ और अनुदैर्घ्य दोनों खंडों में) का विश्लेषण किया। सूक्ष्म संरचना विश्लेषण के आधार पर, कृतक दन्तवल्कों की पहचान *प्रोगोनोमिस* (मुरीइस), *डेमोक्रेसिटोडॉन* (क्रिसिटिड्स), *सैमीमिस* (क्टेनोडेक्टाइलिड्स) और *टैमियास* (स्किउरिड्स) के रूप में की गई है। चिह्नित किए गए सीएफ. प्रोगोनोमिस, सीएफ. डेमोक्रेसिटोडॉन और सीएफ. टैमियास को एक-शृंखलाबद्ध हंटर-श्रेगर बैंड द्वारा दर्शाया गया है, जबकि सीएफ. सायमीस बहु-शृंखलाबद्ध हंटर-श्रेगर बैंड दिखाता है। वर्गिकी के अलावा, इन कृतकों के कार्यात्मक एवं पारिस्थितिक महत्व का अध्ययन एनामेल क्रिस्टलीय पैटर्न का उपयोग कर किया गया है, क्योंकि कृतक एनामेल में सूक्ष्म संरचनात्मक परिवर्तन सामान्यतः पर इन स्तनधारियों द्वारा भक्षित आहार की विविधता से जुड़ा होता है। हमारे विश्लेषण में, सीएफ. प्रोगोनोमिस, सीएफ. डेमोक्रेसिटोडॉन और सीएफ. सायमीस के कृतकों में संशोधित रेडियल एनामेल की अनुपस्थिति से ज्ञात होता है कि यह कृतक संभवतः पत्तियों, फूलों, बीजों, मांसल जड़ों और कीड़ों से युक्त नरम आहार का भक्षण करते थे।

उत्तर इओसीन-प्रारंभिक ओलिगोसीन पत्रक जीवाश्मों का उपयोग कर भारत-बर्मा पर्वतमाला में भूमध्यरेखीय जलवायु परिवर्तनों का परिमाणन

गोंडवानालैंड में अपने उदगम से लेकर उत्तरी गोलार्ध में अपनी अंतिम स्थिति तक भारतीय प्लेट की विवर्तनिक यात्रा लगभग 150 मिलियन वर्षों तक फैला एक उल्लेखनीय भूवैज्ञानिक सफर है। इस अवधि के दौरान, भारत ने अनुमानित 9000 किलोमीटर की ट्रावर्स की, विभिन्न अक्षांशीय क्षेत्रों को ट्रावर्स किया और सूर्यातप व भूमि-महासागर विन्यास में भिन्नताओं के कारण जलवायु व्यवस्थाओं की एक गतिशील शृंखला का अनुभव किया (चटर्जी एट अल., 2013, श्रीवास्तव एट अल., 2023, 2024)। सेनोजोइक के पैलियोजीन युग की विशिष्टता उपरांत नियोजीन युग की तुलना में काफी अधिक गर्म वैश्विक तापमान थी (जैकोस एट अल., 2008; वेस्टरहोल्ड एट अल., 2020)। इस स्पष्ट गर्मी का मुख्य कारण कार्बन डाइऑक्साइड (CO₂) (>1000 ppm) की बढ़ी हुई वायुमंडलीय सांद्रता है, जो एक शक्तिशाली ग्रीनहाउस गैस है, जो प्रारंभिक पैलियोजीन काल से

धीरे-धीरे कम होती गई (एनाग्नोस्टो एट अल., 2016; होनिश्च एट अल., 2023)। पैलियोजीन काल में अनेकों प्रमुख अतितापीय घटनाएँ भी प्रेक्षित की गईं, जिनमें पैलियोसीन-इओसीन थर्मल मैक्सिमम (PETM या ETM1), इओसीन थर्मल मैक्सिमम-2 (ETM2), प्रारंभिक इओसीन क्लाइमेटिक ऑप्टिमम (EECO) तथा मध्य इओसीन क्लाइमेटिक ऑप्टिमम (MECO) (जैकोस एट अल., 2008; वेस्टरहोल्ड एट अल., 2020) शामिल हैं। समुद्री रसायनविज्ञान व समुद्री पारिस्थितिक तंत्र पर पैलियोजीन तापन के प्रभावों को जानने के लिए समुद्री अवसाद पर व्यापक शोध किया गया, लेकिन स्थलीय अवसाद पर ध्यान केंद्रित करने वाले अध्ययन तुलनात्मक रूप से दुर्लभ हैं तथा मुख्य रूप से मध्य व उच्च अक्षांश क्षेत्रों में केंद्रित हैं (विंग एट अल., 2005; जैकोस एट अल., 2010; मैकइनर्नी एंड विंग, 2011; कृष्णन एट अल., 2014; विलार्ड एट अल., 2019; ली एट अल., 2023)। हमने लेट इओसीन-अर्ली ओलिगोसीन (चित्र 44) के दौरान जमा जीवाश्म पत्रक आकारिकीय लक्षणों का उपयोग कर लाइसॉग फॉर्मेशन की जलवायु का मात्रात्मक पुनर्गठन किया। पुनर्गठन से औसत वार्षिक तापमान (MAT) 25.3 ± 2.3 °C और शीत माह का औसत तापमान (CMMT) 19.2 ± 3.5 °C का संकेत प्राप्त हुआ। इनके अतिरिक्त, वर्ष भर (12 माह) वर्धित ऋतु (एलजीएस) बनी रही, जिसका औसत वार्षिक वर्षा (एमएपी) 244.2 ± 64.3 से.मी. रहा, जिससे बरसाती ग्रीष्म (130 ± 40 सेमी) और शुष्क शीत (21.7 ± 9.8 सेमी) ऋतुओं के मध्य वर्षा की विशिष्ट मौसमीयता प्रदर्शित हुई। अध्ययन से यह भी ज्ञात हुआ है कि अंटार्कटिक हिमनदों के कारण अंतर-उष्णकटिबंधीय अभिसरण क्षेत्र के उत्तर की ओर प्रवासन के कारण निम्न-अक्षांश क्षेत्रों में वर्षा में भी वृद्धि हुई।

पुरापाषाण झील अवसाद, जनकर चू, घाटी, लाहौल (हिमाचल प्रदेश)

लाहौल (हिमाचल प्रदेश) की जनकर चू घाटी में समुद्र तल से 4010 मीटर की ऊँचाई पर अवस्थित एक पुरापाषाण झील का अध्ययन उत्तर चतुर्थकीय जलवायु एवं वनस्पति इतिहास के पुनर्निर्माण के लिए किया गया। जनकर चू घाटी लगभग 695 वर्ग किमी क्षेत्र में फैली हुई है। इस क्षेत्र में प्रारंभिक पुरापाषाण ग्रेनाइट (नाइसिस) और हैमंता समूह की अर्धतलछटी चट्टानें पाये जाते हैं, जिनमें फिलाइट, शिस्ट, गार्नेट शिस्ट व ग्रेफाइटिक शिस्ट शामिल हैं। घाटी का भूदृश्य चतुर्थकीय काल के दौरान हिमनद एवं नदीय प्रक्रियाओं के संयोजन से आकार ग्रहण करता है। मानसून-शुष्क संक्रमण क्षेत्र में स्थित, यह क्षेत्र गर्मियों में दक्षिण एशियाई मानसून और सर्दियों में मध्य-अक्षांशीय पश्चिमी हवाओं, दोनों से प्रभावित होता है।

पैलियोलेक से 165 सेमी लंबे अवसादिक प्रोफाइल का नमूना लिया गया, जिसमें बहु-प्रॉक्सी विश्लेषण के लिए हर 1 सेमी अंतराल पर नमूने एकत्र किए गए। जनकर चू घाटी बड़े पैमाने पर अज्ञात, प्राचीन और महत्वपूर्ण मानवजनित विसंगतियों से मुक्त है। जलवायु परिवर्तनों के प्रति इसकी उच्च संवेदनशीलता, विशेष रूप से वर्षा में परिवर्तन, इसे लाहौल क्षेत्र में विगत जलवायु व पर्यावरणीय परिस्थितियों के पुनर्निर्माण के लिए एक आदर्श स्थल बनाती है। जनकर चू पैलियोलेक का कालानुक्रम आईयूसी, नई दिल्ली में आयोजित एक्सेलेरेटर मास स्पेक्ट्रोमेट्री (AMS) रेडियोकार्बन (¹⁴C)



चित्र 44 : CLAMP विश्लेषण के लिए प्रयुक्त जीवाश्म पत्रक के फूल। IA. OTU 1. B. OTU 2. C. OTU 5. D. OTU 10. E. OTU 13. F. OTU 3. G. OTU 7. H. OTU 6. I. OTU 4. J. OTU 8. K. OTU 12. L. OTU 9. M. OTU 14. N. OTU 11. O. OTU 15.

डेटिंग का उपयोग कर स्थापित किया गया। झील के अवसाद से कुल कार्बनिक कार्बन (टीओसी) और ग्रेन साइज विश्लेषण से पूर्व वर्तमान से पहले ~ 19,890 कैलिब्रेटेड वर्षों तक प्रसारित जलवायु इतिहास का पता चलता है (कैल वर्ष बीपी)। अंतिम हिमनद मैक्स (एलजीएम) अवधि (~ 19.9 से 16 किलो कैलोरी वर्ष बीपी) के दौरान, प्रबल पश्चिमी प्रभावों व हिमनद नियंत्रण के कारण झील में कुल कार्बनिक कार्बन (टीओसी) सामग्री नगण्य हो गई तथा रेत का जमाव उच्च अनुपात में हो गया। ~ 16 और 13 किलो कैलोरी वर्ष बीपी के मध्य, मिट्टी व गाद में वृद्धि के साथ रेत की मात्रा में गिरावट एक

अधिक स्थिर झील के परिवेश का सुझाव देती है, जिसकी विशेषता कम ऊर्जा परिवहन तथा जलग्रहण क्षेत्र से कम द्रवित जल का इनपुट है। इस परिवर्तन के बावजूद, टीओसी मान कम रहे, इस दौरान क्षेत्र में सीमित जैविक उत्पादकता का संकेत देते हैं। ~ 13 और 11.6 किलो कैलोरी वर्ष बीपी के बीच, टीओसी, मिट्टी और गाद सामग्री में कमी, साथ ही रेत प्रतिशत में मामूली वृद्धि, क्षेत्र में शुष्क परिस्थितियों का संकेत देती है होलोसीन जलवायु अनुकूलतम (~ 11.6 से 8.5 किलो कैलोरी वर्ष बीपी) के दौरान, टीओसी मात्रा धीरे-धीरे बढ़ने लगी, जबकि मिट्टी और गाद प्रतिशत में भी वृद्धि का रुझान दिखा।

यह परिवर्तन बेहतर नदी की उपलब्धता तथा बढ़ी हुई वानस्पतिक वृद्धि का संकेत देते हैं, जो संभवतः भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून के सुदृढ़ होने से अभिप्रेत है। मध्य-होलोसीन अवधि (~ 8.5 से 4.2 किलो कैलोरी वर्ष बीपी) के दौरान, टीओसी मान में किंचित वृद्धि व मिट्टी और गाद प्रतिशत में स्थिर प्रवृत्ति तथा रेत के बढ़ते प्रतिशत का निर्वचन निरंतर पछुआ हवाओं व हिमनद द्रवित जल के इनपुट द्वारा उच्च तलछट परिवहन के रूप में किया गया। होलोसीन के उत्तरार्ध में (~ 4.2 किलो कैलोरी वर्ष बीपी से वर्तमान तक), मिट्टी और गाद प्रतिशत में निरंतर गिरावट के बावजूद, टीओसी के स्तर में उल्लेखनीय वृद्धि, वर्धित जैविक उत्पादकता की ओर संकेत करती है, जो संभवतः अधिक अनुकूल जलवायु परिस्थितियाँ या स्थानीय पारिस्थितिक परिवर्तनों के कारण घटित हुई है।

गतिविधि : 4

उत्तरपूर्वी व उत्तरपश्चिमी हिमालय के चयनित ट्रांजेक्टों में जलवायु विविधता एवं भूपरिवर्तन प्रतिक्रिया
(जयेंद्र सिंह, सोम दत्त, अनिल कुमार, छवि पी. पांडे, सुदीप्त सरकार, सुभोजित साहा और प्रकाश एम.)

राउतगारा संरचना, लघु हिमालयी अनुक्रम की अवसादिक मॉडलिंग

उत्तर-पश्चिम भारत के हिमालयी पर्वतीय क्षेत्र (चित्र 45ए, बी) में अनावरित मिसो-से-नियोप्रोटरोजोइक राउतगारा संरचना, तटवर्ती अवसादन में एक सुसंरक्षित नदी-समुद्री परिवर्तन का अध्ययन करने का अवसर प्रदान करती है। एक विस्तृत अवसादिक विश्लेषण छह आनुवंशिक रूप से संबद्ध संलयन संघों (एफए) की पहचान करता है जो संभवतः अवरोध, पश्च अवरोध और उप-ज्वारीय डेल्टाई वातावरणों में निक्षेपित होते हैं। वर्तमान अध्ययन में तरंग-प्रधान और ज्वार-प्रभावित/प्रधान निक्षेपों के बीच देखे गए संलयन विभाजन को क्रमशः तटवर्ती ज्वार-प्रभावित/प्रधान और उफनती लहरों द्वारा अभिभूत तटरेखा द्वारा समझाया जा सकता है। हार्डस्टैंड सिस्टम ट्रेक्ट (एचएसटी) के दौरान, उत्तर/उत्तर-पश्चिमी (एन/एनडब्ल्यू) की ओर प्रवाहित होने वाले नदी तंत्र अवसाद को पूर्व-उत्तर-पूर्व से पश्चिम-दक्षिण-पश्चिम (ENE-WSW) तटरेखा तक ले गई (चित्र 46ए, बी)। तदोपरांत, एचएसटी के अंतिम चरण में, तटरेखा के अवसादों को दीर्घकालिक या तूफानी धाराओं (चित्र 46सी) के माध्यम से पुनर्संयोजित कर तटमुख-अग्रतट तंत्र की स्थापना की गई। यह तरंग-प्रधान तटमुख-अग्रतट निक्षेप (एफए I और एफए II) एक अवरोध के रूप में कार्य करते थे, जो अपतटीय व अंतर्तटीय प्रक्रियाओं को पृथक करने वाली एक प्रणाली प्रदान करते थे। ट्रांसग्रेसिव सिस्टम ट्रेक्ट (टीएसटी, चित्र 46डी) के दौरान नदी तंत्र का अतिक्रमण हुआ। LS पर अपरदनकारी रूप से आच्छादित एफए III निक्षेप, आधार भाग पर 'पश्च निक्षेप' व सुविकसित पार्श्व अभिवृद्धि (एलए तत्व)/बिंदु दंड निक्षेप, नदी चैनलों के ज्वारीय पुनर्संयोजन को दर्शाते हैं। अवरोध-तटमुख प्रणाली के अंतर्गत ज्वारीय ऊर्जा व रिपट निर्माण में वृद्धि के साथ, ज्वारीय प्रवेश (एफए IV) खुल जाता है, और बाढ़, ज्वारीय और तरंग या तूफानी धाराओं द्वारा निक्षेपण होता है। एफए III और एफए IV निक्षेपों का घनिष्ठ संबंध निरंतर, स्थिर अतिक्रमण का प्रमाण देता है। ज्वारीय समतल (एफए V) के

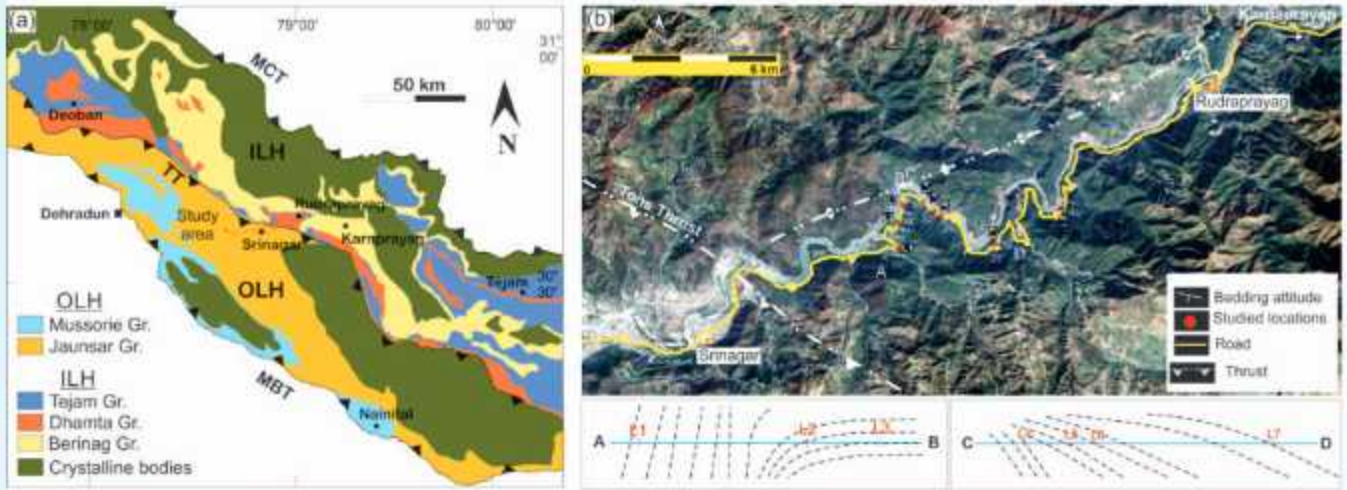
अपेक्षाकृत महीन दाने वाले तलछट संभवतः ज्वार-प्रधान पश्च-अवरोधक परिवेशों की पूर्ति करने का प्रतिनिधित्व करते हैं। उप-ज्वारीय रेत पट्टी (एफए VI) जिसमें ज्वार-भाटा धारा और तरंग प्रभाव पर बाढ़-प्रधान धाराओं का प्रभुत्व है, संभवतः देर से टीएसटी के दौरान खुले महासागर कनेक्शन के साथ एक दूरस्थ भाग (एफए IV की तुलना में समुद्र की ओर) में जमा हुई है। हालांकि, लहर-जनित संलयन (एफए I/एफए II) L9 पर एफए VI अनुक्रम के ठीक नीचे नहीं पाए गए हैं। यह अतिक्रमण के दौरान समुद्री एजेंटों की अपरदनकारी कार्यवाई के कारण हो सकता है। मैक्रोटाइडल (> 4 मीटर) सेटिंग्स की तरह, अवरोध तटरेखा अनुक्रम आमतौर पर दबा दिया जाता है इसके अलावा, कई नदियों द्वारा पोषित तटरेखा में, तटीय आकारिकी में व्यापक रूप से परिवर्तनशीलता होने की संभावना थी, जिसमें लोबेट, रैखिक और खाडीनुमा आकृतियाँ, और साथ ही तटीय उन्नयन और निर्वर्तन शामिल थे। इसलिए, अध्ययन क्षेत्र में पहचाने गए अवसादी संरक्षण, निक्षेपण व्यवस्था की व्याख्या को एक मिश्रित तरंग-ज्वार-प्रधान अवरोध-वापसी अवरोध (प्रवेश) व्यवस्था के रूप में समर्थन करते हैं, जो मोटे तौर पर पूर्व-उत्तर-पूर्व-पश्चिम पुरातटरेखा पर निर्मित है, जहाँ अवसाद खुले तट के साथ उत्तर/उत्तर-पश्चिम की ओर बहने वाली नदी प्रणालियों द्वारा नीचे लाई गई थी।

स्पेलियोथेम द्वारा हिमालय में भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून परिवर्तनशीलता का अनुमान

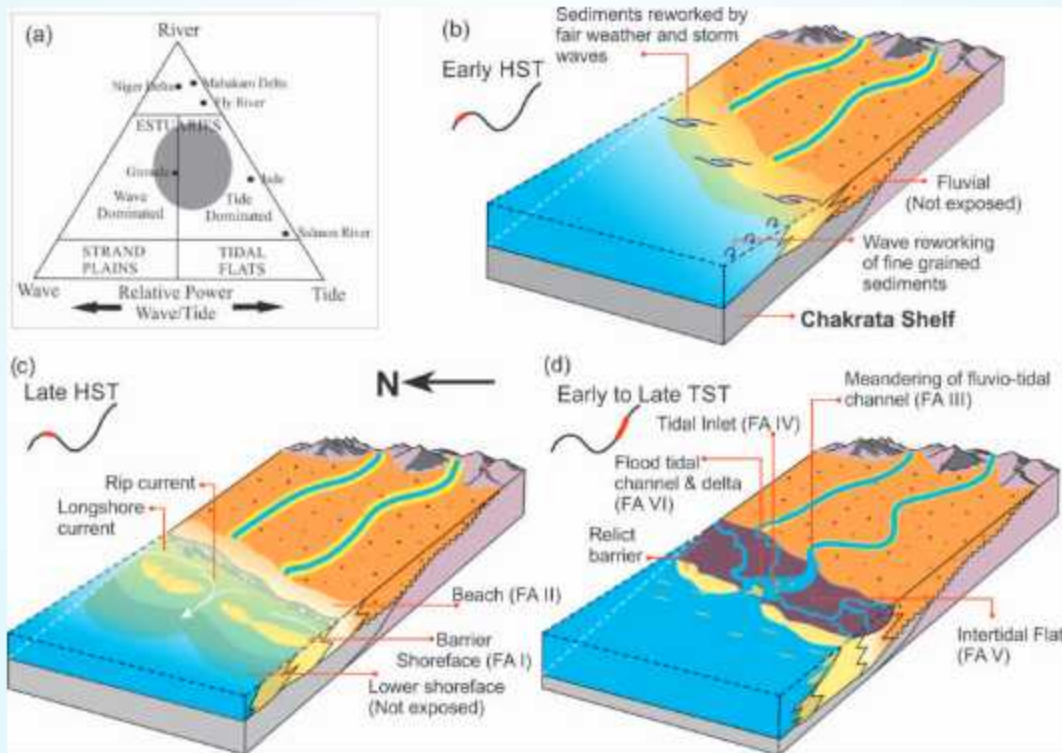
हमने विगत में हिमालयी क्षेत्रों में भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून (आईएसएम) परिवर्तनशीलता के स्पेलियोथेम ऑक्सीजन समस्थानिक रिकॉर्ड विकसित किए हैं। उत्तर-पश्चिम हिमालय, उत्तराखंड के भियार धार गुफा से प्राप्त एक रिकॉर्ड 309 और 260 kyr BP के बीच उत्तर-पश्चिमी हिमालय में आईएसएम परिवर्तनों का संकेत देता है। आईएसएम स्थितियों का कमजोर होना 309 और 292 kyr BP और 286 से 264 kyr BP के मध्य हुआ (चित्र 47)। आईएसएम से जुड़ी वर्षा का एक आकस्मिक व बहुत मजबूत चरण लगभग 291 kyr BP से शुरू हुआ जो 286 kyr BP तक जारी रहा (चित्र 47)। अध्ययन क्षेत्र में 309 से 260 kyr BP एमआईएस-7 और एमआईएस-6 के दौरान आईएसएम स्थितियों में परिवर्तन को दर्शाने वाला एक अन्य रिकॉर्ड भी विकसित किया गया है।

जलवायु परिवर्तन एवं विवर्तनिकी के प्रति मृदृश्य अनुक्रिया

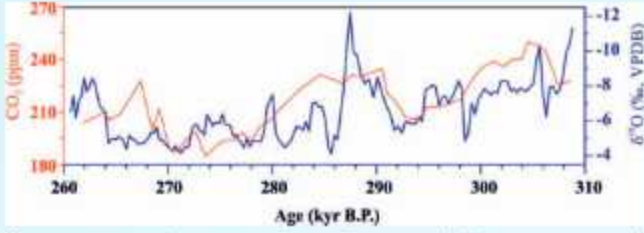
उत्तराखंड राज्य ने पिछले कुछ दशकों में बादल फटने की आपदाओं की संख्या में वृद्धि देखी है। दि. 20-21 अगस्त 2022 को देहरादून जिले में हुए बादल फटने की घटना की भूवैज्ञानिक और भू-आकृति विज्ञान संबंधी नियंत्रणों के लिए जाँच की गई। अध्ययन से तीव्र ढलान, तीव्र शिखर प्रवाह, तीव्र शिखर जलालेख, अपर्याप्त रूप से विकसित (कम जल निकासी घनत्व) जल निकासी और कम संकेन्द्रण समय का पता चलता है, जिससे बाढ़ का प्रभाव और भी बदतर हो गया। इस घटना के दौरान नदी का जल-प्रवाह सामान्य मानसूनी जल-प्रवाह से 50 से 100 गुना अधिक था (चित्र 48)। लदाख हिमालय स्थित पैंगोंग त्सो झील पर किए गए एक अन्य अध्ययन में स्रोत-से-सिंक के बीच मजबूत संपर्क, तलछट आपूर्ति और



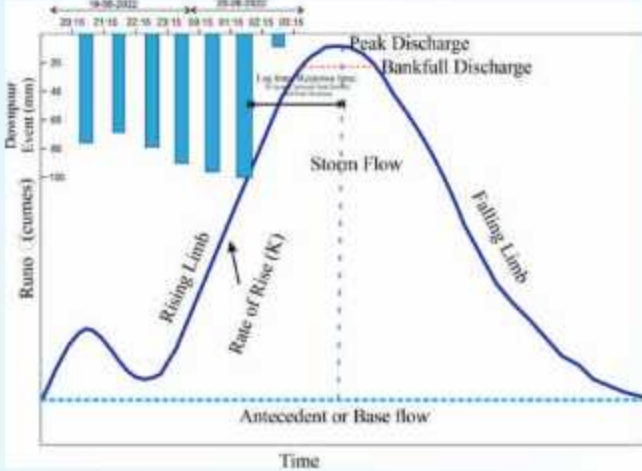
चित्र 45 : (ए) लघु हिमालय (वल्दिया, 1980 के उपरान्त संशोधित) का विस्तृत भूवैज्ञानिक मानचित्र, गढ़वाल-कुमाऊँ क्षेत्र, जहाँ ओएलएच (बाह्य लघु हिमालय) स्थानीय रूप से दक्षिण की ओर झुके हुए टीटी (टन थ्रस्ट) द्वारा आईएलएच (आंतरिक लघु हिमालय) से पृथक होता है तथा क्रिस्टलीय पिंड बेसिन अवसाद के ऊपर स्थित क्लिफ हैं। अध्ययन किए गए सड़क खंड को चिह्नित किया गया है। (बी) गूगल अर्थ चित्र श्रीनगर-रुद्रप्रयाग राजमार्ग के साथ अध्ययन किए गए खंडों के स्थानों (एल1 से एल9) को दर्शाती है। यह ध्यान दें कि अध्ययन किए गए खंड एक क्षेत्रीय प्रतिरूप के दक्षिण-पूर्वी भाग में अवस्थित हैं। इनसेट क्रमशः ए-बी तथा सी-डी क्रॉस खंडों ('ए' के रूप में चिह्नित) के साथ ट्रॉजैक्ट को दर्शाता है।



चित्र 46 : ए) मिश्रित ऊर्जा धारी तटवर्ती क्लास्टिक निक्षेपों के लिए संभावित परिवेशों की सीमा दर्शाते हुए तटीय निक्षेपों का त्रिक प्रक्रिया आधारित वर्गीकरण। नदी, तरंग व ज्वारीय घाटाओं के सापेक्ष प्रभाव को ध्यान में रखते हुए, राउटगारा संरचना को त्रिभुज के मध्य भाग (छायांकित क्षेत्र) में रखा गया है। यह ध्यान दें कि अन्य आधुनिक तटीय प्रणालियाँ तुलना के लिए चिह्नित हैं। राउटगारा संरचना के लिए निक्षेपण मॉडल, बी) प्रारंभिक एचएसटी के दौरान उत्तर-पश्चिम की ओर बहने वाली नदी प्रणाली/प्रणालियाँ तलछट को ईएनई-डब्ल्यूएसडब्ल्यू तटरेखा तक ले गईं और अनुकूल मौसम व सूफानी घाटाओं द्वारा पुनः निर्मित हुईं। सी) एचएसटी के उत्तरार्ध में अवरोधी तटरेखा प्रणाली स्थापित हुई। सी) प्रारंभिक से लेकर पश्च टीएसटी में ज्वारीय ऊर्जा में वृद्धि के कारण प्रवेश द्वारा विकसित हुए और पश्च अवरोधी निक्षेपण हुआ।



चित्र 47: उत्तराखण्ड, उत्तर-पश्चिम हिमालय के भियार घर गुफा से पुनर्निर्मित $\delta^{18}\text{O}$ समय श्रृंखला (नीले रंग में वर्तमान रिकॉर्ड) की तुलना मन्द्। डोम सी (जीजेल एट अल., 2007; लाल रंग) से पुनर्निर्मित वायुमंडल में वैश्विक CO_2 सांद्रता से की गई है।

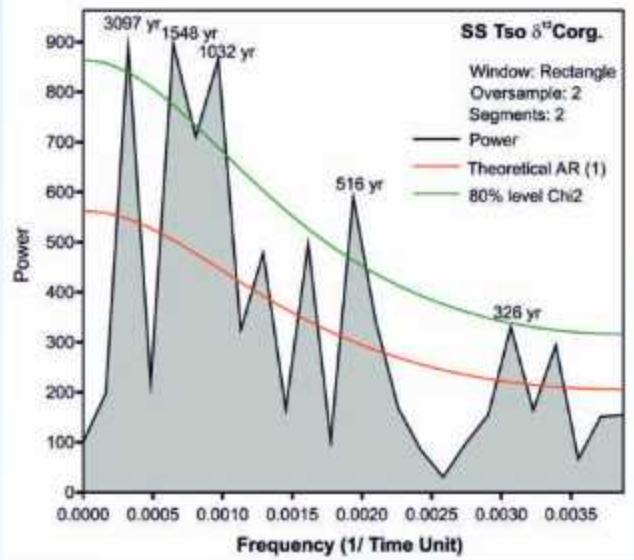


चित्र 48: दि. 20 अगस्त 2022 को आई आकस्मिक बाढ़ के दौरान हाइड्रोग्राफ के विभिन्न घटक।

समायोजन स्थान परिवर्तनों के प्रति त्वरित प्रतिक्रिया प्रदर्शित होती है। पैंगोंग त्सो का डेल्टाई विकास 13 हजार वर्ष पूर्व से झील-स्तर में उतार-चढ़ाव की एक श्रृंखला के साथ-साथ नदी आपूर्ति की महत्वपूर्ण भूमिका द्वारा नियंत्रित होता है। विभिन्न आकारमितीय विश्लेषणों और क्षेत्र अन्वेषणों का उपयोग करके भूदृश्य निर्माण प्रक्रियाओं में दीर्घकालिक विवर्तनिक-जलवायु युग्मन की प्रतिक्रियाओं को समझने के लिए ऊपरी सतलुज घाटी का भी अध्ययन किया गया। परिणामों से पता चलता है कि सतलुज घाटी में गतिशील विवर्तनिकी है, जैसा कि बांधों से बने झीलों के जमाव, नदी के तालाब, गहरी घाटियाँ, हाई रिलीफ, भ्रंश ढलान और व्यापक भूस्खलन जैसी भू-आकृतिक विशेषताओं से संकेत मिलता है। यह विशेषताएं भूदृश्य की अस्थिरता एवं स्थलाकृतिक अनियमितताओं को रेखांकित करती हैं।

स्पीति, उत्तर-पश्चिमी हिमालय का उत्तर-होलोसीन जलवायु इतिहास

एसएस त्सो झील में उत्तर-होलोसीन अवसाद के दौरान बहु-प्रॉक्सी रिकॉर्ड (क्वार्ट्ज, कैल्साइट, मस्कोवाइट, χ_{lf} , और $\delta^{13}\text{C}_{org}$) स्पीति क्षेत्र में जलवायु परिवर्तनशीलता व पर्यावरणीय उतार-चढ़ाव की एक व्यापक तस्वीर प्रस्तुत करते हैं। हमारे परिणाम दर्शाते हैं कि सौर विकिरण जलवायु उतार-चढ़ाव के पीछे प्राथमिक अभिप्रेरक शक्ति रहा है, जिसमें गर्म अवधियों में अधिक वर्षा होती है (2600-2200



चित्र 49: विगत 4500 वर्षों के दौरान एसएस त्सो झील के तलछट आंकड़ों के लिए Past v 4.11 का उपयोग कर वर्णक्रमीय विश्लेषण के परिणाम। शीर्ष के ऊपर दिखाई गई संख्याएँ वर्ष में आवधिकताएँ हैं।

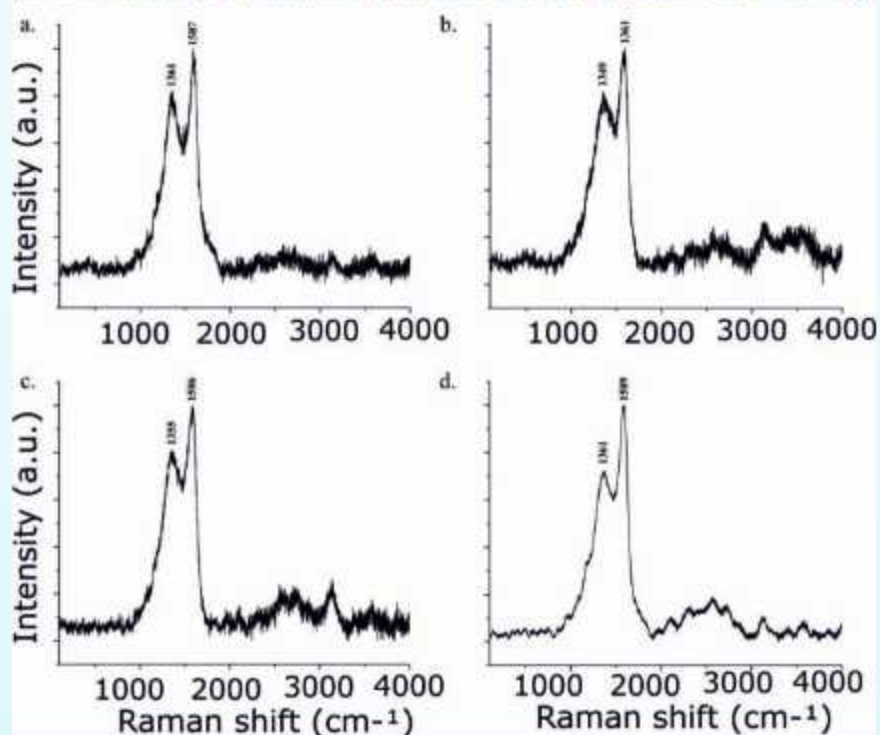
ईसा पूर्व, ~ 1500-900 ईसा पूर्व, ~ 700-100 ईसा पूर्व, ~ 900-1300 ईसवी तथा ~ 1800 ईसवी से वर्तमान तक) और शीत काल में कम वर्षा होती है (~ 2200-1500 ईसा पूर्व, ~ 900-700 ईसा पूर्व, ~ 100-900 ईसवी और ~ 1300-1800 ईसवी)। इन जलवायु उतार-चढ़ावों ने क्षेत्र में झील के परिवेश व तलछट स्रोतों को प्रभावित किया है और अपक्षयन पैटर्न में उतार-चढ़ाव व जलग्रहण क्षेत्र में कटान का कारण बना है। कार्बन समस्थानिकों का वर्णक्रमीय एवं तरंगिका विश्लेषण, झील तंत्र में सौर चक्र (326, 516, 1032, 1548 व 3097 वर्ष) और अन्य बड़े पैमाने के दोलनों के योगदान पर प्रकाश डालता है (चित्र 49)। यह अध्ययन पिछले 4500 वर्षों के दौरान इस नाजुक उच्च-ऊँचाई धारित परिवेश के पर्यावरणीय इतिहास पर एक महत्वपूर्ण परिप्रेक्ष्य प्रदान करता है।

लाहौल-स्पीति हिमालय के उत्तर चतुर्थक शताब्दी से सहस्राब्दी स्तर के जलवायु और वनस्पति परिवर्तन : एक बहु-प्रॉक्सी रिकॉर्ड

उत्तर-पश्चिमी हिमालय एवं सिंधु-गंगा के मैदान से, विशेष रूप से होलोसीन काल के दौरान, शताब्दी से सहस्राब्दी स्तर के जलवायु व वनस्पति इतिहास के पुनर्निर्माण के लिए कालानुक्रमिक रूप से सीमित बहु-प्रॉक्सी डेटा सेट विकसित किए गए। हिमाचल हिमालय के लाहौल-स्पीति क्षेत्र में स्थित कुछ अध्ययन क्षेत्रों से मिट्टी और पीट के नमूनों का तलछटी और भू-रासायनिक प्रॉक्सी के लिए विश्लेषण किया गया। इन अध्ययन स्थानों से विशिष्ट गहराई पर नमूनों की रेडियोकार्बन आयु डेटिंग इंटर यूनिवर्सिटी एक्सेलेरेटर सेंटर (आईयूसी), नई दिल्ली में की गई। हिमाचल प्रदेश की स्पीति घाटी का फाल्डर क्षेत्र लगभग 13000 वर्षों का पुराजलवायु रिकॉर्ड प्रदान करने वाला है। अध्ययन क्षेत्र की मृदा प्रोफाइल प्राचीन से तरुण

तलछटों की ओर महीन कणों (मिट्टी और गाद) की घटती सांद्रता की स्पष्ट तस्वीर प्रदान करती है, जो शीर्ष की ओर निक्षेपण बेसिन की बढ़ती ऊर्जा स्थिति का संकेत है। चुंबकीय संवेदनशीलता (χ_t) धीरे-धीरे बढ़ती है, और कुल कार्बनिक कार्बन तरुण काल के पैमाने की ओर घटता है, अर्थात् प्रोफाइल के शीर्ष की ओर। निक्षेपण बेसिन ने धीरे-धीरे अपनी निक्षेपण स्थिति को कम से उच्च ऊर्जा में युवा

समय अवधि की ओर बदल दिया है। इसके अलावा, निचले हिस्से में बढ़ा हुआ कार्बनिक पदार्थ (कुल कार्बनिक कार्बन मूल्यों में वृद्धि) यथा, खंड की प्राचीन अवधि के दौरान क्षेत्र की गर्म और आर्द्र पेलियोक्लाइमैटिक स्थिति, जब अनुकूल परिस्थितियों के कारण जैविक उत्पादकता में वृद्धि हुई थी का संकेत है।



चित्र 50: गंगोत्री ग्लेशियर घाटी (गंगोत्री, चोडबासा, भोजबासा, गौमुख) के साथ नमूना स्थल का उपग्रह चित्र, जिसमें चिडबासा में ब्लैक कार्बन अनुश्रवण के सेटअप का क्षेत्र छायाचित्र प्रदर्शित किया गया है। (ए-डी) रमन स्पेक्ट्रा जो कि विशिष्ट डी व जी बैंड के साथ ब्लैक कार्बन की उपस्थिति को दर्शाता है।

उत्तराखण्ड हिमालय, भारत से वायुमंडलीय एरोसोल का प्रकाशीय एवं भौतिक-रासायनिक लक्षण वर्णन

वायुमंडलीय एरोसोल, हवा में उपस्थित ठोस व तरल कणों का जटिल मिश्रण होते हैं, जो प्राकृतिक या मानवजनित स्रोतों से उत्पन्न होते हैं। यह जटिल संरचना जलवायु, वायु गुणवत्ता और क्रायोस्फेरिक प्रक्रियाओं को, विशेष रूप से हिमालयी क्षेत्र जैसे संवेदनशील वातावरण में, अत्यधिक प्रभावित करती है। मई 2016 में मानसून-पूर्व ऋतु के दौरान गंगोत्री ग्लेशियर घाटी से प्राप्त कुल सस्पेंडेड कणों (टीएसपी) का प्रकाशीय व रासायनिक लक्षण वर्णन रमन माइक्रो-स्पेक्ट्रोस्कोपी का उपयोग करके किया गया। हमारे प्रारंभिक विश्लेषण से पता चला है कि एरोसोल में कार्बनयुक्त प्रजातियों का एक जटिल संयोजन मौजूद था, जिसमें ब्लैक कार्बन (बीसी) और कार्बनिक कार्बन (ओसी) के साथ-साथ कार्बोनिल व हाइड्रोक्सिल जैसे ऑक्सीकृत कार्यात्मक समूह भी शामिल थे, जो द्वितीयक कार्बनिक एरोसोल (एसओए) की उपस्थिति का संकेत देते हैं। इसके अतिरिक्त, एलिफैटिक हाइड्रोकार्बन, अमोनियम, सल्फेट्स, नाइट्रेट्स और खनिज धूल से संबद्ध शीर्ष ने प्राथमिक व द्वितीयक दोनों स्रोतों के योगदान की पुष्टि की। यह विविध रासायनिक संरचना क्षेत्रीय परिवहन, विशेष रूप से सिंधु-गंगा के मैदान से, और लंबी दूरी की गति के दौरान वायुमंडलीय उम्र बढ़ने के संभावित प्रभाव को दर्शाती है। रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी जटिल नमूना तैयारी के बिना आणविक-स्तरीय एरोसोल घटकों की पहचान करने में अत्यधिक प्रभावी साबित हुई है। यह निष्कर्ष उच्च-ऊंचाई वाले परिवेश में एरोसोल व्यवहार तथा ग्लेशियर पिघलने, विकिरण बल और क्षेत्रीय जलवायु परिवर्तनशीलता से उनके संबंधों की हमारी समझ को बढ़ा सकते हैं। चित्र 50 अध्ययन स्थल का उपग्रह चित्र दर्शाता है, और आरेख (ए-डी) रमन स्पेक्ट्रा डी और जी बैंड की उपस्थिति दर्शाते हैं।

हिमाचल प्रदेश के लाहौल क्षेत्र से वृक्ष वलय अभिलेख

हिमाचल प्रदेश के लाहौल क्षेत्र में चिनाब नदी के दाहिने किनारे पर उगने वाले पिसिया स्मिथियाना ख(वाल.) बोइस., के वृक्ष कोर का उपयोग कर वलय-चौड़ाई कालानुक्रम (1670-2022 ई.) तैयार किया गया। व्यक्त वृक्षसंख्या संकेत (ईपीएस) मान ≥ 0.85 के आधार पर कालानुक्रम को 1838 ई. में संक्षिप्त किया गया और अग्रतर विश्लेषणों में उपयोग किया गया। वृक्ष-वृद्धि जलवायु विश्लेषण से पता चला कि पिछले वर्ष के दिसंबर और चालू वर्ष के जनवरी, अप्रैल, जुलाई, सितंबर और अक्टूबर को छोड़कर, वृक्ष वृद्धि का वर्षा के साथ सीधा (सकारात्मक) संबंध है, जबकि चालू वर्ष के फरवरी और अक्टूबर महीनों के साथ महत्वपूर्ण संबंध देखा गया। इसके विपरीत, अधिकांश महीनों में तापमान ने एक व्युत्क्रम संबंध प्रदर्शित किया, जबकि पिछले वर्ष के नवंबर और चालू वर्ष के जून, जुलाई और सितंबर के तापमान ने सकारात्मक संबंध प्रदर्शित किया। चालू वर्ष के मार्च, अप्रैल और सितंबर महीनों के तापमान के साथ महत्वपूर्ण संबंध देखा गया। अग्रतर विश्लेषण से पता चला कि रिंग-चौड़ाई कालानुक्रम का फरवरी-मार्च की मौसमी वर्षा के साथ एक प्रबल सकारात्मक संबंध है। फरवरी-मार्च की वर्षा व रिंग-चौड़ाई कालानुक्रम के साथ इस तरह के मजबूत संबंध का उपयोग विगत

185 वर्षों के दौरान वर्षा परिवर्तनशीलता का अनुमान लगाने के लिए किया जा सकता है। इस कालानुक्रम में 1951-1961 ई. के दौरान उच्चतम व 1858-1868 ई. के दौरान निम्नतम सूचकांक दर्ज किए गए, जो कि संपूर्ण शृंखला में क्रमशः सबसे अधिक आर्द्र एवं सबसे शुष्क अवधियों को दर्शाते हैं।

गतिविधि : 5

हिमालय में जोखिम मूल्यांकन एवं अनुक्षेत्रण हेतु भूस्खलनों पर भूगर्भविज्ञान व भूआकारकीय नियंत्रण
(*ड्यागसिंग ल्युरी, स्वप्नमिता सी. वैदेश्वरन, नवीन चंद्रा और तारिक अनवर अंसारी*)

मॉर्फोटैक्टोनिक विशिष्टताओं द्वारा यथा-सुस्पष्ट दक्षिण-पूर्वी पश्चिमी हिमालय में मुख्य सीमा थ्रस्ट एवं मुख्य सीमा भ्रंश क्षेत्रों में नव-विवर्तनिक गतिविधि

सतौन क्षेत्र के मुख्य सीमा थ्रस्ट व मुख्य सीमा भ्रंश क्षेत्रों में नव-विवर्तनिक गतिविधि, आउटक्रॉप्स, गूगल अर्थ इमेजरी और स्थलाकृतिक मानचित्रों में स्पष्ट रूप से दिखाई देती है। भ्रंश के निशान बार्थल-सतौन और भटरोग-नागेथा खंडों में देखे गए हैं, जो लगभग 48 किमी लंबे हैं और कुछ खंडों के बीच में ऐसे खंड हैं जहाँ कोई विवर्तनिक भू-आकृतियाँ विकसित नहीं हुई हैं। बार्थल-सतौन क्षेत्र में भ्रंश का निशान 25 किमी से अधिक लंबा है (चित्र 51)। भ्रंश का निशान एमबीएफ के साथ बनता है और रिज के पार आधारशिला व भ्रंश ढलान का स्लोप दक्षिण की ओर ढलान से उत्तर-पश्चिम-उत्तर-पूर्व की ओर ढलान में बदल जाता है। बैला-कंसार क्षेत्र में एमबीएफ क्षेत्र चूना पत्थर, शेल और बलुआ पत्थर के अत्यधिक शीयर आधारशिलाओं द्वारा परिभाषित है, जिसमें क्रमशः निलंबी दीवार और फुटवॉल ब्लॉक शामिल हैं। बैला और छिछेती के बीच फॉल्ट ट्रेस के साथ फॉल्ट स्कार्प दक्षिण की ओर झुकता है और इसे छोटे, रैखिक रूप से संरेखित पहाड़ियों द्वारा दर्शाया जाता है। इसके समानांतर कंडों का खाला फॉल्ट है जिसके साथ कंडों का खाला बहता है। इन फॉल्ट के अलावा दो अन्य समानांतर रेखाएं भी देखी जाती हैं और क्रमशः 7 किमी और 3.5 किमी लंबी हैं। बैला-कंसार क्षेत्र में एमबीएफ उत्तर की ओर झुकता है, और फॉल्ट क्षेत्र अत्यधिक शीयर आधारशिलाओं द्वारा परिभाषित होता है, फुटवॉल ब्लॉक में खिंचाव रेखाएं विकसित होती हैं। कंसार के पूर्व चूना पत्थर की आधारशिला में 60° से 185° के झुकाव के साथ भ्रंश ढलान देखी गई है और तल में स्लीकनसाइड भी विकसित हुए हैं जो तल की समानांतर गति को दर्शाते हैं। भ्रंश ढलान की ऊंचाई लगभग 34 मीटर है। यहाँ सैंग तालाब भ्रंश के नीचे की ओर (फुटवॉल) बने हैं, जिसके बारे में यह समझा जा सकता है कि यह फुटवॉल ब्लॉक के सापेक्ष हैंगिंग वॉल ब्लॉक के नीचे की ओर गति और उसके बाद मानसून के दौरान पानी के संचय के कारण बना है। अछौन में, चूना पत्थर, बलुआ पत्थर और कार्बनयुक्त शेल के क्रम में शीयर क्षेत्र, भ्रंश ढलान और भ्रंशों के रूप में संबंधित संरचनात्मक संरचना देखी गई है तथा यह धारा खंड के साथ अनावरित हुई है, जहां पूर्व-शिवालिक की चट्टानें दक्षिण-पूर्व की ओर 62° झुकी हुई हैं। क्यारी में, क्यारी का खला के साथ, ऊपर की ओर एक तीव्र ढलान वाला फॉल्ट स्कार्प देखा गया है। अत्यधिक कठोर बलुआ पत्थरों में फॉल्ट के संयुग्म

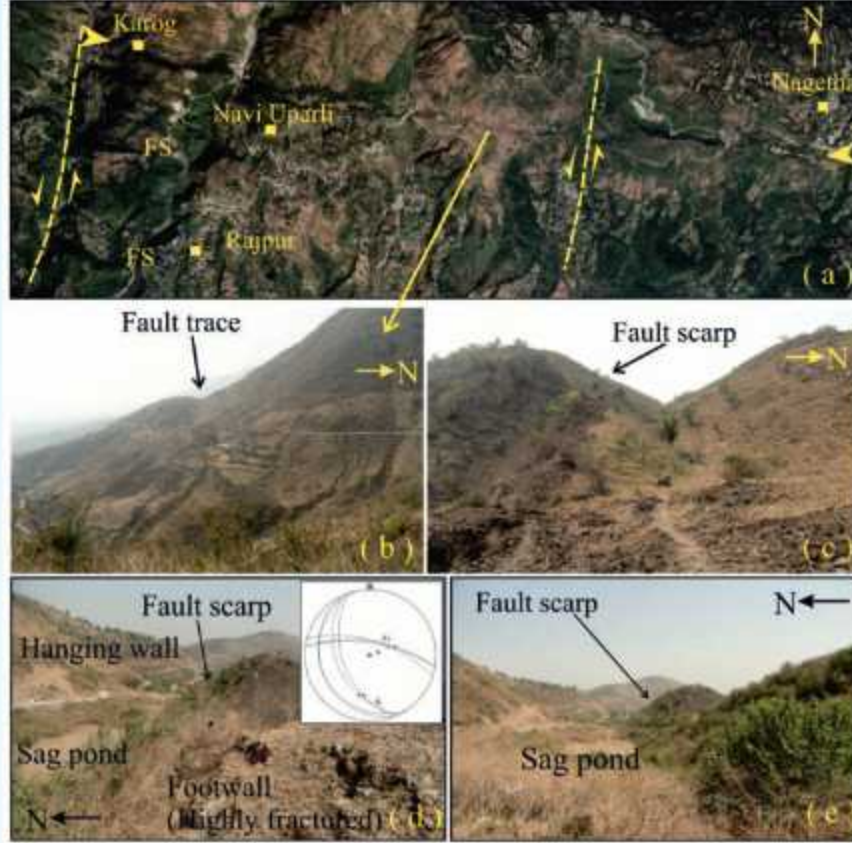


चित्र 51: (ए) सतौन व बैला के मध्य मुख्य सीमा भ्रंश (एमवीएफ) के भ्रंश ट्रेस को दर्शाने वाले गूगल अर्थ चित्र (पीले त्रिभुजों द्वारा चिह्नित), भ्रंश निशान दक्षिण की ओर झुका हुआ है तथा भ्रंश निशान के साथ-साथ ढलान वाले तालाबों का विकास हो रहा है; (बी) भ्रंश निशान के साथ-साथ ढलान वाले तालाबों को रेखिक व्यवस्था में दर्शाने वाले गूगल अर्थ चित्र; (सी,डी) एमवीएफ के फुटवॉल ब्लॉक में प्रक्षिप्त अत्यधिक शीघर आधारशिला तथा खिंचावदार रेखाएं; (ई,एफ) भ्रंश के नीचे की ओर ढलान धारित तालाबों का निर्माण; (जी) दक्षिण की ओर झुका हुआ भ्रंश निशान, संस्तर तलों में स्लीकनसाइड्स को दर्शा रहा है, जो कि चूना पत्थर में संस्तर के समानांतर गति को दर्शाता है।

समूह भी प्रमुख हैं; एक समूह दक्षिण-पश्चिम की ओर ढलान धारित करता है जबकि दूसरा उत्तर-पूर्व की ओर ढलान धारण करता है। छिछेती में फॉल्ट क्षेत्र लगभग 200 मीटर चौड़ा है तथा हैंगिंग वॉल ब्लॉक पर एक फॉल्ट डिप्रेशन बनता है। सड़क-कट के साथ देखी गई फुटवॉल तीव्र (75°-85°) ढलान वाले बलुआ पत्थर से बनी है, जो उत्तर-पश्चिम से उत्तर-पूर्व की ओर ढलान धारित करता है, जबकि हैंगिंग वॉल में आधारशिला मध्यम (40°-44°) ढलान पर उत्तर-पश्चिम से उत्तर-पूर्व की ओर ढलान धारण करती है। फॉल्ट क्षेत्र अत्यधिक कुचली हुई चट्टानों से चिह्नित है; फॉल्ट की गति संस्तर के समानांतर है। बलुआ पत्थर के आधार पर नीचे की ओर ढलान वाली रेखाएं अंकित हैं। पूर्व की ओर स्थलाकृतिक मानचित्र में इसे रेखिक ऊंचे टीलों द्वारा चिह्नित किया गया है, जबकि गूगल अर्थ चित्र में इसे लगभग 2 किमी लंबाई के रेखिक डिप्रेशन के रूप में दर्शाया गया है।

गिरि नदी के पूर्व में, भटरोग से कुलथीना तक, एक वक्ररेखीय भ्रंश चिह्न देखा गया है; जबकि पूर्व में करोग से नागेथा तक, लगभग पूर्व-पश्चिम की ओर प्रवृत्त भ्रंश चिह्न लगभग सीधा है (ऑडेन 1934; रूपके, 194; ओटनी एट अल. 2001; विरदी एंड फिलिप, 2006) (चित्र 52)। भटरोग के पास भ्रंश चिह्न एमवीटी को तिरछे विच्छेदित करता है। पश्चिमी खंड में उत्तर-पूर्व-दक्षिण-पश्चिम प्रवृत्त से पूर्वी खंड में पूर्व-पश्चिम प्रवृत्त तक भ्रंश चिह्न के स्ट्राइक में परिवर्तन है। भ्रंश स्कार्प भी उत्तर-पश्चिम से उत्तर की ओर झुकता है। भटरोग से कुलथीना के बीच भ्रंश चिह्न असंतत है, जो ढलान प्रक्रियाओं व

जलधाराओं द्वारा संशोधित होता रहता है। भ्रंश स्कार्प की अधिकतम ऊंचाई लगभग 70 मीटर है, यह शिलोन और कनेर के बीच सर्वाधिक बहुज है, जहां फॉल्ट स्कार्प आधारशिलाओं से निर्मित है, जबकि शिलोन और पश्चिम की ओर फॉल्ट ट्रेस भूस्खलन मलबे में बना है तथा कटाव के परिणामस्वरूप समय के साथ क्षीण हो गया है। कुलथिना-करोग में फॉल्ट क्षेत्र एक विस्तृत गड्ढे द्वारा चिह्नित है, जो कि लगभग 50 मीटर है तथा फॉल्ट स्कार्प लगभग 45 मीटर ऊंचा है, फॉल्ट डिप्रेशन स्पर के साथ सबसे प्रमुख है। पूर्वी खंड में लगभग 450 मीटर चौड़ा यह डिप्रेशन धारा के कटाव से संशोधित हो गया है। फुटवॉल में बेड उत्तर-पूर्व की ओर 25° झुके हैं, जबकि हैंगिंग वॉल में 22° दक्षिण-पश्चिम में झुके हैं; फॉल्ट स्कार्प उत्तर (355°) की ओर तेजी से (75°) झुकता है। कुलथिना के पूर्व में, नवीउपरली में फॉल्ट ट्रेस 800 मीटर लंबा और 60 मीटर चौड़ा नागेथा के पास, जहाँ चट्टानें उत्तर-पूर्व की ओर तेजी से झुकती हैं, फॉल्ट स्कार्प बहुत प्रमुख है। फुटवॉल ब्लॉक दक्षिण-पश्चिम की ओर झुकी हुई स्लेटों से बना है। कई दरारें फॉल्ट स्कार्प के समानांतर हैं और फुटवॉल चट्टान में फॉल्ट से संबंधित कई जोड़ और फ्रैक्चर प्लेन देखे जा सकते हैं। यहाँ फॉल्ट स्कार्प की अधिकतम ऊंचाई लगभग 80 मीटर है। बारिश के मौसम में सैंग तालाबों में पानी जमा हो जाता है। फुटवॉल पर बेडरॉक दक्षिण-पश्चिम (242°-247°) की ओर धीरे से मध्यम (14°-44°) झुकता है और फॉल्ट स्कार्प के समानांतर फ्रैक्चर प्लेन उत्तर-पूर्व (6°-16°) की ओर तेजी से (63°-67°) झुकता है, कुलथिना में सिनिस्ट्रल स्ट्राइक-स्लिप एसटीएफ द्वारा फॉल्ट ट्रेस को लगभग



चित्र 52: (ए) गूगल अर्थ चित्र, जो कि भरतरोग-नागेथा फॉल्ट ट्रेस के पूर्वी भाग को दिखाता है, फॉल्ट ट्रेस को फॉल्टिंग के बाद के चरण में दो सिनिस्ट्रल स्ट्राइक स्लिप फॉल्ट द्वारा विस्थापित किया गया है; (बी, सी, डी, ई) क्षेत्र के छायाचित्र, फॉल्ट ट्रेस, फॉल्ट स्कार्प तथा क्षेत्र में सैग तालाबों को दिखाते हैं, चित्र (डी) में इनसेट, बेडरॉक, फॉल्ट स्कार्प व फ्रैक्चर प्लेन के अभिविन्यास का प्रतिनिधित्व करने वाला स्टीरियोप्लॉट दर्शाया गया है।

700 मीटर तक विस्थापित किया गया है। एम्बीटी और विलासपुर थ्रस्ट के विस्थापन के आधार पर इसी तरह के अवलोकन किए गए। भारली के पास, फॉल्ट स्कार्प को लगभग 150 मीटर तक उत्तर-पूर्व-दक्षिण-पश्चिम-ट्रेंडिंग सिनिस्ट्रल स्ट्राइक-स्लिप फॉल्ट द्वारा विस्थापित किया गया है। यह स्ट्राइक-स्लिप फॉल्ट उस फॉल्ट के समानांतर है जिसने कुलथिना में फॉल्ट स्कार्प को विस्थापित किया। नवी उपरली के दक्षिण में मुख्य फॉल्ट स्कार्प के समानांतर फॉल्ट स्कार्प के दो छोटे खंड व लोमी और हटवार-पंजाबीवाला में भी प्रेक्षित किए गए हैं। जलधारा फॉल्ट द्वारा विक्षेपित होती है और विक्षेपण फॉल्ट स्कार्प की प्रवृत्ति के समानांतर होता है। यह लगभग 40 मीटर ऊंचा और 280 मीटर लंबा है, नवी उपरली के पूर्व में कांगड़ा में भ्रंश ढलान के दो निशान आपस में मिल गए। भ्रंश डिप्रेशन, स्पर के साथ अधिक स्पष्ट हैं।

उत्तराखंड के चौखुटिया एवं तड़ाग ताल के समीपस्थ राम गंगा जलग्रहण क्षेत्र में भूस्खलन जोखिम का आकलन

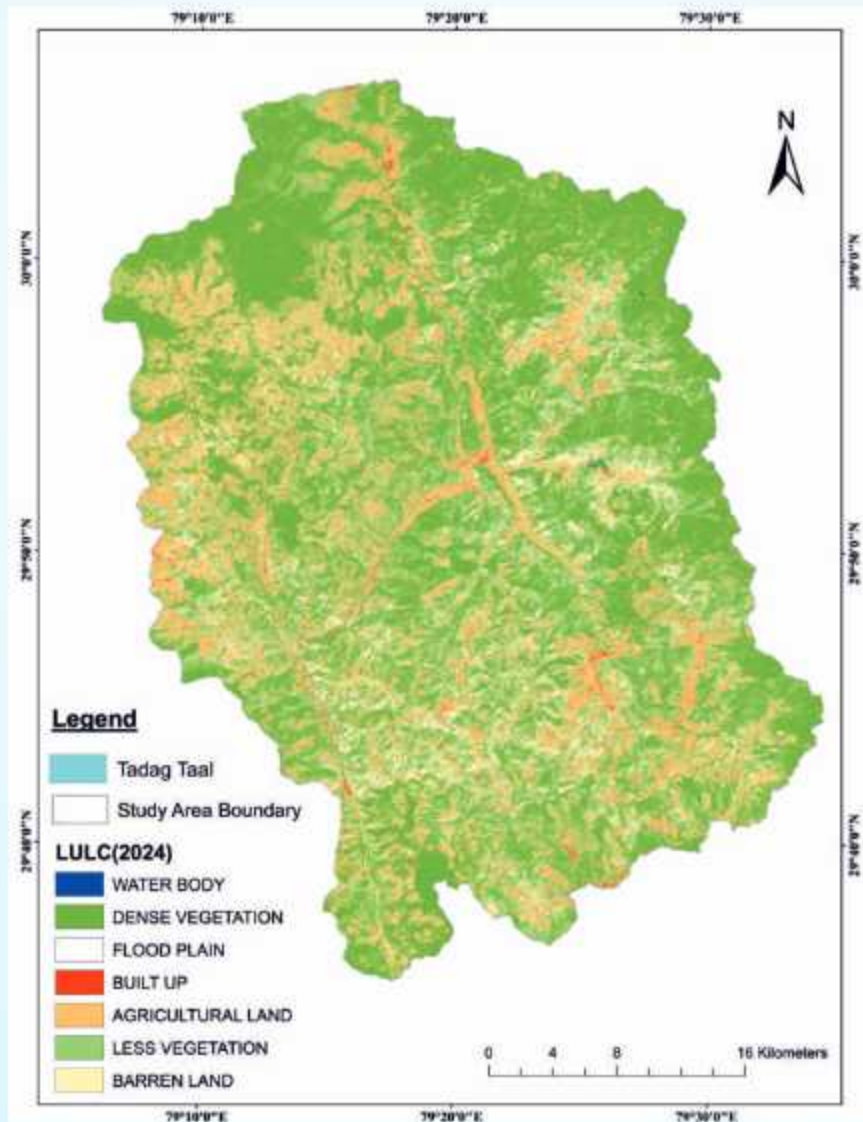
हिमालयी क्षेत्र में, तीव्र ढलान व गहरी घाटियाँ स्थानीयकृत मौसम पैटर्न बनाती हैं, जिससे वर्षा की तीव्रता और गंभीरता बढ़ जाती है, जिससे ढलानों के टूटने का खतरा पैदा होता है। उत्तराखंड के अल्मोड़ा, चमोली और रुद्रप्रयाग जिलों में राम गंगा जलग्रहण क्षेत्र की विशेषता स्थल-संरचनात्मक इकाइयाँ हैं, जो निरंतर अनाच्छादन

प्रक्रियाओं से गुजर रही हैं (कौशिक एट अल., 2023; कोठ्यारी, 2008)। चौखुटिया के निकट, राम गंगा बेसिन में एक वर्षा-आधारित झील, तड़ाग ताल स्थित है। बदलते जलवायु पैटर्न और भीषण मौसम की घटनाओं में वृद्धि के साथ, ताल ज्वालामुखी से झील के फटने से बाढ़ का संभावित खतरा चिंता का विषय हो सकता है। इस तरह के जोखिम से निपटने के लिए, इस क्षेत्र और झील में संभावित खतरों का आकलन करने वाला एक भूवैज्ञानिक डेटाबेस तैयार करने हेतु एक अध्ययन किया गया। एक व्यापक पद्धति का उपयोग करते हुए, अध्ययन क्षेत्र में भूमि उपयोग और भूमि आवरण (एलयूएलसी) परिवर्तन और संवेदनशीलता मानचित्रण को अध्ययन क्षेत्र के जोखिम मूल्यांकन हेतु एकीकृत किया गया है। इसके उद्देश्यों में शताब्दी और दशकीय जलवायु पैटर्न का विश्लेषण, पिछले 1500 वर्षों में अवसादन दरों को समझना, जलवायु पैटर्न में उतार-चढ़ाव के साथ झील क्षेत्र में परिवर्तन का विश्लेषण तथा अध्ययन क्षेत्र में मानवजनित प्रभाव का निर्धारण करने के लिए एलयूएलसी में परिवर्तन शामिल थे। आँकड़ों को संसाधित करने के लिए ArcGIS और Excel का उपयोग किया गया। परिणाम विगत शताब्दी में वर्षा में कमी की प्रवृत्ति को दर्शाते हैं, जिसमें विभिन्न समय-सीमाओं में उल्लेखनीय परिवर्तनशीलता देखी गई है। इसके अतिरिक्त, मानवीय गतिविधियों से प्रेरित भूमि उपयोग परिवर्तनों ने अध्ययन क्षेत्र में परिवर्तन में योगदान दिया है।

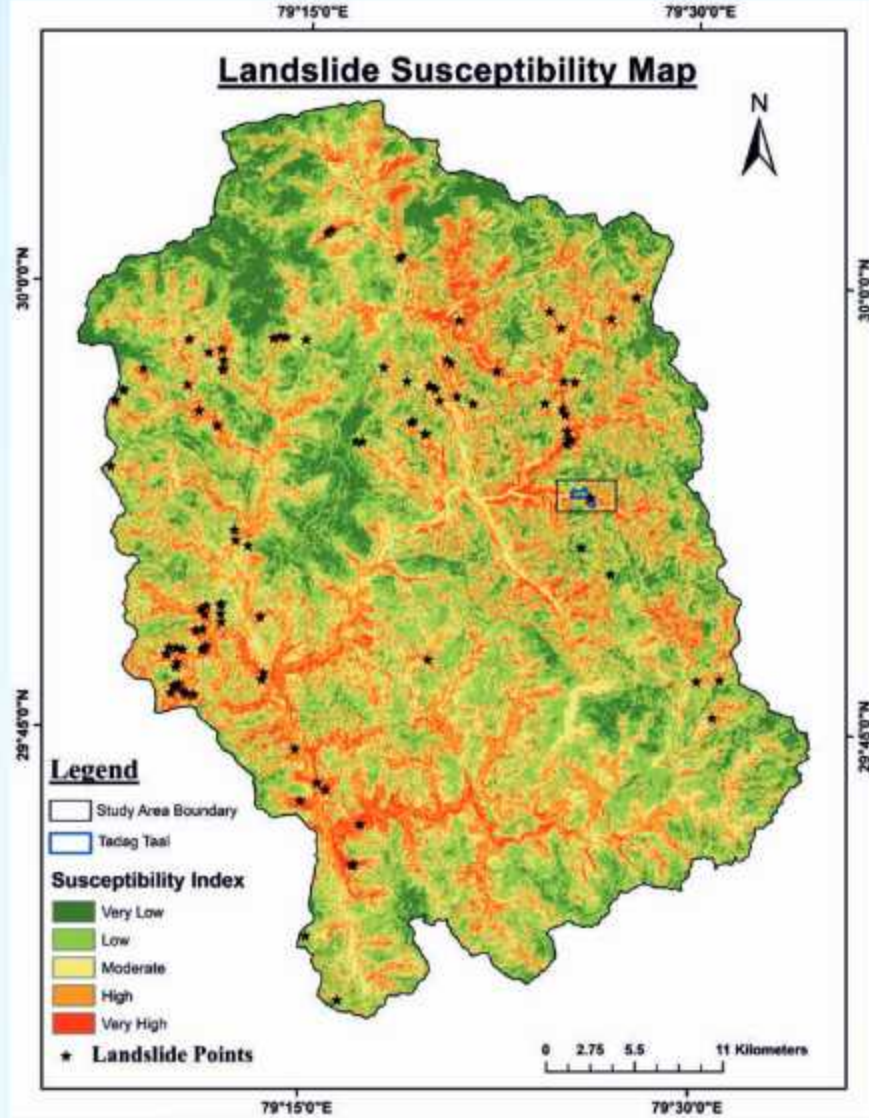
बेसिन का एल्यूएलसी मानचित्र 25 अप्रैल, 2024 के 10-मीटर रिजॉल्यूशन वाले ईएसए सेंटिनल-2 इमेजरी का उपयोग करके बनाया गया। अप्रैल 2024 के पर्यवेक्षित वर्गिकी परिणाम चित्र 53 में दिखाए गए हैं। सघन वनस्पति लगभग 5,574 वर्ग किमी क्षेत्र में आच्छादित है, जो कि अध्ययन क्षेत्र का 34.21% है। कृषि भूमि लगभग 3,182 वर्ग किमी क्षेत्र में फैली हुई है, जो कुल क्षेत्रफल का 19.53% है, बंजर भूमि लगभग 2,018 वर्ग किमी क्षेत्र में फैली हुई है, जो कुल क्षेत्रफल का 12.39% है, जलाशय, बाढ़ के मैदान व निर्मित क्षेत्र क्रमशः बेसिन के 3 वर्ग किमी (0.02%), 2.5 वर्ग किमी (0.02%), और 105 वर्ग किमी (0.65%) क्षेत्र में फैले हुए हैं। ढलान, भूविज्ञान, मृदा प्रकार, भूमि उपयोग, वनस्पति एवं वर्षा सहित अनेकों कारकों का मूल्यांकन कर जलग्रहण क्षेत्र के लिए आवृत्ति अनुपात विधि का उपयोग कर एक भूस्खलन संवेदनशीलता मानचित्र तैयार किया गया (चित्र 54)। आवृत्ति अनुपात विधि में किसी दिए गए क्षेत्र में भूस्खलन

की संभावना का अनुमान लगाने के लिए सांख्यिकीय विश्लेषण शामिल है। परिणाम दर्शाते हैं कि अधिकांश क्षेत्र मध्यम संवेदनशीलता क्षेत्र में आता है, जिसके बाद निम्न और उच्च क्षेत्र आते हैं। यद्यपि अति उच्च संवेदनशीलता क्षेत्र अपेक्षाकृत छोटा है, पर्यावरणीय परिस्थितियों, स्थलाकृति और वर्षा जैसे जलवायु कारकों में निरंतर परिवर्तन अध्ययन क्षेत्र की स्थलाकृति को लगातार बदलते रहते हैं। विशेष रूप से, उत्तरी अल्मोड़ा भ्रंश एक उच्च संवेदनशीलता क्षेत्र प्रदर्शित करता है, जो संभावित भूपरिदृश्य के उन्नयन का संकेत देता है।

भू-आकृतिमितीय मापदंडों की गणना राम गंगा नदी को ध्यान में रखते हुए की गई है, जो अध्ययन क्षेत्र में 81 किमी तक फैली हुई है। केएसएन का अनुमान लगाने के लिए, एक संदर्भ अवतलता थीटा का उपयोग कर किसी निर्दिष्ट क्षेत्र के लिए जल निकासी क्षेत्र को सामान्यीकृत किया जाता है, जो विवर्तनिक प्रभावों से अप्रभावित क्षेत्रों में क्षेत्रीय अवतलता के अनुरूप होता है (वोबस एट अल., 2006)।



चित्र 53 :दि. 25 अप्रैल, 2024 से 10-मीटर रिजॉल्यूशन के साथ सेंटिनल-2 इमेजरी का उपयोग कर राम गंगा जलग्रहण क्षेत्र का एल्यूएलसी।



चित्र 54: संपुष्टि हेतु क्षेत्र की भूस्खलन सूची के साथ राम गंगा जलग्रहण क्षेत्र का भूस्खलन संवेदनशीलता मानचित्र।

धारा लंबाई-प्रवणता सूचकांक, जो कि धारा प्रोफाइल से प्रत्यक्ष माप प्रदान करता है, भी प्राप्त किया गया है। यह सूचकांक समान भू-आकृतिक नियंत्रणों, जैसे कि लिथोलॉजिकल सीमाएँ, विवर्तनिक उन्नयन, या अपरदन प्रक्रियाओं, पर प्रतिक्रिया करते देखे गए हैं। ग्राफ में शीर्ष या परिवर्तन, विवर्तनिक गतिविधि या चट्टान की शक्ति में भिन्नताओं को दर्शाने वाले निक्कपॉइंट का प्रतिनिधित्व कर सकते हैं। चैनल ढलान और लंबाई संबंध का आकलन करने वाला एसएल सूचकांक, तीव्र ढाल वाले क्षेत्रों को उजागर करता है, जो सक्रिय विवर्तनिक क्षेत्रों या चट्टान के सामर्थ्य में भिन्नताओं का संकेत दे सकते हैं। तडाग ताल में मिलने वाली सहायक नदियों के साथ एसएल सूचकांक में शीर्ष, अपरदन व भूस्खलन के प्रति अधिक संवेदनशील क्षेत्रों का संकेत देते हैं। यह तीव्र सहायक नदियां भारी वर्षा के दौरान झील में पानी के तीव्र प्रवाह में योगदान करती हैं, जिससे झील का जल स्तर प्रभावित होता है और अतिप्रवाह व बाढ़ का खतरा बढ़ जाता है।

भू-स्थानिक भूस्खलन संवेदनशीलता मानचित्रण

पर्वतीय क्षेत्रों में भूस्खलन सबसे अधिक बार-बार होने वाले और विनाशकारी भूवैज्ञानिक खतरों में से एक है, जो जीवन, बुनियादी ढांचे और पर्यावरण के लिए गंभीर खतरा पैदा करता है। उत्तर भारत में गढ़वाल हिमालय विशेष रूप से खड़ी ढलानों, जटिल भूवैज्ञानिक संरचनाओं, तीव्र वर्षा और बढ़ते मानवजनित दबावों के कारण ऐसे खतरों से ग्रस्त है। इस संदर्भ में, भूस्खलन संवेदनशीलता मानचित्रण (एलएसएम) जोखिम वाले क्षेत्रों की पहचान करने और प्रभावी आपदा तैयारी और शमन रणनीतियों का समर्थन करने के लिए एक अनिवार्य विधि के रूप में कार्य करता है। यह अध्ययन उत्तराखंड के टिहरी जिले का एक व्यापक एलएसएम प्रस्तुत करता है, जिसमें दो व्यापक रूप से मान्यता प्राप्त सांख्यिकीय और बहु-मापदंड निर्णय लेने वाले मॉडल : विश्लेषणात्मक पदानुक्रम प्रक्रिया (एएचपी) और आवृत्ति अनुपात (एफआर) मॉडल का उपयोग किया गया है। ऐतिहासिक

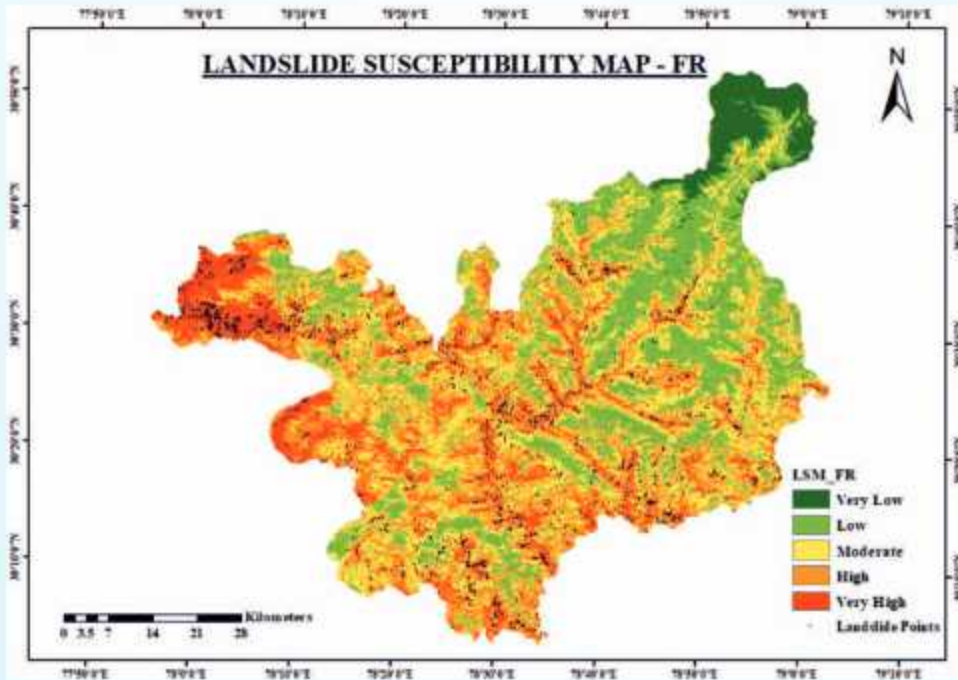
भूस्खलन घटनाओं और विभिन्न योगदान कारकों के बीच स्थानिक सहसंबंध का विश्लेषण करने के लिए इन मॉडलों को जीआईएस परिवेश में भू-स्थानिक उपकरणों के साथ एकीकृत किया गया था। विषयगत मानचित्र तैयार करने के लिए पंद्रह कारक कारकों पर विचार किया गया, जिन्हें उनकी भू-आकृति विज्ञान, जल विज्ञान और पर्यावरणीय प्रासंगिकता के आधार पर चुना गया। इनमें ढलान, ऊँचाई, पहलू, सापेक्षिक उच्चावच, वक्रता, भू-आकृति विज्ञान, धारा शक्ति सूचकांक (एसपीआई), भूविज्ञान, सामान्यीकृत अंतर वनस्पति सूचकांक (एनडीवीआई), रेखाचित्र से दूरी, भूमि उपयोग और भूमि आवरण (एलयूएलसी), धारा से दूरी, स्थलाकृतिक आर्द्रता सूचकांक (टीडब्ल्यूआई), सड़क से दूरी और वार्षिक वर्षा शामिल हैं।

मॉडल विकास और संपुष्टि में सहायता के लिए सुदूर संवेदन डेटा और द्वितीयक स्रोतों का उपयोग करके 2,612 दर्ज भूस्खलन घटनाओं की एक व्यापक भूस्खलन सूची संकलित की गई। डेटासेट को मॉडल अंशांकन के लिए एक प्रशिक्षण सेट (70%) और प्रदर्शन मूल्यांकन के लिए एक सत्यापन सेट (30%) में विभाजित किया गया। संवेदनशीलता मानचित्र एफआर मॉडल (चित्र 55) के माध्यम से तैयार किए गए। प्रत्येक मॉडल के प्रदर्शन का मूल्यांकन सफलता दर और पूर्वानुमान दर वक्रों (चित्र 56) का उपयोग करके किया गया। एएचपी मॉडल ने 78.7% की सफलता दर और 76.5% की पूर्वानुमान दरें प्राप्त की, जिससे अच्छी समग्र विश्वसनीयता प्रदर्शित हुई। हालाँकि, एफआर मॉडल ने 81.3% की सफलता दर और 80.3% की पूर्वानुमान दर के साथ बेहतर पूर्वानुमान क्षमता प्रदर्शित की, जिससे अध्ययन क्षेत्र में भूस्खलन की घटना की स्थानिक संभावना को ज्ञात करने में इसकी प्रबलता की पुष्टि हुई। ये परिणाम जटिल पर्वतीय भूभागों में भूस्खलन संवेदनशीलता के आकलन के लिए एफआर मॉडल की

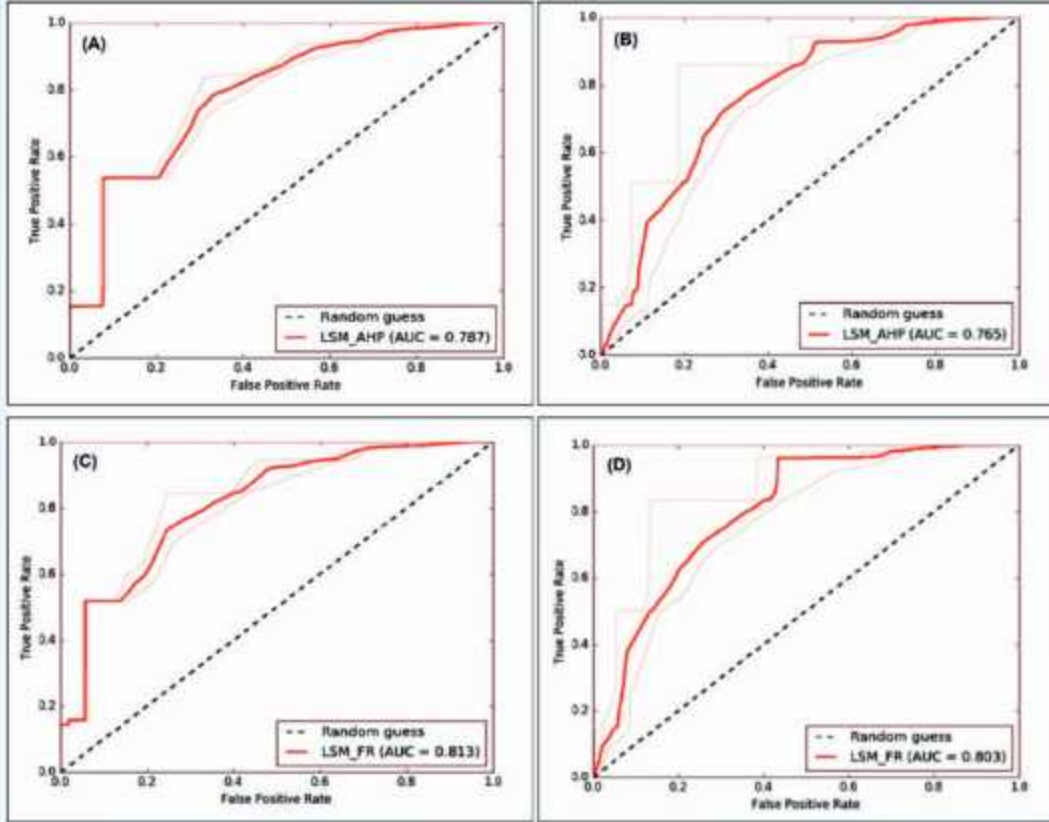
व्यावहारिक प्रभावशीलता को रेखांकित करते हैं, जहाँ भौतिक परिस्थितियाँ और ट्रिगरिंग कारक छोटे स्थानिक पैमानों पर काफी भिन्न होते हैं। अंतिम एलएसएम परिणाम क्षेत्रीय योजनाकारों, आपदा प्रबंधन प्राधिकरणों और बुनियादी ढाँचा विकासकर्ताओं के लिए अत्यधिक लाभकारी हैं, जिससे वे शमन प्रयासों को प्राथमिकता दे सकेंगे और सुदृढ़ भूमि-उपयोग नीतियों को लागू कर सकेंगे। निष्कर्षतः, यह अध्ययन हिमालयी भूस्खलन जोखिम पर बढ़ते शोध में योगदान देता है और संवेदनशील क्षेत्रों में सतत विकास और जोखिम-सूचित निर्णय लेने हेतु क्रियाशील अंतर्दृष्टि उत्पन्न करने हेतु सांख्यिकीय मॉडलिंग को भू-स्थानिक विश्लेषण के साथ संयोजित करने के महत्व को दर्शाता है।

भूस्खलन के प्रारंभिक पूर्वानुमान के लिए भौतिक एवं संख्यात्मक मॉडलों को समेकित कर एक एकीकृत दृष्टिकोण

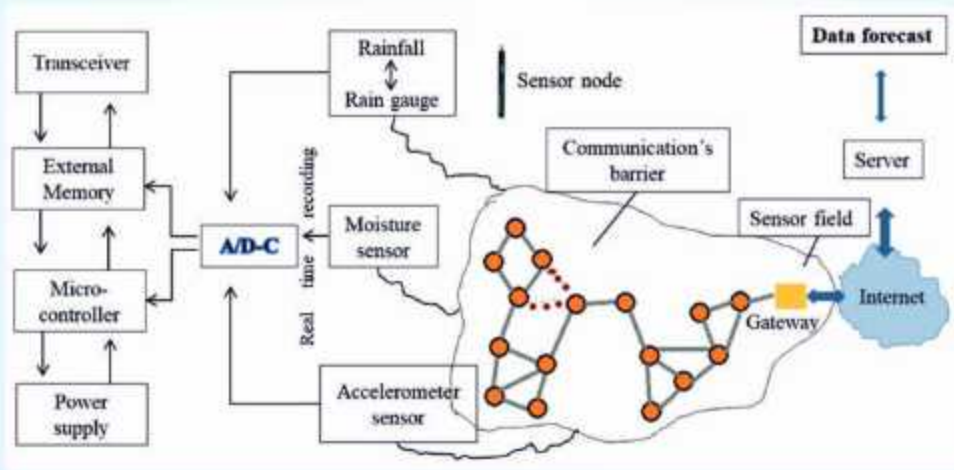
उथले भूस्खलन, जिन्हें अक्सर मृदा-स्खलन कहा जाता है, एक सामान्य भू-जोखिम है, जो दुनिया भर में विभिन्न भू-परिवेशी परिस्थितियों में होता है और जिससे भारी विनाश होता है। इन घटनाओं में मुख्यतः वर्षा के कारण ढलानों पर सतही मृदा परतों का उथली गहराई से पृथक्करण शामिल है। यह शोध इन उथले भूस्खलनों या मृदा-स्खलन ढलान विफलन का शीघ्र पता लगाने के लिए एक ढलान निगरानी प्रणाली विकसित करने का प्रयास करता है। पारंपरिक भूस्खलन पूर्वानुमान प्रणालियों में आमतौर पर एक वायरलेस सेंसर नेटवर्क, एक बेस स्टेशन और एक दूरस्थ निगरानी प्रणाली शामिल होती है। यह विन्यास ढलान की गतिविधियों की निगरानी करता है और विफलता से पहले बदलावों का पता लगाता है, जिससे चेतावनी अलार्म सक्रिय हो जाते हैं। इस शोध के लिए विकसित सेंसर प्रणाली में तापमान, मृदा नमी, वर्षा और त्वरण जैसे



चित्र 55 : एफआर मॉडल का उपयोग करते हुए टिहरी जिले का एलएसएम।



चित्र 56: एएचपी व एफआर विधियों का उपयोग कर उत्पादित एलएसएम वक्र के अंतर्गत क्षेत्र (एयूसी), सफलता दर वक्र (एसआरसी) (ए और सी), और पूर्वानुमान दर वक्र (पीआरसी) (बी और डी) को दर्शाता है।



चित्र 57: भूस्खलन के अनुश्रवण के लिए वायरलेस सेंसर नेटवर्क की वास्तुकला।

महत्वपूर्ण मापदंडों को मापने के लिए कई सेंसर शामिल हैं (चित्र 57)। इसके अलावा, हमने एक रूटिंग प्रोटोकॉल डिजाइन किया है, जहाँ प्रत्येक सेंसर नोड समीपस्थ नोड्स के साथ संचार करता है और एकत्रित डेटा को स्टेशन तक भेजने के लिए मल्टी-हॉप संचार का उपयोग करता है। ये रूटिंग रणनीतियाँ ऊर्जा की खपत को प्रभावी ढंग से कम कर सकती हैं, और ऊर्जा-कुशल रूटिंग प्रोटोकॉल में भविष्य के सुधार कवरेज क्षेत्र और दीर्घायु को बढ़ाएंगे। इन मापों का

विश्लेषण करके, हमारा उद्देश्य सीमा मान निर्धारित करना है, जिससे संभावित ढलान अस्थिरता और उसके बाद होने वाली भूस्खलन की घटनाओं का पूर्वानुमान लगाया जा सके। इसके लिए एक छोटे पैमाने के भौतिक मॉडल के निर्माण की आवश्यकता है, जो ढलान विफलन की निगरानी के लिए वायरलेस सेंसर नेटवर्क का उपयोग करता है। साथ ही, यह ढलान की स्थिरता को प्रभावित करने में वर्षा के कारण होने वाले नमी परिवर्तनों की महत्वपूर्ण भूमिका को रेखांकित करता है,

जिससे प्रयोगशाला-स्तरीय भूस्खलन निगरानी प्रणालियों में मृदा जलविज्ञान डेटा को शामिल करने की आवश्यकता पर प्रकाश डाला गया है।

प्रयोगशाला स्तर पर एक भौतिक मॉडल एवं संख्यात्मक सिमुलेशन दोनों का उपयोग कर, अध्ययन ढलान के व्यवहार और उसकी स्थिरता पर वर्षा के अंतःस्यंदन के महत्वपूर्ण प्रभावों को इंगित करता है। यह अंतरालों पर सिमूलेटेड वर्षा जल प्रवाह की तीव्रता को बढ़ाकर हासिल किया गया था (शुष्क स्थिति, टी=0 से टी = 30 मिनट तक, टी =30 से टी =60 मिनट तक 0.5 मिमी/मिनट, टी =60 से टी =91 मिनट तक 0.75 मिमी/मिनट और टी = 91 से टी = 120 मिनट तक 1 मिमी/मिनट)। क्रमिक रूप से सिमूलेटेड वर्षा जल प्रवाह की तीव्रता को बढ़ाकर प्राप्त किए गए प्रयोगात्मक परिणाम, ढलान संरचना की प्रगतिशील गिरावट और महत्वपूर्ण अस्थिरताओं के उद्भव को प्रकट करते हैं। जैसे-जैसे प्रयोग आगे बढ़ा, गहरी नालियां बनकर तैयार हुईं और वृहद मृदा का विस्थापन हुआ, जो एक महत्वपूर्ण स्थिरता चरण का संकेत देता है। विभिन्न नमी सामग्री के लिए संख्यात्मक सिमुलेशन के माध्यम से सुरक्षा कारक (FoS) विश्लेषण से भौतिक मॉडल अवलोकनों के साथ संरेखित परिणाम प्राप्त हुए।

गतिविधि : 6ए

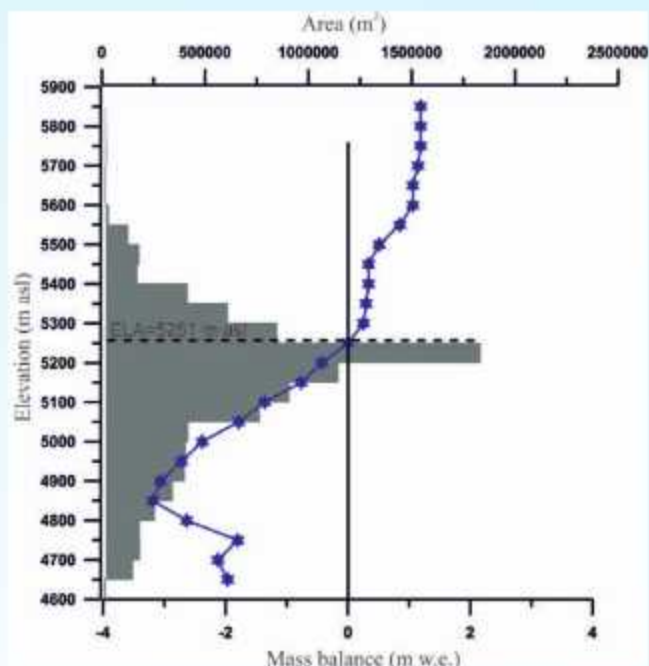
हिमनद गतिकी, हिमनद जलविज्ञान, पर्वतीय मौसम विज्ञान एवं संबंधित जोखिम

(मनीष मेहता, विनीत कुमार (पुनर्ग्रहणाधिकार पर), समीर तिवारी, पिकी बिष्ट, अमित कुमार, राकेश भांबरी, पंकज चौहान और जयराम सिंह यादव)

डोडा और सुरू नदी घाटियों में हिमनद सतह के परिवर्तन की स्थिति; विगत व वर्तमान स्थिति, प्राथमिकताएं तथा पूर्वक्षण

एब्लेशन-स्टेक नेटवर्क मापन से पता चलता है कि वर्ष 2023-2024 में पेनसिलुंगपा ग्लेशियर (PG) का शुद्ध संतुलन ऋणात्मक था। मापन अवधि के दौरान, ग्लेशियर का शुद्ध पृथक्करण $\sim (-) 7.26 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ w.e.}$ था, जबकि ग्लेशियर का शुद्ध संचय $\sim (+) 0.94 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ w.e.}$ था। हालाँकि, ग्लेशियर का पृथक्करण और संचयन प्रवणता क्रमशः $\sim (-) 4 \text{ m}/100 \text{ m}$ और $\sim (+) 1.5 \text{ m}/100 \text{ m}$ थी (चित्र 58)। हमारे परिणाम ने यह भी सुझाव दिया कि इसी अवधि के दौरान, ग्लेशियर की संतुलन रेखा ऊँचाई (ELA) समुद्र तल (asl) से 5251 मीटर (m) की ऊँचाई पर स्थित थी। इसके अलावा, हमारे परिणाम दर्शाते हैं कि अधिकांश सतही अपक्षयन 4800 और 5000 मीटर की ऊँचाई के बीच देखा गया, जिसमें 10 सेमी तक मोटे पतले और छिटपुट मलबे से ढके क्षेत्र शामिल थे। हमारा सुझाव है कि एक पतला आवरण सतह पर कोई महत्वपूर्ण रोधक परत बनाए बिना ही एल्बिडो को कम करता है। जबकि 4600 और 4800 मीटर के बीच के निचले क्षेत्रों में मोटे मलबे के कारण सतही अपक्षयन कम हुआ।

हिमालय के लिए दीर्घकालिक हिमनद-जल विज्ञान संबंधी आंकड़ों का अभाव क्षेत्रीय मुद्दों के समाधान में एक महत्वपूर्ण बाधा बना हुआ है। वर्ष 2017 से 2023 तक, पार्काचिक नदी के पिघले हुए पानी



चित्र 58: वर्ष 2023-2024 में पेनसिलुंगपा ग्लेशियर के द्रव्यमान संतुलन, ऊँचाई व क्षेत्रफल तथा 5251 m asl के उन्नतांश पर अवस्थित ग्लेशियर के ईएलए को दर्शाता ग्राफ।

के निर्वहन में निरंतर वृद्धि देखी गई, जिसमें क्रमशः $1.7 \pm 0.04 \times 10^6 \text{ m}^3$, $5.7 \pm 0.13 \times 10^{10} \text{ m}^3$, $16.03 \pm 0.81 \times 10^{10} \text{ m}^3$, $10.32 \pm 0.23 \times 10^{10} \text{ m}^3$, $11.39 \pm 0.53 \times 10^{10} \text{ m}^3$, और $23.67 \pm 0.34 \times 10^{10} \text{ m}^3$ थे।

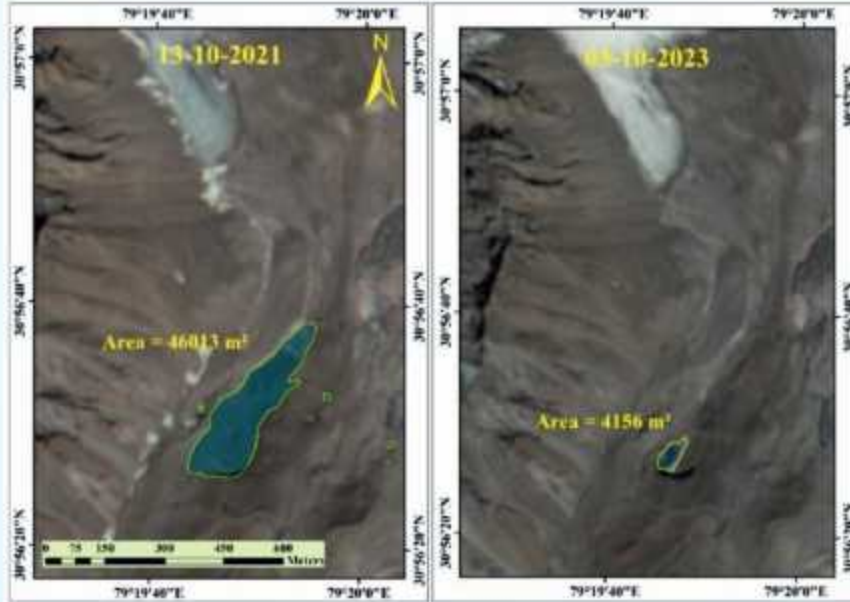
पेनसिलुंगपा दर्रे के पास सात पेरी-ग्लेशियल झीलों एवं डुरुंग-डुंग ग्लेशियर (डीडीजी) के अग्रभाग के पास दो प्रोग्लेशियल झीलों का अध्ययन किया गया। पेरी-ग्लेशियल झीलों के आयामों में सतही क्षेत्रफल में लगभग 6.5% और जल आयतन में लगभग 7% की मामूली वृद्धि देखी गई, जो गैर-ग्लेशियल जल स्रोतों पर उनकी निर्भरता को दर्शाती है। डुरुंग-डुंग ग्लेशियर के पास प्रोग्लेशियल झील का विस्तार उल्लेखनीय था, जिसमें 2004 और 2023 के बीच क्षेत्रफल में लगभग 177% और जल आयतन में 195% की वृद्धि हुई (चित्र 59)। यह पर्याप्त वृद्धि तीव्र हिमनद द्रवण की प्रक्रियाओं को रेखांकित करती है, जो जलवायु परिवर्तन के प्रति क्षेत्र की हिमनद गतिशीलता की सुभेद्यता पर बल देती है। इसके अलावा, वर्ष 2015 से 2023 तक के क्षेत्रीय अवलोकनों से पता चला है कि डीडीजी के लिए कुल टर्मिनस रिट्रीट $\sim (-) 165 \pm 95 \text{ m}$ है, जिसकी औसत दर $-21 \pm 12 \text{ m a}^{-1}$ है, और पीजी के लिए कुल टर्मिनस रिट्रीट $\sim (-) 80 \pm 35 \text{ m}$ है, जिसकी औसत दर $-10 \pm 4 \text{ m a}^{-1}$ है। यह निष्कर्ष ग्लेशियरों के पिघलने में चिंताजनक तेजी व ग्लेशियरों के पिघलने में वृद्धि का संकेत देते हैं, जो संभवतः चल रहे जलवायु परिवर्तन से प्रभावित है।

उच्च-रिजॉल्यूशन उपग्रह चित्रों का उपयोग कर वर्ष 2013 से 2023 तक उत्तराखंड, भारत में ग्लेशियर झीलों में परिवर्तन

20वीं सदी के पूर्वार्द्ध से जलवायु परिवर्तन में वृद्धि के कारण बड़े पैमाने पर ग्लेशियर पीछे खिसके और द्रव्यमान में कमी आई, जिससे



चित्र 59: डोडा और सुरु नदी बेसिन में प्रोग्लेशियल और पेरिग्लेशियल झीलें। (ए) चित्र में दो प्रोग्लेशियल झीलें दिखाई गई हैं जो डुरुंग-डुंग ग्लेशियर के अग्रभाग के पास बनी हैं। (बी; बी1-बी4) पेन्सिला पर अवस्थित यह पेरिग्लेशियल ग्लेशियल झीलें दो ग्लेशियरों की अपघटन घाटियों के बीच से होकर गुजरती हैं, जो एक विशिष्ट विशेषता दर्शाती हैं। इन झीलों में पानी के प्रवेश और निकास के लिए कोई मार्ग नहीं है। झीलों का स्रोत बर्फ के पिघलने और वर्षा जल पर निर्भर करता है। (सी) द्वितीयक झील डुरुंग-डुंग ग्लेशियर के अंतिम छोर से मात्र 1 किलोमीटर की दूरी पर अवस्थित है, जिसकी संरचना गुर्दे जैसी है।



चित्र 60: उत्तराखंड में एक गैरनामनिर्दिष्ट ग्लेशियर झील के 13-10-2021 (बाएँ) और 03-10-2023 (दाएँ) के तुलनात्मक उपग्रह छायाचित्र झील के क्षेत्रफल में उल्लेखनीय कमी दर्शाते हैं। वर्ष 2021 में, झील का क्षेत्रफल $46013 \pm 3037 \text{ m}^2$ था, जो वर्ष 2023 तक काफी मात्रा में घटकर $4156 \pm 274 \text{ m}^2$ रह गया (लगभग 91% की कमी)। यह भारी कमी ग्लेशियर परिवेश की गतिक प्रवृत्ति को दर्शाती है और जलवायु परिवर्तन के निरंतर प्रभावों को प्रतिबिंबित करती है, जिसमें संभावित रूप से जीएलओएफ घटनाएँ या अन्ध भू-आकृति संबंधी प्रक्रियाएँ शामिल हैं।

नई ग्लेशियर झीलों का निर्माण हुआ और कई मौजूदा ग्लेशियर झीलों का विस्तार बढ़ा। यह अध्ययन उच्च-रिजॉल्यूशन रिसोर्ससैट LISS IV चित्रों का उपयोग करके वर्ष 2013 से 2023 तक उत्तराखंड में ग्लेशियर झीलों में हुए परिवर्तनों से संबंधित है। इस दशक में, ग्लेशियर झीलों की संख्या में 1.9% की वृद्धि हुई, जबकि उनके द्वारा

आच्छादित क्षेत्र में 8.1% की वृद्धि हुई। यह वृद्धि मुख्य रूप से पिछले कुछ दशकों में इस क्षेत्र में बढ़ते तापमान के कारण है। ग्लेशियर अपरदन झीलों और हिमोढ़-बाधित झीलों की संख्या में वृद्धि हुई, जबकि सुप्राग्लेशियल झीलों का क्षेत्र घट गया। ग्लेशियर झीलें 2900 मीटर, एएसएल और 6100 मीटर, एएसएल के बीच वितरित थीं, और

1290 मीटर से 1001 गणनाएं (78%) 4500 मीटर, एएसएल से ऊपर थीं। अलकनंदा बेसिन में ग्लेशियर झीलों की अधिकतम संख्या और क्षेत्र (580 गणनाएं) थीं, उसके बाद भागीरथी बेसिन (341 गणनाएं) थीं। इसके विपरीत, रामगंगा बेसिन में कोई ग्लेशियर झील नहीं पाई गई है। सभी दस नदी बेसिनों में ग्लेशियर झीलों का कुल क्षेत्रफल बढ़ा। हालांकि, अलकनंदा बेसिन में, ग्लेशियर झीलों की संख्या में 8.6% की कमी आई (चित्र 60), जबकि धौलीगंगा और पिंडर बेसिन में झीलों की संख्या में नगण्य परिवर्तन हुए। उत्तराखंड के 13 प्रशासनिक जिलों में से, ग्लेशियर झीलों केवल छह जिलों में ही फैली हुई हैं, जो उच्च ऊँचाई पर ग्लेशियरों की उपस्थिति को दर्शाता है। ग्लेशियर झीलों की अधिकतम संख्या और क्षेत्रफल चमोली जिले में पाया गया, उसके बाद उत्तरकाशी का स्थान है। हमारा अध्ययन इन झीलों से बुनियादी ढाँचे और मानव जीवन को होने वाले संभावित खतरों को समझने के लिए उच्च-रिज़ॉल्यूशन वाले उपग्रह डेटा का उपयोग करके क्षेत्र सर्वेक्षण और अग्रतर जाँच की अनुशंसा करता है।

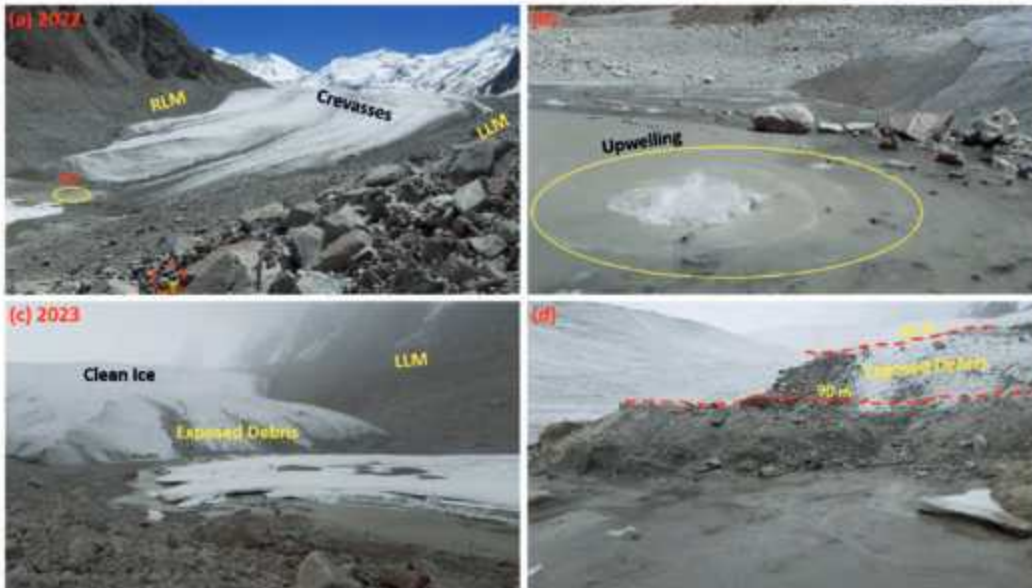
भूतापीय गतिविधि के कारण चांगमोलंग ग्लेशियर का असामान्य रूप से द्रवण

काराकोरम में भूतापीय गतिविधि हिमनद गतिशीलता का एक संभावित लेकिन अल्प अन्वेषित कारक है। इस क्षेत्र में ग्लेशियर पिघलने पर इस तरह की गतिविधि के प्रभाव की व्यवस्थित रूप से जाँच नहीं की गई है। हमारे अध्ययन में अगस्त 2022 में एक क्षेत्रीय अभियान के दौरान नुबा घाटी में चांगमोलंग ग्लेशियर के अंतिम छोर (~4,980 मीटर, समुद्र तल) पर एक अज्ञात भूतापीय झरने की पहली खोज की सूचना दी गई है (चित्र 61)। चांगमोलंग ग्लेशियर के पतले होने का आकलन करने के लिए, प्रत्यक्ष हिमनदीय पद्धति का उपयोग

करते हुए, निचले अपक्षय क्षेत्र (5063–5200 मीटर, समुद्र तल) में बर्फ में लगभग 4 मीटर गहराई तक चार बाँस के खूँटे लगाए गए, जो भूतापीय झरने से प्रभावित क्षेत्रों तक फैले हुए थे। दो खूँटे पार्श्व हिमोढ़ के पास साफ बर्फ पर और दो मलबे से ढके केंद्रीय क्षेत्र में लगाए गए थे। अगस्त 2023 के सर्वेक्षण के दौरान, अनावरित खंभों की ऊँचाई ने भूतापीय सिप्रिंग लाइन के साथ अधिकतम सतह पिघलने (~390 सेमी) का संकेत दिया, जबकि पार्श्व हिमोढ़ के पास कम पिघलने (~190 सेमी) का अवलोकन किया गया। भूतापीय पिघलने से 2–60 सेमी मोटी मलबे की परतें उजागर हुईं, जो ग्लेशियर के किनारों पर साफ, अप्रभावित बर्फ के विपरीत थीं (चित्र 61)। इस असमान पिघलने के पैटर्न ने ग्लेशियर की आकृति विज्ञान को बदल दिया है, जिससे निम्नतम पृथक्करण क्षेत्र में एक लहरदार सतह का निर्माण हुआ है। यह अध्ययन हिमनद गतिशीलता पर भूतापीय गतिविधि के प्रभाव पर जोर देता है, और भविष्य के हिमनद अनुसंधान में भूतापीय आकलन को एकीकृत करने और काराकोरम में ग्लेशियर प्रतिक्रिया में विशमता को बेहतर ढंग से समझने की महत्वपूर्ण आवश्यकता पर प्रकाश डालता है।

पिंडारी-काफनी ग्लेशियर घाटियों, कुमाऊँ हिमालय में एनडीएसआई एवं एसडब्ल्यूआई सूचकांकों का उपयोग कर हिम आवरण विश्लेषण (एससीए)

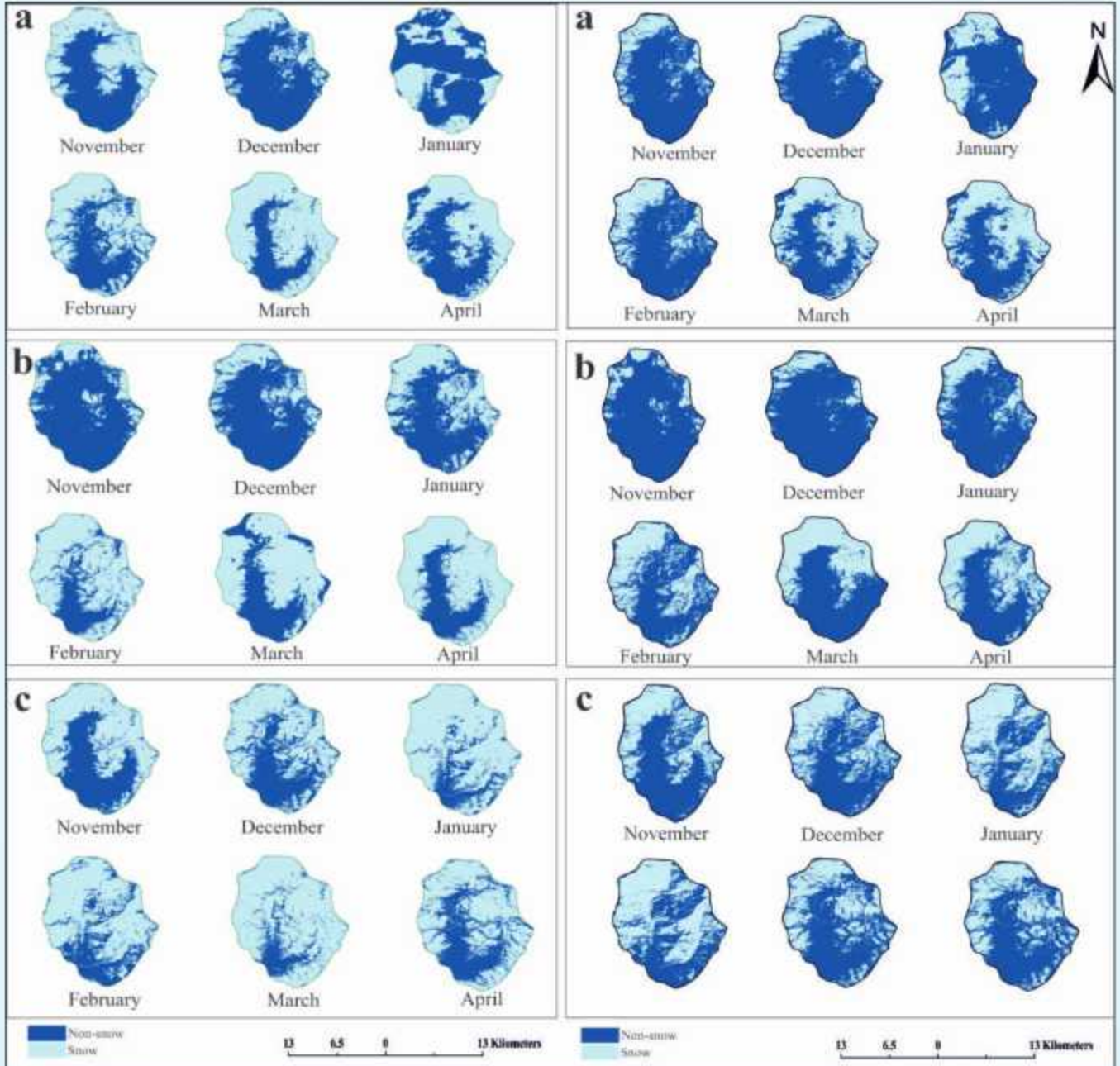
इस अध्ययन में पिछले दो दशकों (2008–2009, 2015–2016 और 2021–2022) के शीतकालीन संघनन काल के दौरान लैंडसैट उपग्रह चित्रों का उपयोग करके पिंडारी और काफनी ग्लेशियर घाटियों (कुमाऊँ हिमालय) में मौसमी एससीए गतिशीलता का विश्लेषण किया गया। हमने इन आसन्न घाटियों में एससीए को चित्रित और तुलना



चित्र 61: चांगमोलुंग ग्लेशियर (ए-बी) के अंतिम बिंदु के पास भूतापीय झरने के ऊपर उठने को दर्शाता एक फील्ड छायाचित्र। वर्ष 2023 में मलबे से आच्छादित एक बड़ा क्षेत्र अनावरित हुआ, जिसकी मोटाई पृथक (2–60 सेमी) थी। डैशदार लाल रेखा अनावरित मलबे की मध्य चौड़ाई (सी-डी) को दर्शाती है।

करने के लिए सामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक (एनडीएसआई) तथा हाल ही में विकसित हिम जल सूचकांक (एसडब्ल्यूआई) का उपयोग किया। मोडिस डेटा, उच्च-रिजॉल्यूशन गूगल अर्थ इमेजरी और क्षेत्रीय अवलोकनों के विरुद्ध सत्यापन से क्रमशः एनडीएसआई और एसडब्ल्यूआई दोनों सूचकांकों के लिए 70% और 72% से अधिक की सटीकता प्राप्त हुई (चित्र 62)। हमारे परिणाम एससीए में समग्र वृद्धि का संकेत देते हैं, जो भारतीय और नेपाल हिमालय के पड़ोसी क्षेत्रों में देखी गई बर्फ द्रव्यमान प्रवृत्तियों के अनुरूप है। विशेष रूप से,

वर्ष-वार एससीए ने बढ़ती प्रवृत्ति : 461.17 वर्ग किमी (2008-09), 491.87 वर्ग किमी (2015-16), और 601.01 वर्ग किमी (2021-22) प्रदर्शित की। एनडीएसआई और एसडब्ल्यूआई विश्लेषणों ने दिसंबर में न्यूनतम एससीए तथा अप्रैल में अधिकतम एससीए का अनावरण किया, वर्ष 2021-2022 के उल्लेखनीय अपवाद के साथ, जिसने अप्रैल में न्यूनतम एससीए (87.09 वर्ग किमी) और जनवरी में अधिकतम एससीए (123.3 वर्ग किमी) प्रदर्शित किया। यह निष्कर्ष हाल के वर्षों में जलवायु वार्मिंग के प्रति एससीए की बढ़ती

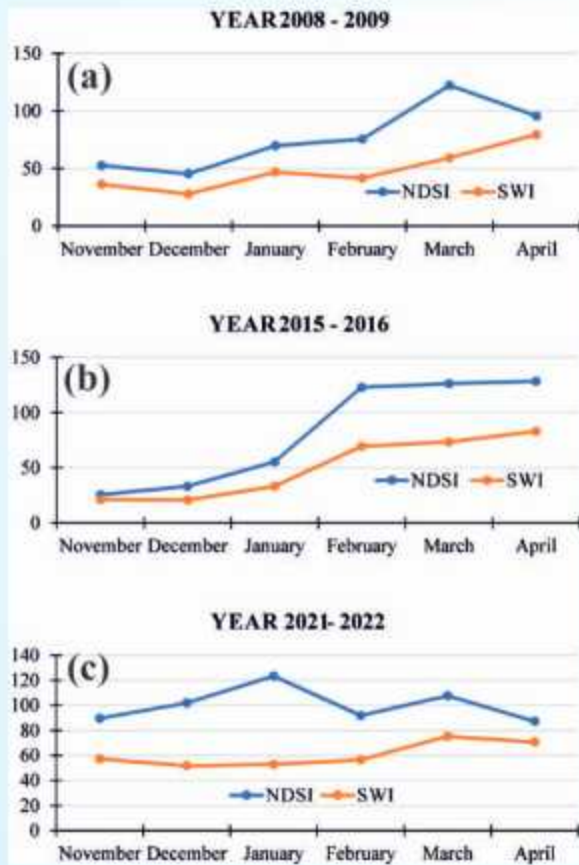


चित्र 62: लैंडसैट-5 और लैंडसैट-8 (एफसीसी) उपग्रह चित्रों से संचयन अवधि के वर्गीकृत एनडीएसआई, (ए) वर्ष 2008-2009; (बी) वर्ष 2015-2016; (सी) वर्ष 2021-2022। बायाँ पैनल (ए-सी) में एनडीएसआई का उपयोग कर परिकल्पित हिम आवरण क्षेत्र दर्शाया गया है, और दायाँ पैनल में एसडब्ल्यूआई परिणाम दर्शाए गए हैं।

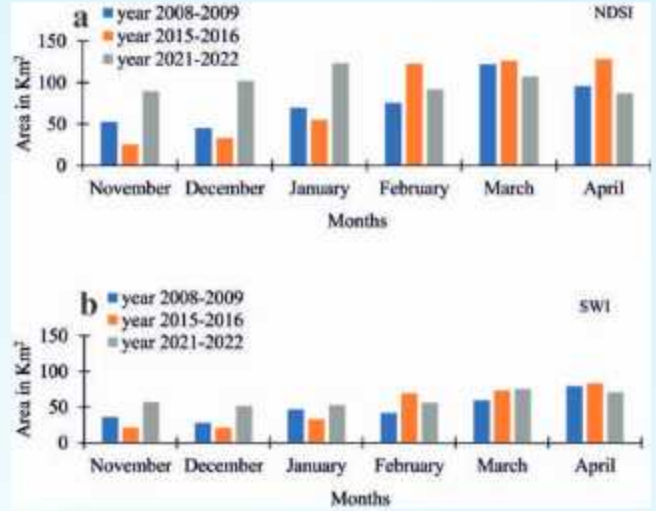
संवेदनशीलता को रेखांकित करते हैं, जिससे तेजी से बर्फ पिघलती है।

सामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक (एनडीएसआई) का उपयोग कर एससीए प्रवृत्ति विश्लेषण

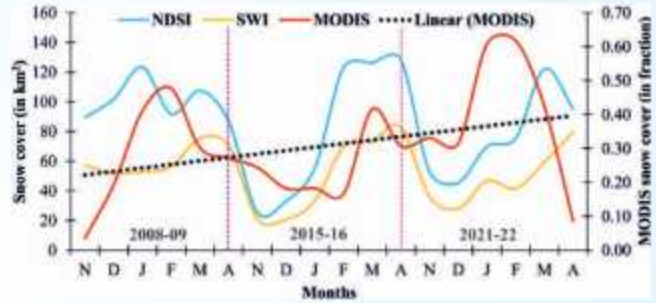
वर्ष 2015-16 में एनडीएसआई के विश्लेषण से पता चला कि न्यूनतम (25.62 वर्ग किमी) और अधिकतम (128.55 वर्ग किमी) एससीए क्रमशः नवंबर और अप्रैल 2015-16 में थे। संचयन अवधि की शुरुआत व समाप्ति के बीच हिम आवरण क्षेत्र में कुल 491.71 वर्ग किमी का अंतर था। हालाँकि, वर्ष 2021-22 में, न्यूनतम (87.09 वर्ग किमी) एससीए अप्रैल में और अधिकतम (123.3 वर्ग किमी) जनवरी में दर्ज किया गया। यह निष्कर्ष हिमालय पर पिछले अध्ययनों से सुमेलित है, जो जनवरी और फरवरी के बीच अधिकतम हिम संचय दर्शाते हैं। हमने अध्ययन अवधि 2008-09, 2015-16 और 2021-22 के दौरान क्रमशः (461.17 वर्ग किमी), (491.87 वर्ग किमी), (601.01 वर्ग किमी) के रूप में बढ़ती मौसमी प्रवृत्ति को भी देखा। वर्ष 2021-22 के दौरान एससीए का मौसमी योग पिछली अवधि की तुलना में अधिक (601.01 वर्ग किमी) था; विस्तृत चित्रण चित्र 63-65 में प्रस्तुत है। हमारे निष्कर्ष हिमालयी क्षेत्र में किए गए अन्य नूतन अध्ययनों के अनुरूप थे, जो यह प्रकट करते हैं कि स्थानीयकृत एससीए वृद्धि विशिष्ट क्षेत्रों में वर्षा के पैटर्न में बदलाव के कारण होती



चित्र 63: संचय अवधि में एससीए परिवर्तन। (ए) वर्ष 2008-2009; (बी) वर्ष 2015-2016; (सी) वर्ष 2021-2022।



चित्र 64: वर्ष 2008-09 से 2021-22 तक एनडीएसआई (ए) और एसडब्ल्यूआई (बी) का उपयोग कर हुए हिमाच्छादन क्षेत्र।



चित्र 65: MODIS मॉडल डेटा के साथ संचित एससीए प्रवृत्ति सहसंबंध एक श्रेष्ठ सहसंबंध व एनडीएसआई तथा एसडब्ल्यूआई से परिमाणित एससीए की बढ़ती प्रवृत्ति को दर्शाता है।

है। इसके विपरीत, कुछ ने प्रकट किया कि घटती एससीए प्रवृत्ति गर्म तापमान के कारण है, जो इस बात की संपुष्टि करता है कि बर्फ के संचय को कम करने के लिए स्थानीय जलवायु परिवर्तन आवश्यक है। परिणामस्वरूप, भूमि आवरण चरों द्वारा प्रस्तुत चुनौतियों से अप्रभावित एक सक्षम तकनीक की आवश्यकता है।

हिम जल सूचकांक (एसडब्ल्यूआई) के माध्यम से एससीए विश्लेषण

यह अध्ययन पिंडारी-काफनी क्षेत्र में पहली बार एसडब्ल्यूआई की तुलना करता है। इस अध्ययन में, तीन अलग-अलग समय अंतरालों : वर्ष 2008-09, 2014-15 और 2018-19 के लिए हिम आवरण क्षेत्रों के क्षेत्रफल का अनुमान लगाने के लिए एसडब्ल्यूआई का उपयोग किया गया था। हमने नवंबर से दिसंबर और जनवरी से अप्रैल तक मौसमी एससीए परिवर्तन के लिए एसडब्ल्यूआई पद्धति का उपयोग किया। वर्ष 2008-09 की अवधि में अप्रैल में अधिकतम एससीए (79.41 वर्ग किमी) दर्शाया गया। कुल एससीए 291.34 वर्ग किमी दर्ज किया गया, तदोपरांत दिसंबर में न्यूनतम कवरेज (27.96 वर्ग किमी) दर्ज किया गया। वर्ष 2015-16 के दौरान लगभग समान मौसमी परिवर्तन देखा गया, जिसमें दिसंबर में न्यूनतम एससीए (20.74 वर्ग

किमी) और अप्रैल में अधिकतम (83.13 वर्ग किमी) था। वर्ष 2015–16 की अवधि के दौरान कुल एससीए 301.23 वर्ग किमी था। इसके अलावा, वर्ष 2021–22 में दिसंबर में न्यूनतम एससीए 51.73 वर्गकिमी प्रदर्शित किया गया, जबकि अधिकतम एससीए मार्च में 75.33 वर्गकिमी था, जिसमें कुल हिम क्षेत्र 364.05 वर्गकिमी था। हमने देखा है कि एसडब्ल्यूआई पद्धति का उपयोग कर एससीए का अनुमान वर्ष 2008–09 से 2021–22 तक बढ़ा हुआ देखा गया, क्योंकि एसडब्ल्यूआई बादल, मिट्टी, पौधे और पानी सहित प्रमुख निकटवर्ती वर्गों के प्रभाव को हटा सकता है, यह सूचकांक समीपस्थ जल के पिक्सल के प्रभाव को हटाने की एक अधिक जटिल प्रक्रिया प्रदान करता है।

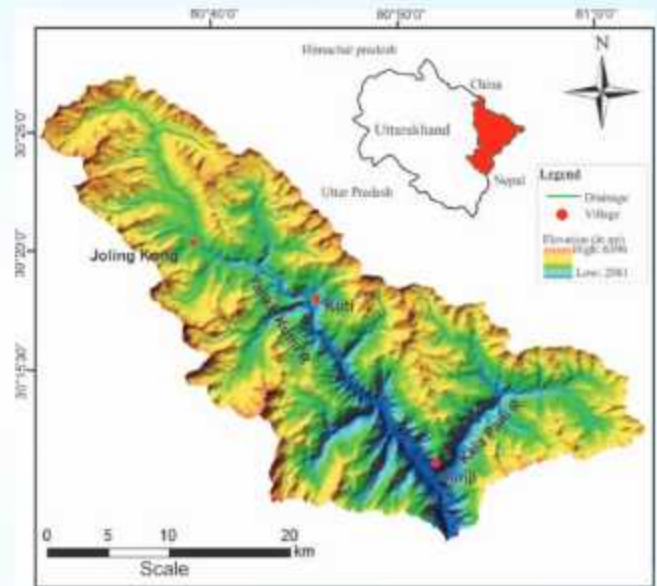
एनडीएसआई उपयोग की प्रवृत्ति के समान, वर्ष 2008–09 से 2021–22 तक एक वर्धित मौसमी प्रवृत्ति प्रेक्षित की गई। परिणाम डेटा की एक ग्राफिकल तुलना बादलों के संदर्भ में महीने (जनवरी 2009; जनवरी और नवंबर 2016; फरवरी 2022) में एक बड़ा अंतर दर्शाती है (चित्र 61)। चित्र 62, वर्ष 2008–09 (63ए), 2015–16 (63बी), और 2021–22 (63सी) के लिए एनडीएसआई और एसडब्ल्यूआई की तुलना में वर्षवार और माहवार एससीए पैटर्न दर्शाता है। इसके अतिरिक्त, चित्र 64, एनडीएसआई और एसडब्ल्यूआई सूचकांकों का उपयोग करते हुए वर्ष 2008–2009, 2015–2016 और 2021–2022 के लिए हिम आवरण क्षेत्र (वर्ग किमी.) को दर्शाता है।

एनडीएसआई और एसडब्ल्यूआई के वार्षिक और अंतर-वार्षिक ट्रेंड व पैटर्न को समझने के लिए MODIS-मॉडल किए गए हिम आवरण (अंश) डेटा का उपयोग किया गया। ट्रेंड रेखा MODIS डेटा और एनडीएसआई और एसडब्ल्यूआई से प्राप्त परिमाणित SCA के मध्य एक अच्छा सहसंबंध दर्शाती है। MODIS रैखिकता ने अध्ययन अवधि के दौरान हिम आवरण की बढ़ती प्रवृत्ति को दर्शाया। समय मासिक और वार्षिक SCA प्रवृत्ति को चित्र 62 में देखा जा सकता है। अध्ययन के आधार पर, SWI-आधारित विधि दीर्घकालिक हिम आवरण अनुश्रवण, ग्लेशियर द्रव्यमान संतुलन के ज्ञान को आगे बढ़ाने, हिम द्रवण अभिप्रेत जलविज्ञान प्रक्रियाओं और जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के लिए सहायक हो सकती है। उन्नत सुदूर संवेदन विधियाँ क्रायोस्फेरिक अनुसंधान के लिए सहायक हैं, और कुछ SCA विविधताएँ जलविज्ञान मॉडलिंग के लिए महत्वपूर्ण हैं, क्योंकि वह क्षेत्रीय जल आपूर्ति को प्रभावित कर सकती हैं (चित्र 64 और 65)।

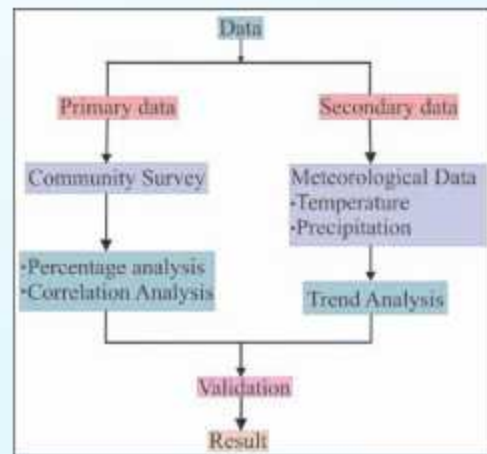
जलवायु परिवर्तन एवं मानवजनित गतिविधियों का ग्लेशियरों पर एकीकृत प्रभाव : व्यास घाटी, कुमाऊँ हिमालय, उत्तराखंड की एक केस स्टडी

जलवायु परिवर्तन उच्च हिमालयी क्षेत्रों के स्थानीय समुदायों के लिए एक गंभीर जोखिम है। इन प्रभावों में खाद्य सुरक्षा, जल उपलब्धता, प्राकृतिक आपदाएं, कृषि और आजीविका शामिल हैं। पर्यटन, जो अर्थव्यवस्था की रीढ़ बन गया है, ने इन क्षेत्रों के पर्यावरण, आजीविका, संस्कृति और खान-पान की आदतों को भी प्रभावित किया है। यह अध्ययन ग्लेशियरों और झीलों पर जलवायु परिवर्तन के

प्रभावों, और उत्तराखंड के कुमाऊँ क्षेत्र की व्यास घाटी में जलवायु परिवर्तन तथा उनके जीवन व पर्यावरण पर उनके प्रभावों के बारे में स्थानीय समुदायों की धारणाओं का भी पता लगाता है (चित्र 66)। प्राथमिक डेटा विश्लेषण (प्रश्नावली) जलवायु और क्रायोस्फीयर परिवर्तनशीलता के बारे में समुदाय के दृष्टिकोण के बारे में लगभग 110 परिवारों के साक्षात्कारों पर आधारित है (चित्र 67)। हमने पाया कि अधिकांश उत्तरदाताओं का मानना है कि पिछले 10 वर्षों के दौरान गर्मियों और सर्दियों के तापमान में वृद्धि हुई है और बर्फबारी कम हुई है। जलवायु संबंधी आँकड़े बढ़ते तापमान और घटती वर्षा को भी दर्शाते हैं, जो अधिकांश उत्तरदाताओं के साथ संगत है। इन परिवर्तनों पर प्रकाश डालना, ऐतिहासिक और सांस्कृतिक रूप से महत्वपूर्ण जलवायु-संवेदनशील उच्च-अक्षांश घाटियों पर बढ़ते दबाव को कम करने की दिशा में पहला कदम है।



चित्र 66 : अध्ययन क्षेत्र का अवस्थिति मानचित्र।



चित्र 67 : वर्तमान अध्ययन के दौरान अंगीकृत कार्यप्रणाली का प्रवाह चार्ट।

निष्कर्ष जलवायु परिवर्तन के वैज्ञानिक अवलोकनों व स्थानीय लोगों की राय के बीच एक सामान्य सहमति दर्शाते हैं। जनमत का ज्ञान नीति निर्माताओं और निर्णयकर्ताओं को जलवायु परिवर्तन के साथ-साथ स्थानीय अनुकूलन उपायों से प्रभावी ढंग से निपटने वाली नीतियाँ बनाने में भी सहायता कर सकता है। ग्लेशियर सबसे आकर्षक पर्यटन स्थलों में से एक हैं। चूंकि ये सबसे संवेदनशील विशिष्ट पर्यटन संसाधन हैं, इसलिए इनके विकास पर अतिरिक्त ध्यान देने की आवश्यकता है। क्षेत्र का विकास पर्यटन और स्थान से काफी प्रभावित होता है। पर्यटन क्षेत्र में पर्यावरण का प्रबंधन और अवलोकन आवश्यक है। ग्लेशियर पर्यटन को स्थायी रूप से विकसित करने का यही एकमात्र तरीका है।

निम्नलिखित बिंदुओं पर बल दिया जाना चाहिए :

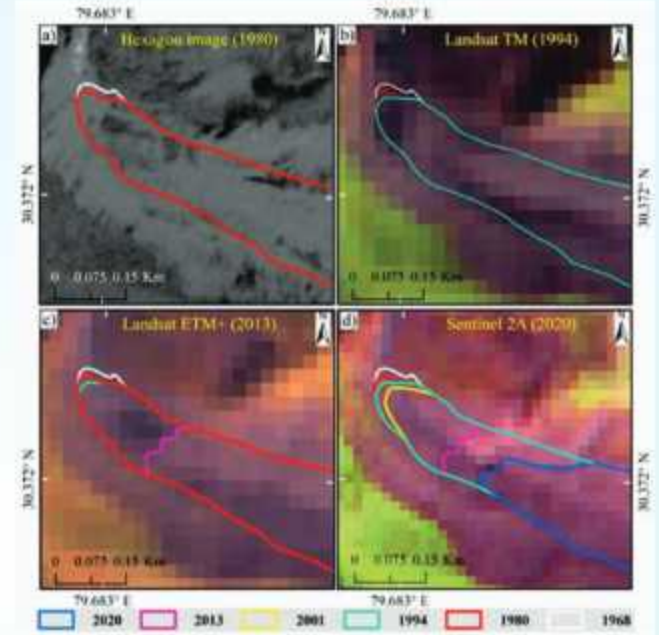
- यात्रा और वाहनों की आवाजाही का नियमन, साथ ही पर्यावरण के अनुकूल नियोजित बुनियादी ढाँचे के विकास को समर्थन और प्रोत्साहन।
- ग्लेशियरों और पर्यटकों के बीच उचित दूरी बनाए रखना।
- ऐसी पर्यटन गतिविधियाँ शुरू करना, जिनसे पर्यावरण को कम से कम नुकसान हो।
- आउटरीच कार्यक्रमों के माध्यम से गाँवों और स्कूलों में जलवायु परिवर्तन के बारे में जागरूकता बढ़ाना।

एक जिम्मेदार पर्यटन तंत्र के साथ, हितधारक चुनौतियों का प्रभावी ढंग से सामना कर सकते हैं, सतत विकास लक्ष्यों को आत्मसात कर सकते हैं, तथा पर्यावरण, विशेष रूप से क्रायोस्फीयर को प्रभावित किए बिना पर्यटन स्थलों के सतत विकास को प्राप्त करने के सार्वजनिक कर्तव्य को पूरा करने के लिए सहयोग कर सकते हैं।

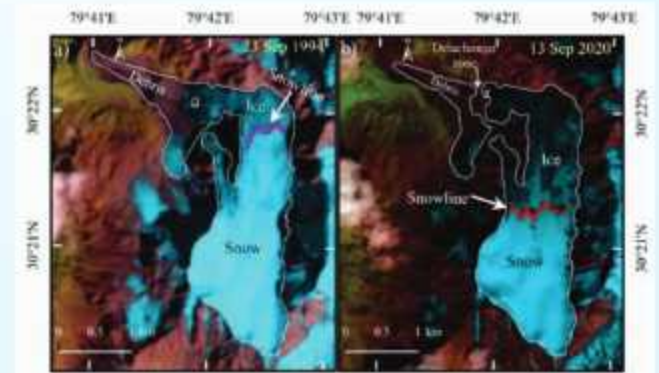
गढ़वाल हिमालय की बिरही गंगा बेसिन में ग्लेशियर परिवर्तन और विखंडन : जल संसाधनों पर प्रभाव

बदलती जलवायु के कारण हिमालय में ग्लेशियरों में परिवर्तन स्पष्ट हैं, जिससे भविष्य में जल उपलब्धता के प्रति उनकी संवेदनशीलता बढ़ रही है। जलविज्ञान के लिए ग्लेशियरों के महत्व और उनसे उत्पन्न खतरों को देखते हुए, यह वर्तमान अध्ययन वर्ष 1968 से 2020 तक उत्तराखंड के अलकनंदा बेसिन के बिरही गंगा कैचमेंट (बीजीसी) में बिरही ग्लेशियर की स्थिति का अध्ययन करता है (चित्र 68)। वर्ष 1968 से 2020 तक, ग्लेशियर औसतन 6.3 ± 0.3 मीटर प्रति वर्ष की दर से, 329 ± 15 मीटर पीछे खिसका तथा लगभग 5000 वर्ग मीटर क्षेत्र प्रतिवर्ष खाली हुआ। उपग्रह चित्रों के आधार पर, ग्लेशियर का पृथक्करण वर्ष 1994 में शुरू हुआ, जैसा कि आधारशिला को अनावरित करने वाले छोटे-छोटे टुकड़ों से स्पष्ट होता है। यह अंततः बढ़ गया और 2019 में निचले मलबे के आवरण वाले क्षेत्र को ऊपरी स्वच्छ बर्फ क्षेत्र से अलग कर दिया। हाल ही के उपग्रह चित्र से पता चलता है कि हिम व बर्फ रखलन कभी-कभी निचले, कटे हुए मलबे से ढके हिस्से को खिलाले हैं। 0.59 ± 0.03 वर्गकिमी क्षेत्र वाला निचला क्षेत्र 3.6 ± 0.06 वर्गकिमी स्वच्छ ग्लेशियर क्षेत्र के बाकी हिस्सों से अलग व्यवहार करता है। ग्लेशियर का पृथक्करण स्थलाकृति, इसकी केंद्रीय प्रवाह रेखा के साथ खड़ी ढलानों, बढ़ती हिम रेखाओं एवं

मलबे से ढकी बर्फ व साफ बर्फ के बीच परिवर्तन में वर्धित द्रवण से प्रभावित होता है। वर्ष 1994 और 2020 के मध्य की अवधि के दौरान, ग्लेशियर-3910 से-4000 मीटर एएसएल (~ 90 m; 2.8 m a⁻¹), तथा स्नोलाइन ने 5143 से 5335 मीटर एएसएल asl ($192 \sim 17$ m; 7.3 ± 0.65 m a⁻¹) तक स्नाउट के उन्नतांश में स्पष्ट परिवर्तन दर्शाया। बी. जी.सी. में विहिमनदन से भविष्य में पीने, कृषि और जलविद्युत परियोजनाओं के लिए जल की उपलब्धता के लिए चिंताजनक स्थिति उत्पन्न हो सकती है (चित्र 69)।



चित्र 68 : वर्ष 1968 से 2020 तक बिरही ग्लेशियर में हुए परिवर्तन। (ए) हेक्सागन (1980), (बी) लैंडसैट-5 TM, (सी) लैंडसैट-8 OL, तथा (डी) सेंटिनल-2ए (2020) छायाचित्र एफसीसी के साथ पृष्ठभूमि में हैं।

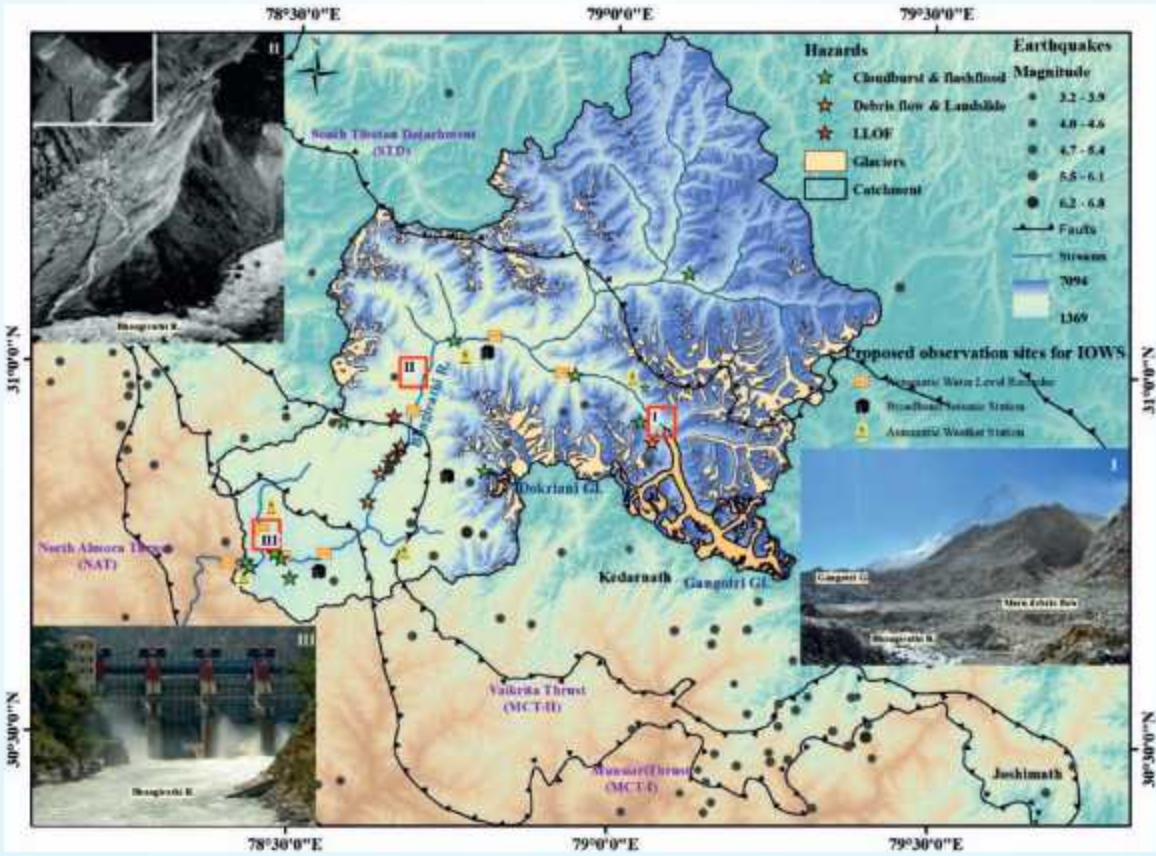


चित्र 69 : सितंबर, 1994 (ए) तथा वर्ष 2020 (बी) के दौरान बिरही ग्लेशियर का हिमरेखा उन्नतांश (एएसएल)।

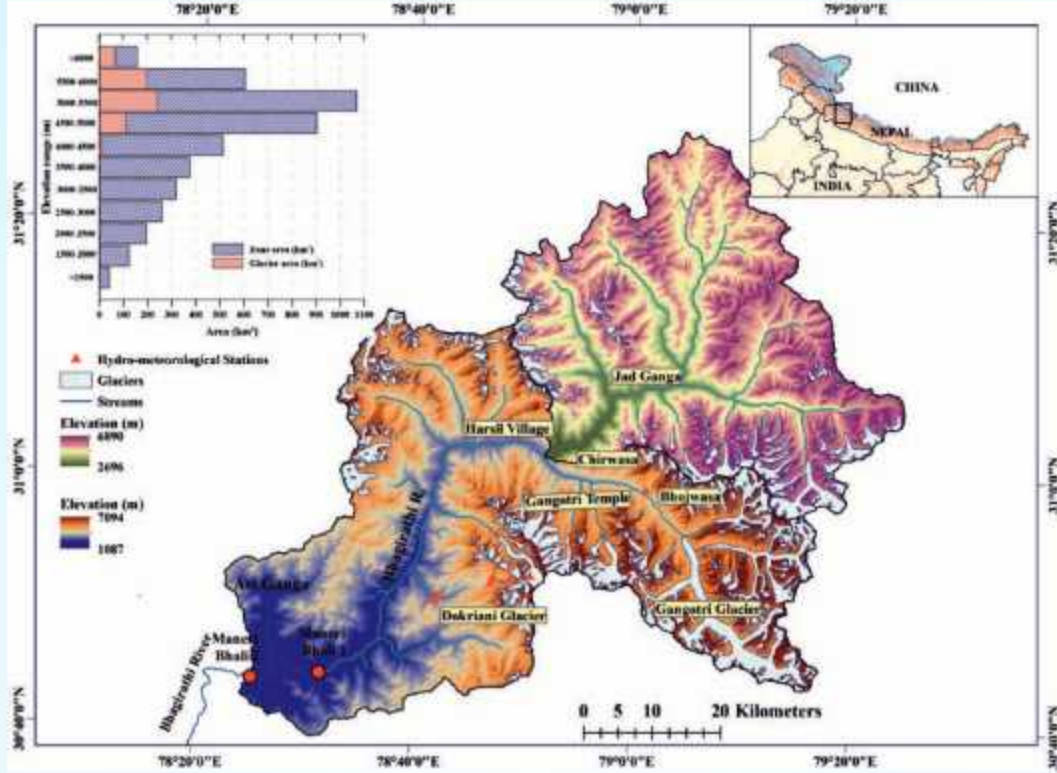
संवेदनशील जलविद्युत परियोजनाओं पर ग्लेशियरों, भूस्खलनों और भीषण मौसम की घटनाओं के प्रभाव का पूर्वानुमान तथा एक एकीकृत बहु-संकट चेतावनी प्रणाली (आईएमडब्ल्यूएस) का विकास

हिमालयी नदी घाटियाँ जलविद्युत विकास की अपार संभावनाएँ प्रदान करती हैं, लेकिन वह मलबे के प्रवाह, भूस्खलन, हिमस्खलन, हिमनद झील प्रस्फुटित बाढ़ (GLOF) और भूस्खलन झील विस्फोट बाढ़ (LLOF) जैसे विभिन्न जोखिमों के प्रति भी संवेदनशील हैं (चित्र 70)। इन जोखिमों के क्षेत्रीय और वैश्विक महत्व के बावजूद, इनके मौसम विज्ञान, जल विज्ञान, भूविज्ञान और भूकंप विज्ञान सहित विभिन्न पहलुओं पर जानकारी व आँकड़ों का अभाव है। अनेक जोखिम अक्सर अनदेखे रह जाते हैं या उन पर तब तक बहुत कम ध्यान दिया जाता है जब तक कि वे मनुष्यों और उनकी गतिविधियों को प्रभावित न करने लगे, जैसे इमारतों, बुनियादी ढाँचे और अन्य मानव निर्मित संरचनाओं को नुकसान। यह समझना महत्वपूर्ण है कि यह जोखिम समाज पर गंभीर और दीर्घकालिक प्रभाव डाल सकते हैं, भले ही वे मनुष्यों को सीधे प्रभावित न करें। आकस्मिक बाढ़ पारिस्थितिक तंत्र

को बाधित कर सकती हैं, आवासों को नष्ट कर सकती हैं और जैव विविधता को खतरे में डाल सकती हैं। क्षेत्रीय और स्थानीय दोनों स्तरों पर जटिल जलवायु प्रभावों पर विचार करना महत्वपूर्ण है। इसलिए, हम हिमालय में संपूर्ण नदी घाटियों में निरंतर दीर्घकालिक निगरानी के महत्व पर जोर देते हैं। इस उद्देश्य के लिए, हमने विस्तृत जांच के लिए मनेरी-भाली तक फैले भागीरथी बेसिन का चयन किया। मनेरी भाली-II HEP तक बेसिन का कुल जलग्रहण क्षेत्र लगभग 4557 वर्ग किमी है, जिसमें कुल 403 ग्लेशियर हैं, जो 625.5 वर्ग किमी क्षेत्र को कवर करते हैं। बेसिन की न्यूनतम और अधिकतम ऊँचाई क्रमशः 1100 से 7100 मीटर, एमएसएल तक भिन्न होती है। हाइप्सोमेट्री (क्षेत्र-ऊँचाई वक्र) से पता चलता है कि अधिकतम बेसिन और ग्लेशियर क्षेत्र 5000 से 5500 मीटर एमएसएल (चित्र 71) के मध्य है। अध्ययन में यह अनुशांसा की गई है कि ग्लेशियरीकृत बेसिन में सबसे ऊँचे जलविद्युत संयंत्र में विभिन्न ऊँचाइयों पर जल-मौसम विज्ञान संबंधी वेधशालाओं का नेटवर्क होना चाहिए, जो वास्तविक समय पर डेटा ट्रांसमिशन प्रदान करें तथा आकस्मिक बाढ़ के



चित्र 70: ग्लेशियरों का वितरण और प्रमुख जोखिम यथा: बादल प्रस्फुटन, मलबा प्रवाह, आकस्मिक बाढ़, भूस्खलन झील प्रस्फुटित बाढ़ (एलएलओएफ), बेसिन में भूस्खलन एवं समीपस्थ की प्रमुख विवर्तनिक सीमाओं से जुड़े भूकंप। बेसिन में प्रमुख भीषण घटनाओं के स्थान जिनमें (I) गंगोत्री ग्लेशियर के स्नाउट के पास मलबा प्रवाह (मोराइन विफलन), (II) कनोडिया गाड में भूस्खलन और एलएलओएफ के उपरांत बादल फटना और (III) अस्सी गंगा नदी में बादल का फटना शामिल हैं।



चित्र 71 : भागीरथी बेसिन से मनेरी भाली II बांध स्थल तक, जह गंगा उप-बेसिन सहित, ग्लेशियरों के वितरण, प्रमुख सहायक नदियों, स्थानों और मौजूदा जल-मौसम विज्ञान केंद्रों के चित्रों को दर्शाते हुए डिजिटल उन्नयन मॉडल (DEM)। ग्लेशियरों एवं बेसिन के लिए क्षेत्र-उन्नतांश सूचना इनसेट में दी गई है।

लिए, बहु-खतरा चेतावनी प्रणाली (आईएमडब्ल्यूएस) अधिष्ठापित करें।

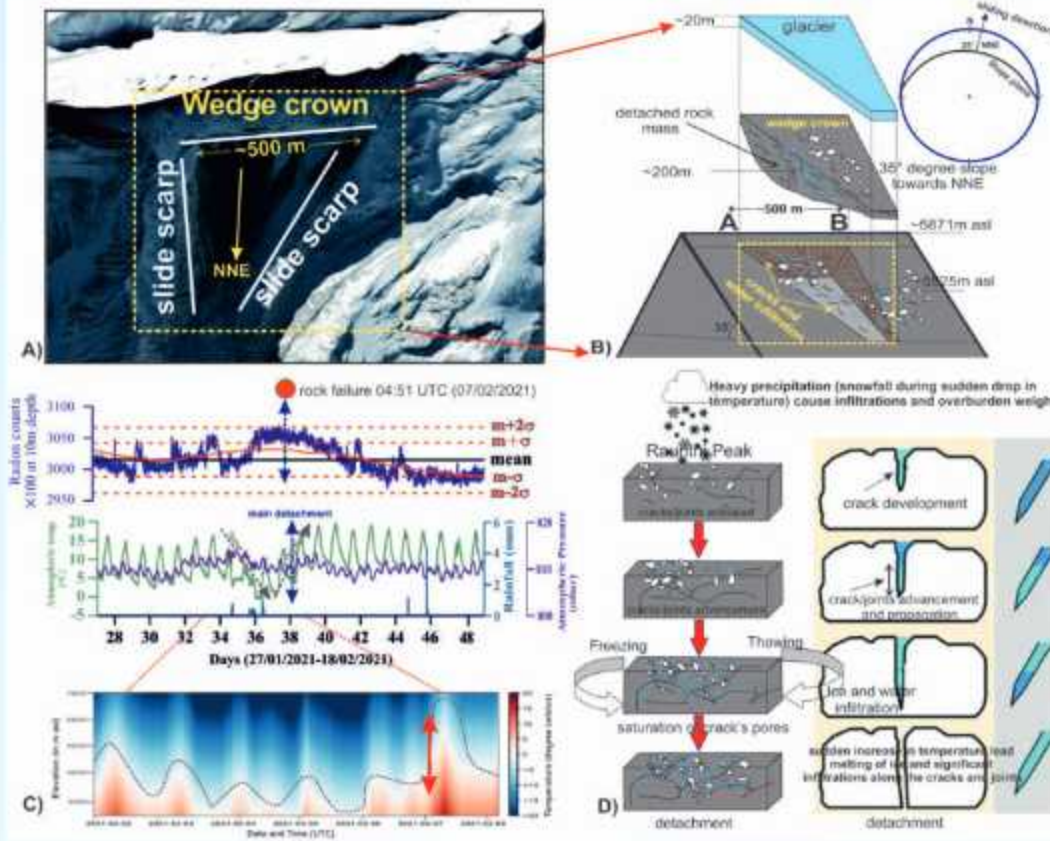
भूकंपीय एवं रेडॉन संकेत : चमोली हिमालय में वर्ष 2021 के एक भीषण शैल-हिम स्खलन के सतह की गतिकी के अनुश्रवण के लिए एक बहु-पैरामीट्रिक विधि

वर्ष 2021 के चमोली शैल-हिम स्खलन के पूर्वगामी संकेतों का अवलोकन, चट्टान के टूटने के बहु-विषयक विश्लेषण विधि की जाँच करने का अवसर प्रदान करता है। दि. 7 फरवरी 2021 को, भारत के उत्तराखंड के चमोली जिले में रौंथी चोटी से एक विशाल शैल-हिम का पिंड टूटा। इस दुखद आपदा के परिणामस्वरूप 200 से अधिक लोगों की मृत्यु हुई और महत्वपूर्ण आर्थिक क्षति हुई। यहाँ, हम विच्छेद से पहले संभावित पूर्वगामी विसंगतियों को चिह्नित करने के लिए रेडॉन सांद्रता एवं भूकंपीय संकेतों का विश्लेषण करते हैं। दि. 5 से 7 फरवरी की दोपहर तक रेडॉन विसंगतियों के लगातार शीर्ष प्रेक्षित किए गए और घटना के बाद अचानक कम हो गए, जबकि मुख्य घटना से ~2.30 घंटे पहले भूकंपीय झटकों व आयाम भिन्नताओं की संचयी संख्या अधिक तीव्र हो जाती है, जो कमजोर क्षेत्र के भीतर स्थैतिक से गतिशील चरण परिवर्तन का संकेत देती है (चित्र 72)। यह अध्ययन असामान्य संकेतों की विशेषता बताता है और चट्टान टूटने के तंत्र का मॉडल तैयार करता है। विश्लेषण तीन समय-निर्भर न्यूक्लियेशन चरणों, संकेत उत्पादन के भौतिक तंत्र और भौतिक

कारकों का एक पूरा परिदृश्य प्रकट करता है जो ढलान विफलन की गंभीरता की डिग्री को प्रभावित करते हैं। इस अध्ययन के परिणाम अंतिम विफलन से पूर्व चट्टान की दरारों/जोड़ों की क्रमिक प्रगति तदोपरांत मलबा प्रवाह और रिलिफ एडवांसमेंट में तेजी का सुझाव देते हैं। इसके अतिरिक्त, अध्ययन वर्ष 2021 चमोली शैल-हिम स्खलन जैसी घटनाओं के प्रभाव को कम करने के लिए एक प्रारंभिक चेतावनी प्रणाली के महत्व पर प्रकाश डालता है।

गंगा नदी के मुख्य जल स्रोतों से मानसून उपरांत CO₂ के गैस-निस्सारण प्रवाह का परिमाणीकरण : बेसिन के अपक्षयन पैटर्न पर विशेष महत्व

उच्च-ऊँचाई वाली धाराओं में कार्बन-चक्रण प्रक्रिया पर शोध यह समझने के लिए महत्वपूर्ण है कि वैश्विक जलवायु परिवर्तन के दौरान कार्बन वायुमंडल के लिए स्रोत या सिंक के रूप में कार्य करता है या नहीं। इस अध्ययन में, हमने विश्लेषणात्मक जल-रसायन और PHREEQC सॉफ्टवेयर (संस्करण 3.7.3) की सहायता से भागीरथी और अलकनंदा नदियों से मानसून के बाद CO₂ फ्लक्स (FCO₂) का परिमाणीकरण किया है। हमारे परिणाम दर्शाते हैं कि भागीरथी और अलकनंदा नदियों के ऊपरी प्रवाह से FCO₂ का मान क्रमशः 88 gCO₂.m⁻².d⁻¹ और 175 gCO₂.m⁻².d⁻¹ 88 है, जो निचले प्रवाह (क्रमशः 18 gCO₂.m⁻².d⁻¹ और 4.1 gCO₂.m⁻².d⁻¹) से काफी अधिक है। FCO₂ में यह अंतर ऊँचाई के साथ गैस स्थानांतरण वेग (kCO₂) में बड़े

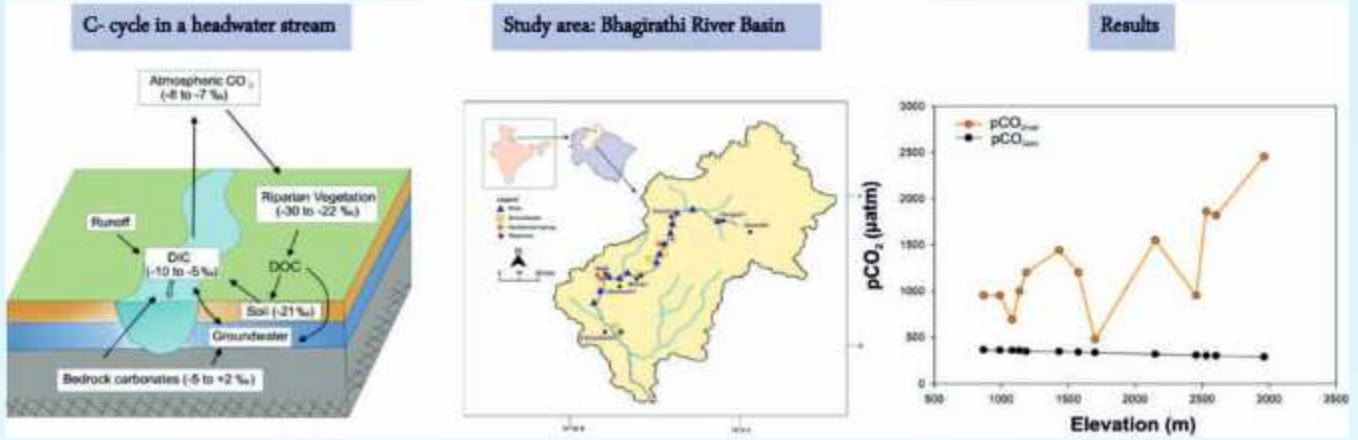


चित्र 72: स्रोत क्षेत्र में भौतिक परिवर्तनों के साथ-साथ रेडॉन और तापमान परिवर्तनशीलता की व्याख्या करता एक योजनाबद्ध भौतिक मॉडल। (ए) आरेख स्रोत क्षेत्र के उपग्रह चित्र को दर्शाता है, (बी) पृथक किए गए वेज की ज्यामिति, (सी) प्रेक्षित भूभौतिकीय प्राचल तथा (डी) भौतिक परिवर्तन जो पूर्ववर्ती संकेतों के सृजन के दौरान शैल गतिकी को प्रभावित करते हैं।

बदलाव के कारण है, जिसमें अपस्ट्रीम खंड डाउनस्ट्रीम की तुलना में लगभग आठ गुना अधिक kCO_2 प्रदर्शित करता है। अधिक तीव्र तल ढलान अधिक ऊंचाई पर अशांति और ऊर्जा अपव्यय को बढ़ाता है, जिससे kCO_2 का मान बढ़ जाता है। नदियों में CO_2 का आंशिक दबाव वायुमंडल की तुलना में लगभग 2.5 गुना अधिक था। हमारे निष्कर्ष बताते हैं कि नदियों के उच्च-ढाल वाले क्षेत्रों में प्रचलित तल घर्षण के बजाय, रूप-कर्षण अशांति ही वायुमंडल में CO_2 के विगैसिंग का मुख्य चालक है। यह अध्ययन दर्शाता है कि गंगा की मुख्य जल धाराएँ वायुमंडल में CO_2 का स्रोत हैं और CO_2 फ्लक्स के लिए अन्य हिमालयी जलधाराओं की निगरानी की आवश्यकता को रेखांकित करता है (चित्र 73)।

पर्वत निर्माण प्रक्रियाएं जितना CO_2 अवशोषित करती हैं, उससे कहीं अधिक उत्सर्जित करती हैं (लियू एट अल., 2023; बुफे एट अल., 2021; टोरेस एट अल., 2016; झांग एट अल., 2009), जो पर्वतीय धाराओं में कार्बन चक्र के अध्ययन की आवश्यकता पर प्रकाश डालता है। वैश्विक स्तर पर, उच्च-ऊंचाई वाली धाराएं अक्सर वायुमंडल की तुलना में pCO_2 का उच्च स्तर दर्शाती हैं (क्लो एट अल., 2021; हॉर्गबी एट अल., 2019; मार्क्स एट अल., 2017; मैकडॉवेल और जॉनसन 2018; नैचिमुथु एट अल., 2017; रोशर-रोस एट अल.,

2019)। यद्यपि नदियों में CO_2 फ्लक्स (FCO_2) का व्यापक अध्ययन किया गया है (कोल एट अल., 2007; लॉयरवाल्ड एट अल., 2015; लियू एट अल., 2022; रेमंड एट अल., 2013; सबाकुची एट अल., 2017), फ्लोटिंग वैबर्स या ट्रेसर्स का उपयोग कर गैस स्थानांतरण वेग (kCO_2) का अनुमान लगाने में आने वाली चुनौतियों के कारण हेडवाटर धाराओं का अभी तक अध्ययन नहीं किया गया है (एलिन एट अल., 2011; नचिमुथु एट अल., 2017)। मौजूदा समीकरण (एलिन एट अल. 2011; रेमंड एट अल. 2012) उच्च-ऊंचाई वाली धाराओं के लिए आदर्श नहीं हैं, हालांकि उल्सेथ एट अल. (2019) ने वैश्विक आँकड़ों के आधार पर बेहतर मॉडल प्रस्तावित किए हैं। pCO_2 को सेंसर से मापा जा सकता है या PHREEQC या CO_2SYS जैसे सॉफ्टवेयर का उपयोग कर अनुमानित किया जा सकता है (ली एट अल., 2012, 2013; लॉयरवाल्ड एट अल., 2015; उपाध्याय एट अल., 2024)। गंगा नदी प्रणाली में, ऊपरी गंगा बेसिन (नूठ) में B_2 की गतिकी पर बहुत कम अध्ययन केंद्रित हुए हैं। मनका एट अल. (2018), नयना एट अल. (2022), और उपाध्याय एट अल. (2024) द्वारा किए गए शोध ने एलिन एट अल. (2011) और रेमंड एट अल. (2012) के समीकरणों पर भरोसा करते हुए, बड़े नदी खंडों के लिए, हालांकि अक्सर सीमित स्थानिक विभेदन के साथ, CO_2 प्रवाह



चित्र 73 : शोध का ग्राफिकल सारांश (कार्यप्रणाली > कार्यान्वयन > निष्कर्ष)।

अनुमान प्रदान किए। यह अध्ययन गढ़वाल हिमालय में भागीरथी और अलकनंदा नदियों में जल-रसायन व CO₂ के अपघटन का विश्लेषण करता है। जबकि पिछले शोधों में जल रसायन विज्ञान की जाँच की गई है (यथा., कुमार एट अल. 2009; सिंह एट अल. 2014), भूजल को शामिल करने वाले व्यापक आकलन का अभाव है। भूतापीय झरने उच्च CO₂ उत्सर्जन का संकेत देते हैं (जीएसआई, 2000; तिवारी एट अल., 2016, 2020), लेकिन नदी की कार्बन गतिकी अनिश्चित बनी हुई है। PHREEQC का उपयोग कर, हम अनुमान लगाते हैं कि मानसून के बाद नदियों का pCO₂ वायुमंडलीय स्तर से लगभग 2.5 गुना अधिक है। अलकनंदा और भागीरथी नदियों के ऊपरी प्रवाह से CO₂ प्रवाह क्रमशः 88 gCO₂m⁻²d⁻¹ और 175 gCO₂m⁻²d⁻¹ है, जो निचले प्रवाह के मानों से बहुत अधिक है। यह प्रवणता तीव्र अपस्ट्रीम खंडों (123 बनाम 16 md⁻¹) में उच्च kCO₂ द्वारा संचालित होती है, जो संभवतः बड़े खुरदरे तत्वों द्वारा उत्पन्न विक्षोभ के कारण है। हमारे निष्कर्ष क्षेत्रीय CO₂ उत्सर्जन में लघु हिमालयी जलग्रहण क्षेत्रों के महत्व को प्रकट करते हैं। इस अध्ययन की सीमाओं में pCO₂ और kCO₂ का अप्रत्यक्ष अनुमान, साथ ही कार्बोनेट क्षारीयता संबंधी अवधारणाएं शामिल हैं। भविष्य के शोध में प्रत्यक्ष मापों पर ध्यान केंद्रित किया जाना चाहिए तथा प्रवाह अनुमानों को परिष्कृत करने के लिए मृदा कार्बनिक कार्बन के योगदान का आकलन किया जाना चाहिए।

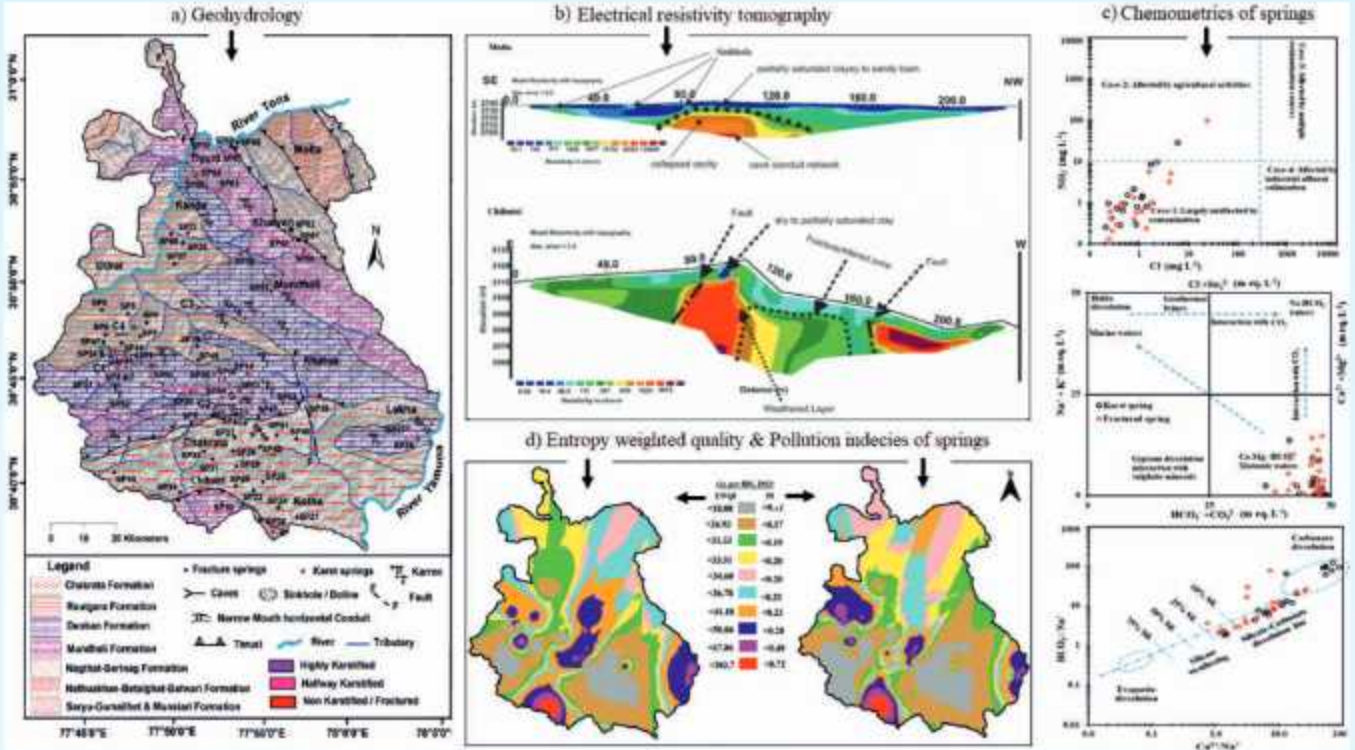
गतिविधि : 6बी

जलभूगर्भविज्ञान : हिमालयी नदी तंत्र एवं भूजल
(संतोष कुमार राय और रौफ अहमद शाह)

लघु हिमालय में कार्स्ट व विदर झरनों का जलभूगर्भविज्ञान तथा रसायनमिति मूल्यांकन

पहाड़ी क्षेत्रों में, जहां सीमित संख्या में हैंडपंप है, जलधाराओं के भू-जलविज्ञान और रसायनमिति का निर्धारण, पर्वतीय जलभृतों से भूजल के संरक्षण और स्थायी प्रबंधन के लिए आवश्यक है। इस दिशा में, भारत के लघु हिमालय के एक पूर्व में कम अध्ययन किए गए क्षेत्र

(चकराता) में कार्स्ट और विदर झरनों के भू-जल विज्ञान, मूल स्रोतों तथा गुणवत्ता विशेषताओं के बारे में पहली व विस्तृत जानकारी प्रदान की गई। अध्ययन से संकेत मिलता है कि देवबन व चकराता शैल संरचनाएँ, जो क्रमशः 285 वर्ग किमी और 208 वर्ग किमी में फैली हुई हैं, मध्यम से उच्च उपज वाली प्राथमिक जल-भूवैज्ञानिक इकाइयाँ हैं, जिनमें कार्स्टकरण और विखंडन प्रवाह पैटर्न व जलधाराओं के वितरण को काफी हद तक नियंत्रित करते हैं (चित्र 74ए)। विद्युत प्रतिरोधकता टोमोग्राफी (ईआरटी) मॉडल दो मुख्य प्रतिरोधक क्षेत्र दर्शाता है : 10–20 मीटर गहराई पर एक निम्न क्षेत्र (10–200 Ω.m), जो मोटी संतृप्त मिट्टी और अपक्षयित पदार्थों या द्रवचालित प्रतिबाधाओं से जुड़ा है, तथा 20–50 मीटर गहराई पर एक उच्च स्थानीयकृत क्षेत्र (1000 Ω.m से 50,000 Ω.m), जो उच्च संचरणशीलता नेटवर्क का सूचक है, जिसमें अंतराल, नालियाँ, गुफाएँ, अधिकतर हवा से भरी या सूखी होती हैं (चित्र 74बी)। रसायनमितीय विश्लेषण से पता चलता है कि झरने क्षारीय (pH: 7.8 से 9.4), कम से मध्यम खनिजयुक्त (TDS: 10 से 317 mg L⁻¹) होते हैं तथा उनकी आयनिक संरचना बहु-भूजनित विलयन प्रक्रियाओं द्वारा नियंत्रित होती है, इसलिए उन्हें Ca-HCO₃ और Ca-Mg-HCO₃ संलक्षणी (चित्र 74सी) के रूप में वर्गीकृत किया गया है। इसके अलावा, कार्स्ट जलधाराएं अधिकांशतः कार्बोनेट से अतिसंतृप्त होते हैं और दरार वाली जलधाराएं अधिकतर अल्प-संतृप्त होते हैं; हालाँकि, दोनों में उच्च (2×10³ to 8.9×10³ atm.) होता है, जो प्रवाह पथों पर सक्रिय विघटन-वर्षा प्रक्रियाओं का संकेत देता है। निष्कर्षों से पता चलता है कि जलधाराओं में जल की गुणवत्ता उत्कृष्ट है, एन्ट्रोपी जल गुणवत्ता सूचकांक व प्रदूषण सूचकांक मानव उपभोग के लिए सुरक्षित सीमाओं के भीतर हैं (चित्र 74डी); हालाँकि, दक्षिण-पूर्वी और दक्षिण-पश्चिमी भागों की कुछ जल धाराओं में कृषि भूमि का NO₃ (R²: 0.68) और बस. Cl⁻ (R²: 0.63) के साथ सकारात्मक सहसंबंध चिंता का विषय है। अध्ययन में यह अनुशांसा की गई है कि चूंकि भूजल सतत विकास लक्ष्यों (एसडीजीएस), विशेष रूप से एसडीजी-06 (सुरक्षित जल और स्वच्छता) और एसडीजी-13



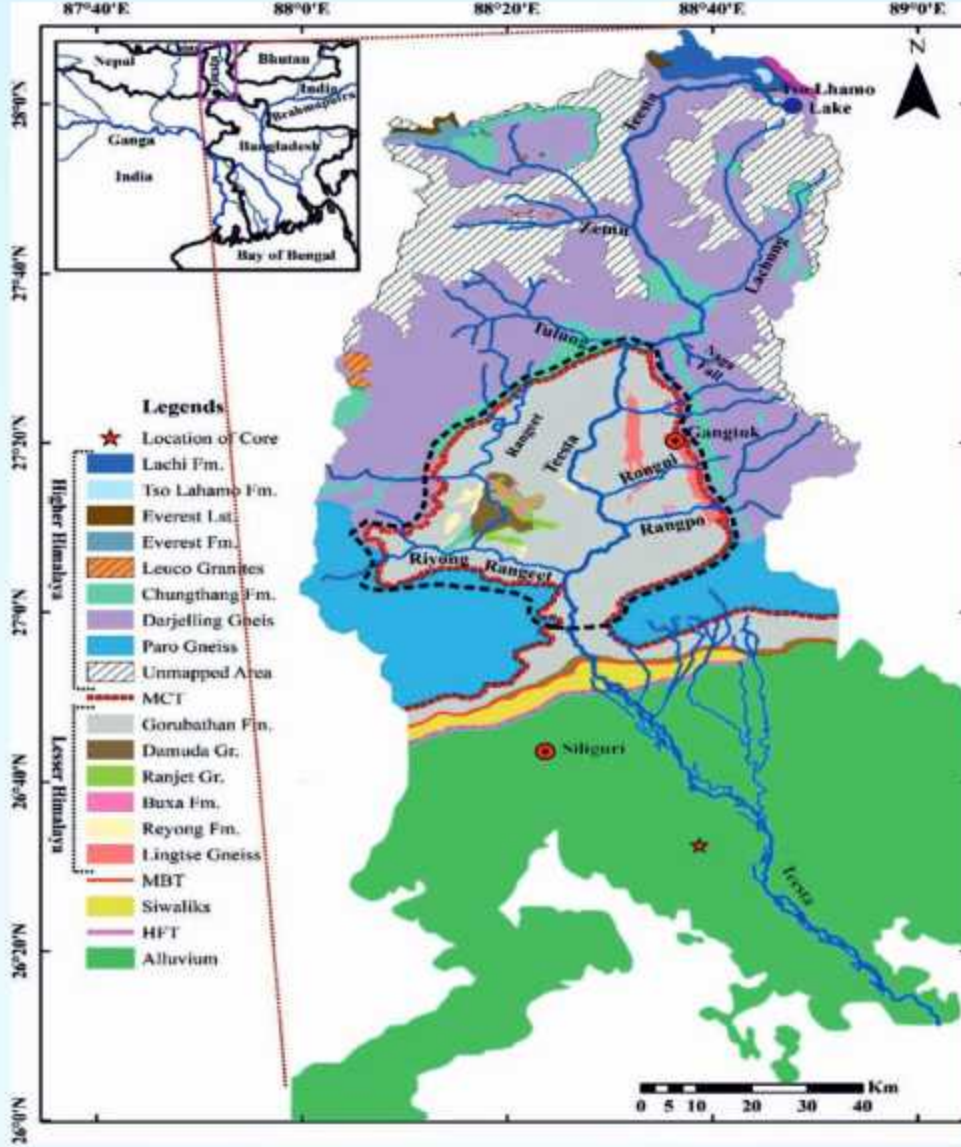
चित्र 74: (ए) भू-जल विज्ञान संबंधी सूचनाओं को दर्शाने वाला अध्ययन क्षेत्र का मानचित्र, (बी) भू-जनित और मानवजनित स्रोत तंत्र तथा प्रवाह पथों के साथ होने वाली प्रमुख भू-रासायनिक प्रक्रियाओं को दर्शाने वाले स्कैटर आरेख, (सी) मोडला व विल्मिरी ईआरटी खंडों के नीचे उपसतही प्रतिरोधकता वितरण, (डी) निगरानी किए गए कार्स्ट और विदर जलधाराओं के ईडब्ल्यूक्यूआई व पीआई के आधार पर जलधाराओं की जल गुणवत्ता की स्थिति।

(जलवायु कार्रवाई) को प्राप्त करने में महत्वपूर्ण रूप से जुड़ा हुआ है, इसलिए सिप्रिंग्सशेड और/या रिचार्ज कैचमेंट में स्थायी भूमि प्रबंधन पद्धतियों को लागू करने में स्थानीय समुदायों को शामिल करके एक स्थायी प्रयास वास्तव में इस पहाड़ी जनजातीय क्षेत्र में भूजल प्रणालियों की सुरक्षा में योगदान दे सकता है।

तीस्ता नदी बेसिन के अवसादिक स्रोत बजट पर जलवायु-विवर्तनिक नियंत्रण का विश्लेषण

हिमालय पर्वत का अपरदन और उसके बाद बाढ़ के मैदानों तथा दूरस्थ फैन में तलछट का जमा होना मुख्य रूप से क्षेत्र की विवर्तनिकी, जलवायु, आश्रमविज्ञान और उच्चावच द्वारा नियंत्रित होता है। ये अपरदित तलछट अपने निक्षेपण संग्रह में अपनी रासायनिक और समस्थानिक संरचना को संरक्षित रखते हैं, जिसका उपयोग अपरदन प्रक्रियाओं का पता लगाने और नियंत्रक कारकों की सापेक्ष भूमिका का आकलन करने के लिए किया जा सकता है। वर्तमान अध्ययन में तीस्ता नदी के विशाल फैन (चित्र 75) में लगभग 8 ky तलछट संचयन का प्रतिनिधित्व करने वाले लगभग 40 मीटर लंबे तलछटी कोर से प्राप्त तलछट के ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr और E_{Sr} सिलिकेट चरण का विश्लेषण किया गया। कोर की लिथोस्ट्रेटीग्राफी तीस्ता के

विशाल फैन की तीव्र संचयन प्रकृति का संकेत देती है। ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr और E_{Sr} गहराई के साथ बड़ी परिवर्तनशीलता प्रदर्शित करते हैं, जो क्रमशः 0.75700 से 0.89294 और -15.1 से -25.0 तक होती है। कोर तलछटों में प्रेक्षित ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr और E_{Sr} मान की व्याख्या उच्च और लघु हिमालयी शिलाखंडों से प्राप्त विभेदक तलछट योगदान के संदर्भ में की गई है। ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr और E_{Sr} समस्थानिक प्रोफाइल व अनुमानित आंशिक तलछट योगदान, लघु हिमालय को मध्य-होलोसीन काल से तीस्ता बेसिन में प्रमुख तलछट योगदानकर्ता के रूप में पहचानते हैं, जबकि अन्य हिमालयी नदी बेसिनों में अंतिम हिमनद अधिकतम के बाद उच्च हिमालय से प्राप्त तलछट का प्रभुत्व था। विवर्तनिक रूप से सक्रिय रंगीत गवाक्ष का तेजी से उत्प्रेषण और क्षरण, साथ ही केंद्रित वर्षा तथा बेसिन के लघु हिमालय में अपक्षय के प्रति संवेदनशील चट्टानों की उपस्थिति, कम से कम पिछले -8 ky में तीस्ता नदी बेसिन के तलछटी बजट के प्रमुख कारक प्रतीत होते हैं। हमारा आकलन बताता है कि विवर्तनिक गतिविधि तथा जलवायु का अवलोकित तलछटी बजट पर प्रतिस्पर्धी प्रभाव पड़ता है, जिसमें लिथोलॉजी की अतिरिक्त भूमिका भी शामिल है।



चित्र 75: तीस्ता बेसिन का भूवैज्ञानिक एवं जल निकासी मानचित्र, साथ ही तलछटी कोर का स्थान। रंगीत गवाक्ष की अवस्थिति को काली डैशदार रेखा के भीतर के क्षेत्र द्वारा चिह्नित किया गया है।

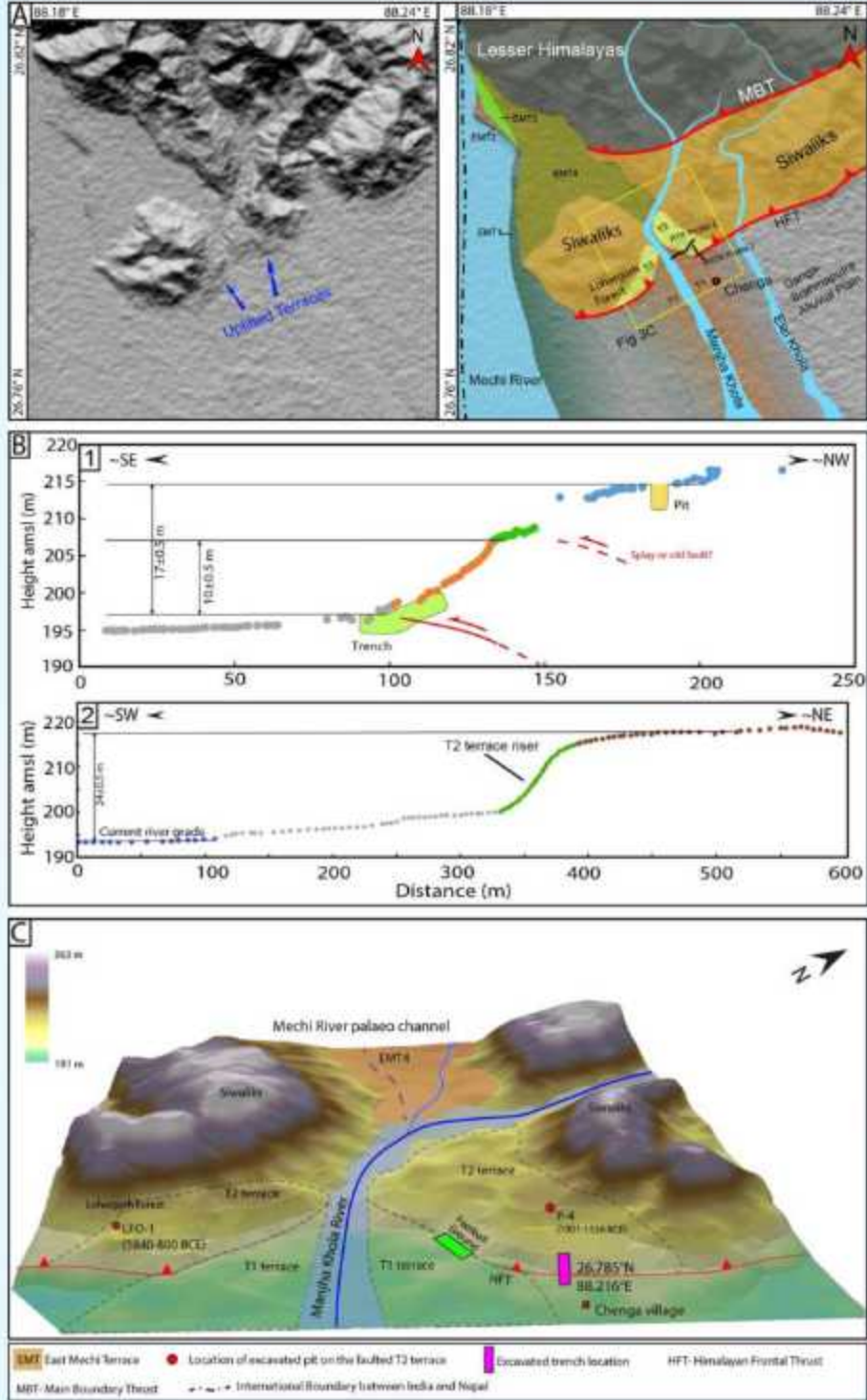
गतिविधि : 7

विभिन्न समय स्तरों पर मुख्य हिमालयी थ्रस्ट (एमएचटी) में विकृति संचयन/निर्मुक्तन दर का प्रमात्रीकरण
(आर.जे. पेरूमल, पी.के.आर. गौतम, राजेश एस., विकास अदलखा, शुभम बोस, राजीव लोचन मिश्रा और महेश कापावार)

पूर्वी हिमालय में एमएचटी की ज्यामिति, तनाव निर्मुक्तन एवं भूकंपीय जोखिमों का प्रमात्रीकरण

यह विवादास्पद बना हुआ है कि क्या मुख्य हिमालयी थ्रस्ट हिमालय में 700 किमी से अधिक लंबाई वाली एक भी सतह-विदारक घटना को जन्म दे सकता है। दार्जिलिंग-सिक्किम हिमालय (डीएसएच) में पिछले पुराभूकंपीय अध्ययनों ने मध्ययुगीन सतह-विदारक भूकंपों का सुझाव दिया था, और उन्हें नेपाल और भूटान में ग्यारहवीं-तेरहवीं

शताब्दी की घटनाओं से सहसंबंधित किया गया था और भूकंपीय विदारक लंबाई को 700 किमी से अधिक तक बढ़ाया था। इसके विपरीत, डीएसएच में 1714 के भूटान व 1934 के बिहार-नेपाल भूकंपों का कोई विदारक साक्ष्य नहीं है, जिसके परिणामस्वरूप बड़े भूकंपों की विदारक सीमा में विसंगति है। परिणामस्वरूप, हमने हिमालयन फ्रंटल थ्रस्ट पर वेंगा गॉव, डीएसएच में लगभग 10 मीटर ऊँचे फॉल्ट स्कार्प पर एक पुराभूकंपीय जाँच की, जिससे 1313-395 ईसा पूर्व के दौरान एक सतही फॉल्टिंग घटना का पता चला (चित्र 76-79)। हमारा सुझाव है कि डीएसएच एक अनुप्रस्थ रीज और फॉल्ट से घिरा 150 किलोमीटर लंबा एक स्वतंत्र खंड है तथा इसका पुनरावृत्ति अंतराल लगभग 949-1963 वर्ष है, जो नेपाल (लगभग 700-900 वर्ष) और भूटान हिमालय (लगभग 339-761 वर्ष) से काफी बड़ा है।



चित्र 76: (ए) अध्ययन क्षेत्र को 12.5 मीटर रिजॉल्यूशन एएलओएस-पालसर डीईएम पर मैप किया गया। लाल रेखा : एचएफटी (हिमालयन फ्रंटल थ्रस्ट)। पहला चित्र अपलिपट किए गए खंडों और स्थलाकृति के साथ अपरिष्कृत डीईएम है; दूसरा मैप की गई विशेषताओं के साथ एक ही क्षेत्र है। ईएमटी – ईस्ट मेची टेरेस, एलएफ-लोहारगढ़ वन। (बी1) आरटीके-जीपीएस सर्वेक्षण से निश्चित 10 मीटर और 17 मीटर ऊंचे स्कार्प प्रोफाइल। पीला बहुभुज : निलंबी दीवार पर खोदे गए गड्ढे का स्थान। (बी2) वर्तमान नदी ग्रेड से टेरेस राइजर के पार प्रोफाइल पर काटे गए टी2 टेरेस की सतह तक ~ 24 मीटर की ऊंचाई का अंतर दिखा रही है। (सी) मंझ खोला नदी के किनारे डैशदार रेखाएं दो स्तरों के टेरेस को चिह्नित करती हैं, जहां टी2 टेरेस को एचएफटी द्वारा विच्छेदित किया जाता है और टी1 टेरेस को सक्रिय भ्रंश द्वारा नहीं विच्छेद किया जाता है (ब्राइस एट अल, 2024)।



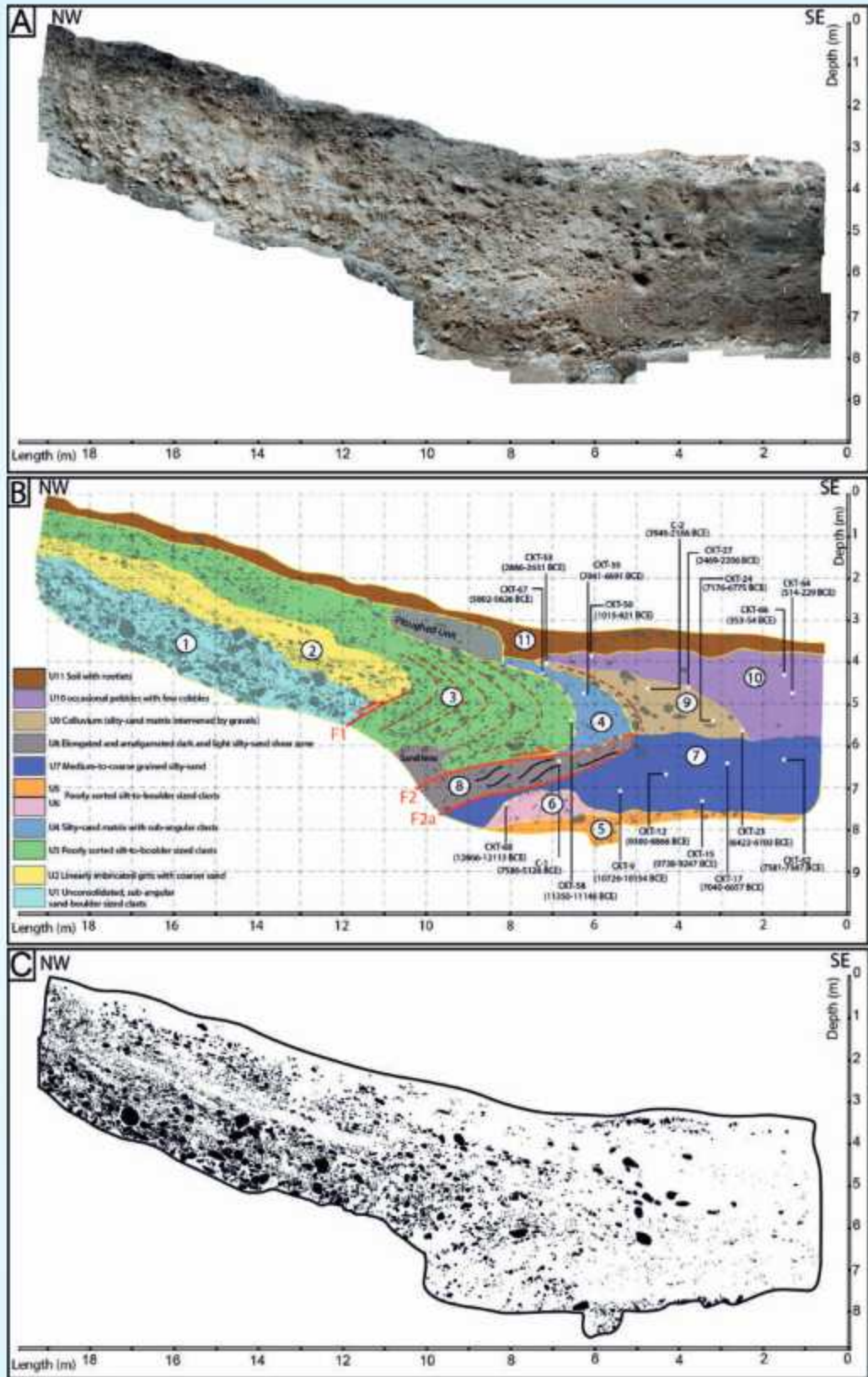
चित्र 77: शीर्ष चित्र फॉल्ट स्कार्प का एक विहंगम दृश्य है, जिसमें स्कार्प के आधार पर एक खोदी हुई खाई दिखाई दे रही है। यह तस्वीर रिको जीआर डिजिटल कैमरे से ली गई थी, जो डीजेआई फीटम 1 मानवरहित हवाई वाहन पर लगा था। नीचे बाएँ भाग में कृषि योग्य समतल भूमि (फुटवॉल) दिखाई दे रही है, और ऊपर दाएँ भाग में ऊपर उठा हुआ फॉल्ट स्कार्प (वन और ग्राम क्षेत्र) (हैंगिंग वॉल) है। नीचे के चित्र में खाई की जमीनी सतह से दीवारों को खुरचते हुए और चारकोल के नमूने एकत्र करते हुए दृश्य को दिखाया गया है।

दक्षिण-पूर्व कुमाऊँ हिमालय व पश्चिमी नेपाल हिमालय के सुदूर दक्षिणी भाग में भूगणितीय, कालानुक्रमिक और आकारमितीय डेटाबेस द्वारा पूरक विस्तृत क्षेत्र जांच के माध्यम से, विवर्तनिक विरूपण से संबंधित भू-आकृतियों के अभिज्ञान के लिए बहु-विषयक विधियों को नियोजित किया गया है। हमारे दो CORS स्थलों MUNS और PTH2 सहित प्रकाशित साहित्य (मंडल एट अल., 2016; यादव एट अल., 2021) से प्राप्त आवेग डेटा को एक सामान्य संदर्भ फ्रेम ITRF08 में बदल दिया गया है। यह वेग 37.67 से 67.98 मिमी/वर्ष की सीमा के साथ पूर्वोत्तर दिशा की ओर निरपेक्ष प्लेट गति को इंगित करता है और गति की दिशा 28.83° से 52.76° तक भिन्न होती है। IISC स्थल सीमा को 0.71 से 19.26 मिमी/वर्ष के साथ तय किया गया वेग दक्षिण की ओर कम हो रहा है आम तौर पर, भारतीय प्लेट यूरोशियन प्लेट से टकराने के लिए उत्तर की ओर बढ़ती रहती है, हालांकि स्थिर IISC से संबंधित वेग उत्तर-पश्चिम से उत्तर-पूर्व दिशा में दक्षिणावर्त गति दर्शाता है, जो अध्ययन क्षेत्र में क्रस्टल

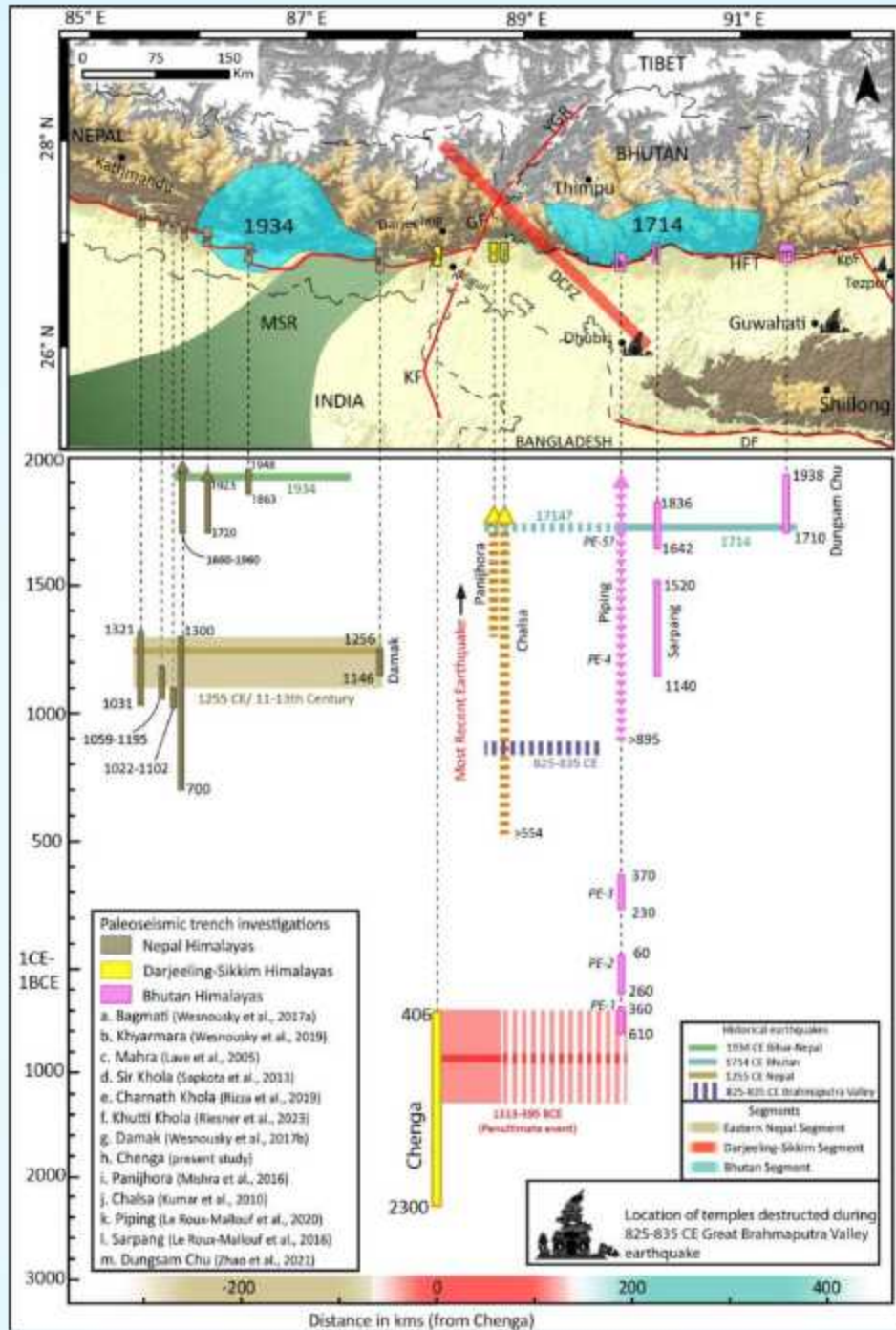
विरूपण को दर्शाता है। अध्ययन क्षेत्र में स्थानीय विरूपण के व्यवहार को समझने के लिए, हमने स्थिर MUNS द्वारा वेग का अनुमान लगाया जो एक स्थायी GNSS स्टेशन है तथा अध्ययन क्षेत्र में अवस्थित है। यहां हमने वेग क्षेत्र की दक्षिणावर्त गति व विरूपण के गैर-रैखिक पैटर्न को 0.5 से 14.79 मिमी/वर्ष की वेग सीमा के साथ भी देखा है। अल्मोड़ा नैप्पे के मध्य भाग में अवस्थित यह स्थल तुलनात्मक रूप से 28.66 मिमी/वर्ष तक उच्च विरूपण दर प्रदर्शित करता है, जो वर्तमान स्थानीय सक्रिय भ्रंशों/प्रक्षेपों का प्रभाव हो सकता है। इस अध्ययन के माध्यम से हमारा समग्र अवलोकन यह है कि टनकपुर व उत्तर-पश्चिमी हिमालय में इसके आस-पास का क्षेत्र विवर्तनिक रूप से सक्रिय है, हालांकि भविष्य में अवसंरचनात्मक विकास के लिए विवर्तनिक रूप से सक्रिय क्षेत्रों के लिए ऐसे अंतःविषय अध्ययनों की आवश्यकता है।

देहरादून री-एण्ट्रेंट में शिवालिक पहाड़ियों के भू-आकृति संबंधी सूचकांकों और अंतर-भूकंपीय भू-गणितीय विरूपण का सहसंबंध

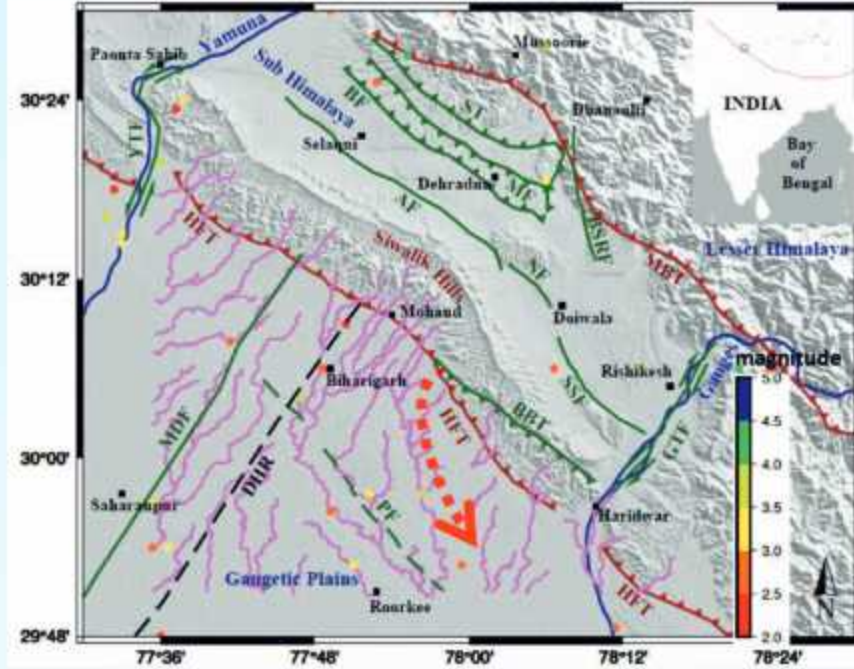
शिवालिक पहाड़ियों और आसपास के एचएफटी के अंतर-भूकंपीय विरूपण पर भू-गणितीय अध्ययनों के अलावा, हमने अध्ययन क्षेत्र में पर्वतीय अग्रभाग की वक्रता और धारा-लंबाई प्रवणता जैसे स्थापित भू-आकृति संबंधी सूचकांकों के विश्लेषण के माध्यम से भू-आकृति संबंधी जाँच भी की। पर्वतीय अग्रभाग की वक्रता (एसएमएफ) एक सूचकांक है जो अपरदनकारी और विवर्तनिक बलों को जोड़ता है। सक्रिय भ्रंशों से जुड़े पर्वतीय अग्रभागों को निष्क्रिय या सुप्त भ्रंशों से घिरे पर्वतीय अग्रभागों की तुलना में रैखिक ज्यामिति वाला माना जाता है। अध्ययन क्षेत्र में प्राप्त एसएमएफ मान 1 (1.25) के करीब है, जो एक सक्रिय पर्वतीय अग्रभाग को दर्शाता है। इसलिए, शिवालिक की तलहटी में और एचएफटी के करीब 1.25 का परिकल्पित पर्वतीय अग्रभाग वक्रता सूचकांक इंगित करता है कि एचएफटी की गतिविधि के कारण पर्वतीय अग्रभाग सीधा और सक्रिय है। इसके अलावा, एचएफटी को काटते हुए नदी प्रोफाइल के साथ किए गए धारा ढाल विश्लेषण भी एचएफटी पर उनके प्रवाह में अचानक परिवर्तन दिखाते हैं। यह अनुमान लगाया गया है कि शिवालिक एंटीक्लिनल रिज धाराओं के दक्षिण-पूर्व की ओर परिवर्द्ध प्रवाह पर संरचनात्मक नियंत्रण रखता है। अचानक धारा विक्षेपण के कारण प्रवाह पाइडमोंट फॉल्ट के उप-समानांतर हो जाता है और उनकी रैखिक व्यवस्था से पता चलता है कि एचएफटी के दक्षिण में स्थित पाइडमोंट फॉल्ट भी सक्रिय है और क्षेत्रीय सतह विरूपण प्रक्रियाओं में योगदान देता है (चित्र 80)। नदी धाराओं के दक्षिण-पूर्व की ओर गति का अंतर्निहित कारण एचएफटी की तलहटी के भीतर शिवालिक पहाड़ियों के अग्र भाग में अनुमानित अंतर-भूकंपीय भूगणितीय वेगों से भी संबंधित है। परिणाम दिखाते हैं कि एचएफटी के दक्षिण में जीपीएस स्टेशनों में एचएफटी के स्ट्राइक के समानांतर -4-5 मिमी/वर्ष की दक्षिण-पूर्व दिशा में प्रमुख गति है जो कि मुख्य रूप से एक चाप समानांतर गति है और धाराओं ने भी उथले क्रस्टल ब्लॉक के दक्षिण-पूर्व की ओर क्षैतिज गति के साथ अपने प्रवाह को संरेखित किया है।



चित्र 78: (ए) चेंगा स्थल पर उत्खनित ट्रेंच का फोटोमोजेक (बी) इकाई के विवरण के साथ ट्रेंच का ग्राफिकल प्रतिनिधित्व। लाल रेखाएँ : भ्रंश प्रसार। (सी) ट्रेंच अनावरण की संरचना को प्रदर्शित करने वाला उदाहरणात्मक लॉग (ब्राइस एट अल., 2024)।



चित्र 79: पिछले अध्ययनों के साथ स्पेस-टाइम सहसंबंध। एमएसआर और डीसीएफजेड के मध्य का खंड हिमालयी खंड में संभावित विखंडन और 1255 ई., 1714 ई. और 1934 ई. की घटनाओं के विखंडन की सीमा को दर्शाता है। विगत सहस्राब्दियों में घटित बड़े भूकंपों के अर्धभूकंपीय क्षेत्र व संभावित हाइपोसेंटर स्थान (फारभासी नीला) गहरे नीले रंग के बहुभुज पुराभूकंपों के अनुमानित विखंडन क्षेत्र हैं। नेपाल, डीएसएच और भूटान क्षेत्र में पिछले पुराभूकंपीय जांच स्थलों के स्थानों को अलग-अलग रंग दिए गए हैं जो विभिन्न खंडों को चिह्नित करते हैं। ऊर्ध्वाधर रंगीन पट्टियाँ कई अध्ययनों से अनुमानित भूकंपीय घटनाओं की आयु सीमा हैं, और तीर के सिरे वाली पट्टियाँ अनुमानित भूकंप की कोई निचली सीमा नहीं दर्शाती हैं, इसलिए यह घटना ऊपरी सीमा की आयु के बाद हुई। क्षैतिज पट्टियाँ विभिन्न पुराभूकंप घटनाओं की पार्श्व सीमा हैं। डीएसएच क्षेत्र में अंतिम से पहले की घटना की डैशदार लाल पट्टी डीसीएफजेड अवरोध से परे संभावित विखंडन का संकेत देती है। चित्र के निचले भाग में धुंधले (सटीक समाप्ति बिंदु अस्पष्ट है) सिरों वाली तीन क्षैतिज पट्टियाँ विभिन्न खंडों की संभावित सीमा को दर्शाती हैं (ब्राइस एट अल., 2024)।



चित्र 80: अग्रभागीय नदी घाटाओं (लाल बिंदीदार तीर) का दक्षिण-पूर्व की ओर प्रवाह जो अचानक पीडमोंट फॉल्ट (पीएफ) के उप-समानांतर हो जाता है, सामने की उथली परत के संगत ब्लॉक संरचना को इंगित करते हैं।

भूमि गुरुत्व डेटा प्रसंस्करण और गुरुत्व विसंगतियों का सृजन

सहारनपुर से मसूरी और मसूरी से जीरोपॉइंट और आईटीएम/डीआरडीओ तक अन्य दो उप-प्रोफाइलों के साथ प्राप्त भूमि गुरुत्व डेटा का प्रसंस्करण पूरा हो चुका है और मुक्त-वायु गुरुत्व, बौगुएर विसंगति व पूर्ण बौगुएर विसंगतियों का पहला संस्करण तैयार किया गया है। इन सभी प्रोफाइलों में मुक्त-वायु विसंगतियाँ स्थलाकृति के साथ पूर्णतः सुमेलित हैं और इनके मान GRS80 दीर्घवृत्त के सापेक्ष 66 mGal से -122 mGal तक भिन्न होते हैं। एमएसएल के सापेक्ष डेटा रूपांतरण EGM2008 व स्थानीय गुरुत्व भू-आकृति का उपयोग कर ऑर्थोमेट्रिक ऊँचाई की गणना करके किया गया। इन ग्रेविमेट्रिक जियोइड मॉडलों की गणना 1) कर्टिन यूनिवर्सिटी ऑफ टेक्नोलॉजी विधि के माध्यम से मोलोटोडोस्की की समस्या के लिए मोरित्ज के विश्लेषणात्मक समाधान 2) वैनिसेक और क्लेउसबर्ग संशोधित स्टोक्स कर्नेल विधि का उपयोग करके तथा 3) योजक सुधारों के साथ स्टोक्स सूत्र के कम से कम वर्ग संशोधन की विधि के आधार पर की जाती है। EGM2008 मॉडल 2160 डिग्री और ऑर्डर तक पूरी तरह से विस्तारित गोलाकार हार्मोनिक समाधान गुणांक का उपयोग करके प्राप्त किया गया है। ग्रेविमेट्रिक जियोइड्स के बीच विसंगतियाँ बहुत कम व <1 सेमी हैं। जबकि ऊँचे क्षेत्र में वैश्विक मॉडल के संबंध में स्थानीय ऑर्थोमेट्रिक ऊँचाइयों में विसंगतियाँ 75 से 80 सेमी तक भिन्न होती हैं। बीजी विसंगति गंगा के मैदान में -125 एमजीएल से लेकर ऊँचे मसूरी क्षेत्र की ओर -167 एमजीएल तक और शिवालिक की ऊँचाई पर लगभग -145 एमजीएल है। पूर्ण पैमाने पर स्थलाकृतिक उन्नयन जिसमें बृगर गोलाकार टोपी (बुलार्ड

बी) और भूभाग सुधार (बुलार्ड सी) शामिल हैं, को एमएसएल सही फ्री-एयर विसंगति पर लागू किया गया है और इस क्षेत्र की पूर्ण बृगर (सीबीजी) विसंगति उत्पन्न की है। सीबीजी विसंगति मैदान में -155 से लेकर ऊँचे क्षेत्र की ओर -172 तक भिन्न होती है। बीजी और सीबीजी विसंगतियों से मुख्य निष्कर्ष यह निकलता है कि बेसमेंट उत्तर की ओर - एमएचटी की तरह - एमबीटी की ओर झुक रहा है, जहाँ बाहरी लघु हिमालयी चट्टानें बेसमेंट के ऊपर से गुजर रही हैं। अग्रतर मॉडलिंग पर कार्य जारी है।

जीपीएस समय श्रृंखला डेटा में डीप लर्निंग (एएनएन और एलएसटीएम) का अनुप्रयोग

जीपीएस डेटा का व्यापक रूप से नेविगेशन, सर्वेक्षण और पर्यावरण निगरानी के लिए उपयोग किया जाता है, लेकिन सिग्नल व्यवधान या डेटा रिक्तताओं के कारण इसमें अक्सर अनुपलब्ध मान होते हैं। सामान्य प्रक्षेप तकनीकें, यथा, रैखिक, बहुपद और स्पलाइन विधियाँ, आमतौर पर इन अंतरालों को भरने के लिए उपयोग की जाती हैं, लेकिन समय श्रृंखला डेटा की जटिलताओं से निपटने में अक्सर कम पड़ जाती हैं। यह अध्ययन उत्तर, पूर्व और ऊर्ध्वाधर घटकों के लिए जीपीएस डेटा में अनुपलब्ध मानों का बेहतर अनुमान लगाने के लिए मशीन लर्निंग मॉडल, विशेष रूप से कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क (एएनएन) और दीर्घकालिक स्मृति (एलएसटीएम) नेटवर्क के उपयोग की जाँच करता है। अवलोकनों से पता चलता है कि एलएसटीएम मॉडल एएनएन और पारंपरिक विधियों से बेहतर प्रदर्शन करते हैं, और 0.0018 से 0.1082 मिमी तक के रूट माध्य वर्ग त्रुटि (आरएमएसई) मानों को काफी कम प्राप्त करते हैं। पारंपरिक प्रक्षेप

विधियों में, के-निकटतम पड़ोसी (केएनएन) ने उत्तर और पूर्व घटकों के लिए सर्वोत्तम परिणाम प्रदान किए। इसके विपरीत, रैखिक प्रक्षेप वर्टिकल घटक के लिए 0.4051 मिमी के RMSE के साथ सबसे प्रभावी था। हालाँकि, गहन शिक्षण विधियों ने सर्वोत्तम प्रदर्शन करने वाले पारंपरिक तरीकों को भी पीछे छोड़ दिया, जिससे अधिक सटीक GPS डेटा प्रक्षेप के लिए LSTM मॉडल की क्षमता उजागर हुई। अध्ययन से पता चलता है कि इन मॉडलों को एन्सेम्बल तकनीकों के साथ बढ़ाया और उन्नत किया जा सकता है, जिससे ये विभिन्न अनुप्रयोगों में GPS डेटा सटीकता में सुधार के लिए एक शक्तिशाली उपकरण बन सकते हैं। हाल के शोध से प्राप्त साक्ष्य यह भी दर्शाते हैं कि तंत्रिका नेटवर्क, विशेष रूप से LSTM मॉडल, GPS त्रुटि पूर्वानुमान और डेटा प्रक्षेप में लगातार बेहतर परिणाम देते हैं।

विखंडन-पथ तापकालानुक्रम अध्ययन

हमारा अध्ययन उत्तर-पश्चिमी हिमालय में जियानबुल नीसिक डोम से पहला एपेटाइट विखंडन पथ (एएफटी) और जिरकोन विखंडन पथ (जेडएफटी) तापकालानुक्रम संबंधी अभिलेख प्रदान करता है। यह गुंबद दो विस्तारित अपरूपण क्षेत्रों से घिरा है, यथा, दक्षिण तिब्बती पृथक्करण प्रणाली (एसटीडीएस) जो उत्तर-पूर्व की ओर झुकी हुई है और खंजर अपरूपण क्षेत्र (केएसजेड) जो दक्षिण-पश्चिम की ओर झुकी हुई है। एएफटी शीतलन काल 14.2 ± 1.2 से 5.7 ± 1.1 मिलियन वर्ष पूर्व तक है, और जेडएफटी काल 22.8 ± 2.2 से 14.6 ± 0.9 मिलियन वर्ष पूर्व तक है। जेडएफटी काल परिसीमा भ्रंशों की ओर कम होते जाते हैं, जबकि एएफटी काल डोम में स्थिर रहता है। विखंडन-ट्रेक डेटा, प्रकाशित Ar-Ar और (U-Th)/He शीतलन युगों के संयोजन में, डोम के उत्पन्न की ओर ले जाने वाली प्रक्रियाओं का विश्लेषण करने के लिए एक थर्मो-काइनेमेटिक व्युत्क्रम व अग्र मॉडल का उपयोग कर तैयार किया गया है। रीवर इन्सीजन, लिथोलॉजी, मुख्य हिमालयी थ्रस्ट, मुख्य केंद्रीय थ्रस्ट, एसटीडीएस, ग्लेशियर नियंत्रण और उत्पन्न पर कटाव नियंत्रण जैसी विसंगतियों के साथ विरूपण जैसे विभिन्न परिदृश्यों का परीक्षण किया गया है। हमारे परिणाम बताते हैं कि सामान्य भ्रंश का विस्तार जीडी के उत्पन्न के लिए प्राथमिक तंत्र है। विस्तार दो चरणों में हुआ : (ए) एसटीडीएस के साथ प्रारंभिक सामान्य संवेदन के दौरान जब शीयर के विपरीत भाव को प्रारंभिक मियोसीन के दौरान शीयर के सामान्य भाव में बदल दिया गया था, और (बी) लेट मियोसीन के दौरान। विस्तार का प्रारंभिक चरण हिमालयी ओरोजेन में एक अच्छी तरह से पहचानी गई घटना है हालांकि, लेट मायोसिन के दौरान एसटीडीएस के साथ विस्तारात्मक गतिविधि की प्रथम रिपोर्ट हमें यह जांचने की अनुमति देती है कि क्या यह स्थानीय घटना है या क्षेत्रीय घटना है जो भंगुर चरण में हुई थी। इस प्रकार, हमने पश्चिम से पूर्व तक हिमालय में सभी प्रचलित नाइसिस डोम के सभी प्रकाशित भू-कालानुक्रमिक व ताप-कालानुक्रमिक डेटा को

संकलित किया तथा चट्टानों के शैल पथ व भंगुर फेज विरूपण के इतिहास का आकलन करने के लिए 3 डी थर्मोकाइनेमेटिक मॉडल चलाया। हमारे परिणाम बताते हैं कि हिमालय के पूरे आर्क में विस्तार के दो चरण घटित हुए। पहले चरण ने गुरुत्व के कारण विस्तार के साथ-साथ मध्य-पर्यटी गहराई से चट्टानों की नमनीय सामग्रियों के दक्षिण-पश्चिम प्रवास को सुविधाजनक बनाया। विस्तारात्मक कोलेप्स का दूसरा चरण ~ 7-3 Ma पूर्व भंगुर चरण के दौरान हुआ था।

शैल चुंबकीय अध्ययन

निदर ओफियोलाइटिक शैल द्वारा अनुभव की गई चुंबकीय खनिज विशेषताओं व अपवाहन गतिकी का अनुमान लगाने के लिए निदर ओफियोलाइटिक चट्टानों का शैल चुंबकीय, पेट्रोग्राफी और पेट्रोफैब्रिक (एएमएस) विश्लेषण किया गया। साथ ही, मोहंद क्षेत्र से एकत्रित मध्य शिवालिक चट्टानों के शैल चुंबकीय चिह्नों को प्रकाशन हेतु एक उपयुक्त पत्रिका में प्रस्तुत किया जाएगा। सिंधु शीरे के उपशी-लाटो खंड से एकत्रित उन्मुखित नमूने पुराचुंबकीय नमूना तैयार करने की प्रक्रिया से गुजर रहे हैं। इसके अलावा, मैग्नेटोस्ट्रेटीग्राफी दृष्टिकोण के माध्यम से इसके उत्पन्न इतिहास को समझने के लिए, पूर्वोत्तर भारत के नागा-शूपेन बेल्ट में 20 दिनों का क्षेत्र कार्य किया गया। इसके अतिरिक्त, स्रोत लक्षण-निर्धारण के एक प्रॉक्सी के रूप में गंगोत्री हिमनद तलछटों का पर्यावरणीय चुंबकीय अध्ययन किया गया, जो उनके अस्तित्व के एक ही स्रोत, यथा, गंगोत्री उप-हिमनद, का संकेत देता है। इसी प्रकार, देहरादून शहर की ऊपरी मुदाओं की मानवजनित प्रदूषण के लिए जाँच की गई तथा औद्योगिक प्रदूषण के स्थान पर यातायात-संबंधी प्रदूषण से उनके संबंध का मूल्यांकन किया गया।

संरचनात्मक एवं सूक्ष्म विवर्तनिक अध्ययन

- भारत के गढ़वाल हिमालय में मुख्य केंद्रीय थ्रस्ट क्षेत्र और वृहत्तर हिमालयी अनुक्रम में भूवैज्ञानिक से दशकीय समय पैमाने के माध्यम से स्ट्रेन तंत्र का उद्भव।
- भारत के गढ़वाल हिमालय में मुख्य केंद्रीय थ्रस्ट क्षेत्र एवं वृहत्तर हिमालय अनुक्रम में भूपर्पटी के संकुचन का प्रमात्रीकरण।
- भारत के गढ़वाल हिमालय में ओलिगोसीन से मायोसीन तक हिमालयन मेटामॉर्फिक कोर (एचएमसी) के निष्कासन की क्रियाविधि स्थापित की गई।
- भारत के उत्तर-पश्चिमी हिमालय के मुख्य सीमा थ्रस्ट क्षेत्र में 14 दिनों का क्षेत्र कार्य और भारत के गढ़वाल हिमालय के मुनस्यारी थ्रस्ट क्षेत्र तथा आंतरिक लघु हिमालय में 3 दिनों का क्षेत्र कार्य किया गया।

वित्तपोषित अनुसंधान परियोजनाएं

पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय द्वारा वित्तपोषित परियोजना

उत्तर-पश्चिम हिमालय एवं लद्दाख-काराकोरम क्षेत्र में श्योक सूचर क्षेत्र तथा समीपवर्ती क्षेत्र के भूकंपीय विवर्तनिकी पर विशेष महत्ता के साथ भूपर्पटी व ऊपरी मेंटल संरचना का उच्च-रिजॉल्यूशन मानचित्रण

(देवाजित हजारीका और नरेश कुमार)

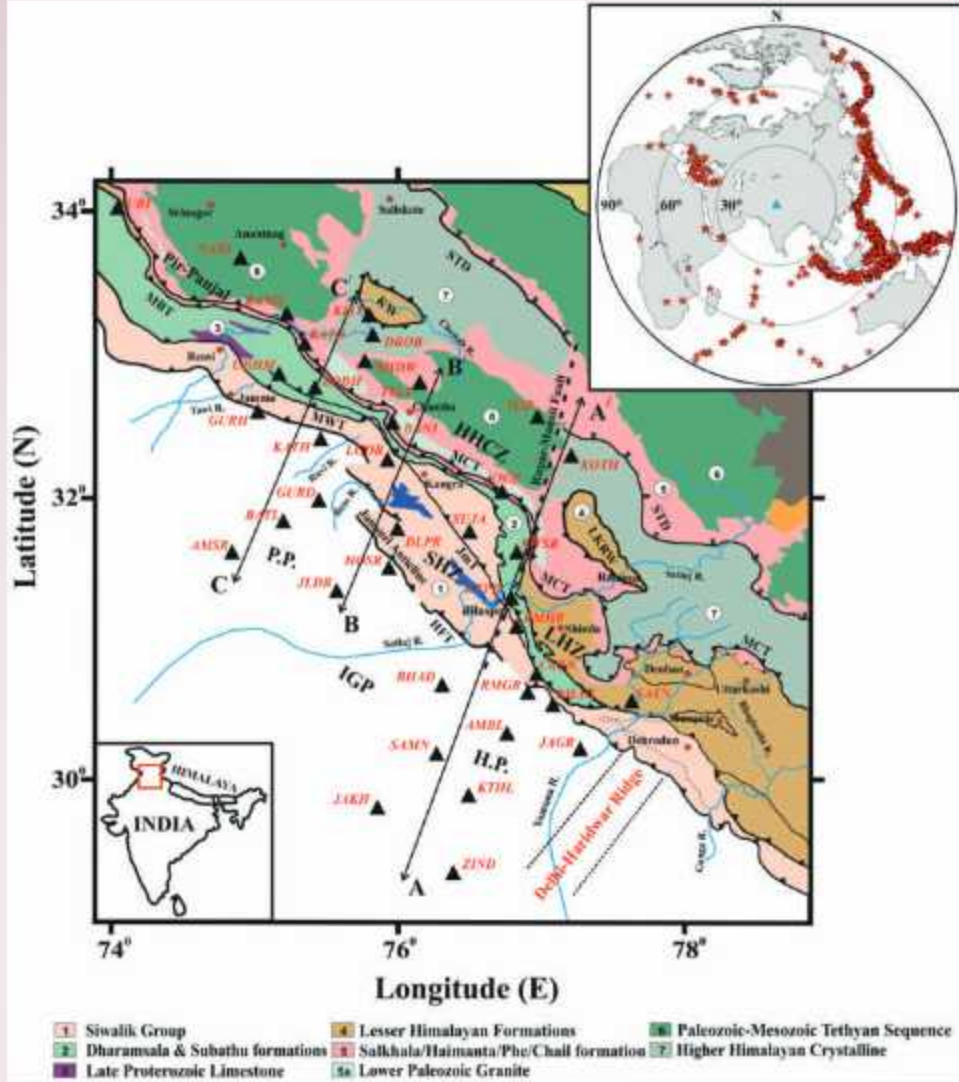
उत्तर-पश्चिम हिमालय एवं समीपस्थ सिंधु-गंगा के प्लेन में भूपर्पटी की संरचना और संरचना

हिमालय के तले भारतीय प्लेट के अवक्षेपण तंत्र के परिणामस्वरूप न केवल हिमालयी चाप में विकृति दर, स्लिप में कमी और भूकंपीयता में भिन्नताएँ आई हैं, बल्कि भूपर्पटी की मोटाई और उसकी संरचना में भी भारी पार्श्व परिवर्तन हुए हैं। भूपर्पटी विन्यास में ऐसे परिवर्तनों की जाँच हिमालयी क्षेत्र में भूकंपीय गतिविधि और क्षेत्र के भू-गतिकी विकास को समझने के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है। उत्तर-पश्चिम हिमालय में विशिष्ट अनुप्रस्थ ट्रांजैक्टों में कुछ अध्ययनों के बावजूद, भूपर्पटी की मोटाई और अवसंरचना में पार्श्व परिवर्तनों का मानचित्रण करने के लिए कोई प्रयास नहीं किए गए हैं। इस अध्ययन में, उत्तर-पश्चिम हिमालय और आसपास के आईजीपी (चित्र 81) में 38 ब्रॉडबैंड भूकंपीय स्टेशनों पर औसत क्रस्टल मोटाई और V_p/V_s अनुपात को अंतिम रूप दिया गया। यह कार्य पिछले वार्षिक प्रतिवेदन में इंगित कार्य का विस्तार है। रिसीवर कार्यों की मानक एच-के स्टैकिंग तकनीक को लागू किया गया है ($>w$ और कनामोरी, 2000)। हालांकि, कम-आवेग अवसादिक परत के भीतर महत्वपूर्ण जटिलताओं के कारण तलछटी बेसिन में इसका अनुप्रयोग एक चुनौतीपूर्ण कार्य है। इस मुद्दे को दूर करने के लिए, येक एट अल (2013) की अनुक्रमिक एच-के स्टैकिंग विधि को महत्वपूर्ण तलछट कवर वाले स्टेशनों के लिए अपनाया गया है (चित्र 82)। हमारे परिणामों को अन्य प्रकाशित अध्ययनों के साथ एकीकृत करने से क्रस्टल मोटाई और संरचनागत परिवर्तनों में क्षेत्रीय विविधताओं के मानचित्रण में सुगमता हुई है।

रिसीवर फंक्शन (RF) विश्लेषण के लिए, टेलीसिस्मिक भूकंप डेटा का उपयोग किया गया, जिसका परिमाण $M_b \geq 5.5$ और सिग्नल-टू-नॉइज अनुपात (SNR) ≥ 3.0 था। मेंटल ट्रिप्लिकेशन और कोर-मेंटल सीमा जटिलताओं से बचने के लिए केवल 30° - 90° उपकेंद्रीय दूरी के भीतर की घटनाओं को शामिल किया गया। उपकेंद्रीय वितरण चित्र 81 (इनसेट) में दिखाया गया है। भूकंप हाइपोसेंट्रल डेटा अमेरिकी भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण कैटलॉग (<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>) से प्राप्त किए गए। हमने रिसीवर फंक्शन विश्लेषण के लिए पुनरावृत्तीय विसंवहन विधि को अंगीकृत किया।

इस अध्ययन से प्राप्त एच-के स्टैकिंग विश्लेषण के परिणामों को क्षेत्र में उपलब्ध पूर्व अध्ययनों के साथ संयोजित किया गया, जिससे उत्तर-पश्चिमी हिमालय के विभिन्न खंडों में भूपर्पटी की संरचना, संघटन और विवर्तनिक विशेषताओं के साथ उनके संबंध को दर्शाया जा सके। उत्तर-पश्चिमी हिमालय की सबसे विशिष्ट विशेषता पूर्व में कुमाऊँ हिमालय (~ 38-41 किमी) में पतली भूपर्पटी से लेकर निकटवर्ती गढ़वाल और हिमाचल हिमालय (~ 40-55 किमी) में मध्यम भूपर्पटी मोटाई, और पश्चिम में किश्तवाड़ और कश्मीर हिमालय (~ 55-60 किमी) में काफी मोटी भूपर्पटी तक का ढाल है (चित्र 83ए)। हिमालय की स्थलाकृति, भूगर्भिक संरचना, भूगर्भिक परिवर्तन और भूकंपीयता भारत और यूरेशियाई संघटन और अभिसरण का परिणाम हैं। जीपीएस अध्ययनों ने पूरे क्षेत्र में अभिसरण दरों में भिन्नता का सुझाव दिया है, कुमाऊँ हिमालय में कम दर (~ 10 मिमी/वर्ष), निकटवर्ती गढ़वाल हिमालय में ~ 13-14 मिमी/वर्ष व कश्मीर हिमालय में ~ 14-16 मिमी/वर्ष तक बढ़ रही है। अभिसरण दरों में ये विविधताएँ अंडरथ्रस्टिंग भारतीय प्लेट की ज्यामिति को महत्वपूर्ण रूप से प्रभावित करती हैं, जिसके परिणामस्वरूप न केवल चाप-सामान्य भिन्नता हुई बल्कि चाप-समानांतर विभाजन भी हुआ। इसके अलावा, हिमालयी क्षेत्र में उपसतह संरचना अंडरथ्रस्टिंग भारतीय प्लेट पर विभिन्न अनुप्रस्थ बाथिमेट्रिक संरचनाओं और अधिभावी हिमालयन वेज के भीतर दरार और आवरण संरचनाओं की परस्पर क्रिया से भी प्रभावित होती है। गढ़वाल-कुमाऊँ हिमालय में, दो उत्तर-दक्षिण और उत्तर-उत्तर-पूर्व अनुप्रस्थ क्षेत्र देखे गए जहाँ क्रस्ट स्पष्ट रूप से पतला था। यह स्थानिक रूप से दिल्ली-हरिद्वार रिज के उपसतही विस्तार और मुरादाबाद फॉल्ट से सहसंबद्ध हो सकता है, जिसने मोहो संरचना के अप-विरूपण का महत्वपूर्ण कारण बना होगा (मंडल एट अल, 2021)। ऐसी संरचनात्मक जटिलता तनाव के पुनर्वितरण का कारण बन सकती है, जो संभावित रूप से हिमालयी आर्क के साथ भूकंपीयता में देखी गई विविधताओं में योगदान दे सकती है।

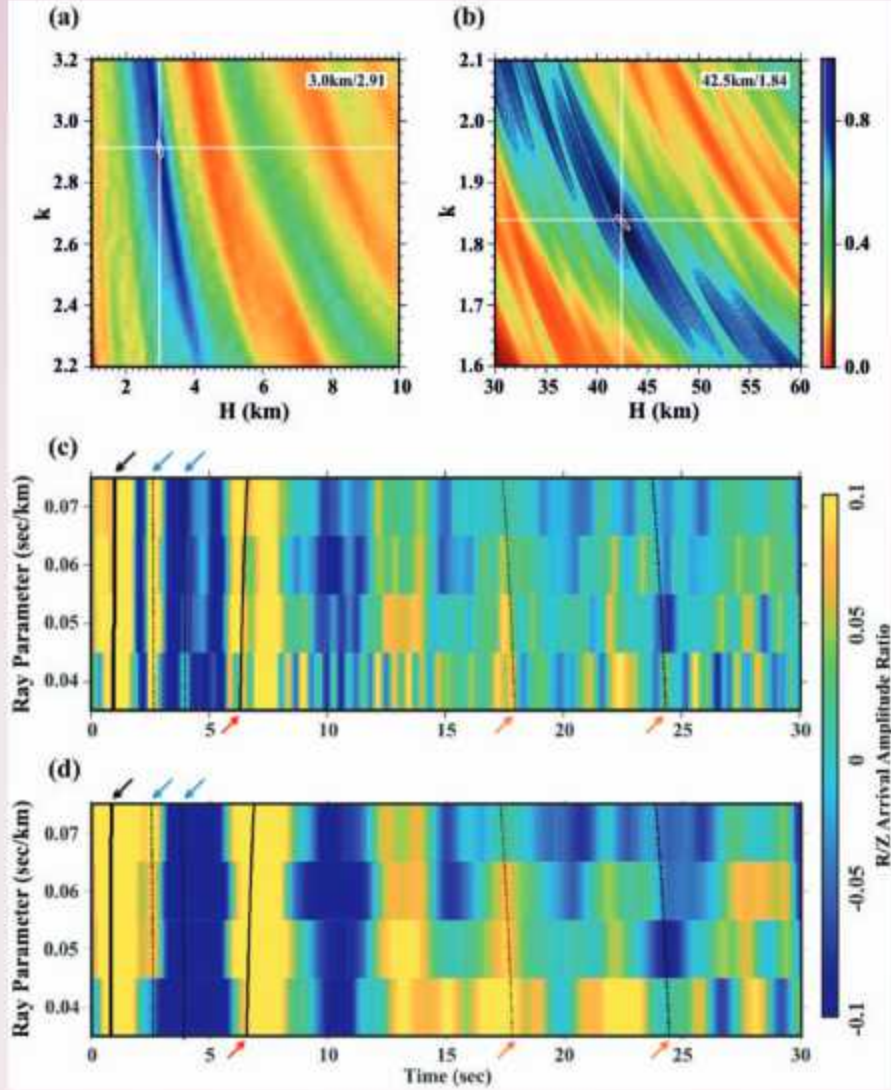
चट्टानों के यांत्रिक गुणों के मूल्यांकन के लिए केवल P-तरंग या S-तरंग आवेगों पर निर्भर रहने की तुलना में V_p/V_s अनुपात को एक अधिक प्रभावी निदानात्मक मानदंड माना जाता है, जिससे यह चट्टान संरचना, द्रव सामग्री और विरूपण में भिन्नताओं के प्रति अत्यधिक संवेदनशील हो जाता है। उत्तर-पश्चिमी हिमालय में, भूपर्पटी V_p/V_s अनुपातों में स्थानिक भिन्नता (चित्र 83बी) एक विषम भूपर्पटी संरचना को प्रकट करती है जो हिमालयी चाप के अनुदिश और उसके पार दोनों ओर भिन्न होती है। ये भिन्नताएँ एक क्रेंटन (जिसमें ग्रेनाइट और ग्रेनोडायोराइट शामिल हैं) की प्रारंभिक फेलिसिक भूपर्पटी के क्रमिक परिवर्तन का संकेत देती हैं, जो एक मध्यवर्ती संरचना (डायोराइट) में बदल गई है और अंततः एक



चित्र 81: हिमालय के उत्तर-पश्चिमी भाग का विवर्तनिक मानचित्र। दक्षिण से उत्तर की ओर प्रमुख स्थल-विवर्तनिक क्षेत्रों को सिंधु-गंगा मैदान (आईजीपी), उप-हिमालयी क्षेत्र (एसएचजेड), लघु हिमालयी क्षेत्र (एलएचजेड), और उच्च हिमालयी क्रिस्टलीय क्षेत्र (एचएचसीजेड) के रूप में चिह्नित किया गया है। प्रमुख थ्रस्ट एवं विवर्तनिक विशेषताओं को हिमालयन क्रंटल थ्रस्ट (एचएफटी), मुख्य सीमा थ्रस्ट (एमबीटी), मुख्य केंद्रीय थ्रस्ट (एमसीटी), दक्षिणी तिब्बती डिटैचमेंट (एसटीडी), मेडलिफॉट-वाडिया थ्रस्ट (एमडब्ल्यूटी), ज्वालामुखी थ्रस्ट (जेएमटी), किशतवाड़ विंडो (केडब्ल्यू), लारजी-कुल्लू रामपुर विंडो (एलकेआरडब्ल्यू), हिमाचल प्रदेश (हरियाणा प्लेन), पंजाब (पंजाब प्लेन) के रूप में चिह्नित किया गया है। इस अध्ययन में विश्लेषित 38 ब्रॉडबैंड भूकंपीय स्टेशनों के स्थान (काले त्रिकोण) दर्शाए गए हैं। इस अध्ययन में रिसेवर कार्यों की गणना के लिए उपयोग किए गए टेलीसिस्मिक भूकंपों (लाल स्टार) के दिगंशीय वितरण को दिखाया गया है (इनसेट, ऊपरी दाएँ कोने में)।

अत्यधिक मैफिक भूपर्पटी (गैब्रोइक चट्टानों, मैफिक ग्रैनुलाइट और अधीनस्थ सर्पेन्टिनाइट सहित) में बदल गई है। यह परिवर्तन मेंटल-व्युत्पन्न मैफिक पदार्थों (जैडट एंड अम्मोन, 1995) के जुड़ने, आंशिक द्रवण व पुनःक्रिस्टलीकरण को सुविधाजनक बनाने वाले उच्च ताप प्रवाह, हाइड्रेशन के माध्यम से अल्ट्रामैफिक चट्टानों के सर्पेटिनाइजेशन और मैफिक प्रोटोलिथ के मैफिक ग्रैनुलाइट में उच्च दबाव और उच्च तापमान के कार्यांतरण से प्रभावित होता है। साथ में, ये प्रक्रियाएं टेक्टोनिक और थर्मल प्रभावों के अंतर्गत क्रस्ट के जटिल विकास को दर्शाती हैं। आईजीपी और आसन्न हिमालयन ऑरोजेन

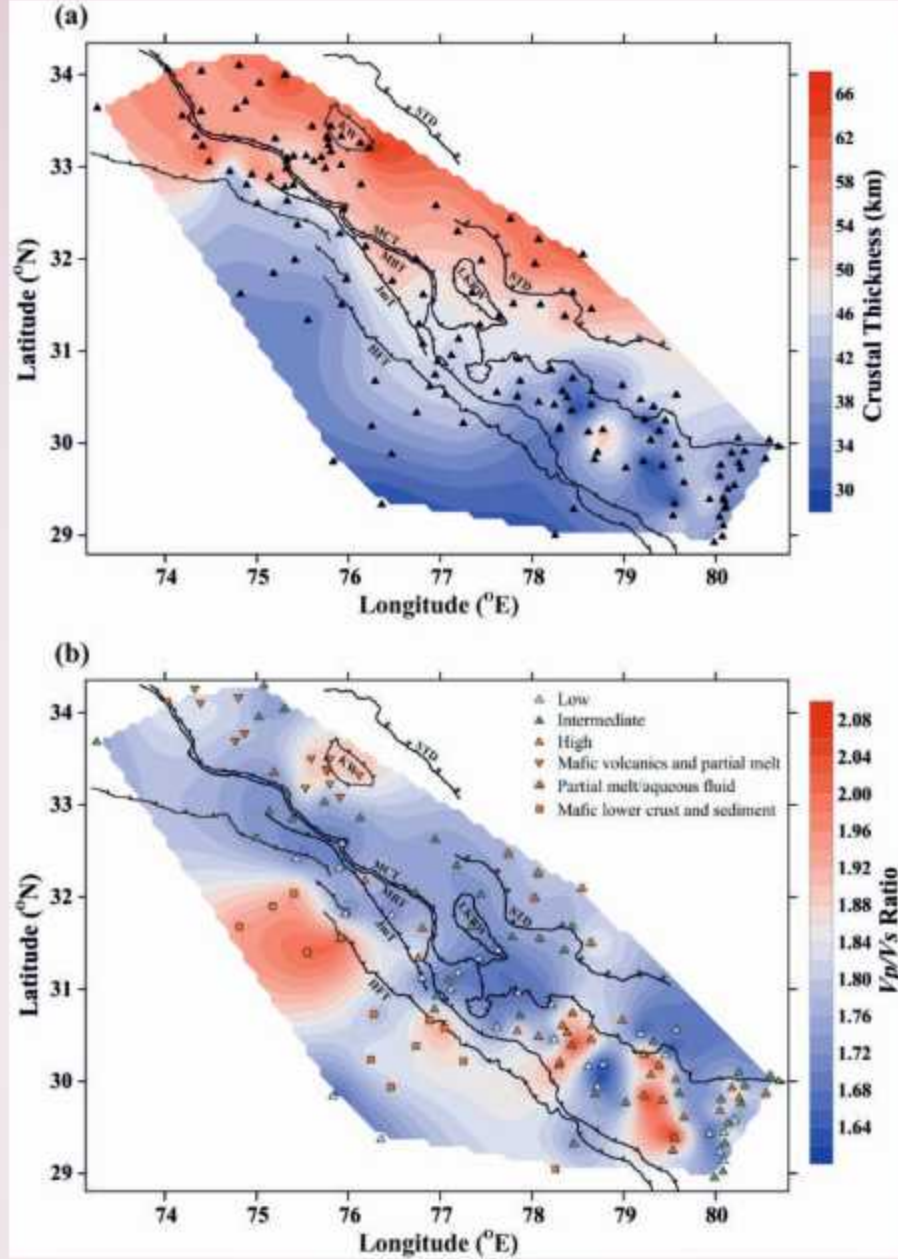
स्पष्ट संरचनागत विविधताओं का सुझाव देते हैं। अध्ययन क्षेत्र में, टेक्टोनिक इकाइयां क्रस्टल मोटाई और V_p/V_s अनुपात के बीच प्रति-सहसंबंध दिखाती हैं। आईजीपी में उच्च V_p/V_s और तुलनात्मक रूप से पतली क्रस्ट संकेत देती है समय के साथ, इस प्रक्रिया ने निचली भूपर्पटी को मुख्यतः मैफिक संरचना में बदल दिया है, जिसके परिणामस्वरूप एक स्तरीकृत और ध्रुवीय भूपर्पटी संरचना बनी है। इस मैफिक निचली भूपर्पटी के संरक्षण से यह अनुमान लगाया जा सकता है कि किसी अन्य क्रियाविधि द्वारा इसका कोई महत्वपूर्ण विनाश नहीं हुआ है। जैसे-जैसे हम हिमालयी ऑरोजेन की



चित्र 82: तलछटी आवरण धारित आईजीपी में स्थित स्टेशन एएमबीएल AMBL के लिए अनुक्रमिक H-k विश्लेषण के परिणाम। ए) गौसियन चौड़ाई 5.0 के RF का उपयोग करके तलछटी परत (प्रथम H-k स्टैक) के परिणाम प्रस्तुत करता है। तलछट की मोटाई (3.0 किमी) और V_p/V_s (2.91) के सर्वोत्तम-अनुमानित मान। बी) गौसियन चौड़ाई 2.0 के RF के साथ अनुक्रमिक H-k स्टैकिंग का उपयोग कर क्रस्टल परिणाम (संशोधित H-k स्टैक) प्रस्तुत करता है। सर्वोत्तम-अनुमानित मान H (42.5 किमी) और V_p/V_s (1.84) है। बी) एक उच्च-आवृत्ति रिसेवर फंक्शन मूवआउट चित्र प्रस्तुत करता है, जिसमें तलछट का आगमन प्रमुख है। काले व नीले तीर क्रमशः तलछट-बेसमेंट परिवर्तित (PbS) चरण व गुणकों को दर्शाते हैं। डी) निम्न-आवृत्ति रिसेवर फंक्शन का उपयोग कर मूवआउट चित्र को प्रदर्शित किया गया है।

ओर बढ़ते हैं, भूपर्पटी की मोटाई बढ़ने के साथ V_p/V_s अनुपात घटता जाता है। युवा सेनोजोइक ओरोजेन में, बलन और थ्रस्टिंग जैसी प्रक्रियाएँ विद्यमान महाद्वीपीय भूपर्पटी के पुनर्चक्रण और शोधन में योगदान करती हैं। इससे भूपर्पटी मोटी हो जाती है और इसमें विघटन प्रक्रियाएँ शामिल हो सकती हैं जो निचली भूपर्पटी से मैफिक घटक के निष्काशन में सहायक होती हैं। इस अवलोकन को इस तथ्य से और बल मिलता है कि भारतीय क्रेटोनिक भूपर्पटी का प्रभाव आईजीपी में सबसे प्रमुख है, जो मैफिक निचली भूपर्पटी के अधिक

योगदान का संकेत देता है। हालाँकि, मैफिक भूपर्पटी का प्रभुत्व उत्तर की ओर उत्तरोत्तर कम होता जाता है, जिसका संबंध हिमालयी वेज की बढ़ती मोटाई से हो सकता है, जो अधिकांशतः फेल्टिक से लेकर मध्यवर्ती शैल संरचनाओं से बना है। किश्तवाड़ क्षेत्र और कश्मीर घाटी में उच्च V_p/V_s अनुपात का कारण स्थानीय ज्वालामुखीय चट्टानों और आंशिक द्रवण/जलीय तरल पदार्थ की उपस्थिति को माना जा सकता है।



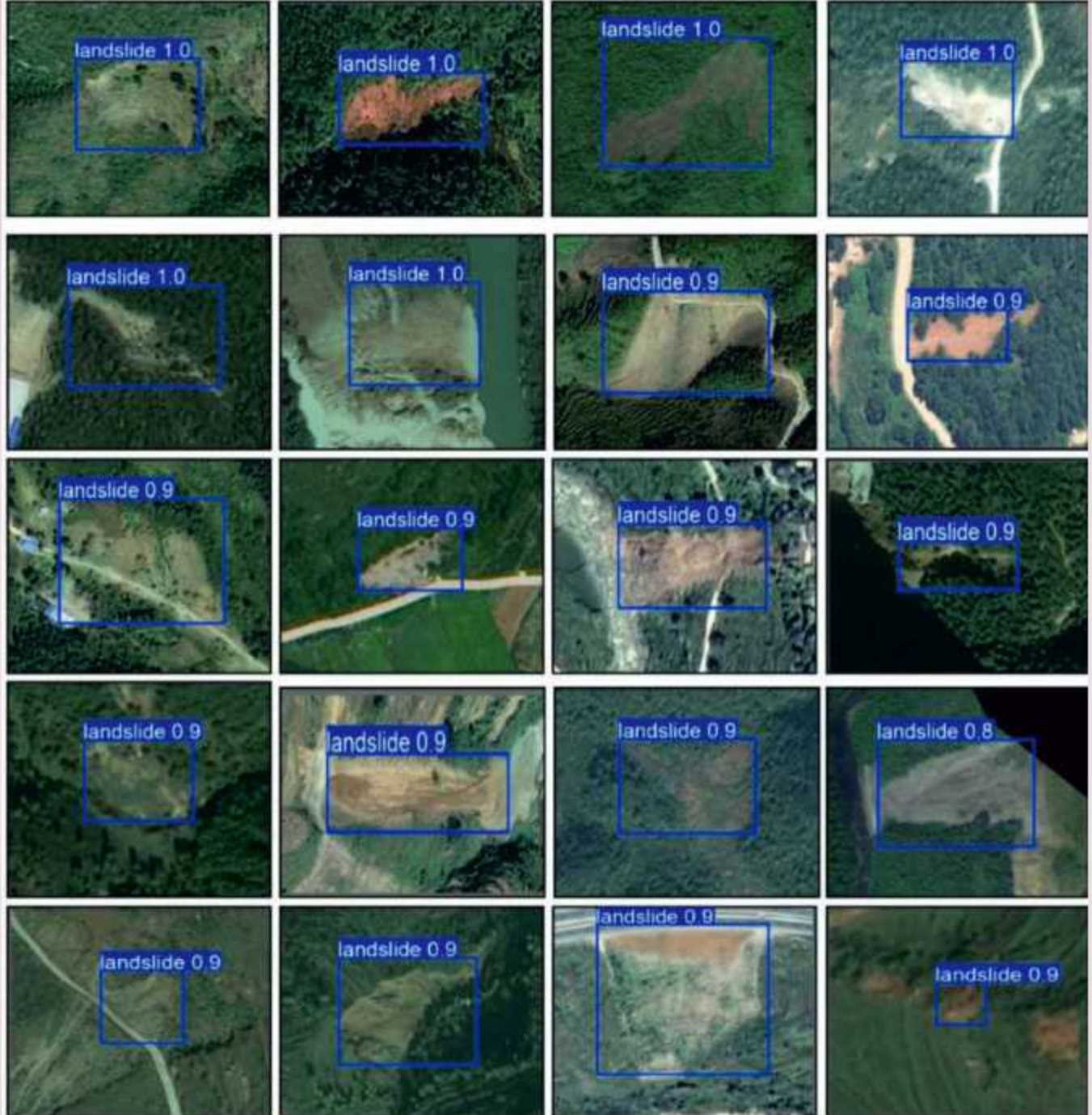
चित्र 83: उत्तर पश्चिम हिमालय एवं समीपस्थ आईजीवी में (ए) पपटी मोटाई व (बी) V_p/V_s अनुपात। प्रत्येक स्टेशन के तले वर्तमान अध्ययन के परिणामों को विगत RF अध्ययनों के डेटा के साथ समेकित किया गया है, जिससे पपटी व संरचना का एक व्यापक क्षेत्रीय दृश्य प्राप्त हो सके। चित्र ए में काले त्रिकोण समोच्च आकृति में प्रयुक्त समस्त ब्राडबैंड भूकंपीय स्थलों को चिन्हित करते हैं। चित्र-बी में V_p/V_s मान के वर्गिकी व उनके निर्वचन के आधार पर स्टेशनों के लिए विभिन्न चिह्नों का उपयोग किया गया है। काली रेखाएं मुख्य निवर्तनिक विशेषताओं यथा हिमालयी फ्रंटल थ्रस्ट (HFT), मुख्य सीमा थ्रस्ट (MBT), मुख्य केन्द्रीय थ्रस्ट (MCT), दक्षिण तिब्बती डिटेचमेंट (एसटीडी), ज्वालामुखी थ्रस्ट (JMT), किस्तवाड़ गवाक्ष (KW), लारजी-कुल्लू रामपुर गवाक्ष (LKRW) को दर्शाती हैं।

एएनआरएफ वित्तपोषित परियोजना

गहन अधिगम के माध्यम से सुदूर संवेदन चित्रों से एक उन्नत भूस्खलन संसूचन मॉडल का विकास
(नवीन चंद्रा)

यह अध्ययन उपग्रह चित्रों का उपयोग कर स्वचालित रूप से भूस्खलन का पता लगाने के लिए उन्नत डीप लर्निंग मॉडल का

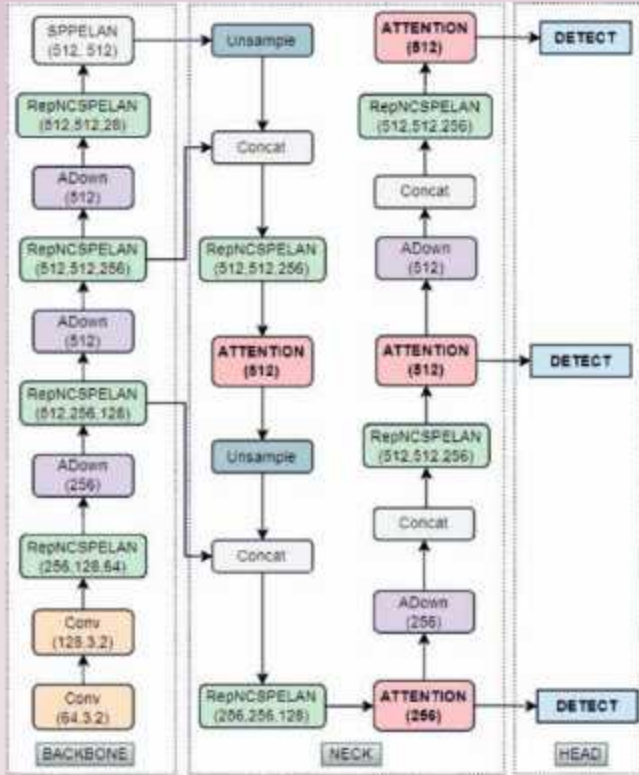
अन्वेषण करता है। पहले चरण में, हम YOLOv10 और इसके वैरिएंट को चार एटेंशन तंत्रों के साथ एकीकृत करते हैं : CBAM, ECA, GAM तथा SAA इन मॉडलों को एक ओपन-सोर्स भूस्खलन डेटासेट पर प्रशिक्षित किया गया तथा परिशुद्धता, रि कॉल, F-स्कोर व औसत औसत परिशुद्धता (mAP) का उपयोग कर मूल्यांकन किया गया। YOLOv10m+CBAM मॉडल ने 78.5% के @50-95 के साथ



चित्र 84 : प्रस्तावित YOLOv10+ एटेंशन मॉडल द्वारा ज्ञात किए गए भूस्खलन के परिणाम।

सर्वश्रेष्ठ प्रदर्शन प्राप्त किया। हमारे परिणाम एक प्रबल मॉडल को प्रदर्शित करते हैं, जो सटीकता में सुधार के साथ भूस्खलन की घटनाओं (चित्र 84) को तेजी से पहचानने और स्थानीयकृत करने में सक्षम है। संबंधित उपागम में, हमने विभिन्न एकीकरण बिन्दुओं (चित्र 85) पर CBAM तथा ECA के साथ संवर्धित नोवल सामान्यीकृत प्रभावी लेयइ संयोजन नेटवर्क (GELAN) को इंट्रोड्यूस किया है।

नेपाल हिमालय से प्राप्त उपग्रह चित्रों पर परीक्षित, GELAN+ CBAM में 81.5% का उच्चतम F- स्कोर प्राप्त किया। यह परिणाम सटीक भूस्खलन मानचित्रण में एटेंशन-एग्यूमेंटेड मॉडलों की प्रभावशीलता को प्रकट करते हैं तथा समय पर आपदा प्रतिक्रिया और प्रारंभिक जोखिम के पूर्वानुमान का समर्थन करते हैं।

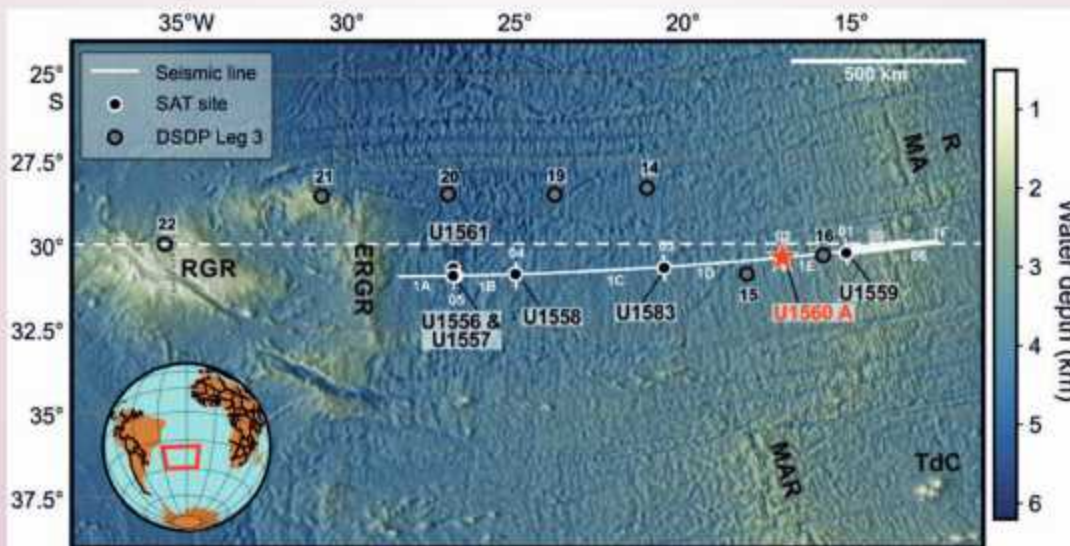


चित्र 85 : प्रस्तावित मॉडल की अवसंरचना।

एनसीपीओआर वित्तपोषित परियोजना

प्लेयो-प्लीस्टोसीन के दौरान दक्षिण अटलांटिक के पुरा-महासागरीय परिवर्तनों का निर्वचन : आईओडीपी होल U1560A से प्राप्त जानकारी (प्रकाशम एम.)

आईओडीपी इंडिया की यह क्रूज-उपरांत अनुसंधान परियोजना



चित्र 86: दक्षिण अटलांटिक महासागर का बाथिमेट्री मानचित्र (लाल स्टार अध्ययन होल U1560A को दर्शाता है)। मानचित्र कोर्गॉन एट अल., 2022 से संशोधित किया गया है।

वित्तपोषित अनुसंधान परियोजनाएं

**एएनआरएफ-डीएसटी वित्तपोषित परियोजना
पश्चिमी हिमालय में पश्च-एलजीएम वर्षा एवं तापमान
परिवर्तनशीलता**

(सोम दत्त और अनिल कुमार)

हिमाचल प्रदेश की खज्जियार झील के 2.43 मीटर अवसाद मूल की जाँच, कण आकार विशेषताओं, चुंबकीय संवेदनशीलता व कार्बनिक अंश में स्थिर कार्बन समस्थानिकों के लिए की गई, जिससे अतीत में क्षेत्रीय जलवायु परिवर्तन और क्षेत्रीय एवं/या वैश्विक बल तंत्रों को समझा जा सके। तलछट कोर का कालानुक्रम सघन तलछटों की एएमएस 14सी डेटिंग का उपयोग करके स्थापित किया गया। खज्जियार झील हिमाचल प्रदेश के चंबा जिले में 1900 मीटर की ऊँचाई पर अवस्थित एक छोटी झील है। झील का क्षेत्रफल 4500 वर्ग मीटर और कुल जलग्रहण क्षेत्र 6 वर्ग किमी है। भूगर्भीय दृष्टि से, यह क्षेत्र मुख्य रूप से सिलुरियन चट्टानों, शिस्ट और कांग्लोमरेट से बना है। इन चट्टानों के नीचे ग्रेनाइट, नाइसिस और कांग्लोमरेट हैं। यह परत पारंपरिक रूप से डलहौजी ग्रेनाइट के नाम से जानी जाती है और धौलाधार ग्रेनाइट का एक भाग है। यह क्षेत्र दो आर्द्रता तंत्रों, भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून (आईएसएम) तथा मध्य अक्षांशीय पश्चिमी हवाओं से प्रभावित होता है। आईएसएम इस क्षेत्र में वार्षिक वर्षा का एक बड़ा हिस्सा है व सर्दियों के दौरान बर्फबारी होती है। काल-निर्धारण के परिणाम पिछले लगभग 6000 वर्षों के दौरान 2.43 मीटर तलछट निक्षेप का संकेत देते हैं।

विभिन्न प्रॉक्सी समय श्रृंखलाओं के आधार पर, खज्जियार झील के वर्तमान अभिलेखों को तीन अलग-अलग क्षेत्रों में वर्गीकृत किया जा सकता है।

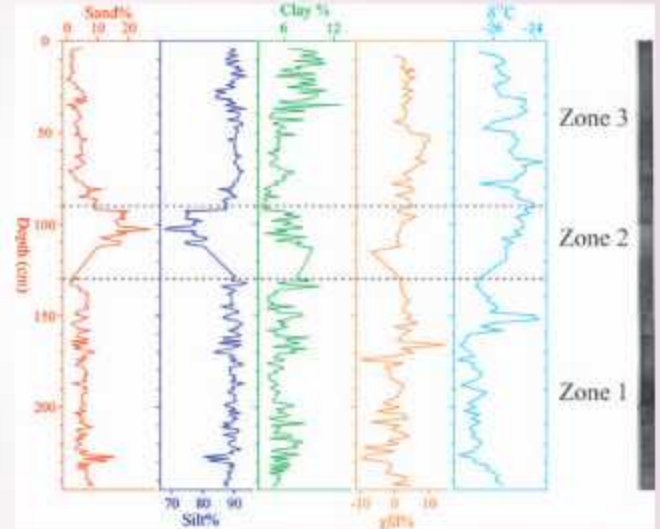
क्षेत्र 1 (243 और 130 सेमी)

तलछट में 243 और 130 सेमी के बीच, गाद के आकार के अंशों की प्रधानता होती है तथा गाद अंश के भीतर, रेत की सांद्रता कम होती है (चित्र 87)। इसे कमजोर भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून से संबंधित जलग्रहण क्षेत्र से कम जल निकासी से जुड़े कम ऊर्जा परिवहन के रूप में समझा जा सकता है। अधिक क्षीण कार्बन समस्थानिक घने

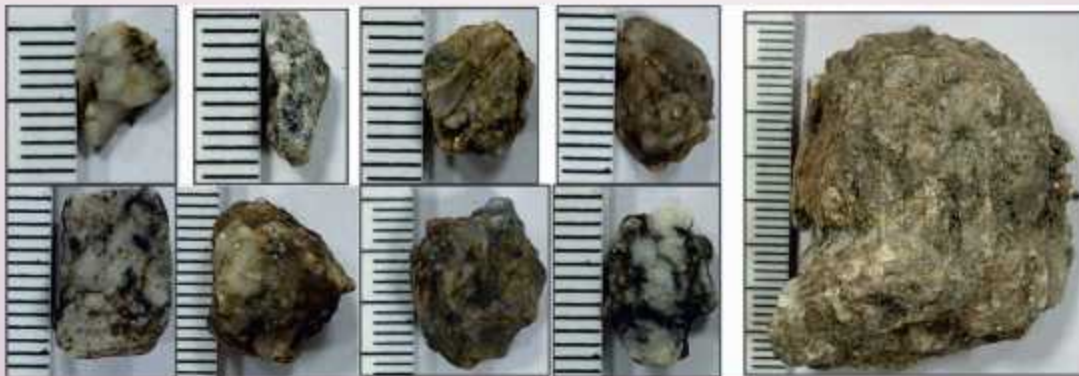
वनों वाले जलग्रहण क्षेत्र से कार्बनिक पदार्थों के उच्च योगदान का संकेत देते हैं। यह क्षेत्र नॉर्थग्रिपियन के अंतिम चरण और मेघालय के प्रारंभिक चरण में कमजोर होते आईएसएम और कम होती वर्षा दर्शा रहा है। यह चरण पश्चिमी हिमालय और पश्चिमी भारत के झील अभिलेखों में भी दिखाई देता है (एनजेल एट अल., 1999; दत्त एट अल., 2018)।

क्षेत्र 2 (130-90 सेमी)

क्षेत्र 2 में रेत के कणों में 20 प्रतिशत से भी अधिक की भारी वृद्धि देखी गई है, जो इस क्षेत्र में अत्यधिक वर्षा के साथ जुड़े अत्यधिक ऊर्जा परिवहन का संकेत देता है जिससे अचानक बाढ़ जैसी स्थितियाँ उत्पन्न हुईं (चित्र 87)। 130 से 110 सेमी के बीच का निक्षेप अचानक बाढ़ या बादल फटने से होने वाले ट्रांसपोर्टेशन निक्षेपण का परिणाम है। कणों की कोणीयता कम दूरी के परिवहन और खज्जियार झील में अचानक निक्षेपण का भी संकेत देती है (चित्र 88)। इस क्षेत्र में पाए जाने वाले आयु परिवर्तन को जलग्रहण क्षेत्र से मृत कार्बन के



चित्र 87: हिमाचल प्रदेश के खज्जियार झील से एकत्रित कोर नमूनों के संबंध में ग्रेन आकार की विशिष्टताएं: χ_{fd} (%) और $\delta^{13}C$ आइसोटोप के प्रॉक्सी रिकॉर्ड।



चित्र 88: ग्रेवल आकार के तलछट क्षेत्र से विभिन्न आकारों के कुछ कण (पैमाना : 1 इकाई = 1 मिमी)।

परिवहन और झील में निक्षेपण के रूप में व्याख्यायित किया जा सकता है।

क्षेत्र 3 (90 सेमी-शीर्षस्थ)

रेत के अंश 90 सेमी के बाद, फिर से कम हो गए और गाद बढ़ गई। इसे उच्च ऊर्जा परिवहन में कमी और आईएसएम की कमजोर शक्ति व क्षेत्र में कम वर्षा के रूप में देखा जा सकता है। 50 सेमी के उपरांत, मिट्टी का अंश धीरे-धीरे बढ़ा, जिसे आईएसएम की शक्ति में क्रमिक कमी से जोड़ा जा सकता है, जिसके कारण झील में जल स्तर स्थिर और कम हो गया। कोरिंग स्थल पर तलछट निक्षेप केवल मानसून के बाद झील के उच्च स्तर के दौरान हुआ।

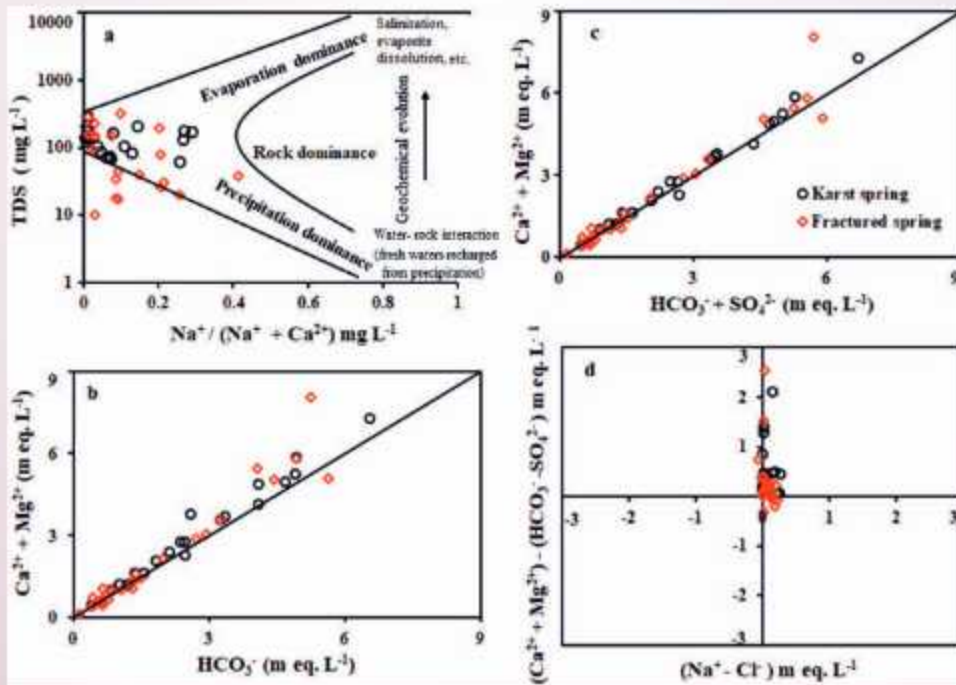
एनआरएफ-डीएसटी वित्तपोषित परियोजना मंदाकिनी घाटी, गढ़वाल हिमालय, भारत में वायुमंडलीय एरोसोल का ऑप्टिकल लक्षणवर्णन (छवि पंत पांडे)

इस परियोजना का उद्देश्य क्षेत्र-आधारित मापन और डेटा-संचालित दृष्टिकोणों का उपयोग करके मंदाकिनी घाटी में ब्लैक कार्बन (बीसी) सांद्रता की निगरानी और विश्लेषण करना है। इसका प्राथमिक उद्देश्य विभिन्न पर्यावरणीय और मौसमीय परिस्थितियों में ब्लैक कार्बन की स्थानिक व लौकिक परिवर्तनशीलता को समझना है। मंदाकिनी घाटी में विभिन्न स्थानों पर तीन फील्डवर्क अभियान चलाए गए हैं। आवधिक फील्डवर्क के अलावा, ब्लैक कार्बन सांद्रता में वास्तविक समय में होने वाले बदलावों को रिकॉर्ड करने के लिए घाटी में एक

सतत निगरानी प्रणाली भी स्थापित की गई है। हालाँकि, विभिन्न मौसमों, माह, मौसम संबंधी स्थितियों में ब्लैक कार्बन सांद्रता की परिवर्तनशीलता को व्यापक रूप से कैप्चर करने के लिए, अग्रतर फील्ड अभियानों की आवश्यकता है। यह भविष्य के अभियान, निरंतर निगरानी डेटा के साथ मिलकर, डेटासेट को मजबूत करने और मौसमी गतिशीलता, स्रोत निर्धारण और क्षेत्रीय जलवायु और मानव स्वास्थ्य पर संभावित प्रभावों के बारे में गहन जानकारी प्रदान करने में सहायता करेंगे। यह परियोजना वर्तमान में मई 2024 से क्रियान्वित है। इसके निष्कर्ष अंततः संवेदनशील हिमालयी क्षेत्र में ब्लैक कार्बन उत्सर्जन को नियंत्रित करने के उद्देश्य से शमन रणनीतियों को विकसित करने और स्थानीय नीति ढांचे को सूचित करने में योगदान देंगे।

एनआरएफ-डीएसटी वित्तपोषित परियोजना लघु हिमालय, भारत में सुदृढ़ शैल जलभृतों से भूजल का आकलन (संतोष कुमार राय और रौफ अहमद शाह)

इस परियोजना का उद्देश्य बहु-प्रॉक्सी विधियों (चित्र 89) के माध्यम से चकराता पर्वतीय क्षेत्र में कठोर शैल जलभृतों से भूजल संसाधनों का आकलन करना है। इसका प्राथमिक उद्देश्य जलधाराओं की सूची तैयार करना और भूजल पुनर्भरण प्रक्रियाओं और सुभेद्यता को समझना है। अध्ययन क्षेत्र के विभिन्न स्थानों से झरनों के प्रवाह दर को मापने और सतही (वर्षा और धाराएँ) तथा भूजल (कुएँ और झरने)



चित्र 89: अध्ययन क्षेत्र के अंतर्गत निगरानी की गई जलधाराओं में प्रमुख आयनों के मध्य सहसंबंध के स्कैटर आरेखों को जारी किया गया है। इन आँकड़ों में सम्मिलित हैं: (ए) गिब्स आँकड़े (बी) $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ बनाम HCO_3^- (सी) $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ बनाम $HCO_3^- + SO_4^{2-}$ (डी) $Na^+ - Cl^-$ बनाम $Ca^{2+}+Mg^{2+} - HCO_3^- - SO_4^{2-}$ । यह सहसंबंध अनुश्रवण की गई जलधाराओं के प्रवाहपथ के समानांतर घटित होने वाली प्रक्रियाओं के प्रति गहन अंतर्दृष्टि प्रदान करती है।

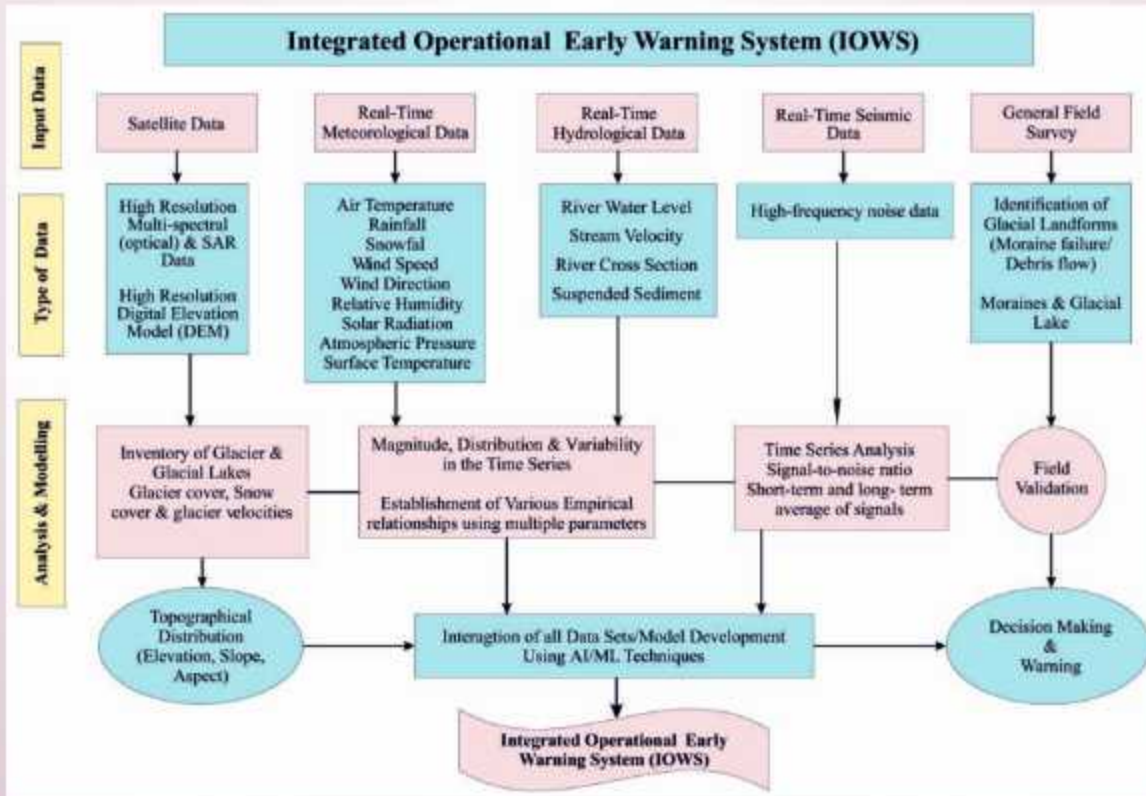
वित्तपोषित अनुसंधान परियोजनाएँ

से जल के नमूने एकत्र करने के लिए पाँच आवधिक क्षेत्र अभियान चलाए गए हैं। इन दो चट्टानी संरचनाओं से उत्पन्न 3-200 लीटर/मिनट के निम्न से मध्यम निर्वहन वाली लगभग 104 जलधाराओं का पता लगाया गयाय अधिकांश झरनों का केमोमेट्रिक और समस्थानिक विश्लेषण के लिए नमूना लिया गया है। प्रारंभिक परिणामों से पता चलता है कि झरने क्षारीय प्रवृत्ति के हैं और कम से मध्यम खनिजयुक्त हैं, जो दर्शाता है कि आयनिक प्रचुरता समान प्रचुरता क्रम का अनुसरण करती है: धनायनों के लिए $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ > K$ और ऋणायनों के लिए $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^- > NO_3^-$ इसके अलावा, स्थानिक पैमाने पर जलधाराओं के बीच आयनिक सांद्रता में एक ध्यान देने योग्य भिन्नता है, जिसे संबंधित मेजबान शैल में स्थानीय खनिज विज्ञान में परिवर्तन और/या अपक्षय दरों में परिवर्तन के लिए उत्तरदायी ठहराया जा सकता है। $Na^+ / Na^+ + Ca^{2+}$ बनाम ज्वै (चित्र 89ए) के रूप में प्लॉट किए गए डेटा से पता चलता है कि अधिकांश नमूने शैल प्रभुत्व क्षेत्र के भीतर स्थित हैं, विशेष रूप से कास्ट जलधाराएं, इससे पता चलता है कि पुनर्भरण जल, जिसमें टीडीएस कम होता है, के पास इन झरनों के प्रवाह पथ पर कोई महत्वपूर्ण भू-रासायनिक परिवर्तन करने और/या मेजबान शैल पर भू-रासायनिक प्रभाव डालने के लिए अपर्याप्त संपर्क समय हो सकता है। कार्बोनेट और सिलिकेट अपक्षय $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ बनाम HCO_3^- (चित्र 89बी), और बनाम $HCO_3^- + SO_4^{2-}$ (चित्र 89सी) द्वारा समर्थित है, जहां नमूने ज्यादातर समरेखा के साथ स्थित हैं। हालांकि, कुछ

नमूने समरेखा से दूर चले जाते हैं, जो कार्बोनेट विघटन के दौरान कुछ आयनिक विनिमय और/या सिलिकेट योगदान का सुझाव देते हैं, जिसने उनके उच्च Ca^{2+} और Mg^{2+} सांद्रता में योगदान दिया हो सकता है। $Ca^{2+} + Mg^{2+} - HCO_3^- - SO_4^{2-}$ और $Na^+ - Cl^-$ (चित्र 89डी) के बीच संबंध, जहां नमूने एक्स-एक्सिस पर शून्य के बहुत करीब आते हैं (यथा, $Na^+ - Cl^-$), जलधाराओं के पानी की आयनिक सामग्री को विनियमित करने में आयन विनिमय प्रक्रिया की किंचित भूमिका की पुष्टि की जाती है।

विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग द्वारा वित्तपोषित परियोजना धौलीगंगा नदी बेसिन, चमोली, उत्तराखंड में एक एकीकृत परिचालनात्मक चेतावनी प्रणाली (आईओडब्ल्यूएस) का विकास तथा अधिष्ठापना (कालाचौंद साँइ और अमित कुमार)

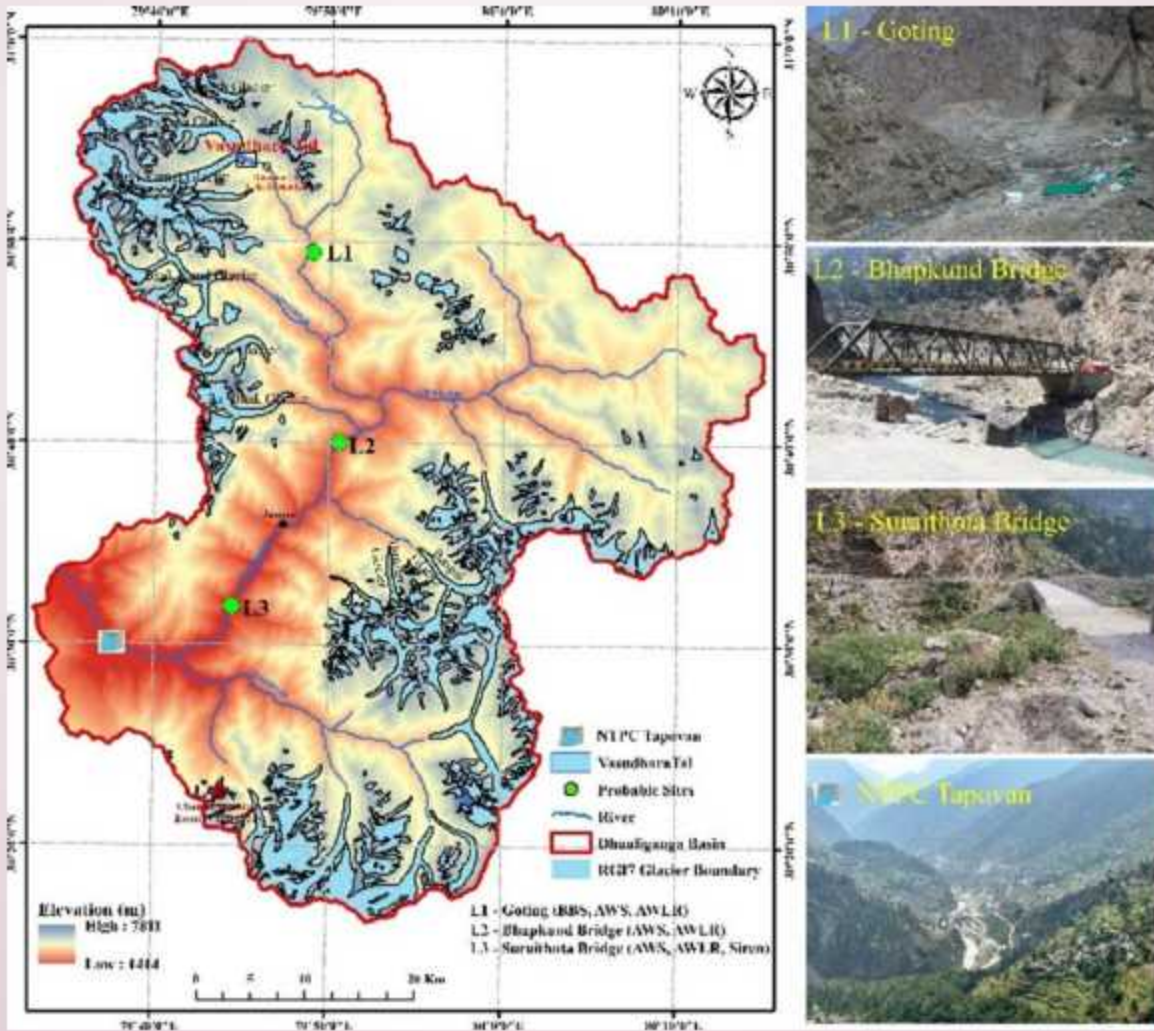
इस परियोजना का उद्देश्य धौलीगंगा बेसिन के लिए एक व्यापक एकीकृत परिचालन चेतावनी प्रणाली (आईओडब्ल्यूएस) विकसित करना है। इस प्रणाली की शुरुआत स्वचालित मौसम केंद्रों (एडब्ल्यूएस), स्वचालित जल स्तर रिकॉर्डर (एडब्ल्यूएलआर), और ब्रॉडबैंड भूकंपीय स्टेशनों (बीबीएस) सहित वास्तविक समय निगरानी उपकरणों की तैनाती द्वारा की जाएगी। ये उपकरण आपदाओं के दौरान मौसम की स्थिति, जल स्तर और प्रवाह, और भूकंपीय गतिविधि पर निरंतर डेटा एकत्र करेंगे। यह वास्तविक समय डेटा एक बुद्धिशील प्रणाली में फीड किया जाएगा जो असामान्य पैटर्न का



चित्र 90: धौलीगंगा बेसिन में प्रारंभिक चेतावनी प्रणाली के विकास तथा अधिष्ठापन में अपनाई गई कार्यप्रणाली को दर्शाने वाला फ्लोचार्ट।

पता लगाने और संभावित बाढ़ आपदाओं के पूर्वानुमान करने के लिए आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (एआई) का उपयोग करता है। यह सुनिश्चित करने के लिए कि प्रणाली सटीक रूप से कार्य करती है, क्षेत्र के ऐतिहासिक बाढ़ डेटा (ग्लेशियल ड्रील प्रस्फुटित बाढ़, भूस्खलन, हिमस्खलन और जल-मौसम संबंधी भौषण घटनाक्रम) का उपयोग करके इसका परीक्षण और अंशांकन किया जाएगा। किसी जोखिम की पहचान होने पर, यह प्रणाली सायरन और अन्य माध्यमों से स्वचालित रूप से अलर्ट भेजती है, जिससे लोगों को सुरक्षित स्थानों पर पहुँचने और जान-माल की सुरक्षा में मदद मिलती है। आपदा प्रतिक्रिया एजेंसियों को भी यह जानकारी प्राप्त होगी, जिससे वह शीघ्रता से प्रतिक्रिया दे सकें और संसाधनों का कुशलतापूर्वक प्रबंधन कर सकें। इसके अतिरिक्त, स्थानीय अधिकारियों और निवासियों के लिए प्रशिक्षण और जागरूकता कार्यक्रम आयोजित किए जाएँगे जिससे इस प्रणाली का उचित उपयोग और इसकी

दीर्घकालिक स्थिरता सुनिश्चित की जा सके। इस परियोजना के एक भाग के अंतर्गत, विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग (डीएसटी) ने स्वचालित मौसम केंद्र (एडब्ल्यूएस), स्वचालित जल स्तर एवं वेग रिकॉर्डर (एडब्ल्यूएलआर), ब्रॉडबैंड भूकंपीय केंद्र (बीबीएस), और सायरन/हूटर सहित उपकरणों की खरीद के लिए बजट को मंजूरी दे दी है। इन उपकरणों को एक बहुत छोटे एपर्चर टर्मिनल (वी-सैट) और जीएसएम (मोबाइल संचार के लिए वैश्विक प्रणाली) या जीपीआरएस (जनरल पैकेट रेडियो सेवा) टेलीमेट्री प्रणाली के माध्यम से एकीकृत किया जाना है, जिससे वास्तविक समय डेटा अधिग्रहण और प्रसार को सक्षम किया जा सके। प्राथमिक उद्देश्य एक मजबूत निगरानी नेटवर्क स्थापित और संचालित करना है, जो वास्तविक समय डेटा संचरण की अनुमति देता है और क्षेत्रीय जोखिमों को कम करने में मदद करता है। कार्यप्रणाली को एक प्लोचार्ट में चित्रित किया गया है, जो धौलीगंगा बेसिन (चित्र 90) में प्रारंभिक चेतवनी



चित्र 91: धौलीगंगा बेसिन में स्थापित किए जाने वाले उपकरणों के स्थलों को दर्शाता है, जिसमें आईओडब्ल्यूएस परियोजना के अंतर्गत वास्तविक समय डेटा अधिग्रहण के लिए एडब्ल्यूएस, एडब्ल्यूएलआर, बीबीएस जथा सायरन के लिए चयनित स्थल शामिल हैं, इनके साथ-साथ ऊपरी धौलीगंगा बेसिन में संवेदनशील हिमनद ड्रील व एक बांध स्थल भी शामिल है।

प्रणाली को विकसित करने और अधिष्ठापित करने में अपनाए जाने वाले विभिन्न घटकों पर प्रकाश डालता है।

ग्लेशियर संबंधी घटनाओं, भूस्खलन, हिमस्खलन, झील के फटने से आने वाली बाढ़ और भीषण जल-मौसम संबंधी घटनाओं सहित अनेकों जोखिमों के प्रति धौलीगंगा बेसिन की उच्च संवेदनशीलता को देखते हुए, स्थलों का सावधानीपूर्वक चयन अत्यंत महत्वपूर्ण है। इस बेसिन में ऐसी घटनाओं का एक प्रलेखित इतिहास है और यह प्रतिवर्ष ऐसी कई घटनाओं का सामना करता रहता है। इसलिए, परियोजना दल ने एडब्ल्यूएस, एडब्ल्यूआर तथा बीबीएस उपकरणों का एक नेटवर्क स्थापित करने हेतु उपयुक्त स्थानों की पहचान करने और उन्हें अंतिम रूप देने हेतु व्यापक क्षेत्र सर्वेक्षण किए। इस कार्यप्रणाली में बेसिन के सबसे ऊपरी क्षेत्र में पहला स्थल चुनना शामिल था, जिसे साइट एल1 (चित्र 91) के रूप में नामित किया गया था, जहाँ जोखिम की संभावना सबसे गंभीर मानी जाती है। यह सर्वेक्षण ऊपरी धौलीगंगा बेसिन के उच्च ग्लेशियर वाले क्षेत्रों

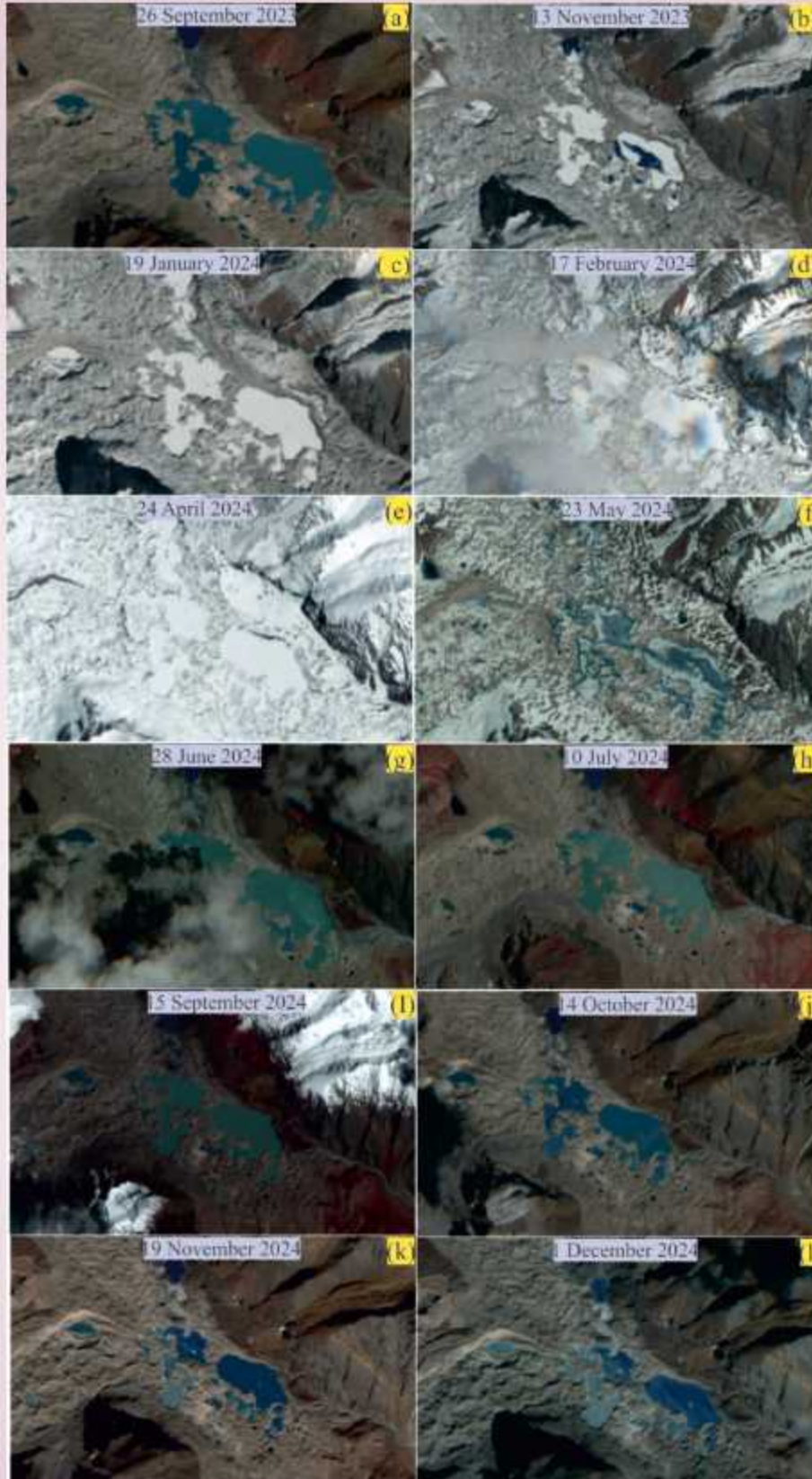
पर केंद्रित थे।

स्थलीय सर्वेक्षण एवं क्षेत्र अभियानों के माध्यम से विस्तृत मूल्यांकन किया गया, जिसमें हिमनद झीलों, सक्रिय भूस्खलनों व संभावित प्रस्फुटन की घटनाओं को सम्मिलित करने वाली भूस्खलन-अभिप्रेत झीलों के विकास के संभावित स्थलों की पहचान की गई। इस मूल्यांकन के आधार पर, एक महत्वपूर्ण झील (वनसुंदरा ताल) को निरंतर निगरानी के लिए चुना गया (चित्र 91 और 92)। यह उल्लेख करना महत्वपूर्ण है कि निगरानी के लिए चुनी गई झील (वनसुंदरा ताल) पहले से ही उत्तराखंड की सबसे संवेदनशील झीलों की सूची में शामिल है, जैसा कि राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन प्राधिकरण (एनडीएमए) द्वारा राष्ट्रीय हिमनद झील प्रस्फुटित बाढ़ (जीएलओएफ) जोखिम न्यूनीकरण परियोजना (एनजीआरएमपी) के अंतर्गत चिह्नित किया गया है।

इसी प्रकार, ऊपर उल्लिखित उपकरणों की स्थापना के लिए दो अतिरिक्त स्थलों (स्थल एल2 और एल3) को नीचे की ओर चुना गया



चित्र 92: वसुंधरा ताल के पास दो टीमों द्वारा क्षेत्र कार्य किया गया, जिसमें ऊपरी व निचले दोनों क्षेत्रों को शामिल किया गया है। परियोजना कर्मचारियों के एक दल ने परियोजना के अंतर्गत उपलब्ध धनराशि का उपयोग कर सर्वेक्षण किया। वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान के दूसरे दल को संयुक्त अभियान के लिए यूएसडीएमए द्वारा वित्तपोषित किया गया। इसके अतिरिक्त, राज्य आपदा प्रबंधन प्राधिकरण (एसडीएमए) के सदस्यों ने क्षेत्र भ्रमण के दौरान, विशेष रूप से बैथिमेट्रिक सर्वेक्षण के संचालन में, महत्वपूर्ण सहायता प्रदान की। उनकी भागीदारी ने तकनीकी विशेषज्ञता, संसाधन और रसद सहायता प्रदान करके सर्वेक्षण के सफल समापन को सुनिश्चित किया। चुनौतीपूर्ण उच्च-ऊँचाई के परिवेश को देखते हुए एसडीएमए किसी भी अप्रत्याशित स्थिति से निपटने के लिए भी उपलब्ध था, कठोर परिस्थितियों से निपटने और क्षेत्र कार्य की सुरक्षा और सफलता सुनिश्चित करने में आवश्यक सहायता प्रदान की।



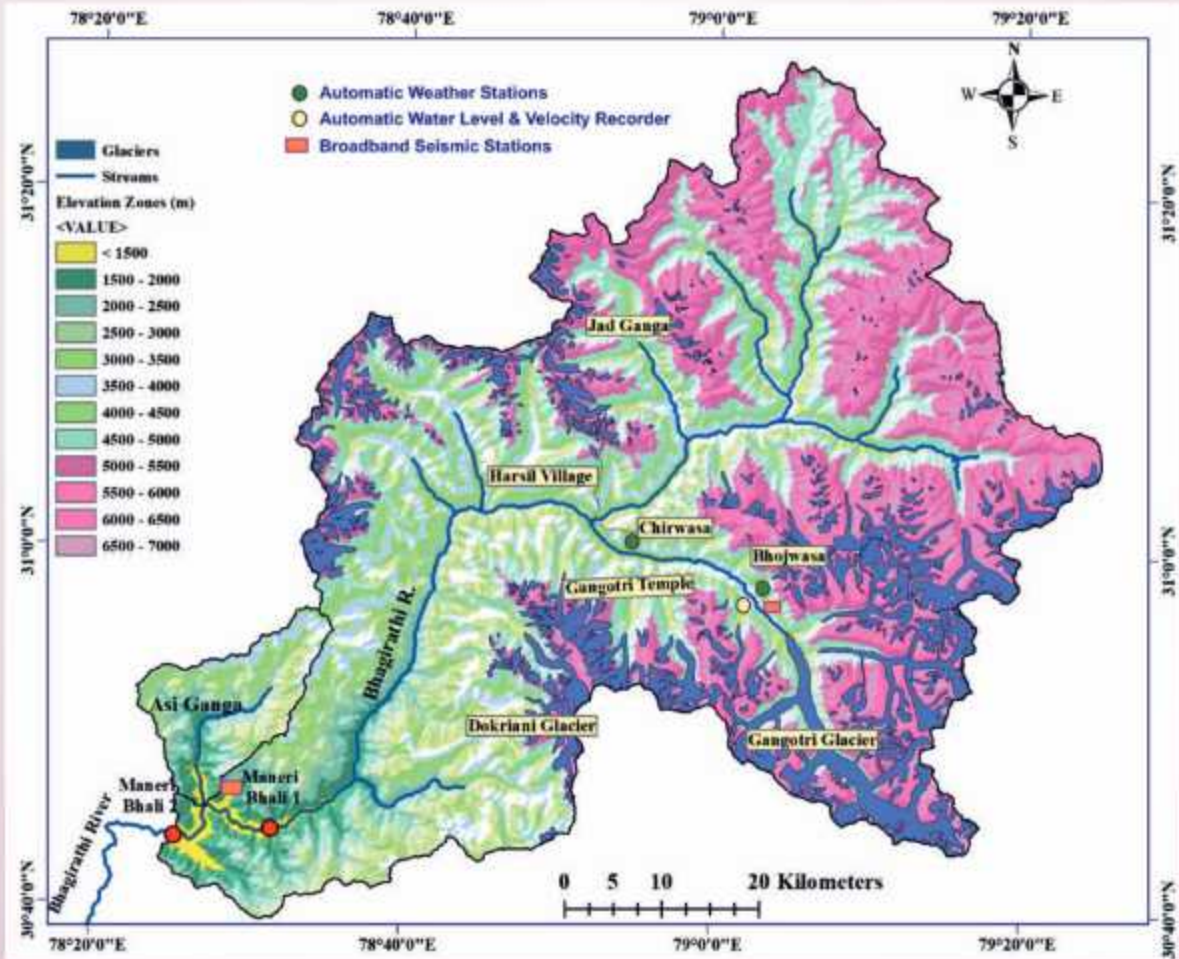
चित्र 93: धौलीगंगा बेसिन में वसुंधरा झील का स्थान तथा वर्ष 2023 व 2024 के मध्य इसके सतही क्षेत्र में भिन्नता, दि. 26 सितंबर 2023 और 15 सितंबर 2024 के LISSIV डेटा पर आधारित।

है, विशेष रूप से उन स्थानों पर जहाँ प्रमुख सहायक नदियों (उप-घाटियाँ) धौलीगंगा नदी में विलीन होती हैं (चित्र 93 का संदर्भ ग्रहण करें)। यह उप-घाटियाँ अपने व्यापक ग्लेशियर से आच्छादित क्षेत्रों के कारण एक महत्वपूर्ण जोखिम क्षमता रखती हैं। ऐसा ही एक उदाहरण दूनागिरी-बांगनी उप-घाटी है। पुनरावृत्ति से बचने और ईष्टतम कवरेज सुनिश्चित करने के लिए, यह सत्यापित किया गया कि किसी अन्य एजेंसी ने चयनित स्थानों पर या उसके आस-पास समान उपकरण/नेटवर्क स्थापित नहीं किए हैं। यह परामर्श, क्षेत्र जाँच और घाटी में मौजूदा अवलोकन नेटवर्क की समीक्षा के माध्यम से किया गया था। इस बेसिन में काम कर रहे विभिन्न हितधारकों/संस्थानों को भी इसकी जानकारी प्रदान की गई है। स्वचालित मौसम स्टेशन (एडब्ल्यूएस), स्वचालित जल स्तर रिकॉर्डर (एडब्ल्यूएलआर), और ब्रॉडबैंड सीस्मोमीटर (बीबीएस) की स्थापना के लिए सटीक स्थान को संगम के पास रणनीतिक रूप से चुना गया था, जहाँ झीलों/बाँध वाली झीलों के पानी के प्रस्फुटन की स्थिति में नीचे की ओर बहने की संभावना होगी (चित्र 93)। राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन प्राधिकरण (एनडीएमए) द्वारा वित्त पोषित राष्ट्रीय ग्लेशियर और नदी निगरानी कार्यक्रम (एनजीआरएमपी) के अंतर्गत उत्तराखंड राज्य आपदा

प्रबंधन प्राधिकरण (यूएसडीएमए) द्वारा संयुक्त अभियान चलाया गया, वाडिया संस्थान की टीम ने ग्लेशियर और संबंधित ग्लेशियल झील का दौरा किया, जिससे प्रवाह क्षेत्र में प्रस्फुटन से आने वाली बाढ़ के प्रति इसकी सुभेद्यता की पुष्टि हुई। जैसा कि यह परिलक्षित है, वसुंधरा ताल, लगभग 4,700 मीटर की ऊँचाई पर स्थित एक प्रमुख ग्लेशियल झील सितंबर 2023 से दिसंबर 2024 तक के अवलोकनों से एक स्पष्ट मौसमी पैटर्न का पता चलता है : झील प्री-मानसून और मानसून के महीनों (मई से जुलाई) के दौरान फैलती है, और जुलाई में अपने अधिकतम विस्तार पर पहुँचती है। मानसून के उपरांत, झील का क्षेत्रफल सिकुड़ने लगता है और जनवरी से अप्रैल तक पूरी तरह जमी रहती है (चित्र 93)। यह दर्ज किया गया है कि वसुंधरा झील का क्षेत्रफल पिछले वर्ष की तुलना में 5.7% कम हो गया है, जो दि. 26 सितंबर, 2023 को लगभग 0.50 वर्ग किमी था।

एनआरएफ-डीएसटी वित्तपोषित परियोजना गंगोत्री ग्लेशियर, गढ़वाल हिमालय का दीर्घकालिक अनुश्रवण (कालाचौंद साँइ और अमित कुमार)

इस परियोजना का उद्देश्य गंगोत्री ग्लेशियरों व उनसे जुड़ी हिमनद



चित्र 94: भागीरथी बेसिन का उन्नतांश-वार वितरण और नवंबर 2023 में स्थापित स्वचालित मौसम स्टेशन, स्वचालित मौसम स्टेशन और ब्रॉडबैंड भूकंपीय स्टेशनों के स्थान को दर्शाता है।

झीलों का मानचित्रण और निगरानी करना, मौसम संबंधी और जल विज्ञान संबंधी आंकड़े एकत्र करना, हिमनदों से होने वाले जोखिमों का आकलन करना और यूएसडीएमए को संभावित जोखिमों के संबंध में सूचना प्रसारित करना है। इस संदर्भ में, अक्टूबर और नवंबर 2023 के दौरान बेसिन में दो स्वचालित मौसम केंद्रों (एडब्ल्यूएस), एक स्वचालित जल स्तर रिकॉर्डर (एडब्ल्यूएलआर) और दो ब्रॉडबैंड भूकंपीय स्टेशनों का एक नेटवर्क स्थापित किया गया (चित्र 94)। परियोजना कर्मचारियों ने अप्रैल 2024 से मार्च 2025 तक की समय अध्ययन अवधि के दौरान कई बार गंगोत्री ग्लेशियर का दौरा किया। अप्रैल के पहले सप्ताह में भागीरथी नदी का जल स्तर बढ़ना शुरू हो गया। मेरु ग्लेशियर से निकलने वाली जलधारा ने मुख्य भागीरथी नदी में पानी छोड़ना शुरू कर दिया। वर्ष 2017 में हुई मलबा रखलन घटना के बाद गंगोत्री ग्लेशियर के मुहाने के आसपास काफी मलबा

जमा है। अगस्त 2024 तक, सभी उपकरण अच्छी तरह से काम कर रहे हैं; हालाँकि, अगस्त के पहले सप्ताह में, ग्लेशियर से संबंधित गतिविधियों के साथ लगातार बारिश के कारण इस क्षेत्र में आकस्मिक बाढ़ पर अपना योगदान दिया। हमारे निगरानीकर्ता कर्मचारियों द्वारा दी गई सूचना के अनुसार, दि. 4 अगस्त 2024 को नदी में असामान्य रूप से उच्च जल स्तर व तलछट के कारण, हमारा स्वचालित जल स्तर रिकॉर्डर (एडब्ल्यूएलआर) बह गया।

उपकरण की पुनर्प्राप्ति के लिए कर्मचारियों के प्रयासों के बावजूद, वे नदी में उच्च जल और तलछट के कारण असफल रहे। वाडिया संस्थान की एक टीम ने घटना के कारणों का आकलन करने और समझने के लिए सितंबर 2024 में गंगोत्री ग्लेशियर का दौरा किया। दौरे के दौरान, टीम ने भोजवासा और चिडवासा में स्वचालित मौसम स्टेशनों (एडब्ल्यूएस) से मौसम संबंधी डेटा और भोजवासा व



चित्र 95: (ए) बेस कैंप में वेधशाला को दर्शाता चित्र, जो एक स्वचालित मौसम केंद्र, ब्रॉडबैंड भूकंपीय केंद्र और अधिकतम-न्यूनतम थर्मामीटर, एक साधारण वर्षामापी और सितंबर 2024 में स्थापित एक पैन वाष्पीकरणमापी जैसे हस्तचालित उपकरणों से सुसज्जित है। चीडवासा (बी) में स्वचालित मौसम केंद्र और मनेरी (सी) में ब्रॉडबैंड भूकंपीय केंद्र।



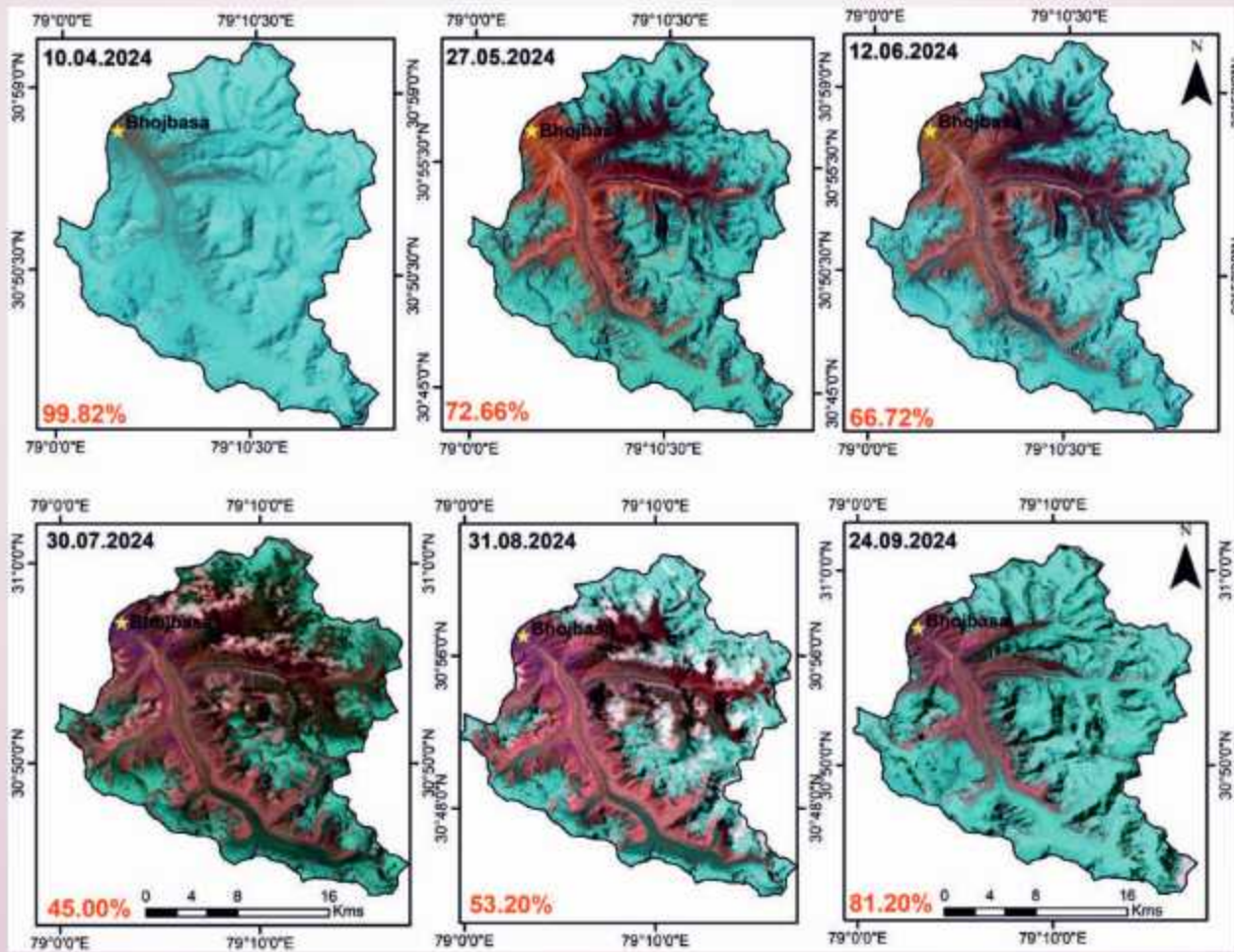
चित्र 96: (ए) मार्च 2025 के दौरान भोजवासा का बर्फ से ढका हुआ भूपरिदृश्य। (बी) हट और बेस कैंप, पूरी तरह से बर्फ से ढके हुए। (सी) भोजवासा में बेस कैंप पर अवस्थित वेधशाला, जो एक स्वचालित मौसम केंद्र और ब्रॉडबैंड भूकंपीय स्टेशन से सुसज्जित है। (डी) चीड़वासा में स्वचालित मौसम केंद्र।

मनेरी बांध में ब्रॉडबैंड भूकंपीय स्टेशनों से भूकंपीय डेटा एकत्र किया। सितंबर 2024 में, भोजवासा में एक मैनुअल वेधशाला परिवहन कर स्थापित की गई, जिससे वर्षा और तापमान के आंकड़ों सहित विभिन्न मौसम संबंधी मापदंडों को एकत्र किया जा सके, जैसा कि चित्र 95 में दिखाया गया है। मैनुअल वेधशाला को मौसम संबंधी डेटा एकत्र करने एवं स्वचालित उपकरणों में किसी भी खराबी की स्थिति में बैकअप के रूप में काम करने के लिए स्थापित किया गया था। अक्टूबर से नवंबर 2024 तक, परियोजना कर्मचारियों ने भोजवासा से गंगोत्री ग्लेशियर के स्नाउट तक भागीरथी नदी के किनारे क्षेत्रीय सर्वेक्षण किया।

जनवरी से मार्च 2025 के प्रारंभ तक, गंगोत्री ग्लेशियर क्षेत्र में भीषण शीत परिस्थितियों और भारी बर्फबारी के कारण क्षेत्रीय गतिविधियाँ सीमित रहीं (चित्र 96)। जनवरी से मध्य मार्च तक भारी बर्फबारी हुई, जिससे भोजवासा जैसे ऊँचाई वाले क्षेत्रों तक पहुँचना बेहद चुनौतीपूर्ण हो गया। परिणामस्वरूप, इस अवधि के दौरान परियोजना दल ने निचली ऊँचाइयों पर काम किया। मार्च

2025 के मध्य में, लगातार बर्फबारी और ऊबड़-खाबड़ भूभाग के बावजूद, परियोजना दल भोजवासा पहुँचा। इस दौरे के दौरान, उन्होंने भोजवासा और चिड़वासा, दोनों स्थानों पर स्थापित उपकरणों का निरीक्षण किया तथा यह पुष्टि की कि सभी प्रणालियाँ कार्यशील हैं (चित्र 96)। हालांकि, उस अवधि में कोई डेटा प्राप्त नहीं हुआ।

संपूर्ण वर्ष मौसमी बर्फ वितरण की क्षेत्रीय सीमा के अभिज्ञान के लिए ग्लेशियर बेसिन में बर्फ कवर की नियमित अंतराल पर निगरानी की गई थी। दि. 10 अप्रैल को, ग्लेशियर बेसिन बेस कैंप (3800 मीटर) तक 99.82% बर्फ से ढका हुआ था। दि. 27 मई तक, यह कवरेज घटकर 73% हो गया, जिसका अर्थ है कि केवल 47 दिनों में 27% बर्फ पिघल गई। दि. 12 जून 2024 तक इसमें 67% की कमी आने की उम्मीद है, जो 16 दिनों में अतिरिक्त 8% द्रवण का संकेत देता है (चित्र 97)। यह डेटा एक अल्पावधि में ग्लेशियर बेसिन में बर्फ कवर में एक महत्वपूर्ण और अपेक्षाकृत तेजी से कमी को प्रकट करता है, जिसमें विभिन्न समय अंतरालों के लिए द्रवण के विशिष्ट प्रतिशत

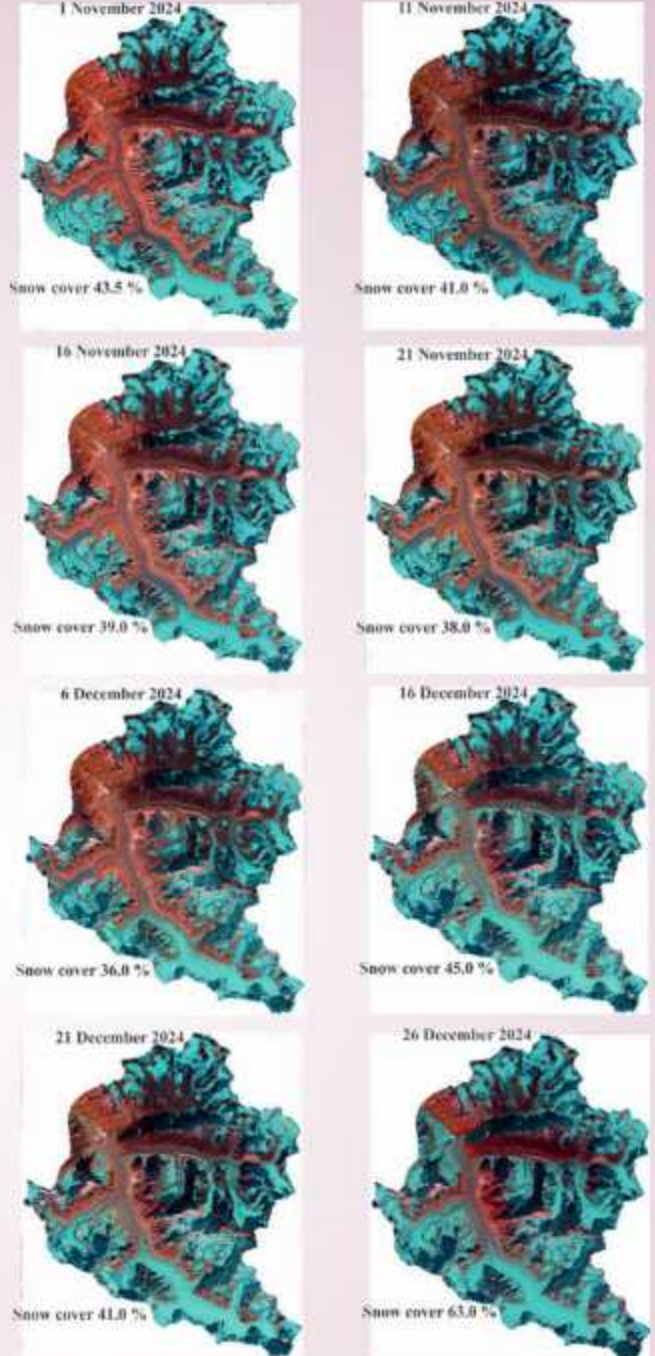


चित्र 97: अप्रैल से सितंबर 2024 तक गंगोत्री ग्लेशियर बेसिन में भोजवासा तक मौसमी हिम आच्छादन के वितरण को दर्शाने वाले उपग्रह चित्र। अप्रैल से जून तक हिमाच्छादन की निगरानी के लिए सैटिनल - 2ए और लैंडसैट इमेजरी का उपयोग किया गया, जबकि जुलाई से सितंबर तक परिवर्तनों की निगरानी के लिए लैंडसैट इमेजरी का उपयोग किया गया।

की गणना की गई है। यह प्रवृत्ति बढ़ते तापमान, मौसमी बदलावों या अन्य पर्यावरणीय कारकों के कारण त्वरित हिम द्रवण का सुझाव दे सकती है। 31 अगस्त तक, यह कवरेज बढ़कर 53% हो गया, यथा, केवल 32 दिनों में 8% की वृद्धि प्रेक्षित की गई। दि. 24 सितंबर 2024 तक यह बढ़कर 81% हो गया, जो अगले 24 दिनों में 28% की अतिरिक्त वृद्धि दर्शाता है (चित्र 97)। कम समयावधि में बर्फ के आवरण में यह वृद्धि उच्च ऊँचाई वाले क्षेत्रों में बर्फबारी की संभावना को दर्शाती है, जो संभवतः इस अवधि के दौरान कम तापमान और निरंतर वर्षा के कारण हुई है।

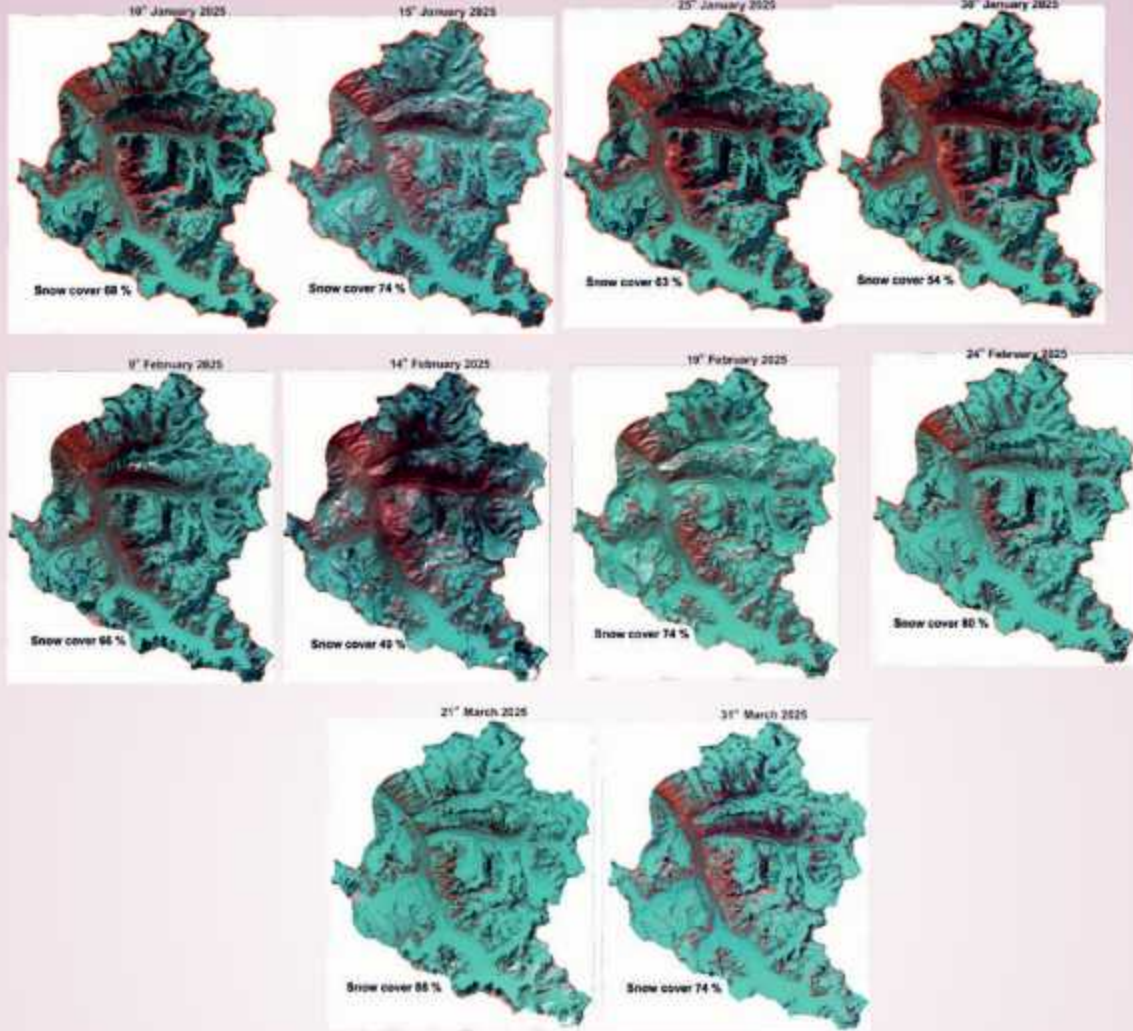
जैसा कि छायाचित्रों के माध्यम से ज्ञात हुआ है, दि. 1 नवंबर को 44% से 21 नवंबर को 38% तक बर्फ कवर में देखी गई कमी मौसमी बर्फ परिवर्तनों की निगरानी में इसकी प्रभावशीलता पर प्रकाश डालती है। यह प्रवृत्ति हिम कवर में धीरे-धीरे कमी का संकेत देती है, संभवतः इस अवधि के दौरान तापमान में वृद्धि, वर्षा में कमी या सौर विकिरण में वृद्धि के कारण हो सकता है। भोजवासा तक बेसिन क्षेत्र के लिए हिम कवर प्रतिशत की गणना की गई है। विशेष रूप से, 1 नवंबर और 11 नवंबर के बीच, हिम कवर 44% से घटकर 41% हो गया, और दि. 11 नवंबर से 16 नवंबर तक यह 41% से घटकर 39% हो गया। अंत में, 16 नवंबर से 21 नवंबर तक, हिम कवर 39% से घटकर 38% हो गया, जो निरंतर द्रवण दिखाता है, संभवतः तापमान में वृद्धि और स्पष्ट आकाश की स्थिति के कारण (चित्र 98) हो सकता है। डेटा से पता चलता है कि दि. 6 दिसंबर को 36% से 21 दिसंबर को 62% तक हिम कवर में वृद्धि हुई है, जैसा कि सेंटिनल - 2 की इमेजरी के माध्यम से पहचाना गया है, जो मौसमी बर्फ परिवर्तनों की निगरानी में इसकी प्रभावशीलता पर जोर देता है। यह प्रवृत्ति बर्फ के क्रमिक संचय को इंगित करती है, जो संभवतः इस अवधि के दौरान कम तापमान और बढ़ी हुई वर्षा जैसे कारकों से प्रभावित होती है। दि. 16 और 21 दिसंबर के बीच, बर्फ का आवरण क्रमशः 45% और 41% के बीच परिवर्तित होता रहा, जिससे साफ आसमान की स्थिति के कारण द्रवण के संकेत मिले (चित्र 98)। जनवरी से मार्च 2025 के सर्दियों के महीनों के दौरान, मौसमी बदलाव और हिम जमा होने की सीमा का आकलन करने के लिए गंगोत्री क्षेत्र में हिम आवरण की कई अंतरालों पर निगरानी की गई थी। दि. 10 जनवरी को बर्फ आवरण 68% दर्ज किया गया, जो दि. 15 जनवरी तक बढ़कर 74% के शीर्ष पर पहुँच गया। इसके पश्चात दि. 25 जनवरी को धीरे-धीरे घटकर 63% और माह अंत तक 30 जनवरी को 54% रह गया (चित्र 99)।

आवरण में शुरुआती वृद्धि संभवतः जनवरी की शुरुआत में हुई बर्फबारी से सुमेलित है, जबकि बाद में होने वाली कमी बर्फ के किंचित द्रवण या जमने का संकेत देती है। फरवरी 2025 में इसमें अधिक परिवर्तनशीलता देखी गई। दि. 9 फरवरी को हिम आवरण 66% दर्ज किया गया, लेकिन 14 फरवरी तक यह तेजी से घटकर 49% रह गया, जो कुछ समय के लिए गर्म मौसम या कम वर्षा का संकेत देता है। हालाँकि, माह के उत्तरार्ध में इसमें उल्लेखनीय वृद्धि हुई, 19 फरवरी को हिम आवरण 74% तक बढ़ गया और दि. 24 फरवरी तक



चित्र 98: जुलाई से सितंबर 2024 तक गंगोत्री ग्लेशियर बेसिन में भोजवासा तक मौसमीय हिमाच्छादन के वितरण को दर्शाने वाले उपग्रह चित्र। इन परिवर्तनों के अनुश्रवणों के लैंडसैट इमेजरी का उपयोग किया गया।

80% तक पहुँच गया। यह तीव्र वृद्धि इस क्षेत्र में नए सिरे से बर्फबारी की गतिविधियों का संकेत देती है। मार्च 2025 में प्रेक्षण अवधि के दौरान सबसे अधिक हिम संचय हुआ। दि. 21 मार्च को हिम आवरण 86% तक पहुँच गया, जो इस मौसम का अधिकतम मान था। हालाँकि दि. 31 मार्च तक 74% तक मामूली कमी दर्ज की गई, फिर



चित्र 99: जनवरी से मार्च 2025 तक गंगोत्री ग्लेशियर बेसिन में भोजवासा तक मौसमीय हिम आवरण के वितरण को दर्शाने वाले उपग्रह चित्र। भी कुल मिलाकर बर्फ की उपस्थिति पर्याप्त बनी रही (चित्र 99)। मार्च के दौरान लगातार व भारी बर्फबारी का परियोजना टीम द्वारा, खासकर भोजवासा जैसे अधिक ऊँचाई वाले स्थानों तक पहुँचने में, सामना किया गया। आँकड़े निरंतर बर्फबारी की उपस्थिति और बीच-बीच में होने वाली वृद्धि को दर्शाते हैं, जो सक्रिय शीतकालीन वर्षा पैटर्न को दर्शाता है। फरवरी के अंत और मार्च में प्रेक्षित उच्च हिम आवरण ग्लेशियर सतह ऊर्जा संतुलन, द्रवण के समय व भागीरथी नदी में वसंत ऋतु के अपवाह को महत्वपूर्ण रूप से प्रभावित करेगा। यह प्रेक्षण मौसमीय गतिकी को बेहतर ढंग से समझने के लिए निरंतर हिम निगरानी के महत्व को रेखांकित करते हैं।

एएनआरएफ-डीएसटी वित्तपोषित परियोजना चकराता ब्लॉक के कोंडोई गाँव में भूस्खलन की प्रारंभिक निगरानी : ढलान की संवेदनशीलता की जाँच एवं सुझावात्मक उपायों पर विशेष महत्ता

(स्वप्नमिता चौधरी और ख्यांगशिंग ल्यूरी)

कांडी गाँव (कोंडोई बौदूर) की आबादी लगभग 400 लोगों और 40

घरों की है, जो प्राकृतिक और मानवजनित कारकों के कारण भूस्खलन के जोखिम में हैं। सड़क निर्माण के कारण इस क्षेत्र में भूस्खलन की आवृत्ति बढ़ गई है, जो सड़क के कटे हुए हिस्से पर दिखाई दे रही है, और ढलान पर दरारें और जोड़ मानसून के दौरान भूस्खलन को बढ़ावा दे सकते हैं। इसलिए, वास्तविक समय में संचालित एलईडब्ल्यूएस के लिए इन-सीटू सेंसर और रिमोट सेंसिंग का उपयोग करते हुए एक पूर्वानुमान मॉडल प्रस्तावित और योजनाबद्ध किया गया था। भू-तकनीकी विश्लेषण के लिए मिट्टी और चट्टान के आंकड़ों को एकत्र करने और स्थल-संरचनात्मक पहलुओं का अध्ययन करने के लिए अध्ययन क्षेत्र में क्षेत्रीय कार्य किया गया। वाडिया संस्थान की भू-तकनीकी प्रयोगशाला में नमूनों का कण आकार, मिट्टी के वर्गीकरण और तरल और प्लास्टिक सीमा के लिए विश्लेषण किया गया। स्थल, अधिष्ठापना की गहराई व स्थिति की योजना बनाने के लिए LEWS के अधिष्ठापन को शुरू करने से पहले भू-तकनीकी जांच भी महत्वपूर्ण है। भू-तकनीकी विश्लेषण मृदा व्यवहार एवं भौतिक गुणों के आधार पर विभिन्न इंजीनियरिंग

अनुप्रयोगों के लिए इसकी उपयुक्तता के बारे में अंतर्दृष्टि प्रदान करते हैं। कंडी (कोंडोई बोंदूर) गाँव, जो भू-आकृति विज्ञान की दृष्टि से संवेदनशील क्षेत्र में स्थित है, भूस्खलन, भूमि अवतलन व आवासीय भवनों में दरारों जैसी संरचनात्मक क्षति सहित जल-भूवैज्ञानिक खतरों से तेजी से प्रभावित हो रहा है। क्षेत्रीय अवलोकनों ने गाँव के भीतर और आसपास कम से कम छह सक्रिय भूस्खलन बिंदुओं की पहचान की है, जिसमें विशेष रूप से महत्वपूर्ण सक्रिय भूस्खलन क्षेत्र संपत्ति और जीवन के लिए प्रत्यक्ष जोखिम है। कंडी (कोंडोई बोंदूर) गाँव के लिए वर्षा और तापमान प्रवृत्ति विश्लेषण (1901-2024) : वर्षा औसत वार्षिक वर्षा ग्राफ (1901-2024) पिछले 124 वर्षों में वार्षिक वर्षा में गिरावट की प्रवृत्ति दर्शाता है। जबकि 20वीं सदी के आरंभ में उच्च और अधिक स्थिर वर्षा दर्ज की गई (10 मिमी औसत से अधिक के शीर्ष पर), 1960 के दशक के बाद एक स्थिर गिरावट दिखाई दे रही है, हाल के दशकों में वार्षिक औसत अक्सर 4 मिमी से नीचे चला गया है। वर्षा समय श्रृंखला पर लागू एक रेखीय प्रतिगमन मॉडल एक नकारात्मक -11.46 मिमी/वर्ष प्रवृत्ति दिखाता है, जो वार्षिक वर्षा में एक मापनीय और प्रगतिशील गिरावट को दर्शाता है। इस प्रवृत्ति की सांख्यिकीय मजबूती का आकलन करने के लिए, मान-केंडल परीक्षण - एक गैर-पैरामीट्रिक परीक्षण जो विशेष रूप से पर्यावरणीय समय-श्रृंखला विश्लेषण के लिए उपयुक्त है, नियोजित किया गया।

इसके अतिरिक्त, केंडल का ताउ गुणांक -0.530 पर परिकलित किया गया, जो समय और वर्षा के बीच एक मध्यम रूप से मजबूत नकारात्मक संबंध दर्शाता है। थील-सेन ढलान अनुमानक ने -11.20 मिमी/वर्ष का मान दिया, जो प्रतिगमन परिणाम की पुष्टि करता है, और प्रवृत्ति के परिमाण का एक प्रबल अनुमान प्रदान करता है। हालिया वर्षा प्रवृत्ति विश्लेषण 2024-2025: 2024 के उच्च-रिजॉल्यूशन दैनिक वर्षा विश्लेषण से अलग पैटर्न का पता चलता है। वर्ष के शुरुआती महीनों में लंबे समय तक सूखा रहा, जबकि जुलाई के अंत से सितंबर के मध्य तक अचानक और तेज बारिश हुई, जो एक ही बार में 66 मिमी के उच्चतम स्तर पर पहुंच गई। मानसून के दौरान, मध्यम से भारी वर्षा के समूह स्पष्ट थे, जिससे ढलान संतृप्ति का खतरा बढ़ गया। यद्यपि कुल वार्षिक वर्षा कम रही, यह प्रवृत्ति हिमालय में जलवायु परिवर्तन के पैटर्न के अनुरूप है। वर्षा की बदलती प्रकृति कम बार होती है, लेकिन अधिक तीव्र होती है, जो भूवैज्ञानिक नाजुकता और मानवीय गतिविधियों के साथ मिलकर भूस्खलन और भू-धंसाव के जोखिम को बढ़ाती है। कंडी में सक्रिय भूस्खलन क्षेत्र और संरचनात्मक क्षति संभवतः केवल संचयी वर्षा का परिणाम नहीं है, बल्कि स्थानीय भू-भाग और विकास पद्धतियों के कारण कम अवधि में केंद्रित जल-जलवायु तनाव का परिणाम है। इस संवेदनशील हिमालयी गाँव में जीवन और बुनियादी ढाँचे की रक्षा के लिए एकीकृत जलवायु और जोखिम आकलन के माध्यम से सक्रिय हस्तक्षेप की तत्काल आवश्यकता है।

एनआरएफ-डीएसटी वित्तपोषित परियोजना

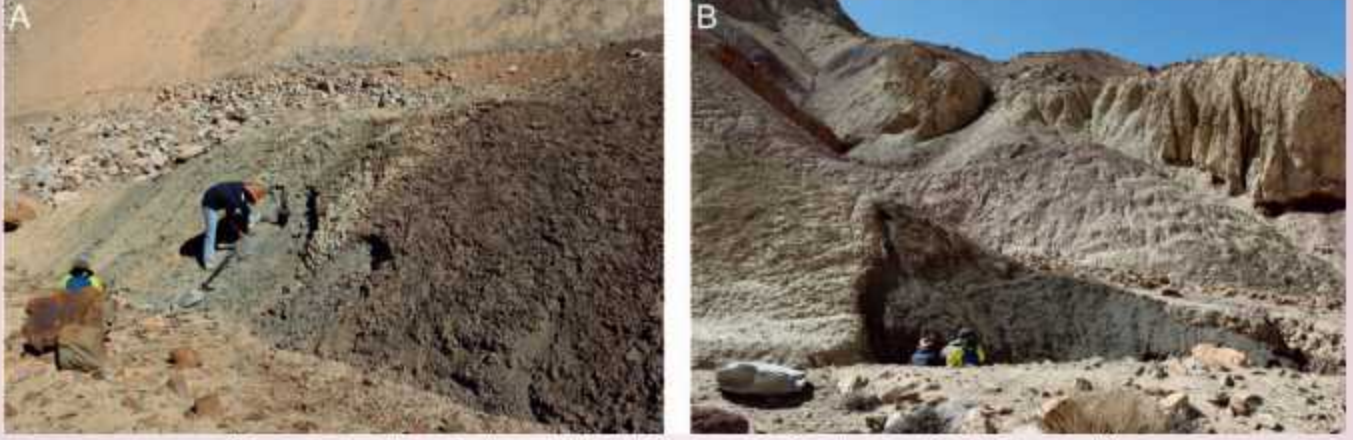
लद्दाख के उच्च-रिजॉल्यूशन वाले कृतक जैव-कालानुक्रम एवं कशेरुकी आधारित पुरापास्थितिकी और पुराजैवभूगोल का अध्ययन : लद्दाख मोलासे समूह, उत्तर-पश्चिम हिमालय (निंगथौजम प्रेमजित सिंह)

लद्दाख में दि. 6-15 अक्टूबर 2024 के दौरान 10 दिनों का विस्तृत क्षेत्र कार्य किया गया, जिससे सूक्ष्म-कशेरुकी जीवाश्मों वाले खंडों को चिह्नित किया जा सके और उनका उपयोग लद्दाख मोलासे की जैव-स्तरीयों के पुनर्निर्माण में किया जा सके। ये निष्कर्ष महत्वपूर्ण होंगे क्योंकि ये उस समय की पुरापास्थितिकी स्थिति के पुनर्निर्माण में मदद करेंगे और पारिस्थितिक निरंतरता/असततता को समझने के लिए स्थानीय, क्षेत्रीय और उप-महाद्वीपीय निक्षेपों के साथ तुलना करने में मदद करेंगे। घोषित उद्देश्यों के साथ, किए गए क्षेत्र कार्य में लेह में 4 दिन और कारगिल में 3 दिन शामिल थे। क्षेत्र का पहला भाग दि. 7-10 अक्टूबर, 2024 तक लेह में था। सबसे पहले, हमने तारुचे और सास्पोचे गाँवों (चित्र 100) का दौरा किया और क्षेत्र में लद्दाख मोलासे के अवशेषों की टोह लेना शुरू किया। उपलब्ध साहित्य और लेह में किए गए पूर्व कार्यों के आधार पर, इस क्षेत्र को सूक्ष्म-कशेरुकी जीवाश्मों तथा अन्य जीवाश्मयुक्त खण्डों की प्राप्ति की सर्वाधिक संभावना वाले क्षेत्र के रूप में चुना गया था। इन क्षेत्रों में दो मुख्य जीवाश्मयुक्त खण्ड मिले हैं, जो कृन्तकों जैसे महत्वपूर्ण सूक्ष्म-कशेरुकी जीवों की प्राप्ति की संभावना दर्शाते हैं।

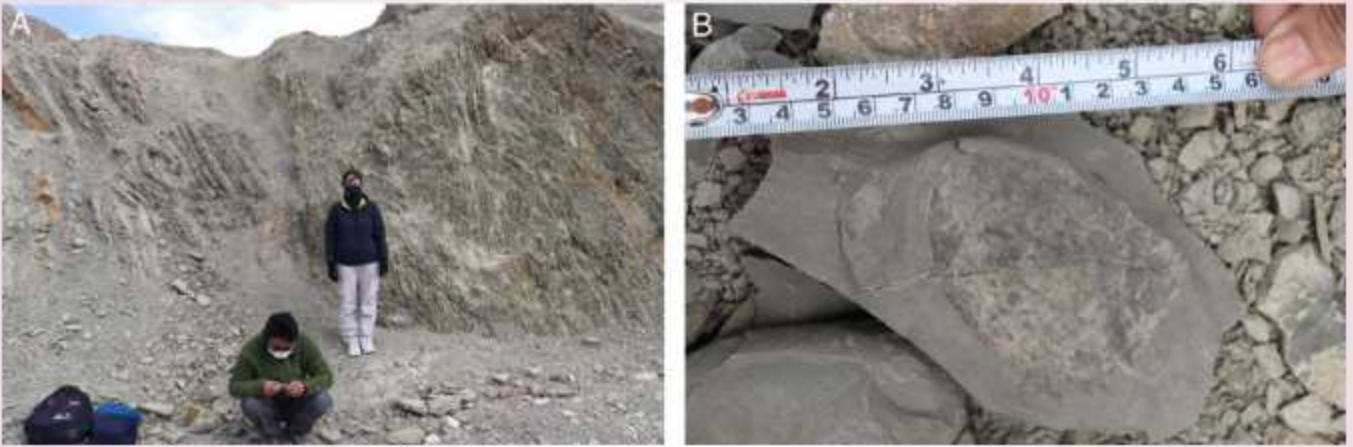
बासगो संरचना के एक अन्य खंड का दौरा किया गया। यहाँ के एक खंड में पौधों के जीवाश्म मिले हैं (चित्र 101)। सुसंरक्षित पादपों की पत्तियों के निशान सबसे महत्वपूर्ण खोज हैं, जिनमें पुरापास्थितिक पुनर्निर्माण सहित आशाजनक शोध संभावनाएँ हैं। सुसंरक्षित डाइकोटिलिडॉन ट्रिबीजपत्री पर्ण (चित्र 101बी) उस समय प्रचलित लद्दाख की स्थलाकृति को समझने के लिए एक नया द्वार खोलेंगे।

क्षेत्र दौरे का अगला भाग कारगिल क्षेत्र में पूर्ण किया गया। लद्दाख मोलासे की तीन मुख्य संरचनाओं, यथा, कारगिल फॉर्मेशन, थारुम्सा फॉर्मेशन और पश्क्यूम फॉर्मेशन का दौरा किया गया (चित्र 102)। तीनों में क्षेत्र कार्य किए गए। कारगिल फॉर्मेशन को वक्का चू नदी खंड के साथ पार किया गया, जो सबसे अच्छा आउटक्रॉप है। यह फॉर्मेशन सबसे अधिक जीवाश्मयुक्त सिद्ध हुआ और इसमें सात परतें चित्रित की गईं। आउटक्रॉप पर, गैस्ट्रोपोड्स और मछली की हड्डियों के जीवाश्म आसानी से दिखाई दे रहे थे, जो अन्य सूक्ष्म कशेरुकी जीवाश्मों की भी सकारात्मक संभावना दिखाते थे। पश्क्यूम गाँव के पास पश्क्यूम फॉर्मेशन में फील्डवर्क से भी कई जीवाश्म परतें मिली हैं।

निष्कर्षतः, क्षेत्र कार्य सफल रहा क्योंकि हम अनेकों जीवाश्म परतों का चित्रण करने में सक्षम रहे, जिनसे नए और महत्वपूर्ण जीवाश्म प्राप्त होने की सकारात्मक संभावना है। इस उद्देश्य से,



चित्र 100: (ए-बी) तारुधे और सास्पोधे गांवों के पास अनावरित जीवाश्म खंडों की फील्ड तस्वीरें।



चित्र 101: (ए) बासगो गांव में अनावरित पादप जीवाश्म स्थल, शेल में संरक्षित, (बी) डाइकोटेलिडॉन द्विबीजपत्री पत्रक जीवाश्म।



चित्र 102: (ए) कारगिल की वक्का चू नदी के किनारे अनावरित क्षेत्र, (बी) कारगिल के पश्क्यूम गांव के पास अनावरित क्षेत्र।

उपर्युक्त सभी खंडों से सामूहिक रूप से लगभग 600 किलोग्राम नमूने एकत्र किए गए हैं तथा उनका प्रसंस्करण शुरू हो चुका है। कारगिल संरचना से प्राप्त नमूनों के प्रारंभिक गलनांक और छंटाई से पहले से ही प्रचुर मात्रा में कैरोफाइट्स और मछली के जीवाश्म प्राप्त हो रहे हैं।

हमें अन्य नमूनों से भी यही और इससे भी अधिक की उम्मीद है। हमें आशा है कि ये निष्कर्ष अंततः इस क्षेत्र के उद्देश्यों की पूर्ति में योगदान देंगे और जीवाश्म विज्ञान और लद्दाख मोलासी तथा जीवाश्म विज्ञान संबंधी अभिलेखों की समझ में लाभकारी योगदान देंगे।

एएनआरएफ-डीएसटी वित्तपोषित परियोजना

भारत-एशियाई संघट्टन एवं सूरमा समूह, नागा पहाड़ियों के निओजीन तलछट, भारत-म्यांमार पर्वतमाला की वैश्विक जैव-घटनाओं के आलोक में पुराजलवायु, पुरापर्यावरणीय तथा जैव-स्तरीकरण का पुनर्निर्माण

(कपेसा लोखो और एम. प्रकाशम)

अनुसंधान नेशनल रिसर्च फाउंडेशन (एएनआरएफ) – विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग (डीएसटी), भारत द्वारा डॉ. कपेसा लोखो (प्रधान अन्वेषक) और डॉ. एम. प्रकाशम (सह-प्रधान अन्वेषक) को एक प्रमुख अनुसंधान अनुदान (सीआरजी) प्रदान किया गया। 'भारत-एशियाई संघट्टन एवं सूरमा समूह, नागा पहाड़ियों के निओजीन तलछट, भारत-म्यांमार पर्वतमाला की वैश्विक जैव-घटनाओं के आलोक में पुराजलवायु, पुरापर्यावरणीय तथा जैव-स्तरीकरण का पुनर्निर्माण' शीर्षक वाली यह परियोजना नागा पहाड़ी क्षेत्र में विगत पर्यावरणीय परिवर्तनों की जाँच करेगी। भूगर्भीय समय के पैमाने और पृथ्वी की जलवायु तथा महासागरों के इतिहास को स्थापित करने और समझने में कैल्केरियस नैनोफॉसिल्स महत्वपूर्ण बायोस्ट्रेटीग्राफिकल उपकरण के रूप में कार्य करते हैं। ये सूक्ष्म समुद्री जीव, जो मुख्य रूप से छोटे, कैल्शियम कार्बोनेट प्लेट (कोकोलिथ) हैं, सापेक्ष डेटिंग और समुद्री अनुक्रमों के सहसंबंध में मूल्यवान हैं। इस अध्ययन में, बायोस्ट्रेटीग्राफी और पैलियोएनवायरनमेंटल सेटिंग के पुनर्निर्माण और डेटिंग के लिए कैल्केरियस ब्लैक सिल्टी-शेल नमूनों का उपयोग किया जाता है। यह नागा हिल्स के सूरमा समूह से नैनोफॉसिल्स की पहली रिपोर्ट है जिसमें *कोकोलिथस पैलाजिकस*, *कैल्सीडिसस लेटोपोरस*, *कोकोलिथस मियोपेलजिकस*, *हेलिकोस्फेरा कार्टेरी*, *हेलिकोस्फेरा यूफ्रेटिस*, *सेटिकुलोफेनेस्ट्रा हकी*, *सेटिकुलोफेनेस्ट्रा*



चित्र 103 : इंडो-म्यांमार रेंज के नागा हिल्स के सूरमा समूह से एक फलेजर संस्तर संरचना।

गिनुटा, *सेटिकुलोफेनेस्ट्रा* *स्यूडोउम्बिलिकस* शामिल हैं डेटा संश्लेषण प्रगति पर है। इसके अतिरिक्त, दि. 28 मार्च से 9 अप्रैल, 2025 तक 13 दिनों तक एक क्षेत्र कार्य किया गया। यह कार्य जीवाश्मीय खंड के लिए उच्च विभेदन को सुदृढ़ करने हेतु किया गया। क्षेत्र में, फलेजर (चित्र 103) और लॉटिकुलर बेडिंग, रिपल क्रॉस लेमिनेशन और ल्यूनेट रिपल्स जैसी तलछटी विशेषताएँ प्रेक्षित की गई हैं।

डीएसटी वित्तपोषित WISE पोस्ट-डॉक्टरल फेलोशिप

उत्तर-पश्चिम हिमालय के लाहौल-स्पीति के ठंडे-शुष्क क्षेत्रों में होलोसीन वनस्पति तथा जलवायु गतिशीलता (दीपिका त्रिपाठी)

लाहौल-स्पीति के ठंडे-शुष्क क्षेत्र में सितंबर के अंत से अक्टूबर 2024 के मध्य तक 15 दिनों तक का एक व्यापक क्षेत्र अध्ययन किया



चित्र 104: लाहौल-स्पीति में क्षेत्र कार्य के दौरान सतही मृदा नमूनों एवं आधुनिक पादपों का संग्रह।

गया। इसका उद्देश्य होलोसीन युग के दौरान जलवायु और वनस्पति गतिशीलता के परीक्षण के लिए नमूने एकत्र करना था। चित्र 104 में दर्शाए गए 130 आधुनिक पादप नमूनों के अलावा, लगभग 30 सतही नमूने एकत्र किए गए। इसके अलावा, स्पीति घाटी में दो कोर (पहले स्थान से 30 नमूने और दूसरे स्थान से 54 नमूने) से 84 तलछट के नमूने बहु-प्रॉक्सी विश्लेषण के लिए प्राप्त किए गए, जिसमें जैविक और अजैविक दोनों प्रकार के प्रॉक्सी, साथ ही AMS ¹⁴C डेटिंग शामिल है।

एकत्रित 130 आधुनिक पौधों में से, 50 को उत्तराखंड के पंतनगर स्थित जीबीपीयूएटी के वर्गिकीविद् डॉ. डीएस रावत की सहायता से वर्गिकीविज्ञान की दृष्टि से वर्गीकृत किया गया है। 20 आधुनिक पौधों का फाइटोलिथ विश्लेषण पूरा हो चुका है, और अतिरिक्त कार्य जारी है, जिसका उद्देश्य लाहौल-स्पीति क्षेत्र के लिए पहला फाइटोलिथ संदर्भ संग्रह स्थापित करना है।

सतह और तलछट के नमूनों का प्रसंस्करण प्रत्येक प्रॉक्सी (जैविक और अजैविक) के लिए निर्दिष्ट प्रोटोकॉल के अनुसार किया जा रहा है। अब तक, जैविक प्रॉक्सी के लिए 20 + 20 नमूनों और अजैविक प्रॉक्सी के लिए 20 नमूनों का प्री-प्रिपरेशन पूर्ण हो चुका है।

एएनआरएफ-डीएसटी वित्तपोषित परियोजना

काराकोरम टेथिस अनुक्रम, उत्तर-पश्चिम भारत का उद्भव, ब्यूरियल और उत्पन्न इतिहास

(विकास अदलखा, महेश कापावार और सौरभ सिंघल)

भारत के दक्षिण-पूर्वी काराकोरम में नुब्रा घाटी में काराकोरम भ्रंश (केएफ) क्षेत्र के साथ एक नया जिरेकोन और एपेटाइट विखंडन-पथ (जेडएफटी-एएफटी) तापकालिक अध्ययन किया गया है। जेडएफटी की आयु क्रमशः 8.7±0.7 से 11.3±0.6 मिलियन वर्ष और एएफटी की आयु क्रमशः 3.8±0.5 से 6.9±1.1 मिलियन वर्ष तक है। जेडएफटी आयु का उपयोग कर परिकलित उत्पन्न दरें ~ 9.87 Ma से ~ 0.54 ± 0.04 से 0.66 ± 0.04 mm yr⁻¹ तक और एएफटी आयु के लिए ~ 4.8 Ma से ~ 0.58 ± 0.1 से 0.68 ± 0.11 mm yr⁻¹ तक भिन्न होती हैं। नुब्रा घाटी से उत्पन्न दरें दक्षिणी लद्दाख बाथोलिथ (LB) में प्रेक्षित दरों से दोगुनी से भी अधिक हैं और केएफ क्षेत्र के उत्तर में काराकोरम ट्रांसप्रेशन जोन (KTZ) और काराकोरम टेरेन (KT) के समान हैं। LB से KT की ओर AFT काल का निरंतर घटता पैटर्न यह दर्शाता है कि स्थानीय टेक्टोनिक प्रभाव एक नगण्य भूमिका निभाते हैं तथा इस क्षेत्र के उत्पन्न इतिहास में क्षेत्रीय टेक्टोनिक्स की भूमिका है। नुब्रा क्षेत्र में मध्य मायोसिन (~ 12 Ma) के दौरान उत्तरी LB पर KT के दक्षिण की ओर थ्रस्ट के प्रमाण मिले हैं। हमारा सुझाव है कि श्योक सूचक जोन (एसएसजेड) / मुख्य काराकोरम थ्रस्ट (एमकेटी) के साथ KT का दक्षिण-दिशा में थ्रस्ट मायोसिन के दौरान KT में हुई तीव्र क्रस्टल शॉर्टनिंग के परिणामस्वरूप है। हमारा प्रस्ताव है कि प्रारंभिक मायोसिन के दौरान, विघटन-प्रेरित उच्च उन्नयन ने KT के उत्पन्न के प्रारंभिक चरण को सक्रिय किया, जिसका प्रमाण नुब्रा घाटी से KF के साथ भूतापीय झरनों में मेटल-व्युत्पन्न ³He/⁴He समस्थानिक अनुपात की उपस्थिति तथा मध्य काराकोरम से मायोसिन K-समृद्ध लैम्प्रोफायर के रूप में मौजूद है। अंतिम चरण में उत्पन्न KT के तले भारतीय प्लेट के अंडरथ्रस्टिंग द्वारा सुगम हुआ था।

प्रायोजित परियोजना : (INSPIRE संकाय)

मेसोप्रोटरोजोइक ("बोरिंग बिलियन") में वायुमंडल-जलमंडल का विकास : एक भू-रासायनिक अध्ययन (सुमोजित साहा)

बिलारा चूना पत्थर (मारवाड़ बेसिन)

बिलारा समूह, मारवाड़ बेसिन के लगभग 300 मीटर मोटे चूना पत्थर-डोलोमाइट-चर्ट अनुक्रम का कार्बन और ऑक्सीजन समस्थानिक अध्ययनों के लिए अध्ययन किया गया। बिलारा समूह को अध्ययन के क्रम में : तीन संरचनाओं में : धनपा डोलोमाइट, गोटेन चूना पत्थर और पोंडलू डोलोमाइट, में वर्गीकृत किया गया है। बिलारा लिथो-अनुक्रम का अध्ययन 15 खंडों (सारणी 2) से किया गया है।

सारणी 2: बिलारा चूना पत्थरों से अध्ययन किए गए खंड, अक्षांश-देशांतर आँकड़ों के साथ।

Ashop	26°52'48.36"	73°31'14.94"
Khejarla	26°18'15.54"	73°41'4.14"
Birla mine	26°35'31.54"	73°48'2.96"
Gopa	27°09'55.7"	72°16'32.2"
Harash Mine	26°9'14.64"	73°44'13.41"
Lordiya	27°5'23.53"	72°22'53.89"
Bari Bawari	27°13'45.6"	72°15'43.89"
Barna mine section	26°7'9.90"	73°44'39.19"
CDB	26°7'41.263"	73°43'35.04"
MNTP	26°35'26.8"	73°45'56.1"
RSMS	26°34'36.22"	73°46'2.59"
Tucklian I	26°38'46.91"	73°45'16.52"
Birla mine section	26°35'31.54"	73°48'2.96"
Man singh	26°20'37.3"	73°47'55.7"
Tucklian II	26°37'52.50"	73°47'28.40"

बिलारा समूह की चट्टानों में कार्बन समस्थानिक अध्ययन

मान सिंह, बिड़ला, सीडीबी, हराश, जेपी, आरएसएमई, तुकलियान (I और II) सहित खदान खंडों और गोपा एवं बारी बावरी सहित टीले / पहाड़ी खंडों से नमूने एकत्र किए गए। लोर्डिया खंड में बिलारा लिथोपैकेज (गिरबाखरबिलारा संपर्क) के आधार भाग से एकत्र किए गए नमूनों को भारी चर्टिफिकेशन के कारण मापा नहीं जा सका। मान सिंह खदान खंड में $\delta^{13}C_{org}$ के अधिकतम और न्यूनतम मान 1.8 और -6.6 हैं, बिरला खदान खंड में 2.4 और -10.4 हैं, सीडीबी खदान खंड में 2.6 और -4.4 हैं, हराश खंड में -0.1 और -7.5 हैं, जेपी खदान खंड में 0.3 और -3.2 हैं, आरएसएमई खदान खंड में 0.9 और -5.1 हैं, तुकलियान I खदान खंड में 1.3 और -6.3 हैं, तुकलियान II खदान खंड में 1.6 और -7.2 हैं, ऐशोप खदान खंड में 0.1 और -6.8 हैं, गोपा पहाड़ी खंड में -4.1 और -4.7 हैं और बारी बावरी टीला खंड में -1.9 और -2.6 हैं। आँकड़ों पर प्रारंभिक नजर डालने से पता चलता है कि बिलारा लिथोपैकेज के माध्यम से $\delta^{13}C_{org}$ का मान अधिकतम 1.3 और न्यूनतम -10.4 के बीच व्यापक रूप से भिन्न होता है। विभिन्न खंडों के $\delta^{13}C_{org}$ आँकड़ों का औसत माध्य मान -2.5 है और विभिन्न खंडों के माध्य मानों की सीमा -1.6 और -4.5 के बीच है। इसी प्रकार, नमूनों के $\delta^{18}O_{org}$ मान भी 7.4 और -10.9 के बीच व्यापक रूप से भिन्न होते हैं, जिनमें से अधिकांश मान 0 और -5 के

बीच होते हैं: -7 से कम मानों को अस्वीकार्य रूप से परिवर्तित माना जाता है।

बिलारा अनुक्रम से एक खण्ड से दूसरे खण्ड $\delta^{13}C_{org}$ और $\delta^{18}O_{org}$ के मध्य परिवर्तनशील सह-प्रसरण दर्ज किया गया। जहाँ कुछ खंडों में प्रबल सहसंबंध (R^2 मान 0.91 तक; मान सिंह 0.88, बिलारा 0.91, CDP 0.71, हरश 0.78, टुक्विलयन 0.75) दर्ज किया गया है, वहीं कुछ में मध्यम सहसंबंध (R^2 मान लगभग 0.5; अशोप 0.59, बारी बावरी 0.45) दर्ज किया गया है और अन्य में कम से लेकर न्यूनतम सहसंबंध (R^2 मान 0.0008 जितना कम; JP 0.27, RSME 0.38, टुक्विलयन II 0.26, गोपा 0.0008) दर्ज किया गया है। सभी खंडों के आँकड़ों का एक क्रॉस-आरेख 0.25 का सहसंबंध मान (R^2) दर्शाता है। समान गुणों के अवलोकन से, यथा, पृथक खंडों में परिवर्तनशील सहसंबंध मान (प्रबल से शिथिल) तथा दक्षिण ऑस्ट्रेलिया के वोनोका फॉर्मेशन तथा दक्षिण-पश्चिमी अमेरिका के जॉनी फॉर्मेशन के सभी खंडों के संयोजन से मध्यम से कमजोर सहसंबंध, ने इसे एसडब्ल्यूई के एक सामान्य और परिवर्तनशील चरित्र के रूप में पहचाना है।

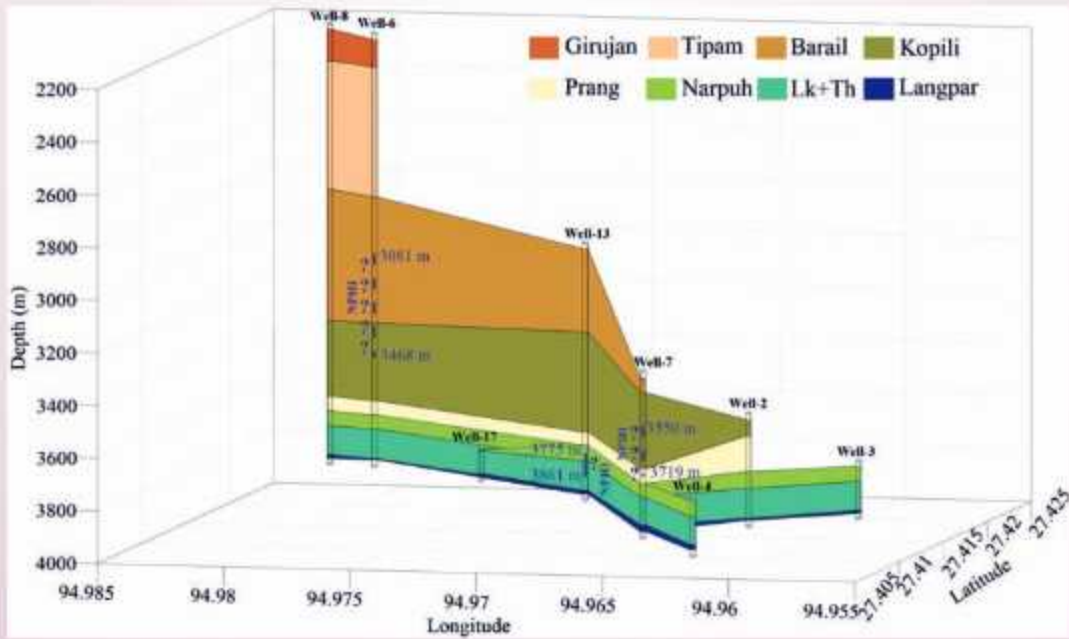
एएनआरएफ़-डीएसटी वित्तपोषित परियोजना

उपसतही भूवैज्ञानिक विशेषताओं का चित्रांकन, मशीन लर्निंग परिप्रेक्ष्य द्वारा लुप्त लॉग्स का पूर्वानुमान और विटेज सोनिक लॉग्स की कंडीशनिंग

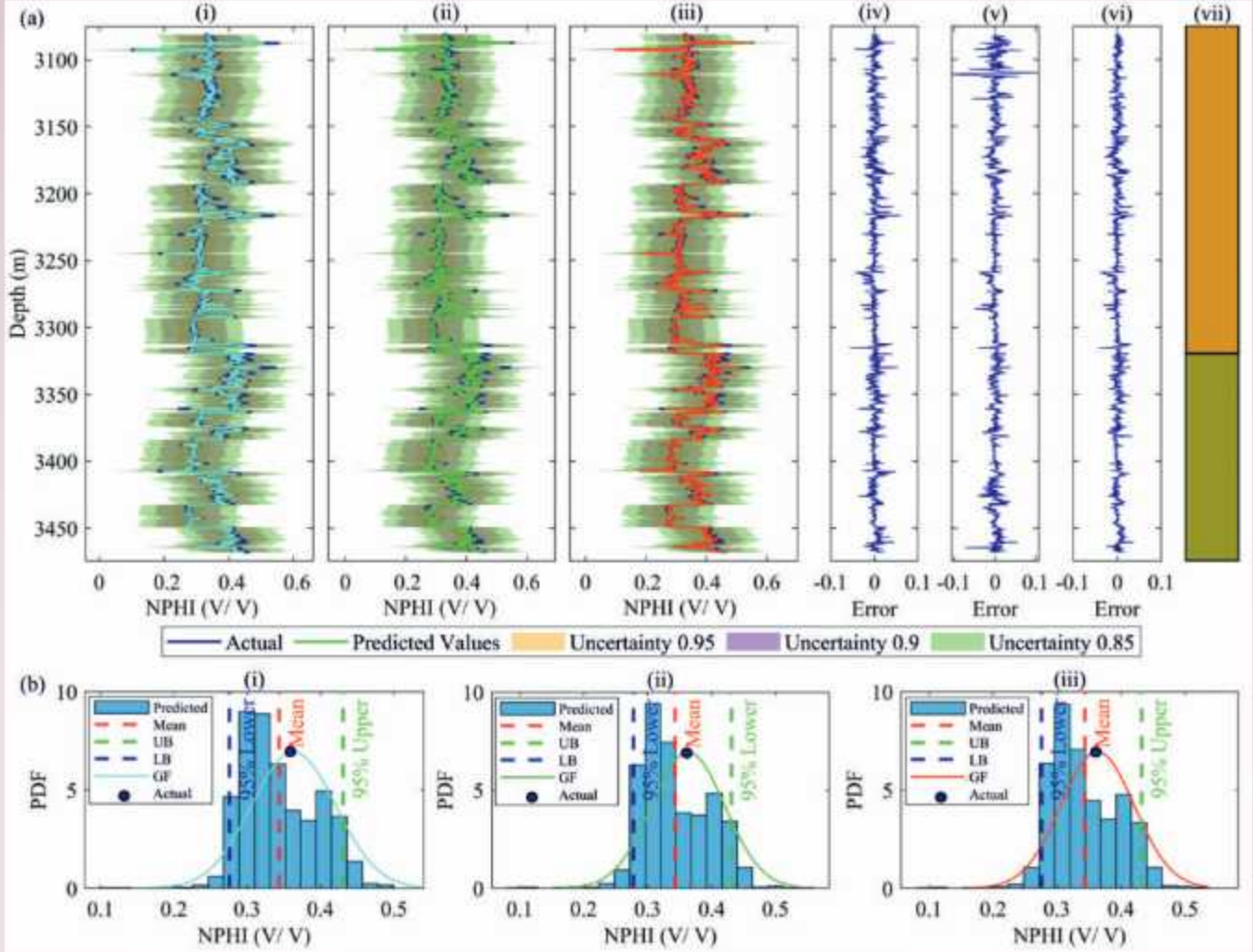
(वप्या मुखर्जी)

पेट्रोलियम अन्वेषण में भूमिगत लक्षण-निर्धारण और निर्णय लेने के लिए सटीक वेल लॉग डेटा महत्वपूर्ण है। हम लुप्त वेल लॉग डेटा के पूर्वानुमान करने में तीन अलग-अलग डीप लीनिंग (डीएल) विधियों

यथा, दीर्घ-अल्पकालिक स्मृति, द्विदिशात्मक दीर्घ-अल्पकालिक स्मृति, और संवलनात्मक दीर्घ-अल्पकालिक स्मृति नेटवर्क की प्रभावशीलता का पता लगाते हैं तथा उनकी तुलना करते हैं, जो ऊर्जा और उत्पादन (ईएंडपी) कंपनियों द्वारा प्राप्त डेटा में एक आम चुनौती है। विस्तृत गहराई अंतराल के साथ विभिन्न भूवैज्ञानिक संरचनाओं में लुप्त लॉग्स का एक उदाहरण चित्र 105 में दर्शाया गया है। हमारे विश्लेषण ने सहसंबंध मैट्रिक्स के माध्यम से भूमौतिकीय लॉग्स में मौजूद जटिल, अरेखिक संबंधों और न्यूनतम अतिरेक अधिकतम प्रासंगिकता (एमआरएमआर) विश्लेषण के माध्यम से पूर्वानुमान विशेषताओं की श्रेणी निर्धारित करने को प्रकट किया है। इन मॉडलों का मूल्यांकन करने के लिए, हमने ऊपरी असम बेसिन के भोगपारा तेल क्षेत्र से वास्तविक-क्षेत्र वायरलाइन लॉग डेटासेट का उपयोग किया। प्रत्येक मॉडल के प्रदर्शन का मूल्यांकन मूल माध्य वर्ग त्रुटि, सहसंबंध गुणांक, माध्य निरपेक्ष त्रुटि और वास्तविक व अनुमानित मानों के बीच विचरण के माध्यम से किया जाता है। मॉडलों की अनिश्चितता को मोटे कार्लो सिमुलेशन द्वारा सुगम बनाया गया। डीप लर्निंग मॉडलों ने गामा-किरण, प्रतिरोधकता, घनत्व और प्रकाश-विद्युत कारक लॉग से न्यूट्रॉन सरंधता लॉग का सटीक पूर्वानुमान लगाया। प्रशिक्षण (0.90 से अधिक) और परीक्षण (0.97 से अधिक) चरणों के दौरान उच्च सहसंबंध गुणांक ने डीएल मॉडलों की अनुमानित सटीकता को दर्शाया। Conv-LSTM निरंतर LSTM और Bi-LSTM से बेहतर प्रदर्शन करता है, जो दर्शाता है कि फीचर निष्कर्षण में संवलन परतों का एकीकरण लॉग डेटा में जटिल पैटर्न को पकड़ने में एक महत्वपूर्ण लाभ प्रदान करता है। उदाहरण के लिए, वेल 2 पर अनुमानित न्यूट्रॉन सरंधता लॉग (एनपीएचआई) चित्र 106 में दर्शाया गया है। यह शोध लुप्त लॉग



चित्र 105: यह मान लीजिए कि वेल 6, 7 और 13 पर न्यूट्रॉन पोरॉसिटी लॉग क्रमशः 3081 मीटर से 3468 मीटर (बरेल से कोपिली संरचना), 3550 मीटर से 3719 मीटर (कोपिली से प्रांग संरचना), और 3775 मीटर से 3861 मीटर (नारपुह से सजे संरचना) की गहराई के अंतराल पर अनुपस्थित है। अध्ययन किए गए वेल में अलग-अलग गहराई पर न्यूट्रॉन पोरॉसिटी लॉग का अभाव एकल संरचना के बजाय मिश्रित संरचनाओं से संबंधित है।



चित्र 106: डीएल मॉडल से प्राप्त वास्तविक एवं अनुमानित एनपीएचआई लॉग का ओवरले, और वेल-6 पर में एरर (i) एलएसटीएम (ii), बीआई-एलएसटीएम (ii), कन्व-एलएसटीएम (iii), एलएसटीएम व्युत्पन्न लॉग में त्रुटि (iv), बीआई-एलएसटीएम व्युत्पन्न लॉग में त्रुटि (v), कन्व-एलएसटीएम व्युत्पन्न लॉग में त्रुटि (vi), कार्य गहराई अंतराल आंशिक रूप से बरेल और कोपिली संरचना (vii) से संबंधित है। (बी) डीएल मॉडल (v) एलएसटीएम, (vi) बीआई-एलएसटीएम और (vii) कन्व-एलएसटीएम के लिए मोटे कार्लो सिमुलेशन।

के पूर्वानुमान करने में डीप लर्निंग आर्किटेक्चर की प्रभावशीलता को प्रदर्शित करता है, जो ई एंड पी कंपनियों के लिए एक महत्वपूर्ण पहलू है, क्योंकि लॉग डेटा निर्णय लेने के लिए महत्वपूर्ण है। यह अध्ययन डेटा प्रामाणिकता को संरक्षित करने व सूचित निर्णय लेने में सुविधा प्रदान करने के लिए एक नवीन विधि प्रस्तुत करता है।

एनआरएफ-डीएसटी वित्तपोषित परियोजना

रंगपो (सिक्किम, भारत) के आधार धातु खनिजीकरण का अयस्क उद्भव, द्रव पी-टी विकास और भौतिक-रासायनिक लक्षण-निर्धारण का हिमालयी धातुजन्य मॉडल पर प्रभाव (आदित्य खरसा)

सिक्किम के रंगपो क्षेत्र और पश्चिम बंगाल के गोरुबन्धान में पंद्रह दिनों का क्षेत्रीय कार्य किया गया, जिसका मुख्य उद्देश्य अयस्क निक्षेपों व उनसे संबंधित पोषक शैलों की जाँच करना था। इस कार्य

के दौरान, दोनों अध्ययन क्षेत्रों से प्रतिनिधि अयस्क और पोषक शैल के नमूने व्यवस्थित रूप से एकत्र किए गए। अग्रतर प्रयोगशाला जाँचों में रंगपो निक्षेप पर विस्तार से ध्यान केंद्रित किया गया, जहाँ खनिजीकरण की पैराजेनेसिस और भौतिक-रासायनिक स्थितियों को स्थापित करने के लिए अयस्क शैलचित्रण, पोषक शैल शैलचित्रण और द्रव समावेशन अध्ययन किए गए।

भूतापमितीय और भू-बैरमितीय विश्लेषणों ने रंगपो क्षेत्र में अयस्क निर्माण की तापमान और दाब स्थितियों के संबंध में बहुमूल्य जानकारी प्रदान की। FeS-ZnS भूतापमिति इंगित करती है कि खनिजीकरण 376 °C और 422°C के बीच के तापमानों पर हुआ (चित्र 107)। आर्सेनोपाइराइट यौगिकों का उपयोग करके पूरक आर्सेनिक भूतापमिति, निर्माण तापमानों की एक विस्तृत श्रृंखला, 322°C से 477°C तक, प्रकट करती है (चित्र 108)। स्फ़ैलेराइट भू-बैरमिति दाब स्थितियों को और भी सीमित करती है, जिससे 5.19

सिटीक्सिस (ईएचएस) में महत्वपूर्ण भूकंपीय गतिविधियाँ होती हैं, जिसके कारण वर्ष 1950 में असम में उल्लेखनीय भूकंप (एमएस 8.7, जिसे कालांतर में एमडब्ल्यू 8.4 में संशोधित किया गया, एम्ब्रेसीज और डगलस 2004) आया, जो हिमालय में दर्ज किया गया सबसे बड़ा भूकंप है। यह क्षेत्र जोन V में वर्गीकृत है, जो भारत के भूकंपीय जोनिंग मानचित्र (बीआईएस 2002) पर सुभेद्यता के उच्चतम स्तर को दर्शाता है। ईएचएस एक जटिल त्रि-जंक्शन का प्रतिनिधित्व करता है, जहाँ भारतीय और यूरेशियन प्लेटें बर्मी प्लेटलेट के उत्तरी छोर से मिलती हैं (कर्रे 1989)। हिमालयी पर्वत श्रृंखला के पूर्वी छोर पर, महत्वपूर्ण टेक्टोनिक ट्रांजिशन होता है, जो संघट्टन की गतिशीलता से उत्तर की ओर स्थानांतरित होता है, जो तिब्बती पठार के उत्थरण में योगदान देता है, साथ ही स्ट्राइक-स्लिप भ्रंशों के माध्यम से दक्षिण पूर्व एशिया में एसकेप टेक्टोनिक्स को भी सुगम बनाता है (होल्ड 1991; मौलनार 1990; ब्यूमोंट एट अल. 2004; मिसरा 2009; हजारिका एट अल. 2013)। हिमालय की प्रमुख थ्रस्ट शीट, जिसमें मुख्य सीमा थ्रस्ट (एमबीटी) और मुख्य केंद्रीय थ्रस्ट (एमसीटी) शामिल हैं, इंडो-बर्मा पर्वतमाला (आईबीआर) से जुड़ते समय एक स्पष्ट मोड़ प्रदर्शित करती हैं। इसके अतिरिक्त, सिंधु-त्सांगपो सूचक क्षेत्र (आईटीएसजेड) भी एक तीव्र विचलन प्रदर्शित करता है, जिसे स्थानीय रूप से पूर्वी हिमालय सिटीक्सिस (ईएचएस) के भीतर टिडिंग-टुटिंग सूचक क्षेत्र के रूप में जाना जाता है। पश्चिम में भारतीय प्लेट, पूर्व और उत्तर में यूरेशियन प्लेट तथा दक्षिण में बर्मा प्लेट का अभिसरण, सियांग एंटीफॉर्म, जिसे सियांग गवाक्ष भी कहा जाता है, सिटीक्सिस (सिंह 1993; आचार्य 1998) के केंद्र बिंदु के रूप में कार्य करता है। भारत के पूर्वोत्तर क्षेत्र ने दो महत्वपूर्ण भूकंपों का सामना किया है, दोनों की तीव्रता 8.0 से अधिक : 12 जून, 1897 को शिलांग भूकंप (Ms 8.7; ओल्डहैम 1899) और 15 अगस्त, 1950 को असम भूकंप (टिलोटसन 1951; बेन-मेनाहेम एट अल. 1974) थी। इन प्रमुख भूकंपीय घटनाओं के अलावा, इस क्षेत्र में 20 से अधिक बड़े भूकंप (M > 7.0) दर्ज किए गए हैं (नंदी 2001; कयाल 2008)। हिमालय में घटित भूकंपों के परिणामस्वरूप ऊपरी असम, मिशमी पहाड़ियों और अबोर पहाड़ियों में व्यापक विनाश हुआ (पोटर 1950)। इस भूकंप को वर्ष 2015 के गोरखा भूकंप के समान एक ब्लाइंड भूकंप के रूप में वर्गीकृत किया गया है। वर्ष 1950 की घटना को दक्षिणावर्तीय स्ट्राइक-स्लिप फॉल्टिंग (बेन-मेनाहेम एट अल. 1974) के कारण माना गया था, जबकि वर्ष 1897 का शिलांग भूकंप (एम 8.7) असम भूकंपीय अंतराल के भीतर स्थित है, जैसा कि खत्री और विस (1978) ने उल्लेख किया है। यह क्षेत्र पूर्वी हिमालय और बर्मा आर्क के उत्तरी भाग के बीच अवस्थित है।

परिणामस्वरूप, सियांग गवाक्ष के तले प्रभावी भूकंपीय जोखिम के आकलन के लिए भूकंपीयता पैटर्न और संरचनात्मक विविधताओं से संबंधित टेक्टोनिक ढांचे की हमारी समझ को बढ़ाना और उसकी जांच करना महत्वपूर्ण है। पिछले अध्ययनों ने मुख्य रूप से विभिन्न संस्थानों द्वारा एकत्र किए गए भूकंपीय आंकड़ों के आधार पर भूकंपों के स्रोत मापदंडों पर ध्यान केंद्रित किया है; हालांकि, टेलीसिस्मिक डेटा का उपयोग करके इस क्षेत्र के तले संरचनात्मक विश्लेषण पर सीमित शोध किया गया है। इसलिए, सियांग घाटी में विभिन्न भूकंपीय स्टेशनों से रिकॉर्ड किए गए भूकंपीय आंकड़ों के साथ-साथ

एस/एसकेएस/एसकेकेएस और पीएस चरण विश्लेषण के माध्यम से शीयर तरंग विभाजन जैसी आधुनिक भूकंपीय तकनीकों का उपयोग करने से क्रस्टल और ऊपरी मेंटल विरूपण पैटर्न की वास्तविक प्रकृति के साथ-साथ इन भूकंपीय स्टेशनों के नीचे निरपेक्ष प्लेट गति (एपीएम) की दिशा की जांच में सुविधा होगी।

एएनआरएफ-डीएसटी वित्तपोषित परियोजना

भारत के कुमाऊँ हिमालयी क्षेत्र के लिए एक उन्नत भूस्खलन जोखिम विश्लेषण तथा पूर्वानुमान मॉडल

(नवीन चंद्रा और आरजे पेरुगल)

यह परियोजना वर्तमान में प्रारंभिक चरण में है। भूस्खलन के कारणों का संकलन शुरू हो चुका है और विषयगत मानचित्र तैयार किए जा रहे हैं। आगामी तिमाही में कुमाऊँ हिमालयी क्षेत्र का एक क्षेत्रीय दौरा निर्धारित है, जो आँकड़ों के सत्यापन और जमीनी स्तर पर संपुष्टि में सहायक होगा।

एएनआरएफ-डीएसटी वित्तपोषित परियोजना

उत्तर-पश्चिम हिमालय में लदाख बाथोलिथ डाइक के भू-गतिक विकास का निर्वचन : खनिज रसायनविज्ञान, ट्रेस तत्वों के अनुपात एवं समस्थानिक भू-रसायनविज्ञान संबंधित अवरोध

(हृदया चौहान)

लदाख हिमालय उत्तर से दक्षिण तक चार टेक्टोनों-स्ट्रेटीग्राफिक क्षेत्रों यथा, काराकोरम क्षेत्र, श्योक सूचक क्षेत्र (एसएसजेड), सिंधु सूचक क्षेत्र (आईएसजेड), जांस्कर क्षेत्र (सियरल एट अल., 1987) में विभाजित है। लदाख बाथोलिथ (एलबी) एक उत्तर-पश्चिम-दक्षिण-पूर्व दिशा में फैली हुई अनुदैर्घ्य मेखला है, जो पूरे आईएसजेड में देखी जा सकती है और इसमें डायोराइट-ग्रेनाडायोराइट-ग्रेनाइट शैल समूह शामिल हैं। यद्यपि एलबी ग्रेनाइटॉइड्स पर काफी कार्य किया गया है, फिर भी एलबी में अंतर्वेशित डाइक का अभी तक विस्तार से पता नहीं लगाया गया है। प्रस्तावित परियोजना कार्य में डाइक, मैफिक एन्क्लेव और संबंधित मेजबान शैल पर गहन अध्ययन शामिल होगा, जिसमें व्यापक क्षेत्र जांच, विस्तृत पेट्रोग्राफी, भू-रासायनिक विश्लेषण, खनिज रासायनिक विश्लेषण तथा रेडियोजेनिक आइसोटोप विश्लेषण शामिल होगा। एन्क्लेव और संबंधित मेजबान शैल की उत्पत्ति के संबंध में डाइक के गठन की प्रक्रियाओं और संबंधों को समझना आग्नेय पेट्रोलॉजी की एक बड़ी चुनौती बनी हुई है। सामान्य तौर पर, विभिन्न विसंगतियाँ इस प्रकार प्रेक्षित हैं : ए) विगत शोधकर्ता द्वारा रिपोर्ट की गई कोई अल्ट्रा-पोटेशिक डाइक नहीं प्राप्त हुई बी) समस्थानिक, संरचनात्मक और पेट्रोग्राफिक साक्ष्य एलबी में गठन और उत्तरवर्ती उत्थरण व प्रतिगमन इतिहास में बड़े अंतर का सुझाव देते हैं। सी) डाइक भू-रासायनिक रूप से विविध हैं तथा विभिन्न डिग्री के विभेदन प्रदर्शित करते हैं। इस परियोजना के निष्कर्ष लदाख हिमालय में अंतर्वेशन करने वाले डाइक के उद्भव के उत्कृष्ट परिदृश्य को समझने में मदद करेंगे। चूँकि, लदाख हिमालय के भू-गतिकी मॉडल को समझने और तैयार करने के लिए एलबी की संरचना अत्यंत महत्वपूर्ण है, इसलिए डाइक, मैफिक परिक्षेत्रों और संबंधित मेजबान

शैल से अतिरिक्त जानकारी एकत्र करने से समय रूप से लद्दाख हिमालय के विकास की वर्तमान समझ में नई अंतर्दृष्टि प्राप्त होगी। इससे भूवैज्ञानिक अभिलेखों की श्रृंखला, महाद्वीपों के टकराव के इतिहास व महासागरीय घाटियों के लुप्त होने के इतिहास को बेहतर

दृंग से समझने में भी मदद मिलेगी क्योंकि लद्दाख को दुनिया का एक मूल्यवान भू-विरासत स्थल माना जाता है। इसके अलावा, ऐसी ज्वालामुखीय शैल में Li, U, Th और दुर्लभ मृदा खनिजों के अन्वेषण की अपार संभावनाएँ हैं।

शोध प्रकाशन

प्रकाशित शोधपत्र

- अबसार, ए., अग्निहोत्री, वी., अहमद, एस., आलम, ए., आजम, एम.एफ., भट, एम.एस., देशपांडे, आर.डी., डिमरी, ए.पी., जिलानी, घ., जैन, एस., जुयाल, एन., लोन, एस.ए., मल, एस., महाराणा, पी., मोर्य, ए.एस., मुखर्जी, ए., मुद्ग, एस., पोद्दककल, जे., रोमशू, एस.ए., सरीन, एम.एम., सैन, के., शर्मा, पी. और श्रेष्ठ, ए. बी. 2024 : ऊपरी सिंधु बेसिन में जलवायु परिवर्तन की चुनौतियों से निपटने के लिए नीतिगत ढांचा। करेंट साइंस, 127(6), 669–673 | DOI: 10-18520/cs/v127/i6/669-673
- आलम, एम., चौहान, पी., ठकुराल, एल.एन., मालवीय, डी., अहमद, आर. और साजिद, एम. 2025: भारत के उत्तराखंड के उधम सिंह नगर जिले में भू-स्थानिक दृष्टिकोणों और बहु-मानदंड निर्णय मॉडलों का उपयोग करके भूजल पुनर्भरण क्षमता क्षेत्र की पहचान। एडवांसेस इन स्पेस रिसर्च, 75(2), 1931–1944 |
- बाबू, वी.जी., कुमार, एन. और पाल, एस.के. 2024 : हिमालय-काराकोरम-तिब्बत, भारत-यूरेशिया संघट्टन पर पश्चिमी भाग में स्ट्रेन तंत्र : फोकल तंत्र सॉल्यूशन डेटा पर आधारित स्ट्रेन क्षेत्र के प्रति निहितार्थ। जियोफिजिकल जर्नल इंटरनेशनल, 239, 1380–1399 |
- बढ़े, के., नी, पी., वांग, जी.जी., लियू, जेड., ली, डब्ल्यू., डिंग, जे. और पैन जे. 2024 : उत्तरी चीन क्रैटॉन के जियापिंगोउ स्वर्ण निक्षेप का द्रव्य समावेशन और पाइराइट भू-रसायनिक पर्वतन स्वर्ण निक्षेप के उदभव पर प्रभाव। ओर जियोलॉजी रिव्यूज, 174:106281. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2024.106281> |
- बनर्जी, ए., मुखर्जी, बी. और साँड, के. 2024 : मशीन लर्निंग समर्थित मॉडल आधारित शैलवर्णना वर्गीकी : बोकारो कोयला क्षेत्र से एक केस अध्ययन। एक्टा जियोडेटिका एट जियोफिजिका, 59, 463–490 |
- बरुआ, एस., डे, सी., चेतिया, टी., सैकिया, एस., गोगोई, के., हजारीका, डी., फुकन, एम.के. और कयाल, जे.आर. 2024 : जून 2022 का अफगानिस्तान भूकंप एम 6.0 : विवर्तनिक प्रभाव और कूलम्ब स्ट्रेस परिवर्तन। हिमालयन जियोलॉजी, 45(2), 252–259 |
- भांबरी, आर. 2024 : हिमालय और काराकोरम के भौतिक भूगोल में केनेथ मेसन का योगदान। प्रोग्रेस इन फिजिकल जियोग्राफी : अर्थ एण्ड एनवारनमेण्ट, 48(4), 637–645 |
- भार्गव, ओ.एन., सिंह, बी.पी., शुक्ला, यू.के., गनई, जे., सिंह, पी., थोरी, ए. और मजूमदार, पी. 2024 : हिमालय में प्रोटेरोजोइक-फैनेरोजोइक अनुक्रम में योगदान : स्थिति रिपोर्ट 2020–2024। भारतीय राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी की कार्यवाही, 90(2), 304–318 | <https://doi-org/10-1007/s43538-024-00275-0>
- ब्राइस, ए., जयगंडापरुमल, आर., प्रियंका, आर.एस., पांडे, ए., मिश्रा, आर.एल., सिंह, आई., सती, एम., कुमार, पी. और दाश, एस.पी. 2024 : दार्जिलिंग-सिक्किम हिमालय में मुख्य हिमालयी थ्रस्ट के विभाजन के लिए पुराभूकंपीय साक्ष्य। साइंटिफिक रिपोर्ट्स, 14:14537. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63539-1> |
- ब्राइस, ए., पांडे, ए., जयगंडापरुमल, आर., मोहंता, ए., प्रियंका, आर.एस., सती, एम. और सुंदरियाल, वाई. 2024 : पूर्वी भारतीय उपमहाद्वीप के विनाशकारी भूकंप और भूकंपीय जोखिम की संभावना : पुराभूकंपीय विज्ञान के दृष्टिकोण से अंतर्दृष्टि। इंटरनेशनल जियोलॉजी रिव्यू, 66(20), 3481–3503 |
- चंद्रा, एन. और वैद्य, एच. 2024 : बहु-स्रोत रिमोट सेंसिंग इमेजरी से भूस्खलन की घटनाओं का स्वचालित अभिज्ञान : ल्वर एल्गोरिदम का प्रदर्शन मूल्यांकन एवं विश्लेषण। जर्नल ऑफ अर्थ सिस्टम साइंस, 133(3), 1–17 |
- चंद्रा, एन. और वैद्य, एच. 2024 : भूस्खलन सूचना अभिज्ञान हेतु गहन अभिगम दृष्टिकोण : वर्तमान परिदृश्य एवं संभावनाएं। जर्नल ऑफ अर्थ सिस्टम साइंस, 133(2), 1–25 |
- चंद्रा, एन., वैद्य, एच., सत्यम, एन., तांग, एक्स., सिंह, एस. और मीना, एस.आर. 2025 : सुदूर संवेदन डेटा का उपयोग कर भूस्खलन मानचित्रण के लिए एक नवीन बहु-परत एटेंशन बूस्टेड YOLOv10 नेटवर्क। ट्रांजैक्शन इन जीआईएस, 29:2, e70023. <https://doi.org/10.1111/tgis.70023> |
- चंद्रा, एन., वैद्य, एच., सावंत, एस. और मीना, एस.आर. 2024 : उच्च हिमालय, नेपाल में उपग्रह डेटा से भूस्खलन ज्ञात करने के लिए एक आदर्श एटेंशन-आधारित सामान्यीकृत प्रभावी परत एकत्रीकरण नेटवर्क। रिमोट सेंसिंग, 16(14):2598. <https://doi.org/10.3390/rs16142598> |
- चटर्जी, एन., गुप्ता, ए.के., तिवारी, एस.के., मोहन, के. और शर्मा, के. 2024 : गंगा नदी के मुख्य जलीय स्रोतों से मानसून उपरांत CO₂ डिग्रेसिंग फ्लक्स का परिमाणिकरण : बेसिन के अपक्षयन पैटर्न पर ध्यानार्थ। एक्वेटिक जियोकेमिस्ट्री, 30(4), 287–315 |
- चौबे, एम., सिंह, ए.के., इमिसुनेप, एस., उयसाल आई., सिंह, बी.पी., सत्यनारायणन, एम., लोंगचर, बी. और खोगेनकुमार, एस. 2024: पूर्वोत्तर भारत में नागालैंड-मणिपुर ओफियोलाइट्स में संबद्ध उच्च-अल और उच्च-क्रोमाइट क्रोमाइट्स का निर्माण। इंटरनेशनल जियोलॉजिकल रिव्यू, 67(2), 210–232 | <https://doi-org/10-1080/00206814-2024-2386565>
- चौहान, एम.एम., अली, एस., सिंह, बी.पी., अदलखा, वी., आरिफ, एम., फर्तयाल, बी., वेंकटेश्वरलू, एम. और गहलौद, एस.के.एस. 2025 : हिमालयी अग्रभूमि द्रोणी में लेट मियोसीन जलवायु रिकॉर्ड का पुनर्निर्माण : हिमालयी उत्पन्न एवं मानसून गतिकी का प्रभाव। जर्नल ऑफ एशियन अर्थ साइंसेज, 280:106445. <https://doi.org/10.1016/j.jscacs.2024.106445> |

18. चौहान, एम.एम., अली, एस., सिंह, बी.पी., अदलखा, बी., फरतियाल, बी., कुमार, के. और शर्मा ए. 2024 : मध्य-प्लीस्टोसीन ट्रांजिशन के साथ वैश्विक जलवायु परिवर्तन से संबद्ध सिलिकेट अपक्षयन : हिमालयी अग्रभूमि द्रोणी, भारत से एक रिकॉर्ड। *कैटेना*, 241:108047. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108047>।
19. चौहान, पी., अकिनर, एम.ई., शॉ, आर. और सैन के. 2024 : यमुना नदी बेसिन, पश्चिमी हिमालय में हाइड्रो-मौसम संबंधी डेटासेट का उपयोग कर भविष्य की आपदाओं का पूर्वानुमान : मार्कोव चेन और एलएसटीएम दृष्टिकोण का उपयोग। *आर्टिफिशियल इण्टेलीजेन्स इन जियोलॉजी*, 5, 100069. <https://doi.org/10-1016/j-aiig-2024-100069>
20. चौरसिया, सी., ठाकुर, एस.एस., पटेल, एस.सी., कुमार, सामल, ए., कुमार, एस. और गौर, एन. 2024 : उच्च हिमालयी क्रिस्टलीय अनुक्रम का विवर्तनिक उद्भव, धौलीगंगा घाटी, गढ़वाल हिमालय : कायांतरण एवं आंशिक द्रवण की P-T परिस्थितियों से अंतर्दृष्टि। *जर्नल ऑफ एशियन अर्थ साइंसेज*, <https://doi.org/10.1016/j.jseacs.2024.106108>।
21. दहल, डी.आर., मेहता, एम., भट्ट, सी.एम. और ल्यूसी के. 2024: आकरिमक बाढ़ और उनके प्रपातीय रव : तीस्ता नदी घाटी, पूर्वी हिमालय, सिक्किम, भारत का एक उदाहरण। *करेंट साइंस*, 126(10), 1280-1283।
22. दास, ए., हजारिका, ए., नियोग, पी., कुमार, एन. और यादव, डी. के. 2025 : उत्तर-पश्चिम हिमालय और निकटवर्ती सिंधु-गंगा के मैदानों में पर्पटी संरचना व संघटन का चित्रण। *टेक्टोनीफिजिक्स*, 904:230717. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2025.230717>।
23. दास, एस., सिंह, एस.के., राय, एस.के., सिंघल, एस., रहमान, डब्ल्यू., राउत, आर.के. और अली, एस. 2025 : मध्य-होलोसीन उपरांत तीस्ता बेसिन में विवर्तनिकी एवं जलवायु नियंत्रित अवसादिक संतति। *जियोकेमिस्ट्री*, 85:126224. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2024.126224>।
24. देशमुख, जी.जी., जैन, ए.के., मुखर्जी, पी.के., सिंघल, एस., दीक्षित, आर. और श्रीवास्तव, डी.सी. 2024 : दक्षिण तिब्बती विच्छेद तंत्र (एसटीडीएस), उत्तर-पश्चिम हिमालय : एक संभाव्य कैम्ब्रो-ऑर्डोविशियन टेक्टोनिक टेर्रेन बाउण्ड्री और इसका सेनोजोइक पुनर्संयोजन। *गोंडवाना रिसर्च*, 136, 142-168।
25. देवी, एस., पाल, एस.के., संदीप, कुमार, पी., मोनिका और मित्तल, एच. 2025: स्थल प्रभावों के साथ संशोधित अर्ध-अनुभवजन्य तकनीक का उपयोग कर वर्ष 2021 मियागी भूकंप (Mw7.0) की गहरी प्लेट सीमा की स्रोत मॉडलिंग : जोखिम न्यूनीकरण की दिशा में अग्रतर पथ। *जर्नल ऑफ अर्थक्वैक इंजीनियरिंग*, 29(1), 55-74।
26. दिवाते, पी., मीना, एन.के., पंडिता, एस., ल्यूसी, के., ह्यूमेन, एस. और भूषण, आर. 2024 : भारतीय हिमालय (रेणुका झील) से डायटम, 20वीं सदी के ग्लोबल वार्मिंग और जलवायु परिवर्तन की प्रतिक्रियाएं। *प्राकृतिक संसाधन प्रबंधन के लिए भू-स्थानिक प्रौद्योगिकी*, 303-320। <https://doi.org/10-1002/9781394167494-ch12>
27. दत्त, ए., शुक्ला, ए.डी., सिंह, ए.के. और नारायणन, ए. 2024 : उत्तरपूर्वी नियो-टेथियन ओफियोलाइट्स के भीतर एक जलीय उप-चाप मेंटल डोमेन: संघयी हॉर्नब्लेंड्स से अंतर्दृष्टि। *जियोकेमिस्ट्री*, 84(3) : 126122- <https://doi.org/10-1016/j-chemer-2024-126122>
28. दत्त, एस., गुप्ता, ए.के., जायसवाल, जे., चेंग, एच. और गुप्ता, पी. 2025 : 309 और 260 kyr BP के मध्य वैश्विक CO₂ सांद्रता एवं भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून के मध्य सहसंबंध। *पैलियोजियोग्राफी, पैलियोक्लाइमेटोलॉजी, पैलियोइकोलॉजी*, 668:112906. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2025.112906>।
29. गिल्बर्ट, सी.सी., ऑर्टिज, ए., पुष्प, के.डी., कैम्पिसानो, सी.जे., पटेल, बी.ए., सिंह, एन.पी., फ्लीगल, जे.जी. और पटनायक, आर. 2025 : स्टेम कैटराइन और होमिनॉइड डेंटल मॉर्फोलॉजी के अतिरिक्त विश्लेषण कपि रामनगरेंसिस को स्टेम हाइलोलॉजिस्टिक के तौर पर समर्थन। *जर्नल ऑफ ह्यूमन इवोल्यूशन*, 103628. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2024.103628>।
30. गोगोई, बी., सैकिया, ए., चौहान, एच., ताये, सी.डी. और सैकिया, एस. 2025 : पूर्वी हिमालय सिटैक्सिस के अबोर ज्वालामुखी-अवसादिक अनुक्रम में संभावित साइडराइट निक्षेप का भू-रासायनिक लक्षण वर्णन। *इंटरनेशनल जर्नल ऑफ अर्थ साइंसेज*, 114, 407-423।
31. गुप्ता, ए.के., तिवारी, ए., कुमार, एन., पॉल, ए., साँडू, के., यादव, डी.के., पाल, ए. और बरुआ, डी. 2025 : मध्य भूकंपीय अंतराल उत्तर पश्चिमी हिमालय, भारत में स्थानीय भूकंपों के स्रोत मापदंडों व स्केलिंग संबंध का अनुमान। *जर्नल ऑफ एशियन अर्थ साइंसेज*, 280:106465, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jseacs.2024.106465>।
32. हलदर, सी., यादव, डी.के., साँडू, के. और कुमार, पी. 2024 : सिंधु-गंगा के मैदान व हिमालय के तले पर्पटी संरचना में परिवर्तन। *जर्नल ऑफ अर्थ सिस्टम साइंस*, 133:191. <https://doi.org/10.1007/s12040-024-02402-3>।
33. हजारिका, डी., शुक्ला, एन., दास, ए., हाजरा, एस. और मुखोपाध्याय, एस. 2024 : पूर्वोत्तर भारत के तले एक उथली प्रावार भूकंपीय असंततता : रिसेवर फंक्शन विश्लेषण से साक्ष्य। *जर्नल ऑफ एशियन अर्थ साइंसेज*, 276:106375. <https://doi.org/10.1016/j.jseacs.2024.106375>।
34. हजारिका, जी., चौहान, एच. और गोगोई, बी. 2024 : बामुनी प्लूटोन, मिकिर मैसिफ, पूर्वोत्तर भारत में दोहरे-स्तरित मैफिक मैग्मैटिक एन्क्लेव के अंतर्गत बायोटाइट क्लॉट्स का फ्रैक्टल विश्लेषण व गठन। *पेरिओडिक डि मिनेरलोगिया*, 93(2), 85-103।
35. हिफजुर्रहमान और सेन, के. 2025 : हिमाचल लघु हिमालय से एक प्रतिगामी गार्नेट धारित माइकासिस्ट में खनिज रसायन विज्ञान और कायांतरण मॉडलिंग से अवरुद्ध पूर्व-हिमालयी कायांतरण। *हिमालयन जियोलॉजी*, 46(1), 61-76।

36. हिफजुर्रहमान, नसीपुरी, पी., गनाई, ए.एम., बालकृष्णन, एस. और दाश, जे.के. 2024 : लघु हिमाचल हिमालय से कैम्ब्रो-ऑर्डीविशियन काययांतरण और गोंडवाना संयोजन पर इसका प्रभाव। खनिज विज्ञान और शैल विज्ञान, 118(2), 209-229 | <https://doi-org/10-1007/s00710-024-00855-4>
37. हुसैन, एम.एस., फुकोन, पी., कलिता, पी., सिंह, ए.के., कुमार, डी. और सैकिया, एच. 2024 : वृहत्तर हिमालय अनुक्रम का विवर्तनिक विकास और स्थान एवं समय में इससे संबंधित भ्रंश प्रणालियाँ : एक मोनाजाइट परिप्रेक्ष्य। अंतरराष्ट्रीय भूविज्ञान समीक्षा, 67(8), 1065-1097 | <https://doi-org/10-1080/00206814-2024-2425988>
38. इकबाल, वी., पारे, डी.एस., इस्लाम, जेड., लोन, एस.ए., बालाजी, एस., सलीम, एम., शाह, आर.ए. और भट, जी.आर. 2024 : भारत के दक्षिण अंडमान द्वीप के पूर्वी तट के तटीय जलमृत्तों के साथ समुद्री जल अंतर्वेशन को ज्ञात करने में भू-विद्युत और जल-रासायनिक अंतर्दृष्टि। अर्थ सिस्टमस एण्ड एनवारनमेण्ट, 9, 653-675 | <https://doi-org/10.1007/s41748-024-00549-z>
39. कापावार, एम., कुमार, वी., शंकर, आर. और ममिला, वी. 2024 : भारत की कोयला राजधानी धनबाद की ऊपरी मृदा का पर्यावरणीय चुंबकीय एवं आकारकीय लक्षणवर्णन। वाटर, एयर एण्ड साइल पॉल्यूशन, 235:670. <https://doi-org/10.1007/s11270-024-07483-w>
40. कापावार, एम., साहा, एस., कुमार, ए. और ममिला, वी. 2024 : लदाख हिमालय में पूर्वोत्तम सिंधु मोलासे अवसादिक अनुक्रम का चुंबकीय खनिज लक्षणवर्णन : निक्षेपीय परिवेश और उद्भव पर प्रभाव। जर्नल ऑफ अर्थ सिस्टम साइंस, 133:88. <https://doi-org/10.1007/s12040-024-02302-6>
41. काराकोटी, आई., मेहता, एम. और डोभाल, डी.पी. 2024 : हिमालयी जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव : हिमनद सतह द्रवण के आकलन हेतु एक पूर्वानुमान मॉडल। सस्टेनेबल वॉटर रिसोर्सज मैनेजमेण्ट, 10:150, 1-14. <https://doi-org/10.1007/s40899-024-01110-6>
42. कौशिक, एस., बागड़ी, डी.एस., सुंदरियाल, वाई., कुमार, एस., चौहान, एन., राणा, एन. 2024 : भारत के उत्तर-पश्चिम हिमालय की घौलीगंगा नदी के किनारे आकस्मिक बाढ़ के खतरों में स्थलाकृति, जलवायु और अवसाद परिवहन गतिशीलता की भूमिका को समझना। जर्नल ऑफ अर्थ सिस्टम साइंस, 133:233 | <https://doi-org/10-1007/s12040-024-02444-7>
43. कोठियारी, जी.सी., जोशी, ए., दुमका, आर.के., कोटलिया, बी. एस., पाटीदार, ए.के., जोशी, एम., ल्यूरी, के., नाइक, एस.पी., तलूर, ए.के., जोशी, एम. और कोठियारी, एच.सी. 2024 : मध्य कुमाऊँ हिमालय में 7वीं से 12वीं ई. के स्मारकों के समीपवर्ती क्षेत्रों में सक्रिय विरूपण का आकलन : PSInSAR का उपयोग कर एक भूकंपीय विवर्तनिक विधि। जियोहेरिटेज, 16, 123।
44. कृष्णा, ई.एस., वेंकटेश्वरलू, एम., कपावार, एम.आर., सबले, पी. डी., बाबू, एन.आर. और शिंदे, वी.एस. 2024 : भारत के हड़प्पा के बर्तनों के अवशेषों से चट्टान चुंबकत्व और प्रारंभिक पुरातात्विक तीव्रता के परिणाम। करेंट साइंस, 126(10), 1236-1244 | DOI:10-18520/cs/v126/i10/1236-1244
45. कुमार, ए., साँइ, के., कुमार, के., पाटीदार, पी., मीनाक्षी, रेजा, ए., वर्मा, ए. और मिश्रा, ए. 2024 : संवेदनशील जलविद्युत परियोजनाओं पर हिमनदों, भूस्खलन और भीषण जलवायवी घटनाओं के प्रभाव का पूर्वानुमान और एक एकीकृत बहु-जोखिम चेतावनी तंत्र (IMWS)का विकास। सस्टेनेबल एनर्जी टेक्नोलॉजिस एण्ड एसेसमेण्ट, 65:103791. <https://doi-org/10.1016/j.scta.2024.103791>
46. कुमार, ए., सिंह, ए.एल., रजक, पी.के., कुमार, ए. और सिंह, पी. के. 2024 : बर्कहोल्डरिया प्रजा. जी.आर. 8-02 के साथ असम के उच्च सल्फर द्वितरय कोयले का लाभकारीकरण। स्वच्छ कोयला उत्पादन के प्रति एक पर्यावरण-हितैषी विधि, जियोमाइक्रोबायोलॉजी जर्नल, 41(10), 996-1007 | 41(10), 996-1007. <https://doi-org/10.1080/01490451.2024.2412005>
47. कुमार, जे., मुखर्जी, बी. और साँइ, के. 2024 : एन्सेम्बल मशीन लर्निंग अधिगत विधि का उपयोग कर संरंधता का पूर्वानुमान : ऊपरी असम द्रोणी से एक केस अध्ययन। जर्नल ऑफ अर्थ सिस्टम साइंस, 133:99, 1-13. <https://doi-org/10.1007/s12040-024-02310-6>
48. कुमार, एम., सिंह, ए.के., बिक्रमादित्य आर.के., सिंह, एन.एस. और इम्तिसुनेप, एस. 2024 : दक्षिणी शिलांग पठार, पूर्वोत्तर भारत के सिलहट ट्रैप मैफिक चट्टानों में केगुएलन मेंटल फ्लूम गतिविधि : पूर्वी भारत के मैग्माटिज्म में इसकी भूमिका के निहितार्थ। जियोलॉजिकल जर्नल, 59(8), 2243-2265 | <https://doi-org/10-1002/gj-5013>
49. कुमार, पी., गहलौत, वी.के. और घोष, ए. 2025 : कुमाऊँ-गढ़वाल, मध्य हिमालय में मध्य-पर्पटी रेंज पर भूकंप विभाजन और लॉकिंग ट्रांजिसन पर भ्रंश ज्यामिति नियंत्रण : क्षेत्रीय विवर्तनिकी एवं भूकंपीय जोखिमों के प्रति निहितार्थ। टेंक्टेनिकस, 44:e2025TC008855 | <https://doi-org/10.1029/2025TC008855>
50. कुमार, पी., मट्टा, जी. और कुमार, ए. 2024 : जल गुणवत्ता सामंजस्य : रामगंगा नदी जलग्रहण क्षेत्र में सतत प्रबंधन के लिए सूचकांकों और केमोमेट्रिक्स का एकीकरण। एनेलिटिकल केमिस्ट्री लेटर्स, 14(1), 29-47।
51. कुमार, पी., मट्टा, जी., कुमार, ए. और पंत, जी. 2024 : पेयजल उपयोग के लिए भूजल गुणवत्ता और संभावित स्वास्थ्य जोखिम मूल्यांकन। वर्ड, 5(4), 2673-4060।
52. कुमार, पी., सहकियन, वी.जे., मोनिका और संदीप 2024 : हिमाचल उत्तर-पश्चिम हिमालय, भारत का आवृत्ति-निर्भर स्तरित क्यू मॉडल और क्षीणन टोमोग्राफी : पर्पटी विविधता को ज्ञात करने के लिए अंतर्दृष्टि। प्योर एण्ड अप्लाइड जियोफिजिक्स, 181, 3539-3559।
53. कुमार, पी.सी., बेडले, एच., कुमार, जे. और साँइ, के. 2024 : भूकंपीय एबेरेन्सी बेसमेंट प्लेक्सचर का प्रकटीकरण : पूर्वोत्तर भारत से एक अध्ययन। इण्टरप्रिटेशन, 12(4), T523-T536।

54. कुमार, पी.सी., बेडले, एच., कुमार, जे., साँड, के. और कोनार, एस. 2024 : उपसतही टेक्टोनी-डिपोजिशनल परिवेश के प्रकटीकरण हेतु गैर-पर्यवेक्षित अधिगम विधि : पूर्वोत्तर भारत से एक अध्ययन। एप्लाइड जियोफिजिक्स, 229:105478. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2024.105478> |
55. कुमार, पी.सी., सैकिया, पी.पी., बेडले, एच. और साँड, के. 2025 : बेसमेंट भ्रंश पर प्रयुक्त गैर-पर्यवेक्षित मशीन लर्निंग मॉडल : डिब्रुगढ़ क्षेत्र, पूर्वोत्तर भारत से एक उदाहरण। जर्नल ऑफ एशियन अर्थ साइंसेज, 280: 106446. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2024.106446> |
56. कुमार, एस., अहमद, टी. और पुंडीर, एस. 2024 : हिमालय और ट्रांस-हिमालय का पेट्रोटेक्टोनिक विकास। भारतीय राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी की कार्यवाही, 90, 253-265। <https://doi.org/10.1007/s43538-024-00276> |
57. कुमार, वी., राणा, ए.एस., मेहता, एम. और रावत, जी. 2024 : बहु-कालिक उपग्रह डेटा का उपयोग करके मध्य हिमालय में हिमनद वृद्धि की अभिव्यंजना। एनवारमेण्टल साइंस एण्ड पॉल्यूशन रिसर्च, 31, 66184-66202।
58. कुमार, पी., मेहता, एम., कुमार, वी., राणा, ए.एस. और नैनवाल, एच.सी. 2025 : लद्दाख हिमालय, सुरु नदी घाटी, पार्कचिक ग्लेशियर के द्रवित जल के बहिष्वाव एवं आकारकीय परिवर्तनों में भिन्नता। हिमालयन जियोलॉजी, 46 (1), 77-90।
59. कुमार, पी., राणा, ए.एस., कुमार, वी., मेहता, एम. और नैनवाल, एच.सी. 2025 : हिमनदीय भूभाग एवं ज्यामितीय परिवर्तन : पश्चिमी हिमालय, लद्दाख की सुरु व डोडा नदी घाटियों में पेनसिलुगपा एवं डुरुग-ड्रांग हिमनदों के इतिहास का अनुरेखण। एनवारमेण्ट मोनिटरिंग एसेसमेण्ट, 197, 272, 1-28।
60. ल्यूरी, के., कोठियारी, जी.सी., गौतम, पी.के.आर., सोलंकी, ए., पाटीदार, ए.के., जमीर, एस., दत्ता, ए. और चौधरी, टी. 2024 : दक्षिण-पूर्व कुमाऊँ और पश्चिमी नेपाल हिमालय में विवर्तनिक भूपरिदृश्यों व विरूपण का उद्भव। जर्नल ऑफ माउंटन साइंस, 21(8), 2592-2617।
61. मीणा, एन.के., खान, एफ., सुंदरियाल, वाई., वासन, आर.जे., कुमार, पी. और शर्मा, आर. 2024 : चकराता क्षेत्र से होलोसीन पेलियोक्लाइमेटिक रिकॉर्ड, नॉर्थवेस्ट हिमालय क्वाटरनरी इंटरनेशनल, 709, 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.quaint-2024-08-008> |
62. मिश्रा, ए., कुमार, ए., साँड, के., वर्मा, ए. और पाटीदार, पी. 2024 : बिरही गंगा द्रोणी, गढ़वाल हिमालय में हिमनदीय परिवर्तन और विखंडन : जल संसाधनों पर प्रभाव। जर्नल ऑफ द जियोलॉजिकल सोसाइटी ऑफ इंडिया, 100(8), 1075-1084।
63. मिश्रा, एम.के., आलम, एम., कौलिना, टी.वी. और अहमद, टी. 2024 : तिरोडी नाइसिक कॉम्प्लेक्स, मध्य भारतीय टेक्टोनिक जोन (सीआईटीजेड) का भू-रासायनिक लक्षणवर्णन और जिरकोन यू-पीबी भू-कालक्रम : शैलजनन पर बाधाएँ, प्रोटेरोजोइक क्रस्टल विकास और टेक्टोनिक सेटिंग। खनिज विज्ञान और शैलविज्ञान, 118, 159-183। <https://doi.org/10.1007/s00710&024-00853-6> |
64. मिश्रा, आर.एल. 2024 : भू-विरासत क्षमता का एक मूल्यांकन : दिल्ली-अरावली फोल्ड व हिमालयी फोल्ड-थ्रस्ट बेल्ट से भारत के तटीय मैदानों तक। जियोहेरिटेज, 16:50, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-00962-w> |
65. मिश्रा, एस.आर., चक्रवर्ती, पी.पी., दास, के., साहा, एस., शिबाता, टी., मोहंती, एस.पी. और त्रिपाठी, एस.सी. 2024 : गढ़वाल फोरलैंड बेसिन, उत्तर-पश्चिम हिमालय के क्रेटेशियस-पैलियोजीन अवसादिक अनुक्रम में अवसाद भू-रसायन विज्ञान और यू-पीबी डेट्रिटल जिरकोन भू-कालानुक्रम का उपयोग कर उदगम स्थल में परिवर्तन का अभिज्ञान। जर्नल ऑफ एशियन अर्थ साइंसेज, 264:106067. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2024.106067> |
66. मोनिका, कुमार, पी., संदीप, जोशी, ए. और पाल, एस.के. 2024 : उत्तराखंड, उत्तर-पश्चिम हिमालय का 3डी क्षीणन टोमोग्राफी : द्रव्य या आंशिक द्रवण क्षेत्रों से जुड़ाव - भूकंपीय जोखिम। सॉयल डायनैमिक्स एण्ड अर्थक्वैक इंजीनियरिंग, 182:108699, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2024.108699> |
67. मुखर्जी, बी., कार, एस. और साँड, के. 2024 : भूभौतिकीय लॉग से मशीन लर्निंग समर्थित अत्याधुनिक शैलवर्णनात्मक वर्गीकी। प्योर एण्ड अपलाइड जियोफिजिक्स, 181, 2839-2871. <https://doi.org/10.1007/s00024-024-03563-4> |
68. मुखर्जी, बी., कोनार, एस. और साँड, के. 2024 : भूभौतिकीय लॉग के फ्रैक्चल विश्लेषण का उपयोग कर गैस हाइड्रेट-पोशिम माध्यम का लक्षणवर्णन : कृष्णा-गोदावरी द्रोणी से एक केस स्टडी। कार्बोनेट्स इवैपोराइट्स, ए 39:73. <https://doi.org/10.1007/s13146-024-00982-1> |
69. मुखर्जी, बी., साँड, के. और वू, एक्स. 2024 : मशीन लर्निंग परिप्रेक्ष्य का उपयोग कर मिसिंग लॉग का पूर्वानुमान : ऊपरी असम बेसिन से एक केस स्टडी। अर्थ साइंस इंफॉर्मेटिक्स, 17, 3071-3093. <https://doi.org/10.1007/s12145-024-01323-5> |
70. मुखर्जी, बी., साँड, के., घोष, आर. और कोनार, एस. 2024 : मशीन लर्निंग विधियों का गैस हाइड्रेट संतृप्ति प्रॉक्सी में परिवर्तन : कृष्णा-गोदावरी (केजी) अपतटीय बेसिन से एक केस स्टडी। मैशन जियोफिजिकल रिसर्च, 45:12. <https://doi.org/10.1007/s11001-024-09546-3> |
71. मुखर्जी, बी., साँड, के., कर, एस. और श्रीवर्धन, वी. 2024 : बहु-स्थलाकृतिक इकाइयों में डीप लर्निंग-समर्थित मिसिंग वेल लॉग पूर्वानुमान : भोगपारा तेल क्षेत्र, ऊपरी असम, पूर्वोत्तर भारत से एक केस स्टडी। अर्थ साइंस इंफॉर्मेटिक्स, 17, 4901-4929. <https://doi.org/10.1007/s12145-024-01425-0> |
72. मुखर्जी, बी., श्रीवर्धन, वी., साँड, के. और गुप्ता, ए. 2024 : स्थलाकृतिक अंतरालों के लिए भूभौतिकीय लॉग का अव्यवस्थित व्यवहार : भारत के ऊपरी असम शेल्फ से एक केस स्टडी। जर्नल ऑफ एशियन अर्थ साइंसेज, 271: 106233. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2024.106233> |

73. मुखर्जी, बी.के. और साहा, टी. 2024: सबडकटेड इंडियन फेल्लिसक क्रस्ट के अवशेष का पता लगाना : जिरकोन अध्ययनों से अंतर्दृष्टि। जर्नल ऑफ द जियोलॉजिकल सोसाइटी, 181(4), 116. <https://doi-org/10.1144/jgs2023-116>
74. मुखर्जी, पी.के., कुमार, पी., सिंघल, एस., सिंह, पी., उपाध्याय, डी., रहमान, डब्ल्यू., थॉमसन, जे.के., दास, एस, जैन, ए.के. और चोपड़ा, एस. 2024 : भारत में भू-कालानुक्रम और मेटल आइसोटोपिक अध्ययन : भारत में नवीन एवं विद्यमान भू-विश्लेषणात्मक सुविधाओं का अवलोकन। प्रोसेडिंग्स ऑफ द इण्डियन नेशनल साइंस एकेडमी, 90(2), 494-505।
75. नारायण, एस., कुमार, वी., मुखर्जी, बी., शाओ, एस.डी. और पाल, एस.के. 2024 : क्लारिस्टिक जलभृतों में B2 निक्षेपण का मशीन लर्निंग-सहायतायुक्त मूल्यांकन : पेनोब्सकॉट क्षेत्र, कनाडा ऑफसोर से एक केस अध्ययन। मरीन एण्ड पेट्रोलियम जियोलॉजी, 169:107054. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2024.107054>।
76. पाल, ए., यादव, डी.के., गुप्ता, ए.के. और नैनवाल, एच.सी. 2024 : सियांग घाटी एवं समीपवर्ती क्षेत्र की भूकंपीय विवर्तनिकी, तरंगरूप व्युत्क्रम का उपयोग कर हुए फोकल तंत्र इनवर्जन से परिकलित। प्योर एण्ड एपलाईड जियोफिजिक्स, 182(3), 1217-1236।
77. पाल, ए., यादव, डी.के., कुमार, एन., गुप्ता, ए.के., पॉल, ए. और नैनवाल, एच.सी. 2024 : सियांग घाटी, पूर्वोत्तर भारत में स्थानीय भूकंपों के स्रोत मापदंडों और भूकंपीय विवर्तनिक प्रभावों का मॉडलिंग। जर्नल ऑफ अर्थ सिस्टम साइंस, 133, 63-76।
78. पाल, एस.के., संदीप, गंगाजल, एस., कुमार, पी. और मित्तल, एच. 2024 : गढ़वाल क्षेत्र के लिए प्रेक्षित व सिमुलेटेड डेटासेट का उपयोग कर क्षेत्र-विशिष्ट भूकंप पूर्व चेतावनी स्केलिंग संबंधों का विकास : आपदा न्यूनीकरण की दिशा में अग्रतर पथ। बुलेटिन ऑफ अर्थक्वैक इंजीनियरिंग, 22, 3875-3904।
79. पप्पाचेन, जे.पी., हमदान, एच.ए., राजेश, एस., मसूद दरिया, ए. और शनाब्लेह, ए. 2024 : जीपीएस और आयनोसॉन्ड अवलोकनों से 14 नवंबर 2021 को दक्षिण ईरान में आए 6.0 और 6.4 मेगावॉट के दो भूकंपों की संभावित भूकंपीय-आयनोस्फेरिक विसंगतियां। अरेबियन जर्नल ऑफ जियोसाइंसेज, 17:201, <https://doi.org/10.1007/s12517-024-12005-3>।
80. पिरास्तेह, एस., समद, ए., अहमद, आर., ठकुराल, एल.एन., खान, एच.एच., चौहान, पी., खान, ए. और कमर, एम.जेड. 2025 : भारत के हरिद्वार जिले में भूजल पुनर्भरण के लिए संभावित क्षेत्रों का भू-स्थानिक और एएचपी आधारित अभिज्ञान। फ्रण्टियर्स इन एनवारमेण्टन साइंस, 13. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1421918>।
81. प्रधान, पी., पुंडीर, एस., अदलखा, वी., मुखर्जी, के., पटेल, आर. के. 2025: काराकोरम फॉल्ट जोन, उत्तर-पश्चिम भारत का उत्प्रेषण इतिहास : जिरकोन और एपेटाइट विखंडन पथ थर्मोक्रीनोलॉजी से नई अवरोध। हिमालयन जियोलॉजी, 46(1), 48-60।
82. प्रजापति, आर., मुखर्जी, बी., सिंह, यू.के. और सौंड, के. 2024 : भूमौतिकीय लॉग का उपयोग कर मशीन लर्निंग समर्थित लिथोलॉजी पूर्वानुमान : कंबे बेसिन से एक केस स्टडी। जर्नल ऑफ अर्थ सिस्टम साइंस, 133:108. <https://doi.org/10.1007/s12040-024-02326-y>।
83. प्रकाश, डी., पांडे, आर.के., सिंह, एस., सिंह, सी.के., कुमार, एम., महंत, वी., खरया, ए., सचान, एच.के. और शर्मा, के. 2025 : रामपुर क्षेत्र, पूर्वी घाट प्रांत से अति-उच्च तापमान वाले मैफिक ग्रैन्यूलाइट्स का फेज संतुलन मॉडलिंग, द्रव समावेशन अध्ययन और यू-पीबी जिरकोन डेटिंग : इंडो-अंटार्कटिक सहसंबंध के प्रति निहितार्थ। कॉम्प्लेक्सिटी टू मिनरलॉजी एण्ड पेट्रोलॉजी, 180 (3)।
84. पुंडीर, एस. और अदलखा, वी. 2024 : नियोजितरोजोइक के पश्चात से काराकोरम टेरेन का भूवैज्ञानिक उद्भव। अर्थ-साइंस रिव्यूज, 257:104890. <https://doi.org/10.1016/j.carsci.2024.104890>।
85. रजक, पी.के., गोपीनाथन, पी., कुमार, ए., कुमार, ओ.पी., राही, आई.सी., शर्मा, ए., सिंह, पी.के. और कर्माकर, ए. 2024 : नेवेली लिग्नाइट निक्षेप, कावेरी बेसिन, भारत में पर्यावरणीय रूप से संवेदनशील तत्वों का भू-रासायनिक एवं खनिज मूल्यांकन, इनवारमेण्टल जियोकेमिस्ट्री एण्ड हेल्थ, 46:431. <https://doi.org/10.1007/s10653-024-02193-y>।
86. राम, बी.के., शावेज, एम., गुप्ता, वी. और रावत, जी 2024 : दार ग्राम (दारमा घाटी), जिला पिथौरागढ़, कुमाऊँ हिमालय, भारत में भू-धंसाव : एक प्रतीक्षारत हिमालयी आपदा। जर्नल ऑफ अर्थ सिस्टम साइंस, 133:34. <https://doi.org/10.1007/s12040-023-02244-5>।
87. राणा, एस., चौधरी, एस., तिवारी, एस. के., यादव, जे. एस. और शर्मा, आर. 2025 : हिमाचल हिमालय के लारजी-रामपुर गवाक्ष से सतही व भूजल के स्रोत की पहचान और भू-रासायनिक लक्षणवर्णन : सामाजिक-पर्यावरणीय परिप्रेक्ष्य पर प्रभाव। रिजल्ट्स इन अर्थ साइंसेज, 3:100074. <https://doi.org/10.1016/j.rines.2025.100074>।
88. राठी, डी., गोपीनाथन, पी., रजक, पी.के., कुमार, ए., प्रकाश, ओ., कर्माकर, ए., सिंह, के.एन. और सुब्रमणि, टी. 2025 : भारत के सोहागपुर कोयला क्षेत्र में कोयले की योगिक संरचना एवं शैलवर्णनात्मक विश्लेषण, पर्यावरण प्रबंधन पर प्रभाव के प्रति निहितार्थ। जियोलॉजिकल जर्नल, <https://doi.org/10.1002/gj.5185>।
89. रवींद्र, आर., कुलकर्णी, ए.वी., डिमरी, ए.पी., सैन, के., शर्मा, एम. सी., बनर्जी, ए., शर्मा, पी., मेलोथ, टी., राशिद, आई. और पंत, एन.सी. 2024 : हिमालयी क्रायोस्फीयर पर हाल के भारतीय अध्ययन। भारतीय राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी की कार्यवाही, 90, 415-425। <https://doi.org/10-1007/s43538-024-00237-6>।
90. रावत, जी. 2024: प्राकृतिक आपदाएं हिमालय की स्थलाकृति में निहित हैं। साइंस इंडिया, 19(100), 21-24।

91. सागवाल, एस., पांडा, एस., सेनगुप्ता, डी., शाहरुख, एम., कुमार, एस., कुमार, ए. और दत्त, एस. 2024 : उत्तर-पश्चिमी हिमालय की तलहटी में आकस्मिक बाढ़ की गतिकी : जलविज्ञान एवं आकारिकीय नियंत्रणों के प्रति अंतर्वृष्टि। इनवारमेण्टल मॉनिटरिंग एण्ड एसेसमेण्ट, 197:81. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13541-x>।
92. साहा, एस. 2024 : वनस्पति-पूर्व मिश्रित (तरंग-ज्वार) ऊर्जा पारगमन निकटवर्ती अवसादन : भारत के उत्तर-पश्चिमी हिमालय के प्रोटेरोजोइक निष्क्रिय सीमांत अनुक्रम से साक्ष्य। जियोलॉजिकल जर्नल, 60, 359-386। <https://doi.org/10.1002/gj.5078>
93. साहा, एस. 2025 : तट के निकट अवसादिक पूर्व-वानस्पतिक मिश्र (तरंग-ज्वार) ऊर्जा पारगमन : उत्तर-पश्चिमी हिमालय, भारत के प्रोटेरोजोइक परोक्ष उपांत अनुक्रम से साक्ष्य। जियोलॉजिकल जर्नल, 60(2), 359-386।
94. साँड, के. 2024 : हिमालय में भू-संसाधन और भू-संकट : अर्थव्यवस्था और पारिस्थितिकी के लिए अग्रतर राह। करेंट साइंस, 126, 10, 1191-1192।
95. साँड, के. 2024 : उत्तराखंड हिमालय में हिमनदीय संकट और वनाग्नि तथा उनका संभावित शमन। करेंट साइंस, 127, 4, 383-384।
96. साँड, के., चौहान, पी., बिष्ट, पी. और वैदेश्वरन, एस.सी. 2025 : भारत-नेपाल सीमा पर पिथौरागढ़ जिले की लास्को घाटी में बादल फटने से उत्पन्न मलबा प्रवाह व आकस्मिक बाढ़। जर्नल ऑफ हिमालयन जियोलॉजी, 46(1), 91-100।
97. साँड, के., हजारिका, डी., सेन, के. और जयगोंडापेरुमल, आर. 2024 : वर्ष 2020-2023 के दौरान वाडिया हिमालयन भूविज्ञान संस्थान, देहरादून में भूविज्ञान संबंधित अनुसंधान की स्थिति, प्रोसेडिंग्स ऑफ इण्डियन साइंस एकेडमी, 90, 530-551।
98. सजवान, आर.एस., जोशी, वी., अहमद, टी., कुमार, एन., परमार, पी. और जिंदल, एम.के. 2024 : भारत के हिमालय के टेक्टोनिक रूप से सक्रिय क्षेत्र में रेडॉन परिवहन और यूरेनियम सामग्री का आकलन। साइंस ऑफ द टोटल एनवायरनमेंट, 926:171823A. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.171823
99. सजवान, आर.एस., जोशी, वी., कुमार, एन., अहमद, टी., दत्त, एस. और लावण्या, बी.एस.के. 2024 : उच्च हिमालयी भूभाग में $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ निःश्वसन दर व आंतरिक $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ स्तरों पर एक अध्ययन। रेडिएशन प्रोटेक्शन डोसिमेट्री, 200(11-12), 1018-1026।
100. सरकार, एस., दास, एस., चौधरी, एस. और सिन्हा, आर.के. 2024 : जोशीमठ कस्बे, गढ़वाल हिमालय, भारत में भू-धंसाव की घटनाएँ : क्षेत्रीय अवलोकन और संभावित कारण। जर्नल ऑफ द जियोलॉजिकल सोसाइटी ऑफ इंडिया, 100(4), 467-472। <https://doi.org/10.17491/jgsi/2024/173863>
101. सेनगुप्ता, डी., दत्त, एस., वारकेन, एस. एफ., सिंगम, ए., फ्रैंक, एन., सागवाल, एस. और मौर्य, एस. 2025 : मेघालयी युग के दौरान पूर्वी भारत में जलवायु परिवर्तन अभिप्रेत मानव प्रवास व सामाजिक-राजनीतिक परिवर्तन। पुराभूगोल, पुराजलवायु विज्ञान, पुरापारिस्थितिकी, 667:112873. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2025.112873>।
102. शर्मा, वी., बोरा, डी.के., हजारिका, डी. और विश्वास, आर. 2024 : दि. 28 अप्रैल 2021 के भूकंप से पूर्व कोपिली भ्रंश व उसके समीपवर्ती क्षेत्र के आसपास भूकंपीय बी-मान का लक्षणवर्णन। जर्नल ऑफ सीरमोलॉजी, 28, 1001-1025. <https://doi.org/10.1007/s10950-024-10232-5>।
103. शावेज, एम., गुप्ता, वी., गुप्ता, ए.के. और रावत, जी. 2025 : कुमाऊँ हिमालय की दारमा घाटी में भू-आकृतिमितीय अवरोधों के प्रतिउत्तर में भूस्खलन का स्थानिक वितरण। जर्नल ऑफ माउंटनेन साइंस, 22, 48-70. <https://doi.org/10.1007/s11629-024-8983-3>।
104. शेचेपेटकिना, ए., मोल-दारिगेड, पी., पेकर, एस., विलियम्स, टी., प्रकाशम, एम, एट अल. 2024 : उथले समुद्र के तलछट कोर में प्राकृतिक गामा किरण (एनजीआर) के आधार पर CaCO_3 मात्रा का अनुमान। स्ट्रैटिग्राफी, 21(3), 225-242।
105. श्रीवास, ए. और पांडे, सी.पी. 2024 : भारत के पश्चिमी हिमालय में गंगोत्री ग्लेशियर घाटी में परिवेशी एरोसोल की ऑप्टिकल और भौतिक-रासायनिक विशेषताएं। एरोसोल साइंस एण्ड इंजीनियरिंग, 1-13।
106. सिंह, एम.आर., सिंह, पी., सेठी, पी.सी. और सिंह ए.के. 2024 : हिमाचल प्रदेश, उत्तर-पश्चिमी हिमालय के नगरोटा-काठिंडी खंड से मैफिक शैल का भू-रासायनविज्ञान : प्लूम-लिथोस्फियर अंतःक्रिया का एक संभावित उदाहरण। जियोलॉजिकल जर्नल, 59(12), 3175-3202।
107. सिंह, एन.ए., सिंह, एन.पी., शर्मा, के.एम., पटनायक, आर. और तिवारी, आर.पी. 2024 : भारत से मिओसीन कार्टिलेजिनस मछलियाँ (कॉन्डिक्थाइस, इलारमोब्रांची) : वैश्विक पैलियोबायोजियोग्राफी पर एक समीक्षा। इंडियन जर्नल ऑफ जियोसाइंसेज, 78(3), 311-330।
108. सिंह, एस., जोशी, ए., सिंघल, एस., पांडे, एम. और कुशवाहा, ए. 2024 : हिमालयी क्षेत्र में उत्तरी अल्मोड़ा थ्रस्ट में फेल्सिक मैग्माटिज्म की दक्षिणतम सीमा। जियोलॉजिकल जर्नल, 59(10), 2803-2818।
109. सिंह, वाई.पी., किंग्सन, ओ. शर्मा, के.एम., तिवारी, आर.पी., पटनायक, आर., घोष, पी., शर्मा, ए., पटनायक, जे.के., कुमार, पी., थॉमस, एच., सिंह, एन.पी., किरकू, पी.सी. और सिंह, एन.ए. 2025 : रानीगंज गोंडवाना बेसिन, पश्चिम बंगाल, भारत से सिलिकिक्लास्टिक अवसाद का भूरसायन विज्ञान व इसके भूवैज्ञानिक निहितार्थ। एक्टा जियोकेमिका। <https://doi.org/10.1007/s11631-025-00756-z>।
110. सिंघल, एस., सिंह, एस. और सिंह, डी. 2025 : लघु स्पॉट आकारों पर LA-MC-ICP-MS U-Pb जिरकोन जियोक्रोनोलॉजी में परिवर्तनशील डाउनहोल फ्रैक्शनेशन का न्यूनीकरण। जर्नल ऑफ मास स्पेक्ट्रोमेट्री, 60:e5115. <https://doi.org/10.1002/jms.5115>।

111. सोनवणे, डी., हलदर, एस., कुमार, यू., सत्यप्रज्ञान, एस. और भांबरी, आर. 2025 : उच्च रिजॉल्यूशन उपग्रह चित्रों का उपयोग कर वर्ष 2013 से 2023 तक उत्तराखंड, भारत में हिमनदीय झील में परिवर्तन। जर्नल ऑफ जियोलॉजिकल सोसाइटी ऑफ इंडिया, 101(5), 1–9।
112. श्रीवर्धन, वी. और मुखर्जी, बी. 2024 : मशीन लर्निंग का उपयोग कर 2डी सीटी स्कैन कोर चित्रों के जलमृत गुणों का अनुमान। जर्नल ऑफ एशियन अर्थ साइंसेज, 133:200. <https://doi.org/10.1007/s12040-024-02379-zz>।
113. तिवारी, ए., साँड, के., तिवारी, जे., कुमार, ए., कुमार, एन., पॉल, ए. और शुक्ला, वी. 2024 : भूकंपीय और रेडॉन आघातक : चमोली हिमालय में वर्ष 2021 के एक जोखिमपरक शैल-हिम स्खलन के सतह की गतिकी के अनुश्रवण के लिए एक बहु-पैरामीट्रिक विधि। अर्थ सरफेस प्रोसेसेस एंड लैंडफॉर्म, 49(10), 2965–2979।
114. तिवारी, एस.के., यादव, जे.एस., साँड, के., राय, एस.के., खरया, ए., कुमार, वी. और सेठी, पी.सी. 2024 : कोविड-19 महामारी अभिप्रेत लॉकडाउन के दौरान ऊपरी गंगा व यमुना नदी तंत्र के जल गुणवत्ता का मूल्यांकन : नदीय पुनरुद्धार के संकेत। जियोकेमिकल ट्रांजेक्शन, 25(8), 1–22।
115. वंदना और कुमार, एन. 2025 : उत्तर-पश्चिमी हिमालय और उसके समीपस्थ क्षेत्र के भूकंपीय क्षीणन मॉडल का आत्मसात्करण। जियोसिस्टम्स एंड जियोएनवायरनमेंट, :100378, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jgeo.2025.100378>।
116. यादव, जे., प्रकाश, आर., ख्यालिया, बी., चौहान, आर.पी., सिंह, पी.पी., सिंह, पी. और दलाल, आर. 2024 : हिमालय के मनाली-लेह राजमार्ग क्षेत्र की मिट्टी में रेडॉन और थोरॉन उत्सर्जन दरों की जाँच। जर्नल ऑफ एनवायरनमेंटल रेडियोएक्टिविटी, 280, 107552। <https://doi.org/10-1016/j.jenvrad-2024-107552>।
117. यादव, जे.एस., तिवारी, एस.के., भांबरी, आर., साँड, के., पाटीदार, पी. और बैसवार, ए. 2024 : चोरावाड़ी हिमनद, मध्य हिमालय के मौसम संबंधी कारकों की अंतर-अंतरामौसमीता : द्रव्यमान परिवर्तन व संबंधित जोखिमों के प्रति निहितार्थ। जर्नल ऑफ हाइड्रोमेटेरोलॉजी, 2(10), 1541-1560. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-22-0231.1>।

पुस्तक अध्याय

1. चौधरी, एस., बोस, शुभम और सिंह रिया, 2024 : सिल्क्यारा – भू-पृष्ठभूमि व लेआउट : भूविज्ञान प्रेक्षण। पृ. 17–24 पंत, दुर्गेश (संपादक), सिल्क्यारा विजय : प्रतिरोध व नेतृत्व की एक गाथा। बुक वर्ल्ड, देहरादून। 150 पृष्ठ
2. मेहता, एम. 2025 : हिमालयी हिमनदों में विद्यमान एवं संभावित परिवर्तन : जलवायु परिवर्तन के परिप्रेक्ष्य में, पृष्ठ 149–172। रस्तोगी, बी.के., कोठियारी, जी.सी., ल्यूरी, के. (संपादक),

प्राकृतिक जोखिम व जोखिम न्यूनीकरण : हिमालय में प्राकृतिक जोखिम और जोखिम न्यूनीकरण। सिंगर ट्रांजेक्शन इन सिविल एंड एनवायरनमेंटल इंजीनियरिंग।

3. पांडे, ए. और जयगंडापेरुमल, आर. 2024 : पैलियोसीरमोलॉजिकल परिप्रेक्ष्य के माध्यम से केंद्रीय भूकंपीय अंतराल के बड़े भूकंप, पृष्ठ 245–260। रस्तोगी, बी.के., कोठियारी, जी.सी., ल्यूरी, के. (संपादक), प्राकृतिक जोखिम व जोखिम न्यूनीकरण : हिमालय में प्राकृतिक जोखिम और जोखिम न्यूनीकरण। सिंगर ट्रांजेक्शन इन सिविल एंड एनवायरनमेंटल इंजीनियरिंग।
4. पांडे, एम. और बिष्ट, पी. 2024 : जलोढ फैन प्रणालियों पर प्रवाह चैनल गतिकी : एक अवलोकन, 30 पृष्ठ। पांडे, पी.सी., श्रीवास्तव, पी.के. और श्रीवास्तव, एस.के. (संपादक), जलीय पारिस्थितिकी तंत्र की निगरानी : पारंपरिक मूल्यांकन से उन्नत सुदूर संवेदन तक। सीआरसी प्रेस, 340 पृष्ठ। <https://doi.org/10.1201/9781003354000>।
5. सिंह, वी.बी., माधव, एस., गुप्ता, आर.के., दीवान, पी. और कुमार, ए. (सं.), 2025 : पर्वतीय क्षेत्रों में जल संसाधन प्रबंधन। जॉन विले एंड संस, 410 पृष्ठ। DOI:10.1002/9781394249619।

दौरा गाइड

1. जयगंडापेरुमल, आर. और मिश्रा, आर.एल. 2024 : भारत के जम्मू उप-हिमालयी बेल्ट हेतु दौरा गाइड। 8^{वां} एनजीआरएम, एसएमवीडीयू, 22 से 25–11–2024, कटरा, 34 पृष्ठ, वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान का विशेष प्रकाशन, विशेष प्रकाशन संख्या 6 (ISSN No. 718966)।

तकनीकी आख्याएं

1. जयगंडापेरुमल, आर. और मेहता एम. 2024: मारवाड़ी, जोशीमठ में बाईपास रोड परियोजना पर वाया डक्ट के निर्माण के लिए भूवैज्ञानिक जांच पर अंतरिम रिपोर्ट, केंसीसी बिल्डकॉन प्राइवेट लिमिटेड को जमा की गई।
2. मुखर्जी, बी.के. 2024: राष्ट्रीय हरित अधिकरण (एनजीटी) के लिए जम्मू व कश्मीर के रामबन में पैरनोट भूमि धंसाव पर पहली रिपोर्ट।
3. मुखर्जी, बी.के. 2024: राष्ट्रीय हरित अधिकरण (एनजीटी) के लिए उत्तर प्रदेश के बांदा ग्रेनाइट खनन क्षेत्र में पर्वत विलोपन के आकलन पर रिपोर्ट।
4. सेकर, के.सी., पडालिया, एच., सेन, एस., कुमार, ए., मॉडल, के., कंस्था, एम.एल., सिंह, एस. और गुप्ता, वी. 2024। मूल आवेदन संख्या 720/2023 के मामले में संयुक्त समिति आख्या, करेण्ट साइंस में प्रकाशित लेख दिनांक 25.10.2023 शीर्षक "उच्च हिमालय को एक पारिस्थितिकी-संवेदनशील क्षेत्र घोषित करने की आवश्यकता" को माननीय राष्ट्रीय हरित अधिकरण (प्रधान पीठ) के समक्ष प्रस्तुत किया गया।

आयोजित सेमीनार / संगोष्ठी / कार्यशाला / अंतर्वेशन कार्यक्रम

हिमालय दिवस

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान (वा.हि.भू.सं.), देहरादून द्वारा दि. 9 सितंबर 2024 को हिमालय दिवस मनाया गया, जिसकी मुख्य विषयवस्तु 'जलवायु परिवर्तन, प्राकृतिक आपदाएं और हिमालय का पारिस्थितिकी तंत्र' थी। इस एक दिवसीय कार्यशाला मुख्य रूप से (i) पारिस्थितिकी व प्राकृतिक संसाधन (ii) हिमनद और उसके जोखिम (iii) भूस्खलन शमन और (iv) भूकंपरोधी अवसंरचनाओं पर केंद्रित की गई थी। इस कार्यशाला में उत्तराखंड, हिमाचल प्रदेश और समग्र भारत के विभिन्न शोध विषयों के विशेषज्ञ शामिल हुए। विभिन्न शोध/शैक्षणिक संस्थानों, राज्य आपदा प्रबंधन विभागों, देहरादून के विश्वविद्यालयों/कॉलेजों, सैन्य कर्मियों, इंजीनियरों, शोधार्थियों और छात्रों सहित 200 से अधिक प्रतिभागी इसमें शामिल हुए।

पैनल विचार-विमर्श उपरांत संस्तुतियां

समग्र भारत से आए विशेषज्ञों के समावेश से पूर्ण किए गए तीन सत्रों में जलवायु परिवर्तन और मानवजनित गतिविधियों के परिणामस्वरूप प्राकृतिक आपदाओं पर प्रकाश डालते हुए हिमालय की स्थिति को अभिव्यक्त और प्रदर्शित किया गया। हिमाचल हिमालय, उत्तराखंड हिमालय में आपदा परिदृश्य और वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून द्वारा किए गए कार्यों की स्थिति को दर्शाने वाले पूर्ण सत्रों के समापन उपरांत, दिवस के अंत में "हिमालय में प्राकृतिक आपदाएं : चुनौतियां और उपाय" विषय पर एक पैनल चर्चा आयोजित की गई।

पैनलिस्टों में डॉ. वी.सी. ठाकुर, डॉ. एन.एस. विरदी, डॉ. बी.आर. अरोड़ा, डॉ. हरीश बहुगुणा, प्रो. राजीव सिन्हा, प्रो. ए.के. महाजन, डॉ. शांतनु सरकार, डॉ. आर.जे. पेरुमल, डॉ. नरेश कुमार और डॉ. राकेश भांबरी शामिल थे। पैनलिस्टों ने डॉ. राकेश भांबरी (वैज्ञानिक, वा.हि.भू.सं.), श्री शिव के. राय (भूविज्ञानी, पीडब्ल्यूडी), श्री डी.डी. जाट (नगर नियोजन एवं आवासन), डॉ. चौ. देबोजीत सिंह (डीडीजी, जीएसआई), डॉ. नरेश कुमार (वैज्ञानिक, वा.हि.भू.सं.) और डॉ. आलोक पांडे (केंद्रीय विश्वविद्यालय हिमाचल प्रदेश) से विषय पर टिप्पणियां आमंत्रित की गईं।

प्रो. राजीव सिन्हा, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान कानपुर ने दिवस के दौरान आयोजित होने वाली वार्ताओं पर जानकारी दी तथा आपदाओं और न्यूनीकरण से संबंधित प्रचुर डेटा सेट की उपस्थिति पर अपनी टिप्पणियां व्यक्त की। हालांकि, उन्होंने इस बात पर जोर दिया कि मूलभूत समस्या यह है कि इन डेटासेट को कैसे आत्मसात किया जाए। उन्होंने यह भी कहा कि हमें योजनाओं के कार्यान्वयन के लिए विभिन्न विभागों को संरेखित करने की आवश्यकता है। डॉ. राकेश भांबरी ने बताया कि वैज्ञानिक व सरकारी एजेंसियों के बीच उचित एकीकरण नहीं है और संस्थान ज्यादातर पृथक रूप से काम कर रहे हैं। यह मूल कारण है जिससे जोखिमों के न्यूनीकरण का प्रयास करने से पूर्व समाधान की आवश्यकता है।

डॉ. शांतनु सरकार (निदेशक, यूएलएमएमसी) ने आपदा वाले इलाकों में अच्छे जागरूकता कार्यक्रमों की आवश्यकता पर बल दिया। उन्होंने भविष्य में व्यापक स्तर के न्यूनीकरण के स्थानों में निगरानी उपकरणों के अधिष्ठापन पर भी अपने विचार व्यक्त किए। डॉ. चौ. देबोजीत सिंह (डीडीजी, जीएसआई देहरादून) ने कहा कि पर्याप्त काम पहले ही हो चुका है और हमें मुख्य उद्देश्य 'पारिस्थितिकी तंत्र का अनुसंधान' को नहीं भूलना चाहिए। उन्होंने यह भी कहा कि वैज्ञानिक मंचों में प्रशासकों को सम्मिलित करना सबसे महत्वपूर्ण है। प्रो. ए.के. महाजन (सीयूएचपी) ने इस बात पर प्रकाश डाला कि कैसे हिमाचल प्रदेश राज्य सरकार ने भूवैज्ञानिकों की संस्तुतियों को लागू किया है। उन्होंने भूकंपीय जोखिमों के न्यूनीकरण के लिए साइट माइक्रोजोनेशन पर बल दिया। उन्होंने भूस्खलन के कारण सुरक्षा के लिए किए जा रहे कार्यों पर भी प्रकाश डाला। डॉ. नरेश कुमार (वैज्ञानिक, वा.हि.भू.सं.) ने भूकंपरोधी अवसंरचनाओं के कार्यान्वयन और आम स्थानीय समुदायों के मध्य आपदा संबंधी जागरूकता के प्रसार पर महत्व दिया।

डॉ. वी.सी. ठाकुर (पूर्व निदेशक, वा.हि.भू.सं.) ने काफी विशिष्ट क्षेत्रवार डेटा प्रस्तुतियों के लिए डॉ. एसएस रंधावा (एसडीएमए, हिमाचल प्रदेश) की सराहना की। डॉ. हरीश बहुगुणा (डीडीजी, जीएसआई) ने जीएसआई द्वारा विकसित भूस्खलन पोर्टल पर ध्यानाकर्षित करने हुए कहा कि सभी को डेटा और रिपोर्ट का अधिकतम उपयोग करना चाहिए और जीएसआई को महत्वपूर्ण प्रतिक्रिया देनी चाहिए। डॉ. आलोक पांडे (केंद्रीय विश्वविद्यालय हिमाचल प्रदेश) ने प्रभावात्मक रूप से कहा कि स्कूलों और कॉलेजों में भूविज्ञान विषय के प्रारंभ को सख्ती से लागू किया जाना चाहिए। डॉ. एन.एस. विरदी (पूर्व निदेशक, वा.हि.भू.सं.) ने कहा कि सरकार समय लेती है लेकिन निश्चित रूप से समय की आवश्यकता के अनुसार कदम उठाती है, जैसे वर्ष 1991 के उत्तरकाशी भूकंप के उपरांत, घरों की बीम संरचनाओं को मानदंड के रूप में लागू किया गया था।

हिमालय दिवस पर विचार-विमर्श का सारांश प्रस्तुत करते हुए, प्रो. बी.आर. अरोड़ा ने 'जलवायु परिवर्तन, प्राकृतिक आपदाएं और हिमालय का पारिस्थितिकी तंत्र' विषयवस्तु के महत्व को उचित ठहराते हुए आयोजित प्रस्तुतियों की इस श्रृंखला की सराहना की। प्रत्येक प्रस्तुति में भूस्खलन पर अध्ययनों की वर्तमान-स्थिति, हिमनद स्वास्थ्य, मृदा-अवरोध, भूकंप जोखिम आदि को प्रस्तुत करते हुए ज्ञान अंतराल को भी पूरित किया गया। वृहद स्तर की कार्यवाहियों में से, वैज्ञानिकों और प्रबंधन प्राधिकारियों के मध्य बेहतर समन्वयन और सहलग्नता स्थापित करने के लिए कुछ प्रमुख संस्तुतियां निम्नवर्णित हैं :-

- जलवायु परिवर्तन से उत्पन्न प्राकृतिक आपदाओं के तंत्र, गंभीरता और परिणामों पर नजर रखने वाली प्रस्तुतियों की

संख्या ने सहयोगात्मक मोड में बहु-पैरामीट्रिक दृष्टिकोण पर जोर दिया। हिमाचल प्रदेश का राज्य आपदा प्रबंधन प्राधिकरण पहले से ही समन्वित क्षेत्र-विशिष्ट निगरानी तैयार कर रहा है और इसे लागू कर रहा है, जिससे भूस्खलन के लिए सबसे संवेदनशील स्थानों का सीमांकन संभव हो सके। हिमालय के 19 राज्यों में भूस्खलन का जायजा लेते हुए, भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण (जीएसआई) ने एक भूस्खलन पूर्व चेतावनी प्रणाली विकसित की है, जो क्षेत्रीय स्तर पर भूस्खलन की घटना का पूर्वानुमान लगाने के लिए एक उत्कृष्ट विधि है। भूस्खलन

जोखिमों में कमी, हिमनदों के पीछे खिसकने, जल-निकासी, भूकंप प्रतिरोधी संरचनाओं की आवश्यकता आदि से संबंधित अनेकों प्रस्तुतियां आयोजित हुईं। इन वैज्ञानिक उन्नतियों के महत्व को स्वीकार करते हुए, यह संस्तुति की जाती है कि वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान हिमालयन जियोलॉजी के एक विशेष खंड के प्रकाशन पर विचार कर सकता है जिससे निगरानी एजेंसियों द्वारा एकीकृत दृष्टिकोण अपनाया जा सके और निष्कर्ष को राज्य आपदा प्रबंधन प्राधिकरणों के साथ साझा किया जा सके ताकि न्यूनीकरण रणनीतियां तैयार की जा सकें।



हिमालय दिवस का उद्घाटन समारोह



हिमालय दिवस के प्रतिभागियों का समूह छायाचित्र

- (ii) कार्यवाहियों का एक अन्य प्रमुख निष्कर्ष हिमाचल प्रदेश व उत्तराखण्ड राज्य आपदा प्रबंधन प्राधिकरणों द्वारा संवेदनशील क्षेत्रों में प्राकृतिक आपदाओं के जोखिम न्यूनीकरण उपायों को मूल स्तर पर लागू करने के लिए प्रदर्शित उत्साह था। यह अत्यंत आशाजनक है क्योंकि अनेकों वैज्ञानिक संस्थान बार-बार प्राकृतिक आपदा न्यूनीकरण के तौर-तरीकों से निपटने वाले संस्थानों और घरातल पर कार्यान्वयन के लिए उत्तरदायी राज्य एवं आपदा प्राधिकरणों के मध्य अंतराल को पाटने की आवश्यकता पर बल देते रहे हैं। इन सामाजिक महत्व के लक्ष्यों की पूर्ति करने के लिए, दोनों समूहों को शामिल करते हुए उच्च स्तरीय कार्यसमितियों का गठन करने का प्रस्ताव है, जिनमें प्रत्येक समूह की भूमिकाएं स्पष्ट रूप से परिभाषित होंगी।
- (iii) ग्लोबल वार्मिंग की परिकल्पना के अनुरूप, मध्य व उत्तर-पूर्व हिमालय के हिमनद पीछे खिसकने की प्रवृत्ति दर्शाते हैं। काराकोरम (उत्तर-पश्चिम हिमालय) में हिमनदों की आंशिक वृद्धि को इस प्रकार से संबोधित कर सकते हैं क्योंकि वे मध्य अक्षांश की पश्चिमी हवाओं से पोषित होते हैं और इसलिए शीतकालीन-संचयन-ग्रीष्म अपघटन-ग्रीष्म का प्रतिनिधित्व करते हैं। इसके विपरीत हिमालय में अन्य स्थानों पर, हिमनद दक्षिण-पश्चिम मानसून से पोषित होते हैं और इस प्रकार ग्रीष्मकालीन संचय व ग्रीष्मकालीन अपघटन हिमनदों का प्रतिनिधित्व करते हैं। यह हिमालय में अन्य स्थानों पर हिमनदों के उलट है जो कि दक्षिण-पश्चिम मानसून से पोषित होते हैं, जो ग्रीष्मकालीन संचय ग्रीष्मकालीन अपघटन हैं इसी तरह, अंतर- और अंतरा-बेसिन स्थानिक भिन्नता को अभिविन्यास, चौड़ाई, मलबा कवर के साथ-साथ हिम रेखा के संबंध में संचय/पृथक्करण मात्रा के अनुपात के रूप में समझाया जा सकता है। यह प्रस्तावित है कि नदियों के विस्तारित मार्ग पर, उदगम स्थल से लेकर अंत तक, कई स्थानों पर जल-प्रवाह को मापा जाए ताकि द्रवित जल और वर्षा के सापेक्ष योगदान का

आकलन किया जा सके। इस तरह की निगरानी को बहु-संस्थाओं के सहयोग होने से लाभ होगा। जिसके प्रारंभ के लिए, वाडिया संस्थान और राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान को एक सहभागी समझौते को हस्ताक्षर करने चाहिए।

- (iv) यह हर्ष का विषय है कि भूकंपीय नेटवर्क के निरंतर उन्नयन से भूकंपों के स्थानिक गहराई वितरण की बेहतर समझ विकसित हुई है। भूपर्पटी संरचनाओं के छायाचित्रण के समानांतर कार्यक्रमों के साथ एकीकरण ने तले की ओर जाने वाली भारतीय प्लेट के शीर्ष पर बड़े भूकंपों और इस पृथक्करण के रैप पर छोटे भूकंपों के भूकंपजनन और केंद्रीकरण पर नई अंतर्दृष्टि प्रदान की है। यद्यपि सुनियोजित बहु-प्राचल निगरानी प्रगति में है, भूकंपों का पूर्वानुमान अभी दूरस्थ लक्ष्य है। मापे गए बहु-प्राचलों को प्रभावित करने वाले भौतिक प्राचलों की बेहतर समझ को देखते हुए, शिथिल भूकंप के पूर्वसूचकों के पृथक्करण के लिए निरंतर निगरानी की आवश्यकता है। पूर्वानुमानों की सीमाओं को दूर करने के लिए, किसी भी स्थान पर अधिकतम भू-त्वरण व अनेकों अन्य भौतिक प्राचलों का अनुमान प्रदान करने वाले माइक्रोडोनेशन अध्ययन, भूकंपरोधी अवसंरचनाओं के निर्माण में सहायक हैं। यहाँ, आपदा प्रबंधन की एक प्रमुख भूमिका है कि वह यह सुनिश्चित करे कि किसी भी नए निर्माण की अनुमति भूकंप इंजीनियरों द्वारा जारी किए गए सुरक्षा उपायों को डिजाइन स्तर पर ही लागू करने के बाद दी जाए। भूकंप आने पर क्या करें और क्या न करें, इस बारे में जन जागरूकता के प्रति समानांतर प्रयासों विशेष रूप से स्कूलों में छात्रों को, 'विज्ञान दिवस' या क्षेत्र में विगत घटित भूकंप की वर्षगांठ पर लोकप्रिय व्याख्यान आयोजित कर को प्रोत्साहित किया जाना चाहिए।

अंत में, प्रो. अरोड़ा ने यह पुनरावृत्ति की कि ऐसे कार्यक्रमों की सफलता का आकलन इस आधार पर किया जाना चाहिए कि प्रत्येक छात्र प्राकृतिक आपदाओं से निपटने के संबंध में ठोस संदेश लेकर अपने घर वापस लौटे।



उद्योग अंतर्वेशन कार्यक्रम का उद्घाटन समारोह तथा कार्यक्रम के कुछ पल

उद्योग अंतर्वेशन कार्यक्रम

भारत सरकार के क्षमता निर्माण आयोग के अंतर्गत, विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग (डीएसटी) के अधिकारियों को वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान की योजनाओं, कार्यप्रणाली और प्रयोगशालाओं से अवगत कराने के लिए, वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून में दि. 17-18 सितंबर, 2024 तक एक उद्योग अंतर्वेशन कार्यक्रम आयोजित किया गया। इसके उद्देश्य (क) यह जानकारी प्रदान करना कि वाडिया संस्थान अत्याधुनिक अनुसंधान एवं विकास, चुनौतियों व उद्योगों में उभरते रुझानों के साथ संस्थान कैसे सामंजस्य स्थापित कर रहा है, इसके लिए कैसे कार्य करता है; (ख) जमीनी पहलूओं के संबंध में डीएसटी अधिकारियों के दृष्टिकोण को व्यापक बनाना, और (ग) डीएसटी अधिकारियों को शासकीय नीतियों, कार्यक्रमों और योजनाओं के प्रभाव व निहितार्थों को उत्कृष्ट रीति से समझने और समझने में सक्षम बनाने; पर आधारित था।

कार्यक्रम में आंतरिक वार्ताओं के माध्यम से विचार-विमर्श और पोस्टरों के प्रदर्शन पर ध्यान केंद्रित किया गया, जिसमें हिमनद जोखिम व संभावित निवारारात्मक उपाय, सतत विकास के लिए भूस्वल्पन प्रबंधन, भूकंप संकेतक व चेतावनी, नदी संबंधी भीषण घटनाक्रम और जोखिम प्रबंधन, जलवायु परिवर्तन न्यूनीकरण के लिए हरित ऊर्जा, भू-संसाधन अन्वेषण और पर्वत निर्माण प्रक्रियाओं के लिए एआई/एमएल जैसे उप-विषय शामिल थे।

कार्यक्रम में डीएसटी के समन्वयक एवं वैज्ञानिक श्री विनोद कुमार शर्मा, डॉ. कार्तिक दंडपानी, श्री कुणाल शर्मा, श्री उदित राज सिंह, श्री अंकुर मेहता, सुश्री मलोथ प्रिया ने सहभाग किया। शिक्षाविदों के अतिरिक्त, उद्योगों के गण्यमान्य जन डॉ. सुमित डबराल, वरिष्ठ प्रबंधक (भूविज्ञान), एनएचपीसी लिमिटेड, श्री योगेश शर्मा जी एमडी, अल्मोड़ा मैग्नेसाइट लिमिटेड, श्री पी. के. भट्ट वरिष्ठ प्रबंधक (आर एंड डी) और श्री बुबाई घोष, टिहरी हाइड्रो डेवलपमेंट कॉर्पोरेशन लिमिटेड ने इस कार्यक्रम में भाग लिया। समेकित रूप से, उपरोक्त विषयों पर वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान के वैज्ञानिकों द्वारा 11 वार्ताएं प्रस्तुत की गईं, और संबंधित उद्योगों के व्यक्तियों द्वारा

तीन वार्ताएं प्रस्तुत की गईं। विकसित भारत-2047 के लिए काम करने हेतु उद्योग व शिक्षा को एक साझे मंच पर लाने के लिए विमर्श आयोजित किए गए। वाडिया संस्थान की ओर से डॉ. विकास अदलखा ने कार्यक्रम का समन्वयन किया।

अष्टम राष्ट्रीय भू-अनुसंधान अध्येता सम्मेलन - 2024

अष्टम(8वें) राष्ट्रीय भू-अनुसंधान अध्येता सम्मेलन का आयोजन वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान द्वारा श्री माता वैष्णो देवी विश्वविद्यालय (एसएमवीडीयू) कटरा, जम्मू और कश्मीर में दि. 22-25 नवंबर 2024 तक किया गया था। इस कार्यक्रम का प्रारंभ एक उद्घाटन समारोह के साथ हुआ, जिसके उपरांत चार तकनीकी सत्र हुए, जिसमें देश भर के भूवैज्ञानिक समुदाय के नौ प्रतिष्ठित वक्ताओं ने भाग लिया, जिन्होंने युवा शोधकर्ताओं को शिक्षित और प्रेरित करने के लिए अपने विचार साझा किए। सत्रों के अतिरिक्त, सम्मेलन में रियासी के ज्योतिपुरम के पास नोड्डा खड्ड और रियासी व अखनूर ट्रांजेक्ट के आसपास और आसपास के दो दिनों के भूवैज्ञानिक क्षेत्र कार्य सम्मिलित था। इस क्षेत्र दौरे का उद्देश्य प्रतिभागियों को क्षेत्र के आकर्षक भूवैज्ञानिक संरचनाओं और परिदृश्यों का प्रत्यक्ष अनुभव प्रदान करने के लिए था। इस दो दिवसीय क्षेत्र दौरे का लक्ष्य व्यावहारिक विमर्श को प्रोत्साहन देना, नवीन अनुसंधान को प्रेरित करना तथा उपस्थित प्रतिभागियों के मध्य सहयोगात्मक नेटवर्क को प्रबल करना था।

समग्र भारत से कुल 60 शोध अध्येताओं ने कार्यक्रम में भाग लिया और पोस्टर व मौखिक प्रस्तुतियों के माध्यम से अपने कार्य को प्रदर्शित किया। मुख्य अतिथि, माननीय प्रो. एस.के. टंडन, जो कि नदी तंत्र और चतुर्थक भूविज्ञान पर अपने काम के लिए प्रसिद्ध हैं, शांति स्वरूप भटनागर पुरस्कार के प्राप्तकर्ता व वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान (वा.हि.भू.सं.) के शासी निकाय के पूर्व अध्यक्ष हैं। उद्घाटन समारोह में उनके साथ विशिष्ट अतिथि के रूप में प्रो. तलत अहमद (शासी निकाय के अध्यक्ष, वा.हि.भू.सं.), प्रो. एम.जी. ठक्कर (प्रभारी निदेशक, वा.हि.भू.सं., निदेशक-बीएसआईपी), प्रो (डॉ) प्रगति कुमार (कुलपति, एसएमवीडीयू), प्रो नवीन जुयाल, प्रो आर जयगोंडा पेरुमल



राष्ट्रीय भू-अनुसंधान अध्येता सम्मेलन - 2024 का उद्घाटन समारोह



राष्ट्रीय भू-अनुसंधान अध्येता सम्मेलन - 2024 के सार खंड का विमोचन करते गण्यमान्य

तथा डॉ गोपी कृष्ण (डीएसटी) सम्मिलित हुए, सभी ने हिमालय एवं चारों ओर के क्षेत्रों के अभिज्ञान में भूवैज्ञानिक अध्ययनों की महत्ता पर बल दिया।

पहले दिवस, आयोजित विभिन्न तकनीकी सत्रों के दौरान, प्रो. तलत अहमद ने हिमालय की भू-गतिकी और उससे जुड़ी पर्वत-निर्माण प्रक्रियाओं के महत्व पर प्रकाश डाला। प्रो. आर. जयगोंडा पेरुमल ने 'जम्मू उप-हिमालय : भूविज्ञान एवं विवर्तनिकी' पर एक विस्तृत प्रस्तुतिकरण दिया, जिसमें इस क्षेत्र के संरचनात्मक ढाँचे, स्तरीकृत विकास व विवर्तनिक प्रक्रियाओं का गहन अध्ययन किया गया। उन्होंने हिमालयी पर्वतीय प्रक्रियाओं पर उनके प्रभावों को रेखांकित करते हुए, लिथोलॉजिकल विशेषताओं, विरूपण पैटर्न और सक्रिय भ्रंश प्रणालियों पर चर्चा की। उनकी प्रस्तुति में जम्मू उप-हिमालय के भू-गतिकी विकास को समझने में अग्रभूमि बेसिन विकास, नव-विवर्तनिक गतिविधि और भूकंपीयता की भूमिका पर भी चर्चा की गई। प्रो. एस. के. टंडन की गहन प्रस्तुति हिमालय अग्रभूमि पर केंद्रित थी, जिसमें इसके भूवैज्ञानिक विकास, स्तरीकृत ढाँचे और विवर्तनिक महत्व पर जोर दिया गया। उन्होंने क्षेत्रीय प्रेक्षणों, अवसादी आंकड़ों और संरचनात्मक विश्लेषणों को एकीकृत करते हुए अग्रभूमि बेसिन प्रणाली का अवलोकन प्रस्तुत किया। प्रो. एम. जी. ठक्कर ने 'पुराभूकंप विज्ञान का परिचय' विषय पर प्रस्तुति दी, जिसमें इसके मूलभूत सिद्धांतों, विश्लेषणात्मक पद्धतियों और भूतकालीन भूकंपीय घटनाओं, विशेष रूप से दीर्घकालिक भूकंप पुनरावृत्ति और सक्रिय विवर्तनिक प्रक्रियाओं के पुनर्निर्माण में प्रमुख अनुप्रयोगों पर चर्चा की

गई। प्रो. नवीन जुयाल ने 'भारतीय चतुर्थक भूविज्ञान पर मेरे शोध के दौरान नदी, झील और हिमनद निक्षेपों से प्राप्त अंतर्दृष्टि का एक संक्षिप्त अवलोकन' शीर्षक से एक व्याख्यान दिया, जिसमें उन्होंने भारतीय चतुर्थक में भूतकालीन जलवायु परिवर्तनशीलता और विवर्तनिक प्रक्रियाओं के पुनर्निर्माण में विभिन्न निक्षेपी परिवेशों से प्राप्त भू-आकृतिक, अवसादिक एवं कालानुक्रमिक आंकड़ों के महत्व पर ध्यानाकर्षण किया।

डॉ. गोपी कृष्ण (डीएसटी) ने 'अनुसंधान एवं विकास परिदृश्य : अवसर एवं चुनौतियाँ - अनुभवजन्य शिक्षण एवं प्रौद्योगिकी हस्तांतरण के माध्यम से विज्ञान, प्रौद्योगिकी एवं नवाचार' विषय पर अपना व्याख्यान दिया। उन्होंने वर्तमान अनुसंधान एवं विकास पारिस्थितिकी तंत्र का व्यापक मूल्यांकन प्रस्तुत करते हुए अंतरआयामीय सहभागिता व नवाचार-संचालित दृष्टिकोणों के महत्व पर प्रकाश डाला। डॉ. प्रहलाद राम ने एएनआरएफ, नई दिल्ली के तत्वावधान में 'वित्त पोषण के अवसर एवं परियोजना प्रबंधन' पर चर्चा की, जिसमें वैज्ञानिक अनुसंधान के प्रभाव में वृद्धि हेतु प्रभावी परियोजना प्रबंधन के लिए विभिन्न अनुसंधान निधि योजनाओं व रणनीतियों का विवरण दिया। 8वें एनजीआरएसएम के संयोजक डॉ. समीर तिवारी और डॉ. पंकज चौहान ने भूतापीय ऊर्जा अन्वेषण में नूतन प्रगति पर प्रकाश डालते हुए और हिमनद अनुसंधान में कृत्रिम बुद्धिमत्ता की उभरती हुई भूमिका को दर्शाते हुए प्रतिभागियों को संबोधित किया।



प्रतिभागियों का समूह छायाचित्र

प्रोफेसर आर.जयगौडा पेरुमल, प्रोफेसर नवीन जुवाल, प्रोफेसर एम.जी. ठक्कर और डॉ. आर.एल. मिश्रा के नेतृत्व में जम्मू उप-हिमालय के रियासी क्षेत्र के ज्योतिपुरम के पास नोड्डा खड्ड के समीपस्थ एक मध्य-सम्मेलन भूवैज्ञानिक क्षेत्र दौरा किया गया। रियासी क्षेत्र बाढ़ हिमालय (उप-हिमालय) का भाग है और समृद्ध भूवैज्ञानिक विविधता इसकी विशेषता है। क्षेत्र कार्य ने क्षेत्र के सक्रिय भ्रंशों की स्तरीकृत संरचना, संरचनात्मक विशेषताओं और भू-आकारकीय लक्षणवर्णनों के अन्वेषण पर ध्यान केंद्रित किया, जिससे प्रतिभागियों को जम्मू उप-हिमालय के रियासी क्षेत्रों के

विवर्तनिक-अवसादिक विकास में प्रत्यक्ष अंतर्दृष्टि प्रदान की गई। इस अभ्यास ने स्तरीकृत, संरचनात्मक और भू-आकारकीय विधियों को एकीकृत करने के लिए एक व्यावहारिक मंच के रूप में कार्य किया। वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान (वा.हि.भू.सं.) के रजिस्ट्रार श्री पंकज कुमार वर्मा ने सभी आवश्यक व्यवस्थाओं व संस्थागत सहायता का कुशलतापूर्वक समन्वयन एवं निरीक्षण किया, जिसने इस आयोजन के प्रभावी क्रियान्वयन और समग्र रूप से सफलता सुनिश्चित करने में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाई।



प्रख्यात विशेषज्ञों के साथ प्रतिभागियों का फील्ड छायाचित्र

पुरस्कार और सम्मान

- डॉ. सोम दत्त ने आई.जी.यू. में डॉ. जे.जी. नेगी युवा वैज्ञानिक पुरस्कार 2024 प्राप्त किया।
- डॉ. पंकज चौहान को संयुक्त रूप से वर्ष 2024-25 के लिए (आपदा रोधी अवसंरचना संघ) सीडीआरआई फेलोशिप प्रदान की गई, जिसका वित्तपोषण राष्ट्रीय सरकारों और संयुक्त राष्ट्र एजेंसियों द्वारा किया जाएगा।
- डॉ. कपेसा लोखो को दि. 9-10 जनवरी, 2025 को म्यांगार के ने पई ताव में आयोजित शिक्षा में अनुप्रयुक्त अनुसंधान पर अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन (2025) में सर्वश्रेष्ठ प्रस्तुति के लिए सम्मानित किया गया।
- डॉ. एन. प्रेमजित सिंह को दिल्ली विश्वविद्यालय में दि. 17-19 अक्टूबर, 2024 को आयोजित सूक्ष्म-जीवाश्मविज्ञान और स्तरिकी पर 29वें भारतीय संगोष्ठी में सर्वश्रेष्ठ पोस्टर का पुरस्कार प्राप्त हुआ।
- डॉ. समीर तिवारी को आईएनएसए, नई दिल्ली द्वारा 2024 के लिए लीड फेलो के रूप में चुना गया।
- डॉ. कालाचौंद साई व अन्य को वैज्ञानिक अनुसंधान में उत्कृष्ट अध्येतापूर्ण योगदान एवं उत्कृष्टता के लिए वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान द्वारा वर्ष 2023 के लिए सर्वश्रेष्ठ शोध पत्र पुरस्कार से अलंकृत किया गया।

विदेश दौरे

- डॉ. पिकी बिष्ट और डॉ. हृदया चौहान ने पोलैंड के क्राको स्थित एजीएच विश्वविद्यालय में आयोजित 36वीं हिमालय-काराकोरम-तिब्बत कार्यशाला (17-24 जून 2024) में सहभाग किया।
- डॉ. पंकज चौहान ने सिंगापुर के राष्ट्रीय विश्वविद्यालय में आयोजित अंतरराष्ट्रीय प्रतिरोध तंत्र सम्मेलन (आईसीआरएस-2024) में भाग लेने के लिए दि. 28 से 30 अगस्त 2024 तक सिंगापुर का दौरा किया।
- डॉ. कपेसा लोखो ने दि. 9-10 जनवरी, 2025 को म्यांगार के नेपी ताव में शिक्षा में अनुप्रयुक्त अनुसंधान पर अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन (2025) में भाग लिया।
- डॉ. पंकज चौहान ने दि. 2-4 अक्टूबर, 2024 को ताइवान में भारत, जापान और ताइवान के मध्य प्रारंभिक चेतावनी प्रणाली में प्रगति के संबंध में सहभागिता पर आयोजित एक बैठक में भाग लिया।

पीएच.डी. शोध प्रबंध

क्र. सं.	छात्र का नाम	पर्यवेक्षक	थीसिस का शीर्षक	विश्वविद्यालय	अलंकृत / प्रस्तुत
1.	संजय के. वर्मा	डॉ. नरेश कुमार प्रो. संजित के. पाल प्रो. पी.एन.एस. रॉय	मुक्त दोलनों और भूकंपीय टोमोग्राफी से पृथ्वी की संरचना : भूकंपीय तरंग गति की स्थानिक-कालिक विसंगतियां	आईआईटी (आईएसएम) धनबाद	अलंकृत अप्रैल 2024
2.	अभिषेक प्रताप सिंह	डॉ. आर.के. सहगल डॉ. एन. प्रेमजित सिंह	नूरपुर (जिला कांगड़ा, हिमाचल प्रदेश) और दुनेरा (जिला पठानकोट, पंजाब), भारत के समीपस्थ अनावरित शिवालिक अनुक्रम की जैवस्तरीकी एवं पुरापास्थितिकी का पुनर्निर्माण	सीएसआईआर- एसीएसआईआर, वा.हि.भू.सं., देहरादून	अलंकृत अगस्त 2024
3.	श्रद्धा जगताप	डॉ. आर. जयगोंडापेरुमल डॉ. ए.के. शर्मा	सुरिन मस्तगढ़ एंटीक्लाइन (एसएमए) उत्तरपश्चिम उप हिमालय, जम्मू व कश्मीर के स्ट्रेन रिलीज और सक्रिय टेक्टोनिक्स का पैटर्न : भूकंपीय जोखिमों के लिए निहितार्थ	कुमाऊं विश्वविद्यालय, नैनीताल	अलंकृत अगस्त 2024
4.	विकास कुमार	डॉ.आदित्य खरया डॉ. एच.के. सघान	काराकोरम गिम्माटाइट, ट्रांस हिमालय, भारत का पी-टी ड्रय उद्भव	सीएसआईआर- एसीएसआईआर, वा.हि.भू.सं., देहरादून	अलंकृत अगस्त 2024
5.	सुमित	डॉ. अनिल कुमार	लद्दाख के पैगोंग त्सो का अवसादिक एवं भू-आकृति विज्ञान संबंधी उद्भव एवं जलवायु परिवर्तनशीलता	सीएसआईआर- एसीएसआईआर, वा.हि.भू.सं., देहरादून	अलंकृत अगस्त 2024
6.	दीपानविता सेनगुप्ता	डॉ. सोमदत्त	भारतीय उपमहाद्वीप में होलोसीन जलवायु भिन्नता: दूरसंचार और सामाजिक-आर्थिक परिणाम	सीएसआईआर- एसीएसआईआर, वा.हि.भू.सं., देहरादून	अलंकृत नवंबर 2024
7.	एलोश्री डे	डॉ. कौशिक सेन	महाद्वीपीय अवक्षेपण और त्सो मोरारी क्रिस्टलीय कॉम्प्लेक्स, उत्तर-पश्चिम हिमालय के उत्पन्न के दौरान कार्यांतरण और विरूपण तंत्र का मूल्यांकन	सीएसआईआर- एसीएसआईआर, वा.हि.भू.सं., देहरादून	अलंकृत मई 2024
8.	माधव बिस्वास	डॉ. कालाचंद साँइ	सुरिन-मस्तगढ़ एंटीक्लाइन, उत्तर-पश्चिमी हिमालय का भूकंपीय अध्ययन : भू-विवर्तनिकी एवं भू-संसाधनों पर प्रभाव	सीएसआईआर- एसीएसआईआर, वा.हि.भू.सं., देहरादून	अलंकृत मई 2024
9.	चौदनी चौरसिया	डॉ. ए.के. समल डॉ. एस.एस. ठाकुर	उच्च हिमालयी क्रिस्टलीय अनुक्रम (एचएचसीएस), अलकनंदा-धौलीगंगा घाटी, गढ़वाल हिमालय का कार्यांतरण अनुक्रम एवं आंशिक द्रवण तंत्र	बीएचयू, वाराणसी	अलंकृत दिसंबर 2024
10.	कुणाल मुखर्जी	डॉ. विकास डॉ. सधनदीप बनर्जी	पूर्वांचल अरुणाचल हिमालय, उत्तरपूर्व भारत का विवर्तनिक एवं उत्पन्न इतिहास	बीएचयू, वाराणसी	अलंकृत मार्च 2025
11.	आशीष पाल	डॉ. दिलीप कु. यादव प्रो. एच.सी. नैनवाल	सियांग घाटी, अरुणाचल प्रदेश, भारत में विशेष महत्ता के साथ पूर्वोत्तर भारत में भूकंप स्रोत लक्षणवर्णन एवं स्टेश रीजाइम अन्वेषण	एचएनबी गढ़वाल विश्वविद्यालय, श्रीनगर	प्रस्तुत फरवरी 2025
12.	पंकज कुमार	डॉ. मनीष मेहता	सुरु नदी घाटी, लद्दाख हिमालय, भारत में हिमनद परिवर्तनों की गतिकी एवं क्षेत्रीय जलवायु परिवर्तनशीलता के प्रभाव	एचएनबी गढ़वाल विश्वविद्यालय, श्रीनगर	प्रस्तुत फरवरी 2025
13.	शिवेक जी. बाबू	डॉ. नरेश कुमार प्रो. संजित कु. पाल डॉ. दिलीप कु. यादव	उत्तर-पश्चिम हिमालय के भूकंपीय स्वरूप का प्रमात्रीकरण : भूकंपीय जोखिम के प्रति निहितार्थ एवं भूकंप स्रोत मापदंडों का लक्षणवर्णन	आईआईटी (आईएसएम), धनबाद	प्रस्तुत जनवरी 2025
14.	निहारिका शुक्ला	डॉ. देवाजित हजारिका प्रो.सागरिका मुखोपाध्याय	पूर्वोत्तर भारत में पर्पटी एवं ऊपरी प्रावार संरचना	आईआईटी, रुड़की	प्रस्तुत फरवरी 2025

सेमिनार / संगोष्ठी / बैठकों / प्रशिक्षण में प्रतिभाग

- केंद्रीय हिंदी प्रशिक्षण संस्थान, नई दिल्ली द्वारा आयोजित 'प्रबोध और प्रवीण' हिंदी प्रशिक्षण पाठ्यक्रम, दि. 1 मई, 2024 से 4 जुलाई, 2024 तक
प्रतिभागी : रौफ अहमद शाह, एन. प्रेमजित सिंह और एम. रजनीकांता सिंह
- राष्ट्रीय भूविज्ञान डेटा रिपॉजिटरी (एनडीजीआर) जीएसआई-देहरादून, उत्तराखंड के भू-रासायनिक मानचित्रण के लिए, 1 मई 2024 को पर्ल एवेन्यू, देहरादून
प्रतिभागी : बरुण मुखर्जी
- आईआईएसआईआर, मोहाली दि. में 2-4 जून, 2024 को आयोजित 'द्वितीय भारतीय चतुर्थकविज्ञान सम्मेलन में विगत दो सहस्राब्दियों के दौरान भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून की क्षेत्रीय परिवर्तनशीलता'
प्रतिभागी : सोम दत्त
- भारतीय विज्ञान एवं शिक्षा अनुसंधान संस्थान (आईआईएसआईआर), मोहाली में दि. 3-5 जून, 2024 को आयोजित 'सतत भविष्य की पृथ्वी के लिए चतुर्थक विज्ञान (Q-SAFE)' पर द्वितीय भारतीय चतुर्थकविज्ञान सम्मेलन (आईक्यूसी) - 2024
प्रतिभागी : अनिल कुमार
- कंप्यूटर, इलेक्ट्रॉनिक्स, विद्युत अभियांत्रिकी और उनके अनुप्रयोगों पर द्वितीय अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन (IC2E3 2024), दि. 6-7 जून, 2024 तक
प्रतिभागी : नवीन चंद्रा
- पोलैंड के क्राको रिथत एजीएच विश्वविद्यालय में 36वीं हिमालय- काराकोरम-तिब्बत कार्यशाला, दि. 17-24 जून, 2024 तक
प्रतिभागी : तलत अहमद, पिकी बिष्ट और हृदया चौहान
- उत्तराखंड, भारत में अवस्थित गंगोत्री व धराली में गंगोत्री और धराली पारंपरिक एवं पर्यावरणीय कार्यक्रम, दि. 19-21 जून, 2024
प्रतिभागी : छवि पंत पांडे
- यूओएल, लेह में लद्दाख विश्वविद्यालय के भूविज्ञान विभाग की अध्ययन बोर्ड बैठक, संदर्भ : भूविज्ञान विभाग, विश्वविद्यालय से आमंत्रण ईमेल, लद्दाख विश्वविद्यालय, दि. 4-5 जुलाई, 2024 तक
प्रतिभागी : आर. जयगोंडापेरुमल
- डीप लर्निंग के साथ मिसिंग लॉग इम्प्यूटेशन का सक्रियण : भोगपारा तेल क्षेत्र, असम-अराकान बेसिन से एक केस स्टडी, ऊर्जावार्ता 2024, भारत मंडपम्, नई दिल्ली, भारत, दि. 11-12 जुलाई, 2024 तक
प्रतिभागी : बप्पा मुखर्जी
- भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, रुड़की में आपदा जोखिम न्यूनीकरण पर 5वें एशिया-प्रशांत विज्ञान प्रौद्योगिकी सम्मेलन पर एक अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन, दि. 11-13 जुलाई, 2024
प्रतिभागी : पंकज चौहान
- लोक सेवा आयोग के लिए ऑनलाइन साक्षात्कार/मौखिक परीक्षा, दि. 19 जुलाई, 2024
प्रतिभागी : कपेसा लोखो
- भारतीय पैलियोन्टोलॉजिकल सोसाइटी की कार्यकारी परिषद की ऑनलाइन बैठक, दि. 24 जुलाई व 23 सितंबर, 2024
प्रतिभागी : कपेसा लोखो
- प्रशासनिक सतर्कता पर आईएनएसए, नई दिल्ली में तीन दिवसीय प्रशिक्षण कार्यक्रम, दि. 31 जुलाई से 2 अगस्त, 2024 तक
प्रतिभागी : आर. जयगोंडापेरुमल
- तन्धकता तंत्र पर अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन (आईसीआरएस-2024), नेशनल यूनिवर्सिटी, सिंगापुर में आयोजित और 'हिमालयी क्षेत्र में आपदा जोखिम न्यूनीकरण और तन्धकता हेतु आईओटी तकनीक का उपयोग करके कम लागत वाली पावरलेस स्मार्ट पूर्व चेतावनी प्रणाली का विकास' शीर्षक से शोधपत्र प्रस्तुत, दि. 28-30 अगस्त, 2024
प्रतिभागी : पंकज चौहान
- सीआईटीई-2024 सम्मेलन, आईआईएसआईआर पुणे, दि. 1-2 सितंबर, 2024
प्रतिभागी : सौरभ सिंघल
- 15वें हिमालय दिवस पर जलवायु परिवर्तन, प्राकृतिक आपदाओं एवं हिमालय के पारिस्थितिकी तंत्र पर वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान में आयोजित एक दिवसीय कार्यशाला, दि. 9 सितंबर, 2024
प्रतिभागी : वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान के वैज्ञानिक और शोधार्थी

- यूपीईएस, देहरादून द्वारा दि. 18-20 सितंबर, 2024 को आयोजित "स्थायी भविष्य के लिए वैश्विक ऊर्जा परिवर्तन को दिशा देना" विषय पर अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन आईसीएनईटीएस 2024" में एक तकनीकी सत्र की अध्यक्षता

प्रतिभागी : बप्पा मुखर्जी

- पृथ्वी एवं वायुमंडलीय विज्ञान (ई एण्ड एएस), डीएसटी की सलाहकार समिति (पीएसी) पर्यावरण विज्ञान विभाग, बाबासाहेब भीमराव अंबेडकर विश्वविद्यालय, लखनऊ, उत्तर प्रदेश, दि. 6-8 अक्टूबर, 2024

प्रतिभागी : कपेसा लोखो

- दिल्ली विश्वविद्यालय में सूक्ष्म जीवाश्म विज्ञान एवं स्तरिकी पर 'भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून स्थितियों में ऑर्बिटल स्केल में परिवर्तन' विषय पर दि. 17-19 अक्टूबर, 2024 को आयोजित 29वीं भारतीय संगोष्ठी

प्रतिभागी : सोम दत्त

- दि. 23 अक्टूबर, 2024 को नई दिल्ली में 'एक तन्यक भविष्य के लिए अगली पीढ़ी का सशक्तिकरण' विषय पर अंतरराष्ट्रीय आपदा जोखिम न्यूनीकरण दिवस

प्रतिभागी : नरेश कुमार

- 'पृथ्वी विज्ञान में नवीनतम प्रगति' पर राष्ट्रीय सम्मेलन, भूवैज्ञानिक संस्थान सम्मेलन (जीआईसी), 2024, प्रेसीडेंसी विश्वविद्यालय, कोलकाता (भारत), 12 नवंबर, 2024

प्रतिभागी : शुभम बोस

- डीएसटी-एसईसी बैठक, अमृता विश्व विद्यापीठम्, कोयंबटूर, 13 नवंबर, 2024

प्रतिभागी : कपेसा लोखो

- सीएसआईआर-सीवीआरआई द्वारा आयोजित 'शैल-हिम स्खलन, चट्टान-गिरने और मलबा प्रवाह की मॉडलिंग' विषय पर तीन दिवसीय इंडो-स्विस् कार्यशाला, दि. 20-22 नवंबर, 2024 तक

प्रतिभागी : नवीन चंद्रा

- 8वां राष्ट्रीय भू-अनुसंधान अध्येता सम्मेलन - 2024, श्री माता वैष्णो देवी विश्वविद्यालय, (एसएमवीडीयू), कटरा परिसर, जम्मू और कश्मीर में दि. 22-25 नवंबर, 2024 तक आयोजित।

प्रतिभागी : वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान के वैज्ञानिक एवं शोधार्थी

- प्लेट विवर्तनिकी, अवसादन और समय के माध्यम से धातु विज्ञान पर अंतरराष्ट्रीय संगोष्ठी, भारतीय भूवैज्ञानिक सोसायटी का वार्षिक सम्मेलन, धारवाड़, (26-28 नवंबर, 2024)

प्रतिभागी : कुंदा बड़े

- एनआईएच, रुड़की में एक दिवसीय विचार-मंथन सत्र आयोजित किया गया और संचालन समिति (हिमनदों की

निगरानी) की दूसरी बैठक, 28 नवंबर, 2024 के दौरान दिए गए सुझावों के अनुसार, वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान द्वारा भारतीय हिमालयी क्षेत्र (आईएचआर) में ग्लेशियोलॉजिकल अध्ययनों पर कार्य प्रस्तुत किया गया।

प्रतिभागी : मनीष मेहता

- 19वां उत्तराखंड राज्य विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी सम्मेलन, दून विश्वविद्यालय, देहरादून में दि. 28 नवंबर, 2024 को आयोजित

प्रतिभागी : पिकी बिष्ट

- विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग के WISE-PhD कार्यक्रम के अंतर्गत पृथ्वी एवं वायुमंडलीय विज्ञान पर विषयवस्तु-विशेषज्ञ समिति (एसईसी) की तीसरी बैठक, आईएनएसए, नई दिल्ली में, दि. 28-29 नवंबर, 2024 को आयोजित।

प्रतिभागी : आर. जयगोंडापेरुमल

- आईआईटी-गुवाहाटी, में दि. 30 नवंबर से 3 दिसंबर, 2024 तक आयोजित भारत एवं अंतरराष्ट्रीय विज्ञान महोत्सव (आईआईएसएफ) में प्रतिभाग

प्रतिभागी : आर. जयगोंडापेरुमल, प्रवीण कुमार, पिकी बिष्ट, अमित कुमार, एन. प्रेमजित सिंह, बप्पा मुखर्जी और महेश कापावार

- गोवा, भारत, में दि. 2-5 दिसंबर, 2024 को आयोजित आईईईई 2024 भारत भूविज्ञान और रिमोट सेंसिंग संगोष्ठी (जीएआरएसएस) में प्रतिभाग

प्रतिभागी : नवीन चंद्रा

- भारतीय भूभौतिकीय संघ का 61वां वार्षिक सम्मेलन, बनारस हिंदू विश्वविद्यालय (बीएचयू), वाराणसी में दि. 3-5 दिसंबर, 2024 को आयोजित किया जाएगा।

प्रतिभागी : नरेश कुमार, सोम दत्त, सी. हलदर और जितेंद्र कुमार

- लबासना, मसूरी में दि. 9-13 दिसंबर, 2024 को 'जलवायु जोखिम प्रबंधन नीति एवं सुशासन, वैज्ञानिक एवं प्रौद्योगिकीविद' विषय पर शासकीय क्षेत्र में कार्यरत लोगों के लिए एक प्रशिक्षण कार्यक्रम।

प्रतिभागी : जयेंद्र सिंह और मनीष मेहता

- भारतीय अवसादिक विज्ञानी संघ का 40वां सम्मेलन 2024, बीरबल साहनी पुराविज्ञान संस्थान, लखनऊ में 'सतलुज नदी घाटी, उत्तर-पश्चिमी हिमालय में क्षणिक नदीय गतिविधियों और स्थलाकृतिक अनियमितताओं' विषय पर दि. 11-13 दिसंबर, 2024 को आयोजित किया गया।

प्रतिभागी : अनिल कुमार

- 10वें विश्व आयुर्वेद कांग्रेस (डब्ल्यूएसी) का आयोजन आयुष मंत्रालय, भारत सरकार, विज्ञान भारती और विश्व आयुर्वेद फाउंडेशन द्वारा उत्तराखंड सरकार के सहयोग से दि. 12-15 दिसंबर, 2024 को परेड ग्राउंड देहरादून, उत्तराखंड में किया गया।

प्रतिभागी : परमजीत सिंह और सौरभ सिंघल

- बेंगलुरु राष्ट्रीय उन्नत अध्ययन संस्थान (एनआईएएस), बेंगलुरु में 'विज्ञान के लिए नीति और नीतियों के लिए विज्ञान' विषय पर डीएसटी प्रशिक्षण कार्यक्रम की समूह अनुश्रवण बैठक दि. 16-20 दिसंबर, 2024 को आयोजित हुई।
प्रतिभागी : कपेसा लोखो
- सातवीं क्षेत्रीय विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी कांग्रेस, 2024-25, मिदनापुर कॉलेज (स्वायत्त), मिदनापुर-721101, पश्चिम बंगाल में दि. 3-4 जनवरी, 2025 को आयोजित
प्रतिभागी : बप्पा मुखर्जी
- ज्ञानाचार्य प्रशिक्षण संस्थान, नोएडा में पाँच दिवसीय ज्ञान पायलट लाइसेंस प्रशिक्षण, दि. 6-10 जनवरी, 2025 तक
प्रतिभागी : आर. जयगोंडापेरुमल
- 'सतत जल संसाधन प्रबंधन के लिए हिमनदों और हिमनदीय झीलों के अवलोकन पर उन्नत प्रशिक्षण' विषय पर एक प्रशिक्षण एनआईएच रुड़की में एक कार्यशाला दि. 24 फरवरी से 1 मार्च, 2025 तक आयोजित की गई।
प्रतिभागी : जयराम सिंह यादव
- विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार द्वारा आयोजित 'नवाचार में निवेश' विषय पर पोस्ट बजट वेबिनार 2025, दि. 5 मार्च, 2025
प्रतिभागी : पंकज चौहान
- पृथ्वी की गतिकी प्रक्रियाएं : गहन आंतरिक भाग से सतह तक (डीपीई 2025) पर राष्ट्रीय संगोष्ठी, यूजीसी- उन्नत अध्ययन केंद्र, भूविज्ञान विभाग, प्रेसीडेंसी विश्वविद्यालय, कोलकाता, 21-22 मार्च, 2025 में आयोजित
प्रतिभागी : बप्पा मुखर्जी और सी. हलदर

संस्थान में दिए गए विशिष्ट व्याख्यान

क्र.सं.	तिथि	वक्ता	कार्यक्रम / विषय
1.	23 अप्रैल 2024	प्रो. तलत अहमद, अध्यक्ष, शासी निकाय, वा.हि.भूवि.स.	पृथ्वी दिवस
2.	20 मई 2024	प्रो. हर्ष के. गुप्ता, पूर्व सचिव, महासागर विकास विभाग (एमओइएस), भारत सरकार	एस.पी. नौटियाल स्मृति व्याख्यान
3.	13 जून 2024	प्रो. एस.एस. राय, आईआईएसईआर, पुणे	डेक्कन ट्रैप्स की भूकंपीय रचना : ज्वालामुखी और भूकंप
4.	29 जून 2024	डॉ. ओ.पी. मिश्रा, वैज्ञानिक-जी, पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय, नई दिल्ली	56वां स्थापना दिवस
5.	23 अगस्त 2024	डॉ. आर.एस. चटर्जी, समूह निदेशक एवं प्रमुख एवं वैज्ञानिक/ इंजीनियर-जी, आईआईआरएस, देहरादून	राष्ट्रीय अंतरिक्ष दिवस "भूजल क्षरण और भूमि अवतलन अध्ययन हेतु पृथ्वी प्रेक्षण पर महत्ता के साथ भारत में अंतरिक्ष अन्वेषण"
6.	9 सितंबर 2024	प्रो. टी.एन. सिंह, निदेशक, आईआईटी, पटना	हिमालय दिवस "जलवायु परिवर्तन, प्रा.तिक आपदाएं और हिमालय का पारिस्थितिकी तंत्र"
7.	17 सितंबर 2024	प्रो. एल.एस. चम्याल, पूर्व विभागाध्यक्ष, भूविज्ञान विभाग, एमएसयू, बड़ीदा,	चतुर्थक काल के दौरान कैम्बे और कच्छ अवसादिक घाटियों में प्रतिलोम विवर्तनिकी एवं भू-आकृतिक विकास
8.	4 अक्टूबर 2024	प्रो. आर.जी.एस. शास्त्री, विशिष्ट प्रोफेसर, पृथ्वी, वायुमंडलीय एवं महासागर विज्ञान संकाय, आईआईटी भुवनेश्वर	भूमिगत उपयोगिताओं के साथ कठोर चट्टानी क्षेत्रों में भूजल अन्वेषण में ईआरआई की सीमित भूमिका और सूक्ष्म-गुरुत्व की भूमिका- एक कंस स्टडी
9.	23 अक्टूबर 2024	श्री दीपक कुमार, अधीक्षण सर्वेक्षक, भूगणितीय एवं अनुसंधान शाखा, भारतीय सर्वेक्षण विभाग	स्थापना दिवस "निरंतर रूप से संचालित संदर्भ स्टेशनों का परिचय"
10.	12 नवंबर 2024	डॉ. आर.पी. सिंह, निदेशक, आईआईआरएस, देहरादून	10वां आईआईएसएफ 24- एक पूर्वालोकन "भारत में अंतरिक्ष अनुसंधान की यात्रा"
11.	28 फरवरी 2025	सुश्री नेबुला बागची, कार्यकारी निदेशक, जियोपिक	राष्ट्रीय विज्ञान दिवस "हिमालय : भारत की राष्ट्रीय ई एंड पी कंपनी का परिप्रेक्ष्य"
12.	10 मार्च 2025	प्रो. विनोद गौर, पूर्व सचिव, महासागर विकास विभाग (एमओइएस), भारत सरकार	एस. पी. नौटियाल स्मृति व्याख्यान "पृथ्वी ग्रह की कार्यप्रणाली के संबंध में 5 गहन प्रश्न, जिन्हें इसकी सबसे बड़ी प्रयोगशाला- हिमालय से सीखा जा सकता है"
13.	18 मार्च 2025	प्रो. कुसाला राजेंद्रन, पृथ्वी विज्ञान केंद्र (सेवानिवृत्त) तथा वा.हि.भूसं. के शासी निकाय की सदस्य,	विशेष व्याख्यान "एक भूभौतिकीविद होने के नाते : चार दशकों की एक यात्रा"

संस्थान के वैज्ञानिकों द्वारा दिए गए व्याख्यान/आमंत्रित वार्ताएं

वैज्ञानिक का नाम	कार्यक्रम आयोजक/स्थल/संस्थान	दिनांक/अवधि	व्याख्यान का विषय/शीर्षक
संतोष के. राय	वा.हि.भू.सं., देहरादून द्वारा आयोजित हिंदी कार्यशाला	31 मई 2025	हिमालयी क्षेत्रों में वायुमंडलीय CO ₂ की प्राकृतिक गतिशीलता
कपेसा लोखो	सीएसआईआर-आईआईपी, देहरादून में आयोजित तृतीय भारतीय विश्लेषणात्मक सम्मेलन आईएसी-2024	5-7 जून, 2024	कोटेड और अनकोटेड एफई-एसईएम विधियों के माध्यम से माइक्रोफॉसिल विश्लेषण की संवृद्धि : उत्तरपूर्व हिमालय के नियो-टेथिस से अंतर्दृष्टि
पंकज चौहान	राजकीय इंटर कॉलेज कैंट, चकराता, जिला- देहरादून	6-7 जून, 2024	विकसित भारत कार्यक्रम के अंतर्गत चकराता में विज्ञान, शिक्षा, आपदा जागरूकता और जलवायु तन्त्रकता
पिंकी बिष्ट	36वीं हिमालय-काराकोरम-तिब्बत कार्यशाला, काकोव, पोलैंड	17-24 जून, 2024	पंचाचूली हिमनद का उत्तर चतुर्थक हिमनद इतिहास, दारमा घाटी, मध्य हिमालय
राजीव लोचन मिश्रा	इंटर यूनिवर्सिटी एक्सेलरेटर सेंटर, नई दिल्ली में परियोजना प्रस्ताव हेतु बीम टाइम रिक्वेस्ट (बीटीआर) की आवश्यकता हेतु	24 जून, 2024	पश्चिमी हिमालय में ब्यास से गंगा नदियों तक और पूर्वी हिमालय में तिस्ता से डिक्रॉंग नदियों तक फैले भारतीय हिमालय के चार पृथक अनुप्रस्थ खंडों में चतुर्थक भू-आकृति विकास, विवर्तनिकी और संरचनात्मक विश्लेषण
बप्पा मुखर्जी	ऊर्जावार्ता-2024, भारत मंडपम, नई दिल्ली	जुलाई 11-12, 2024	बहुस्तरीय इकाई में अनुपलब्ध लॉग पूर्वानुमान
प्रवीण कुमार	वन अनुसंधान संस्थान सम विश्वविद्यालय	7 अगस्त, 2024	प्राकृतिक जोखिम एवं आपदाएं
		8 अगस्त, 2024	भूकंप की तत्परता एवं आपदा न्यूनीकरण
		9 अगस्त, 2024	भूकंप पूर्वानुमान प्रबंधन
		14 अगस्त, 2024	आपदाओं के प्रकार एवं उनके प्रभाव
		21 अगस्त, 2024	विभिन्न आपदाओं के लक्षणवर्णन
27 अगस्त, 2024	भूकंप मॉक ड्रिल प्रदर्शन		
पंकज चौहान	राष्ट्रीय विश्वविद्यालय, सिंगापुर	11-13 अगस्त, 2024	हिमालयी क्षेत्र में आपदा जोखिम न्यूनीकरण और तन्त्रकता के लिए आईओटी तकनीक का उपयोग करते हुए कम लागत वाली पावरलेस स्मार्ट पूर्व चेतावनी प्रणाली का विकास
स्वप्नमिता चौधरी	द दून स्कूल मॉडल संयुक्त राष्ट्र सम्मेलन के 17वें संस्करण में, दून स्कूल, देहरादून में विज्ञान और मीडिया वार्ता श्रृंखला	16-17, अगस्त 2024	भूविज्ञान, अतीत एवं वर्तमान
आर. जयगोंडापेरुमल	वा.हि.भू.सं., देहरादून	17 अगस्त, 2024	वाडिया संस्थान के विहंगावलोकन को डीएसटी के विशेषज्ञ सदस्यों के समक्ष प्रस्तुत किया गया, जिन्होंने डीएसटी इमर्शन कार्यक्रम के अंतर्गत संस्थान का दौरा किया

नवीन चंद्रा	सिविल इंजीनियरिंग विभाग, आईआईटी इंदौर,	27 अगस्त, 2024	गहन अधिगम एवं भूस्खलन : आँकड़े, मॉडल और महत्व
सौरभ सिंघल	सीआईटीई-2024 सम्मेलन, आईआईएसईआर, पुणे	1-2 सितंबर, 2024	LA-MC-ICPMS का उपयोग कर जिरकोन खनिज के इन-सीटू हेफनियम आइसोटोप का उच्च स्थानिक विभेदन मापन
हृदया चौहान	राष्ट्रीय पृथ्वी विज्ञान अध्ययन केंद्र (एनसीईएसएस), पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय, तिरुवनंतपुरम,	2-4 सितंबर, 2024	भूविज्ञान में महिलाएं : अवसर, चुनौतियां एवं उपलब्धियां
राकेश भांबरी	कश्मीर विश्वविद्यालय, श्रीनगर द्वारा आयोजित हिमनदविज्ञान में तीन-सप्ताह का क्षमता निर्माण कार्यक्रम	4 सितंबर, 2024	काराकोरम में बढ़ते हिमनद और उनसे जुड़े जोखिम
संतोष के. राय	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून द्वारा आयोजित डीएसटी अंतर्वेशन कार्यक्रम	17 सितंबर, 2024	गंगा ब्रह्मपुत्र नदी तंत्र में अपक्षय और अपरदन
मनीष मेहता	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून द्वारा आयोजित डीएसटी अंतर्वेशन कार्यक्रम	17 सितंबर, 2024	हिमालयी हिमनद
देवाजित हजारिका	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून द्वारा आयोजित डीएसटी अंतर्वेशन कार्यक्रम	17-18 सितंबर, 2024	हिमालय में भूकंप एवं भूकंप पूर्वसूचक अध्ययन
अनिल कुमार	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून द्वारा आयोजित डीएसटी अंतर्वेशन कार्यक्रम	17-18 सितंबर, 2024	हिमालय में जलवायु परिवर्तनशीलता
राकेश भांबरी	हिमालय में आपदा जोखिम न्यूनीकरण : नूतन प्रगति पर राष्ट्रीय संगोष्ठी, जवाहरलाल नेहरू विश्वविद्यालय, नई दिल्ली द्वारा आयोजित	20 सितंबर, 2024	हिमालयी हिमनदों पर जलवायु परिवर्तन और उससे जुड़े खतरों का प्रभाव
कपेसा लोखो	दिल्ली विश्वविद्यालय के भूविज्ञान विभाग में आयोजित सूक्ष्म जीवाश्मविज्ञान और स्तरिकी (आईसीएमएस) पर 29वीं भारतीय संगोष्ठी	17-19 अक्टूबर, 2024 17-19 अक्टूबर, 2024	जांस्कर, टेथियन हिमालय के प्रारंभिक इओसीन कौंग संरचना का वृहद फोरा मिनिफेरल जैवस्तरिकी, पुरापर्यावरण और पुराभूगोल मध्य मायोसीन के दौरान जैवस्तरिकी एवं पर्यावरणीय परिवर्तन : नागा पहाड़ियों के सुरमा समूह से एक नैनोजीवाश्म दृष्टिकोण
एन. प्रेमजित सिंह	माइक्रोपेलियोन्टोलॉजी और स्ट्रेटिग्राफी (आईसीएमएस) पर 29वीं भारतीय संगोष्ठी, भूविज्ञान विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय	17-19 अक्टूबर, 2024	मोहंड, सहारनपुर जिले के शिवालिक से कृतक जीवाश्म और बायोस्ट्रेटिग्राफिक निहितार्थ

सोम दत्त	आर्यभट्ट रिसर्च इंस्टीट्यूट ऑफ ऑब्जर्वेशनल साइंसेज, नैनीताल	नवंबर 20-21, 2024	द्वितीय अखिल भारतीय वैज्ञानिक एवं तकनीकी राजभाषा संगोष्ठी में "जलवायु परिवर्तन और भारत का इतिहास"
स्वप्नमिता चौधरी	भूस्खलन पर इसरो प्रायोजित कार्यशाला कार्यक्रम, 25-30 नवंबर, 2024 के मध्य सिविल इंजीनियरिंग विभाग, ग्राफिक एरा (सम विश्वविद्यालय, देहरादून)	25 नवंबर, 2024	उथले और गहरे भूस्खलन : दो स्थलों का अध्ययन भूस्खलन प्रबंधन में LIDAR तकनीक : जोशीगठ में प्राप्त अनुभव
एन. प्रेमजित सिंह	आईआईटी गुवाहाटी में आयोजित भारत अंतरराष्ट्रीय विज्ञान महोत्सव 2024	30 नवंबर-4 दिसंबर, 2024	उत्तर पश्चिमी हिमालय से नए सेनोजोइक कशेरुकी जीवाश्म
बप्पा मुखर्जी	आईआईटी गुवाहाटी में आयोजित भारत अंतरराष्ट्रीय विज्ञान महोत्सव 2024	30 नवंबर-4 दिसंबर, 2024	प्रज्ञा भारत कार्यक्रम में भूविज्ञान में एआई/एमएल का अनुप्रयोग
नरेश कुमार	आईजीयू, बीएचयू, वाराणसी, उत्तर प्रदेश, भारत का 61वां वार्षिक सम्मेलन	3-5 दिसंबर, 2024	उत्तराखंड में भू-जोखिमों की जांच : स्थानीय भूकंपीय संकेतों पर आधारित लक्षणवर्णन
सी. हलदर	आईजीयू, बीएचयू, वाराणसी, उत्तर प्रदेश, भारत का 61वां वार्षिक सम्मेलन	3-5 दिसंबर, 2024	आईजीपी एवं हिमालय के तले की पर्पटी
स्वप्नमिता चौधरी	एटीएल बेसिक एफडीपी के अंतर्गत एआईसीटीई द्वारा अनुमोदित संकाय विकास कार्यक्रम (एफडीपी), तुलाज इंस्टीट्यूट, देहरादून	19 दिसंबर, 2024	सतत विकास का उन्नयन : सुदूर संवेदन एवं जीआईएस प्रौद्योगिकियों का एकीकरण
कपेसा लोखों	अंतरराष्ट्रीय शिक्षा अनुप्रयुक्त अनुसंधान सम्मेलन (2025), पई ताव, म्यांमार	9-10 जनवरी, 2025	मेसोजोइक से सेनोजोइक तक भारत-म्यांमार पर्वतमाला का भू-गतिकी उद्भव : जीवाश्म अभिलेखों से निष्कर्ष
सोम दत्त	भूभौतिकी विभाग, कुरुक्षेत्र विश्वविद्यालय	11 जनवरी, 2025	जे.जी. नेगी पुरस्कार व्याख्यान
रौफ अहमद शाह,	सहस्त्रधारा, देहरादून में भारतीय वन सेवा (आईएफएस) के परिषेखार्थी	11 जनवरी, 2025	कार्स्ट जल तंत्र एवं उनका सामाजिक महत्व
स्वप्नमिता चौधरी	द ओएसिस स्कूल, देहरादून	29 जनवरी, 2025	शैल एवं जीवाश्म
संतोष के. राय	यूजीसी-एचआरडीसी द्वारा पर्यावरण अध्ययन विभाग, जामिया मिलिया इस्लामिया विश्वविद्यालय, नई दिल्ली में आयोजित ऑनलाइन 2-सप्ताह का पुनश्चर्या पाठ्यक्रम	9 फरवरी, 2025	गंगा-ब्रह्मपुत्र नदी तंत्र में पर्यावरणीय भू-रसायन विज्ञान
वी.के. गहलौत अनिल कुमार	दून विश्वविद्यालय, देहरादून वा.हि.भू.सं., देहरादून	22 फरवरी, 2025 27 मार्च 2025	भारतीय उपमहाद्वीप का स्ट्रेन (स्ट्रेस) मानचित्र छात्र अभिविन्यास कार्यक्रम 'इंस्ट्रूमेंटेशन की मूल जानकारी : एक्सआरडी, एक्सआरएफ और एलपीएसए'

राकेश भांबरी	प्रशिक्षकों हेतु उन्नत प्रशिक्षण (टीओटी) कार्यक्रम, 'सतत जल संसाधन प्रबंधन हेतु हिमनदों एवं हिमनदीय झीलों का प्रेक्षण', राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान, रुड़की द्वारा आयोजित	25 फरवरी, 2025	ऑप्टिकल चित्रों का उपयोग कर हिमनदीय सतही वेग का आकलन
राकेश भांबरी	एंथ्रोपोसीन में प्रा.तिक आपदाओं पर राष्ट्रीय संगोष्ठी : न्यूनीकरण, तन्यकता और स्थिरता, किरोड़ीमल कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय द्वारा आयोजित	28 फरवरी, 2025	भू और आकाशीय प्रेक्षणों का उपयोग कर हिमालयी हिमनदों एवं संबंधित आपदाओं की निगरानी
सीरम सिंघल	राष्ट्रीय विज्ञान दिवस 2025 के अवसर पर वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान में छात्र अभिमुखीकरण कार्यक्रम में विशेषज्ञ	28 फरवरी, 2025	एक्सआरडी, एक्सआरएफ, रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी, ओएसएल, एमसीआईसीपीएमएस
संतोष के. राय	राष्ट्रीय विज्ञान दिवस 2025 के अवसर पर वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान में छात्र अभिमुखीकरण कार्यक्रम में विशेषज्ञ	28 फरवरी, 2025	स्टेबल आइसोटोप, आईसीपीएमएस, आयन क्रोमेटोग्राफ, जल रसायन विज्ञान
राजेश एस.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान का राष्ट्रीय विज्ञान दिवस समारोह 2025	28 फरवरी, 2025	भूकंपमापी, जीएनएसएस और गुरुत्व उपकरणों की मूल सिद्धांतों पर व्याख्यान
सी. पेरुमलसामी	अंतरराष्ट्रीय विश्लेषणात्मक विज्ञान सम्मेलन - 2025, रसायन विज्ञान विभाग, एम.एस. विश्वविद्यालय, बड़ौदा, वडोदरा (गुजरात)	6-8 मार्च, 2025	इंडक्टिवली कपल्ड प्लाज्मा टैंडम मास स्पेक्ट्रोमेट्री द्वारा भूवैज्ञानिक पदार्थों में दुर्लभ मृदा तत्वों का सटीक निर्धारण
प्रमोद के. रजक	विज्ञान में उन्नतियों पर प्रथम अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन (आईसीएसएस 2025), जम्मू विश्वविद्यालय, जम्मू, जम्मू व कश्मीर, भारत	19-20 मार्च, 2025	जम्मू कोयला भंडारों में पर्यावरणीय रूप से संवेदनशील तत्वों का आकलन, जम्मू व कश्मीर, भारत
सी. हलदर	पृथ्वी की गतिक प्रक्रियाओं पर राष्ट्रीय संगोष्ठी : सघन आंतरिक से सतह तक (डीपीई 2025) यूजीसी- उन्नत अध्ययन केंद्र, भूविज्ञान विभाग, प्रेसीडेंसी विश्वविद्यालय, कोलकाता	21-22 मार्च, 2025	उत्तर-पश्चिम हिमालय के तले भूपर्पटी एवं ऊपरी प्रावार
वी.के. गहलौत	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून	28 मार्च 2025	हिमालय में भूकंप और उनके घटत होने की प्रक्रिया
मनीष मेहता	भारतीय नगर नियोजक संस्थान (उत्तरी क्षेत्र का सम्मेलन), शिमला, हिमाचल प्रदेश	29 मार्च 2025	हिमालय का नाजुक पारिस्थितिकी तंत्र
गौतम रावत	आईटीपीआई-उत्तरी क्षेत्र सम्मेलन 2025	29 मार्च 2025	हिमालय में विकास का प्रभाव

अकादमिक सोसाइटी की सदस्यता

कपेसा लोखो	सदस्य	भारतीय पैलियोन्टोलॉजिकल सोसाइटी की कार्यकारी परिषद की सदस्य (2024-2026)
संतोष के. राय	सदस्य	भू-रासायनिक सोसाइटी के सदस्य, (168259) अमेरिका
सोम दत्त	सदस्य	क्वार्टर्नरी रिसर्चर्स एसोसिएशन, भारत के जीवनपर्यंत सदस्य भारतीय भूभौतिकीय संघ के जीवनपर्यंत सदस्य
अनिल कुमार	सदस्य	भारतीय भूभौतिकीय संघ के जीवनपर्यंत सदस्य
एन. प्रेमजित सिंह	सदस्य	भारतीय पैलियोन्टोलॉजिकल सोसाइटी के जर्नल के जीवनपर्यंत सदस्य
कुदा बड़े	सदस्य	जियोर्लॉजिकल सोसाइटी ऑफ इण्डिया की जीवनपर्यंत सदस्य

प्रकाशन और प्रलेखन

प्रकाशन एवं प्रलेखन अनुभाग ने (i) 'हिमालयन जियोलॉजी' खंड 45(2) 2024 एवं 46(1) 2025; (ii) संस्थान का वर्ष 2023-24 का वार्षिक प्रतिवेदन (द्विभाषी); (iii) हिंदी पत्रिका 'अश्मिका' खंड 30 (2024); तथा (iv) एनजीआरएसएम-2024 के लिए क्षेत्र-भ्रमण मार्गदर्शिका आदि को प्रकाशित किया।

यह अनुभाग व्यक्तियों, संस्थाओं, जीवनपर्यंत ग्राहकों, पुस्तक एजेंसियों, राष्ट्रीय पुस्तकालयों, अनुक्रमण अभिकरणों को विनिमय कार्यक्रम के अंतर्गत प्रकाशनों का वितरण और प्रकाशनों की बिक्री एवं लेखा-जोखा रखने में भी सम्मिलित रहा। इसके अतिरिक्त, प्रचार ब्रोशर और फोल्डर (द्विभाषी) आदि के मुद्रण से संबंधित कार्य भी किए हैं।

इस अनुभाग के अंतर्गत हिमालयन जियोलॉजी (जर्नल) वेबसाइट <http://www.himgeology.com> ऑनलाइन पांडुलिपि जमा करने की सुविधा के साथ कार्यरत है। पत्रिका से संबंधित सभी जानकारी, जिसमें विषय-वस्तु व सारांश शामिल हैं, समय-समय पर वेबसाइट पर अपडेट की जाती है। ऑनलाइन ग्राहकों और

जीवनपर्यंत सदस्यों (जिन्होंने ऑनलाइन एक्सेस/ईमेल के माध्यम से सॉफ्ट कॉपी में वॉल्यूम को प्राप्त करने का विकल्प दिया है) को वर्तमान प्रकाशित संस्करण की ऑनलाइन एक्सेस भी प्रदान की गई है। वर्तमान में, 185 जीवनपर्यंत ग्राहक ऑनलाइन एक्सेस/ईमेल के माध्यम से पत्रिका प्राप्त करते हैं। पत्रिका को यूजीसी केयर, स्कोपस, वेब ऑफ साइंस (एससीआईई), थॉमसन रॉयटर्स/क्लेरिवेट एनालिटिक्स (अमेरिका), एल्सेवियर (नीदरलैंड) और इंडियन साइटेशन इंडेक्स (भारत) आदि में नियमित रूप से सूचीबद्ध किया गया है। पत्रिका का वर्तमान प्रभाव कारक 1.1 है (स्रोत: क्लेरिवेट एनालिटिक्स)।

यह अनुभाग वैज्ञानिकों, शोधार्थियों और संस्थान के अन्य कर्मचारियों को ए० आकार की स्कैनिंग और प्रिंटिंग की सुविधा व तकनीकी सहायता सेवाएं भी प्रदान करता है। इस अवधि के दौरान, प्रयोगशालाओं, कार्यशाला/सेमिनार व प्रदर्शनियों आदि में डिस्पले के लिए 120 से अधिक मानचित्र व पोस्टर मुद्रित किए गए तथा 113 मानचित्र/शीट स्कैन की गई।

पुस्तकालय

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान के पुस्तकालय में पर्वतनिर्माण के अतिरिक्त हिमालय की भूवैज्ञानिक और भूभौतिकीय विशेषताओं पर पुस्तकों, मोनोग्राफ, पत्रिकाओं, ई-पुस्तकों और अन्य सामग्रियों का एक व्यापक संग्रह है। यह अपने अनूठे संग्रह के साथ एक विशिष्ट स्थान धारण करता है। इसके अलावा, उपलब्ध संग्रह और सेवाएं इसे देश के सबसे उत्कृष्ट पृथ्वीविज्ञान पुस्तकालयों में से एक बनाती हैं। वैज्ञानिक, शोधकर्ता, परियोजना कर्मी और छात्र अपने शोध निष्कर्षों को प्रतिष्ठित समकक्ष-समीक्षित प्रकाशनों में प्रकाशित करने के दौरान पूर्णरूपेण इस पुस्तकालय का उपयोग करते हैं। हमारा पुस्तकालय देश भर के विशेषज्ञों और व्यवसायिकों को अपने विषयगत एवं दुर्लभ संग्रहों से परामर्श प्राप्त करने के लिए आमंत्रित करता है। पुस्तकालय की प्रमुख विशेषताएं निम्नवर्णित हैं :-

विशिष्ट संग्रह : पुस्तकालय में भूविज्ञान, भूभौतिकी, भूकंपविज्ञान, भूआकृतिविज्ञान और संबंधित पृथ्वी विज्ञान विषयों से संबंधित पुस्तकों, जर्नल, शोध-प्रबंधों एवं तकनीकी रिपोर्टों का एक व्यापक संग्रह है।

ई-संसाधन : संस्थागत सदस्यता व राष्ट्रीय ज्ञान नेटवर्क के माध्यम से ऑनलाइन जर्नल, डेटाबेस और ई-पुस्तकों सहित डिजिटल संसाधनों तक एक्सेस प्रदान करता है।

अभिलेखीय सामग्री : इसमें दुर्लभ भूवैज्ञानिक मानचित्र, हिमालयी अनुसंधान आर्काइव और प्रारंभिक भूवैज्ञानिक अभियानों की रिपोर्टें शामिल हैं।

एक राष्ट्र एक सदस्यता (ओएनओएस) : पुस्तकालय ने सबसे प्रसिद्ध जर्नल प्रकाशकों से ई-जर्नल / डेटाबेस सदस्यता प्राप्त करने के लिए राष्ट्रीय लाइसेंस प्राप्त करने के लिए एक राष्ट्र एक सदस्यता (ओएनओएस) की योजना बनाई है। ओएनओएस में 30 प्रमुख अंतरराष्ट्रीय जर्नल प्रकाशक शामिल हैं। यह प्रकाशक सहयोगी संस्थानों के वैज्ञानिकों, छात्रों एवं शोधकर्ताओं के लिए सभी जर्नल उपलब्ध कराएंगे।

पुस्तकालय में संस्थान के अनुसंधान क्षेत्रों पर विभिन्न प्रकाशकों और प्रख्यात सोसाइटीज की ई-पुस्तकों का एक समृद्ध संग्रह है।

दस्तावेजों का अधिग्रहण : पुस्तकालय ने इस वर्ष राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय जर्नलों एवं पत्रिकाओं की सदस्यता प्राप्त की। 30 संदर्भ पुस्तकों की सदस्यता प्राप्त गई। इसने अलावा, हिंदी संग्रह के लिए 75 पुस्तकें क्रय की गई हैं।

नेशनल नॉलेज कंसोर्टियम (एनकेआरसी) : पुस्तकालय एनकेआरसी का सदस्य है और ई-संसाधनों तक ऑनलाइन एक्सेस के लिए कंसोर्टियम से सहायता प्राप्त करता रहता है। इसके अलावा, वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान के पुस्तकालय में वेब ऑफ साइंस, एल्सेवियर-स्कोपस, ग्रामली, एमएपीआईएक्सेस, डेटाबेस और iThenticate (साहित्यिक चौर्य ज्ञात करने वाला सॉफ्टवेयर) के लेखों तक एक्सेस है।

रिप्रोग्राफी सुविधा : पुस्तकालय संस्थान की आवश्यकताओं के अनुसार एक केंद्रीय संग्रह के रूप में कार्य करती है। यह सुविधा संस्थान के वैज्ञानिक एवं प्रशासनिक अनुभागों तक विस्तारित की जा रही है। इस वर्ष लगभग 76121 फोटोकॉपी की गई हैं।

कंप्यूटर सुविधा : पुस्तकालय में उपयोगकर्ताओं के लिए एक कंप्यूटर लैब है जहां वह ई-पुस्तकें, ई-जर्नल व अन्य ई-संसाधनों तक एक्सेस कर सकते हैं, जिनकी सदस्यता संस्थान की लाइब्रेरी द्वारा ली गई है या यह एनकेआरसी या ओएनओएस के माध्यम से उपलब्ध है। यह सुविधा अध्येताओं व ग्रीष्मकालीन प्रशिक्षुओं को भी प्रदान की जाती है। इस लैब का उपयोग संस्थान के प्रशासनिक और तकनीकी कर्मचारियों की भर्ती के लिए आयोजित की जाने वाली अनेकों परीक्षाओं के लिए भी किया जा रहा है।

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान का पुस्तकालय वैज्ञानिक, तकनीकी और प्रशासनिक कार्यों में सहायता के लिए निम्नलिखित सेवाएं प्रदान करता है :-

- संचलन सेवा
- सीएएस और एसडीआई
- लेख मुद्रण
- दस्तावेज स्कैनिंग
- साहित्यिक चौर्य जाँच
- रिप्रोग्राफी सेवाएं
- संदर्भ व परामर्श सेवा
- इलेक्ट्रॉनिक सूचना संसाधन एक्सेस
- दस्तावेज वितरण सेवाएं
- सीडी-रोम डेटाबेस, आदि

एसपी नौटियाल संग्रहालय

एस.पी. नौटियाल संग्रहालय संपूर्ण वर्ष भूविज्ञान शिक्षा एवं आमजन तक पहुँच के लिए एक जीवंत केंद्र के रूप में सेवा रहा। लगभग 15,000 से अधिक आगंतुकों की संख्या को दर्ज करने के साथ, यह संग्रहालय देश-विदेश के छात्रों, शिक्षकों, शोधकर्ताओं और पर्यटकों के लिए एक प्रमुख आकर्षण बना रहा।

शैलों, खनिजों, जीवाश्मों व विषयगत प्रदर्श के व्यापक संग्रह को प्रदर्शित करते हुए : महाद्वीपीय विस्थापन, पृथ्वी की आंतरिक संरचना, भूवैज्ञानिक समय-सीमा, हिमनद व जीवन के उद्भव एवं विकास जैसे विषयों को शामिल करते हुए संग्रहालय ने सभी आयु वर्गों के लिए एक समृद्ध और गहन शिक्षण अनुभव प्रदान किया।

वितुप्त स्तनधारियों के लाइफ साइज मॉडल व इंटरैक्टिव प्रदर्शनियों को उनके शैक्षिक मूल्य और विज्वल अपील के लिए विशेष रूप से सराहा गया। विशेषज्ञों द्वारा संचालित निर्देशित दौरों ने अंतराल पूर्ति को सुगम बनाया, जिससे आगंतुकों को जटिल भूवैज्ञानिक अवधारणाओं को स्पष्टता से समझने में मदद मिली। स्थानीय स्कूली बच्चों को भी संग्रहालय द्वारा प्रदान की जाने वाली शैक्षणिक परियोजना सहायता एवं व्यावहारिक शिक्षण अवसरों का लाभ मिलता रहा।

शैक्षिक ब्रोशर व आउटरीच सामग्री के नियमित प्रसार ने संस्थान और व्यापक जनता के बीच एक सेतु के रूप में संग्रहालय की भूमिका को और मजबूत किया। स्कूल व विश्वविद्यालय के छात्रों, पेशेवरों और अंतरराष्ट्रीय अतिथियों सहित विविध दर्शकों के साथ जुड़कर, एस.पी. नौटियाल संग्रहालय वैज्ञानिक जिज्ञासा को प्रोत्साहित करने और हिमालयी भूविज्ञान के संबंध में जागरूकता प्रसार में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता रहा है।

प्रमुख आउटरीच और प्रदर्शनी गतिविधियाँ : एस.पी. नौटियाल संग्रहालय ने अनेकों राष्ट्रीय स्तर की प्रदर्शनियों व आउटरीच कार्यक्रमों में भाग लिया, जिससे संस्थान के वैज्ञानिक कार्यों को व्यापक दर्शकों के समक्ष प्रदर्शित किया गया। इन प्रयासों ने वाडिया संस्थान के प्रसार में वृद्धि की और छात्रों, शैक्षणिक संस्थानों तथा आमजन के मध्य भूविज्ञान जागरूकता को बढ़ावा दिया।

राज्य स्तरीय युवा महोत्सव, परेड ग्राउंड, देहरादून (10-14 नवंबर, 2024)

संस्थान ने देहरादून में आयोजित राज्य स्तरीय युवा महोत्सव में

भूवैज्ञानिक प्रदर्शनियों व शैक्षिक सामग्रियों की एक विस्तृत श्रृंखला प्रदर्शित की। संग्रहालय के इंटरैक्टिव मॉडल एवं आकर्षक दृश्यों ने सैकड़ों युवा आगंतुकों को आकर्षित किया, जिससे पृथ्वीविज्ञान के संबंध में जिज्ञासा जागृत हुई। यह आयोजन छात्रों को प्रेरित करने व उन्हें हिमालयी भूविज्ञान से सुगम एवं आकर्षक तरीके से परिचित कराने के लिए एक प्रभावी मंच के रूप में कार्य करेगा।

भारत अंतरराष्ट्रीय विज्ञान महोत्सव (आईआईएसएफ), आईआईटी गुवाहाटी, असम (30 नवंबर - 3 दिसंबर, 2024)

प्रतिष्ठित आईआईएसएफ 2024 में, एस.पी. नौटियाल संग्रहालय ने राष्ट्रीय मंच पर वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान का प्रतिनिधित्व किया और संस्थान के हिमालयी टेक्टोनिक्स, भूकंप विज्ञान और पुराजलवायु अध्ययनों में अनुसंधान की ओर ध्यान आकर्षित किया। संग्रहालय के विषयगत प्रदर्शों और सूचनात्मक ब्रोशरों को छात्रों, वैज्ञानिकों और नीति निर्माताओं से भरपूर सराहना मिली, जिससे हिमालयी भूविज्ञान की चुनौतियों और अवसरों के संबंध में जागरूकता में उल्लेखनीय वृद्धि हुई।

'विकसित भारत - विकसित उत्तराखण्ड' मेगा प्रदर्शनी, नेहरू स्टेडियम, रुड़की (4-6 मार्च, 2025)

यह प्रदर्शनी भारत की विकास यात्रा पर केंद्रित थी, जिसमें वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान ने सतत विकास, आपदा तत्परता व पर्यावरण संरक्षण में भूविज्ञान की महत्वपूर्ण भूमिका पर प्रकाश डाला। संग्रहालय की के प्रतिभाग द्वारा स्कूल समूहों, स्थानीय अधिकारियों व गैर-सरकारी संगठनों सहित व्यापक दर्शकों की रुचि आकर्षित हुई, जिससे क्षेत्र में वैज्ञानिक अनुसंधान को वारतविक दुनिया के अनुप्रयोगों के संदर्भ में ढालने में सहायता प्राप्त होगी।

बसंतोत्सव, राजभवन, देहरादून (7-9 मार्च, 2025)

राजभवन में आयोजित वार्षिक बसंतोत्सव के दौरान, संग्रहालय ने एक आकर्षक प्रदर्शनी का आयोजन किया, जिसमें विज्ञान व सांस्कृतिक समारोहों का सम्मिश्रण था। चट्टानों, जीवाश्मों और हिमनद मॉडलों का प्रदर्शन आमजनों व गण्यमान्य जनों, दोनों को पसंद आया। इस आयोजन ने एक सहज परिवेश में आम जनता के साथ जुड़ने का अवसर प्रदान किया, जिससे पारंपरिक शैक्षणिक स्थानों से इतर भूविज्ञान के प्रति लोगों की रुचि को प्रोत्साहन प्राप्त हुआ।



संग्रहालय में छात्रों एवं प्रतिनिधियों का दौरा

तकनीकी सेवाएं

विश्लेषणात्मक सेवाएं

विभिन्न उपकरणों द्वारा विश्लेषण किए गए नमूनों की संख्या निम्न तालिका में सूचीबद्ध है :

प्रयोगशाला / उपकरण	विश्लेषण किए गए नमूनों की संख्या		
	वा.हि.भू.सं. उपयोगकर्ता	बाहरी उपयोगकर्ता	कुल
इण्डक्टीव्ली कपल्ड प्लाज्मा मास स्पेक्ट्रोमीटर (आई.सी.पी.एम.एस.) लैब	1066	825	1891
लेजर एक्लेशन इण्डक्टीव्ली कपल्ड प्लाज्मा मास स्पेक्ट्रोमीटर (एल.ए.-एम.सी.-आई.सी.पी.-एम.एस.) लैब	—	—	—
स्टेबल आईसोटोपलैब	869	50	919
ल्यूमिनिसेन्स डेटिंग (TL/OSL) लैब	85	48	133
फिजन ट्रैक लैब	27	—	27
एपेटाइड फिजन ट्रैक डेट्स	54	—	54
जिरकोन फिजन ट्रैक डेट्स			
मिनरल सेपरेशन लैब	11	4	15
सैम्पल प्रिपरेशन लैब			
ईपीएमए स्लाइड निर्माण	300	16	316
सामान्य स्लाइड निर्माण	102	31	133
नमूना चूर्णन	843	278	1121
एक्स.आर.डी. लैब	108	27	135
एक्से-रे फ्लोरो सेन्स (एक्स.आर.एफ.) लैब	869	362	1231
लेजर माइक्रो रमन स्पेक्ट्रोमीटर (LMRS) और द्रव समावेशन और रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी लैब	48	9	57
रॉक मैग्नेटिक एंड पैलियोमैग्नेटिज्म लैब	175	60	235
डेंड्रोक्रोनोलॉजी लैब	44	0	44
लेजर पार्टिकल साइज विश्लेषक (LPSA) लैब			
सेडिमेंटोलॉजी लैब	449	53	502
वाइब्रेटरी सिव शेकर	64	1	65
क्ले स्लाइड प्रिपरेशन	0	0	0
पैलियोनोलॉजी लैब	54	0	54
लेजर जल समस्थानिक विश्लेषक (LWIA) लैब	50	0	50
वाटर कैमिस्ट्री लैब (आयन-क्रोमेटोग्राफ)	500	100	600
टोटल ऑर्गेनिक कार्बन लैब	715	10	725

नमूना तैयारी प्रयोगशाला

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून की सैंपल प्रिपैरेशन लैब अंतरराष्ट्रीय मानकों के अनुरूप उच्च-स्तरीय भू-रासायनिक, संरचनात्मक, तलछट विज्ञान और भू-तकनीकी जांच के लिए नमूने तैयार करती है। वर्तमान में, इस सुविधा में सामान्य और ईपीएमए तनु-खंड स्लाइड तैयार की जा रही हैं। भू-कालानुक्रमिक एवं ताप-कालानुक्रमिक जांच के लिए खनिज पृथक्करण और स्लाइड तैयारी कार्य इस सुविधा का एक एकीकृत घटक है। लैब XRF, ICPMS और OSL अन्वेषण के लिए रॉक नमूनों की पाउडरिंग भी करती है। लैब ब्यूहलर, स्टुअर्स रॉक कटिंग और पॉलिशिंग मशीनों से सुसज्जित है। इसके अलावा, लैब में फ्रंटेंज मेग्नेटिक बैरियर सेपरेशन, फ्रिटच जॉ क्रशर और डिस्क मिल, होलमैन विल्फली टेबल और स्वचालित पॉलिशिंग मशीन भी हैं। इस उच्च-स्तरीय सुविधा का उपयोग पूरे भारत में विभिन्न अनुसंधान एवं विकास संस्थानों और विश्वविद्यालयों के शोधकर्ताओं द्वारा किया जा रहा है।

फिजन ट्रेक डेटिंग प्रयोगशाला

पृथ्वी तंत्र विज्ञान (थर्मोकronोलॉजी) में मूलभूत अनुसंधान को सुविधाजनक बनाने एवं राष्ट्रीय आवश्यकताओं के लिए प्रशिक्षित वैज्ञानिक श्रमशक्ति विकसित करने के लिए वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून में विखंडन ट्रेक डेटिंग सुविधा सफलतापूर्वक स्थापित की गई है। इस सुविधा में खनिज पृथक्करण प्रयोगशाला, स्लाइड पृथक्करण प्रयोगशाला, पॉलिशिंग लैब, अंतरराष्ट्रीय मानकों की विखंडन-ट्रेक गणना प्रणाली शामिल है। इस सुविधा में ऊपरी पर्पटी चट्टानों में निम्न-तापमान (<300 °C) थर्मल इतिहास के पुनर्निर्माण के लिए इसके अनुप्रयोग सम्मिलित हैं। यह चट्टानों के समय-तापमान इतिहास को बाधित करने की एक शक्तिशाली विधि है और सहस्राब्दी-पैमाने के अनाच्छादन दरों, परिदृश्य विकास व विभिन्न भूवैज्ञानिक क्षेत्रों यथा, पर्वतीय बेल्ट, रिफटेड मार्जिन व अधिक रिथर क्षेत्रों के टेक्टोनिक इतिहास के अवरोध पर सूचना प्रदान करती है। वर्तमान में, इस सुविधा में भारत के काराकोरम, जांस्कर, कुमाऊं-गढ़वाल और अरुणाचल हिमालयी क्षेत्रों के सहस्राब्दी-पैमाने के क्षरण और टेक्टोनिक विकास इतिहास को सीमित करने के लिए अनुसंधान कार्य चल रहा है।

कंप्यूटर एवं नेटवर्किंग अनुभाग

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान का कंप्यूटर और नेटवर्क अनुभाग संस्थान में निर्बाध डिजिटल संचालन सुनिश्चित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। यह कंप्यूटिंग संसाधनों, नेटवर्किंग प्रणालियों और संचार प्लेटफार्मों सहित सभी आईटी अवसंरचना के प्रबंधन, अनुरक्षण और उन्नयन के लिए जिम्मेदार है। यह अनुभाग संस्थान की शैक्षणिक, अनुसंधान और प्रशासनिक गतिविधियों में सहायता करने वाली कुशल, सुरक्षित और समय से उपलब्ध सेवाएं प्रदान करने के लिए प्रतिबद्ध है।

मूलभूत सेवाएं:

कंप्यूटर और वर्कस्टेशन प्रबंधन

यह अनुभाग संकाय, कर्मचारियों और शोधकर्ताओं द्वारा उपयोग किए जाने वाले विविध प्रकार के डेस्कटॉप, वर्कस्टेशन और लैपटॉप का प्रबंधन करता है। इसमें इन्सटॉलेशन, कॉन्फिगरेशन, समस्या निवारक, नियमित रखरखाव और समय पर अपग्रेडेशन शामिल हैं। सिस्टम व्यक्तिगत या विभागीय आवश्यकताओं के अनुरूप आवश्यक सॉफ्टवेयर पैकेज से सुसज्जित हैं।

सर्वर और संग्रहण अवसंरचना

अनुभाग विभिन्न सर्वरों का प्रबंधन करता है जिन्हें इन-हाउस स्थापित और कॉन्फिगर किया गया है। सभी सर्वर सुरक्षित लिनक्स परिवेश में काम कर रहे हैं और नवीनतम ओपन सोर्स तकनीक का उपयोग कर रहे हैं। उपयोग किए जा रहे विभिन्न प्रकार के सर्वर क्लैउ मेल, वेब, एप्लिकेशन आदि हैं। इस अनुभाग ने न केवल केंद्रीकृत एंटी-वायरस एवं एंटी-स्पाइवेयर सॉल्यूशन्स अपनाकर वायरस और स्पाइवेयर मुक्त परिवेश को अनुरक्षित किया है, बल्कि इस संबंध में नवीनतम निवारक सुरक्षा उपाय भी अपनाए गए हैं।

मापनीयता एवं ईष्टतम संसाधन उपयोजन के लिए वर्चुअलाइजेशन का उपयोग किया जाता है।

नेटवर्किंग सेवाएं

यह अनुभाग एक सुदृढ़, सुरक्षित एवं उच्च गति वाले नेटवर्क के बुनियादी ढांचे का अनुरक्षण करता है। इसमें निम्न सम्मिलित हैं:-

- सभी नेटवर्क संबंधी सेवाओं की उत्कृष्ट गति व विश्वसनीयता के लिए नवीनतम नेटवर्किंग तकनीकों का उपयोग, जो समय की आवश्यकता है।
- आवश्यकतानुसार नेटवर्क का अनुरक्षण एवं उन्नयन। यह नेटवर्क केवल कार्यालय तक ही सीमित नहीं है, अपितु इसे संस्थान की आवासीय कॉलोनी, गेस्ट हाउस, संस्थान के छात्रावास सह ट्रांजिट हॉस्टल तक भी विस्तारित किया गया है, ताकि सभी कर्मचारियों और छात्रों को 24x7 कनेक्टिविटी मिल सके।
- सार्वजनिक नेटवर्क पर संस्थान के संसाधनों तक सुरक्षित एक्सेस की सुविधा के लिए वीपीएन सुविधा प्रदान करता है।
- संस्थान द्वारा होस्ट किए गए विभिन्न वेब पोर्टलों, जैसे संस्थान की वेबसाइट, संस्थान का प्रकाशन पोर्टल, डब्ल्यूएआईसीएस (वाडिया विश्लेषणात्मक प्रयोगशाला उपकरण सुविधा व परामर्श सलाहकार सेवाओं) पोर्टल, का अनुरक्षण करता है।
- नेटवर्क सुरक्षा के लिए फायरवॉल और इण्ट्रूजन रोकथाम तंत्र
- बैंडविड्थ प्रबंधन और अनुश्रवण

इंटरनेट एवं बाह्य कनेक्टिविटी

संस्थान एक उच्च गति के 1 Gbps लिंक के माध्यम से राष्ट्रीय ज्ञान नेटवर्क से जुड़ा है। निर्बाध इंटरनेट कनेक्टिविटी के लिए, लगभग 100: अपटाइम सुनिश्चित करने के लिए रिडंडेंट लिंक और फेलओवर तंत्र उपस्थित हैं।

हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर सहायता

- निवारक रखरखाव : फेल्यर को रोकने के लिए कंप्यूटिंग सिस्टम की नियमित जांच।
- मरम्मत एवं प्रतिस्थापन : हार्डवेयर संबंधी समस्याओं के लिए, एएमसी सेवाओं को लागू किया गया है ताकि किसी भी हार्डवेयर समस्या का तुरंत समाधान किया जा सके। साथ ही, वारंटी-आधारित सेवाओं के लिए विक्रेताओं/ओईएम के साथ समन्वय किया जाता है।
- उपयोगकर्ता सहायता हेल्पडेस्क : उपयोगकर्ताओं की समस्याओं के समाधान के लिए फोन के माध्यम से एक उत्तरदायी सहायता हेल्पडेस्क उपलब्ध है।

ऑनलाइन/ऑफलाइन बैठकें, सम्मेलन, वेबिनार

ऑनलाइन बैठकें, सम्मेलन, वेबिनार : यह अनुभाग जूम, माइक्रोसॉफ्ट टीम्स, गूगल मीट व अन्य लाइसेंस प्राप्त प्लेटफॉर्मों का उपयोग कर वर्चुअल मीटिंग, वेबिनार और कार्यशालाओं को आयोजित करने की सुविधा प्रदान करता है। सुविधाओं में शामिल हैं—

- मीटिंग शेड्यूलिंग व सेटअप सहायता
- सत्रों की रिकॉर्डिंग और संग्रह

ऑफलाइन बैठकें और कॉन्फ्रेंसिंग : वाडिया संस्थान वर्ष के दौरान प्रख्यात वैज्ञानिकों/प्रोफेसरों के विशिष्ट व्याख्यान आयोजित करता रहा है। इनमें से अनेकों व्याख्यान ऑनलाइन (या हाइब्रिड मोड में) आयोजित किए गए हैं और संस्थान के कंप्यूटर अनुभाग ने इन व्याख्यानों के सफल संचालन में सर्वांगीण सहायता प्रदान कर महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है।

अन्य सभी ऑफलाइन कार्यक्रमों के दौरान, कार्यक्रमों की सफलता के लिए आवश्यकतानुसार आवश्यक व्यवस्थाएं की जाती हैं।

प्रतिपल उपलब्धता और विश्वसनीयता

कंप्यूटर और नेटवर्किंग अनुभाग सभी महत्वपूर्ण प्रणालियों के लिए प्रतिपल उपलब्धता पर बल देता है। कंप्यूटर और नेटवर्किंग अनुभाग सभी सेवाओं में लगभग 100% अपटाइम बनाए रखने के लिए प्रतिबद्ध है।

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी मंत्रालय के निर्देशों के अनुसार, साइबर अपराधों की रोकथाम के लिए नवीनतम साइबर जोखिमों व साइबर सुरक्षा के संबंध में जागरूकता सृजित करने हेतु प्रत्येक माह के पहले बुधवार को साइबर जागरूकता दिवस (सीजेडी) का आयोजन किया जाता है। संस्थान के कर्मचारियों, शोधार्थियों और अनुशंगी कर्मचारियों के लिए व्याख्यान और प्रस्तुतियां आयोजित की जाती हैं।

कंप्यूटर अनुभाग उन सभी क्षेत्रों में, जहां आईटी सेवाओं का उपयोग होता है, और लगभग हर जगह, अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहा है। यह विभिन्न ब्लॉकों/भवनों की हाई-स्पीड फाइबर कनेक्टिविटी का अनुरक्षण व प्रबंधन करता है; संस्थान में अनुसंधान कार्य हेतु स्थापित अत्याधुनिक वैज्ञानिक उपकरणों की कनेक्टिविटी; विभिन्न उच्च-स्तरीय वर्कस्टेशनों की कनेक्टिविटी और संचालन; वैज्ञानिक और सामान्य सॉफ्टवेयरों की स्थापना और कॉन्फिगरेशन; समग्र सुरक्षा के लिए संस्थान में स्थापित सीसीटीवी कैमरे आदि सेवाएं संस्थान कंप्यूटर अनुभाग द्वारा प्रदान की जा रही हैं। यह अनुभाग डिजिटल रूप से जुड़ी दुनिया में संस्थान के संचालन कार्यों के लिए एक प्रबल स्तंभ की तरह है।

कला अनुभाग

कला अनुभाग संस्थान के वैज्ञानिकों की आंतरिक एवं प्रायोजित परियोजना कार्यों के लिए कार्टोग्राफिक आवश्यकताओं को पूरा करता है। वर्ष के दौरान, अनुभाग ने संस्थान के वैज्ञानिकों और शोधार्थियों के लिए पंद्रह भूवैज्ञानिक मानचित्र/संरचनात्मक मानचित्र/भूआकृति विज्ञान मानचित्र/भूकपीय आरेख प्रदान किए हैं। इसके अलावा, छह भूवैज्ञानिक स्तंभों की तैयार करने के साथ-साथ तीन स्थलाकृतिक शीट/आकाशीय फोटो मानचित्रों का अनुरक्षण किया गया। अनुभाग ने संस्थान की विभिन्न गतिविधियों एवं समारोहों के दौरान नेम लेबल व विषयगत कैप्शन भी प्रदान किए।

समारोह

राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी दिवस

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान ने राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी दिवस (13 मई 2024) के अंतर्गत 'स्कूलों से स्टार्टअप तक : युवा मस्तिष्क का नवाचार के लिए अभिप्रेरण' विषयवस्तु पर राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी दिवस मनाया। स्कूल और कॉलेज के छात्रों के साथ-साथ आम जनता के

लिए एक 'ओपन डे' का आयोजन किया गया, जिसमें संग्रहालय व प्रयोगशालाओं के गाइडेड टूर की सुविधा प्रदान की गई। इसके अंतर्गत ने प्रतिभागियों को पृथ्वीविज्ञान अनुसंधान का व्यावहारिक अनुभव प्रदान किया, जिससे युवा शिक्षार्थियों में जिज्ञासा व वैज्ञानिक सोच को प्रोत्साहन मिला।



राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी दिवस समारोह के कुछ पल

जैवविविधता हेतु अंतरराष्ट्रीय दिवस

अंतरराष्ट्रीय जैवविविधता दिवस (22 मई 2024) के अवसर पर संस्थान के निदेशक डॉ. कालाचौंद साँई ने कर्मचारियों व प्रशिक्षुओं को संबोधित किया और विशेष रूप से संवेदनशील हिमालयी क्षेत्र में पारिस्थितिकी तंत्र को बनाए रखने में जैवविविधता की महत्वपूर्ण भूमिका पर बल दिया।

अंतरराष्ट्रीय योग दिवस

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान ने दसवें अंतरराष्ट्रीय योग दिवस

(21 जून 2024) के अवसर पर 'स्वयं और समाज के लिए योग' विषयवस्तु पर इसका आयोजन किया। एक व्यवसायिक प्रशिक्षक के मार्गदर्शन में आयोजित एक निर्देशित सत्र में सभी कर्मचारियों और अध्येताओं ने सक्रिय रूप से इसमें भाग लिया। डॉ. कालाचौंद साँई ने समग्र स्वास्थ्य एवं वैज्ञानिक उत्पादितता को बढ़ावा देने में योग की भूमिका पर प्रकाश डाला। वैज्ञानिकों ने भी एकाग्रता और मानसिक स्पष्टता बढ़ाने में योग के लाभों पर अपने व्यक्तिगत विचार साझा किए।



अंतरराष्ट्रीय योग दिवस के अवसर पर संस्थान के कर्मचारी एवं शोध अध्येता योगाभ्यास करते हुए

स्थापना दिवस

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान ने अपने 56वें स्थापना दिवस (26 जून 2024) के उपलक्ष्य में, राष्ट्रीय भूकंप विज्ञान केंद्र के निदेशक डॉ. ओ.पी. मिश्रा द्वारा प्रस्तुत एक मुख्य व्याख्यान का आयोजन किया।

उनके व्याख्यान, 'भूकंप जोखिम प्रबंधन बनाम तकनीकी विकास', ने भूकंपीय तन्त्रकता में प्रगति पर प्रकाश डाला। इस कार्यक्रम में भूविज्ञान अनुसंधान में उत्कृष्टता को मान्यता प्रदान करते हुए सर्वश्रेष्ठ शोध पत्र पुरस्कार 2023 भी प्रदान किया गया।



स्थापना दिवस समारोह के दौरान डॉ. ओ.पी. मिश्रा, निदेशक, राष्ट्रीय भूकंप विज्ञान केंद्र का सम्मान

स्वतंत्रता दिवस समारोह

स्वतंत्रता दिवस 2024 के अवसर पर, वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून ने भारत की स्वतंत्रता की 78वीं वर्षगांठ को पूर्ण धूमधाम व उद्देश्यपूर्ण ढंग से मनाया। यह आयोजन संस्थान के वार्षिक कैलेंडर में एक उल्लेखनीय उपलब्धि थी। संस्थान के निदेशक ने वरिष्ठ वैज्ञानिकों, कर्मचारियों व शोधार्थियों के साथ मुख्य लॉन में

तिरंगा ध्वज फहराया और उसके बाद राष्ट्रगान गाया गया। आधिकारिक समारोहों के बाद, संस्थान के कर्मचारियों एवं उनके परिवार के सदस्यों के लिए विविध खेलकूद, मनोरंजक प्रतियोगिताएं और एक सांस्कृतिक कार्यक्रम का आयोजन किया गया। तदोपरान्त विजेताओं को पुरस्कार वितरित किए गए।



स्वतंत्रता दिवस समारोह के कुछ पल

राष्ट्रीय अंतरिक्ष दिवस

राष्ट्रीय अंतरिक्ष दिवस (23 अगस्त 2024) के उपलक्ष्य में, संस्थान ने छात्रों व कर्मचारियों में वैज्ञानिक जागरूकता को प्रोत्साहित करने के लिए एक ओपन दिवस व नारा-लेखन प्रतियोगिताओं का आयोजन



राष्ट्रीय अंतरिक्ष दिवस समारोह के कुछ पल

किया। आईआईआरएस के वैज्ञानिक-जी. डॉ. आर.एस. चटर्जी ने अपने विशेष व्याख्यान में पृथ्वी अवलोकन में भारत की प्रगति और भूजल क्षरण एवं भूमि अवतलन की निगरानी में इसके अनुप्रयोगों पर प्रकाश डाला।

स्वच्छता अभियान (स्वच्छता ही सेवा)

संस्थान ने 'स्वभाव स्वच्छता – संस्कार स्वच्छता' विषय पर एक व्यापक स्वच्छता अभियान शुरू किया। अभियान के अंतर्गत गतिविधियों में स्वच्छता शपथ, स्वच्छता अभियान, जागरूकता रैलियां, फिल्म प्रदर्शन और अध्येता छात्रावास के निकट वृक्षारोपण अभियान शामिल थे। अभियान का समापन विभिन्न प्रतियोगिताओं के विजेताओं को सम्मानित कर एक पुरस्कार वितरण समारोह के साथ हुआ।

दि. 14 सितंबर से 1 अक्टूबर 2024 तक स्वच्छता ही सेवा (एसएचएस) अभियान के अंतर्गत (प्रथम चरण)। इस वर्ष स्वच्छता अभियान- 2024 का विषय 'स्वभाव स्वच्छता – संस्कार स्वच्छता' था। इस दिशा में हमने वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान (वा.हि.भू. सं.), देहरादून, उत्तराखण्ड में निम्नलिखित गतिविधियों का सूत्रपात किया :-

- दि. 17 सितंबर 2024 को संस्थान के सभी कर्मचारियों द्वारा सामूहिक स्वच्छता की शपथ ली गई।
- आमंत्रित व्याख्यान : संस्थान में एक व्याख्यान का आयोजन किया गया है, जिसे आमंत्रित वक्ता श्री आशीष गर्ग, अध्यक्ष इको-ग्रुप सोसाइटी, देहरादून द्वारा दि. 21-09-2024 को व्याख्यान विषय 'अपशिष्ट प्रबंधन के माध्यम से स्वच्छता' था।

- इन-हाउस व्याख्यान : संस्थान के वैज्ञानिक डॉ. संतोष राय द्वारा दि. 21-09-2024 को 'गंगा नदी तंत्र के मानवजनित बल को ज्ञात करना' विषय पर एक व्याख्यान प्रस्तुत किया गया।
- डीएसटी टीम द्वारा दौरा/निरीक्षण : डीएसटी के प्रतिनिधियों की एक टीम ने दि. 21-09-2024 और 22-09-2024 के दौरान संस्थान का दौरा किया। उन्होंने वाडिया संस्थान द्वारा क्रियान्वित गतिविधियों का आकलन/मूल्यांकन करने के लिए संस्थान के विभिन्न अनुभागों/भवनों/प्रयोगशालाओं का दौरा किया। संस्थान परिसर में स्वच्छता के संबंध में समिति कक्ष में विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग के निरीक्षण दल के साथ चर्चा की गई।
- डीएसटी टीम द्वारा दौरा/निरीक्षण : डीएसटी के प्रतिनिधियों की एक टीम ने दि. 21-09-2024 और 22-09-2024 के दौरान संस्थान का दौरा किया। उन्होंने वाडिया संस्थान द्वारा क्रियान्वित गतिविधियों का आकलन/मूल्यांकन करने के लिए संस्थान के विभिन्न अनुभागों/भवनों/प्रयोगशालाओं का दौरा किया। संस्थान परिसर में स्वच्छता के संबंध में समिति कक्ष में विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग के निरीक्षण दल के साथ चर्चा की गई।



स्वच्छता विशेष अभियान के अवसर के कुछ पल

द्वितीय चरण (2 अक्टूबर – 31 अक्टूबर 2025) में, वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान में विशेष अभियान 4.0 मनाया / आयोजित किया गया।



स्वच्छता विशेष अभियान के अवसर के कुछ पल



अनुसंधान अध्येता हॉस्टल, वा.हि.भू.सं. के आगे स्वच्छता विशेष अभियान 4.0 के अवसर पर पौधारोपण

हमारे संस्थान परिसर में "स्वच्छता विशेष अभियान 4.0" के अंतर्गत आयोजित कार्यक्रम में "जैव-निम्नीकरण" तथा "वर्मी-कम्पोस्टिंग" के लिए गड़डे का खुदान किया गया।



संस्थान के भण्डार अनुभाग के भवन के निकट जैवनिम्नीकरणीय गड़डे का खुदान

'स्वच्छता सेल्फी' कार्यक्रम में वाडिया संस्थान के कर्मचारियों और छात्रों का प्रतिभाग

जब लोग सफाई गतिविधियों में भाग लेते हुए सेल्फी लेकर साझा करते हैं, तो इससे व्यक्तिगत जुड़ाव की भावना बढ़ती है और वह

व्यापक स्वच्छता अभियान में भी भागीदार बनते हैं। इस कार्यक्रम (सेल्फी के माध्यम से स्वच्छता जागरूकता) के व्यापक प्रचार-प्रसार के लिए, इसे इंटरनेट, संस्थान की वेबसाइट व फेसबुक पेज के माध्यम से प्रसारित किया गया।



संस्थापक दिवस

संस्थापक दिवस (23 अक्टूबर 2024) के अवसर पर वाडिया संस्थान ने प्रो. डी.एन. वाडिया की 141वीं जयंती पर पुष्पांजलि अर्पित कर और भारतीय सर्वेक्षण विभाग के अधीक्षण सर्वेक्षक श्री दीपक कुमार

द्वारा एक स्मृति व्याख्यान द्वारा मनाया गया। श्री दीपक कुमार ने 'निरंतर संचालित संदर्भ स्टेशन (सीओआरएस)' पर उनके प्रस्तुत व्याख्यान से भूगणितीय विज्ञान में नवाचारों पर प्रकाश डाला गया।



संस्थापक दिवस के अवसर पर श्री दीपक कुमार, अधीक्षण सर्वेक्षक, भारतीय सर्वेक्षण विभाग का सम्मान

आईआईएसएफ 2024 कर्टेन रेजर कार्यक्रम (12 नवंबर 2024)

दसवें भारत अंतर्राष्ट्रीय विज्ञान महोत्सव से पूर्व आयोजित कर्टेन रेजर कार्यक्रम में, वाडिया संस्थान ने आईआईआर एस के निदेशक डॉ. आर.पी. सिंह का एक विशेष व्याख्यान सत्र आयोजित किया। उनके

व्याख्यान, विषयक 'भारत में अंतरिक्ष अनुसंधान की यात्रा' ने भारत की अंतरिक्ष क्षमताओं के विकास पर प्रकाश डाला व छात्रों और शोधकर्ताओं को प्रेरित किया।



संस्थापक दिवस समारोह के कुछ पल

सतर्कता सप्ताह

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून में दि. 28 अक्टूबर से 3 नवंबर, 2024 तक सतर्कता जागरूकता सप्ताह-2024 मनाया गया। इस अवसर पर, संस्थान के कर्मचारियों द्वारा एक सत्यनिष्ठा प्रतिज्ञा ग्रहण की गई, तदोपरांत दि. 13 नवंबर, 2024 को विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग की अवर सचिव सतर्कता, सुश्री अनुराग देवगन द्वारा 'निवारक सतर्कता' विषय पर एक व्याख्यान दिया गया। वाडिया

हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून में सतर्कता सप्ताह के दौरान, सतर्कता जागरूकता सप्ताह (2024) के साथ-साथ अनेकों कार्यक्रम आयोजित किए गए। संस्थान के वैज्ञानिकों ने सतर्कता जागरूकता दिवस को मनाने के लिए अनेक व्याख्यान दिए और विभिन्न स्कूलों एवं कॉलेजों के शिक्षकों एवं कर्मचारियों के साथ मिलकर प्रतिज्ञाएं ग्रहण की गईं। विभिन्न कार्यक्रमों के विजेताओं को पुरस्कार वितरित किए गए।



वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून में सतर्कता जागरूकता सप्ताह के पल

गणतंत्र दिवस

संस्थान में दि. 26 जनवरी 2025 को 76वें गणतंत्र दिवस को मनाया गया। इस अवसर पर, निदेशक डॉ. विनीत कु. गहलौत ने राष्ट्र ध्वज फहराया और संस्थान के कर्मचारियों एवं शोधार्थियों को औपचारिक।

इस अवसर पर, कर्मचारियों और उनके बच्चों के लिए विभिन्न खेल गतिविधियाँ, शिल्प प्रदर्शनी और प्रतियोगिताएँ आयोजित की गईं। विभिन्न प्रतियोगिताओं के विजेताओं को पुरस्कार वितरित किए गए।



गणतंत्र दिवस समारोह के क्षण

राष्ट्रीय विज्ञान दिवस

राष्ट्रीय विज्ञान दिवस समारोह (28 फरवरी 2025) का आयोजन राष्ट्रीय विषयवस्तु 'विकसित भारत के लिए विज्ञान व नवाचार में वैश्विक नेतृत्व हेतु भारतीय युवाओं का सशक्तिकरण' पर किया गया। इस कार्यक्रम में जिओपिक की कार्यकारी निदेशक सुश्री नेडुला बागची ने 'हिमालय पर भारत की राष्ट्रीय ई एंड पी कंपनी का एक परिप्रेक्ष्य' शीर्षक से एक मुख्य व्याख्यान दिया। इस अवसर पर छात्रों,

शिक्षकों और आम जनता ने अनेकों गतिविधियों में भाग लिया, जिनमें निर्देशित संग्रहालय व प्रयोगशाला दौरों के साथ-साथ ओपनडे, छात्रों के लिए भूविज्ञान उपकरणों पर उन्मुखीकरण, व्याख्यान व प्रश्नोत्तरी प्रतियोगिताएं तथा 'विकसित भारत' विषय पर पोस्टर एवं नारा प्रतियोगिताएं सम्मिलित थीं। समारोह का समापन एक प्रसिद्ध विज्ञान वार्ता के साथ हुआ, जिसमें वैज्ञानिक जागरूकता व नवोन्मेश को प्रोत्साहित किया गया।



राष्ट्रीय विज्ञान दिवस समारोह के कुछ पल

अंतरराष्ट्रीय महिला दिवस

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून ने दि. 7 मार्च 2025 को अंतरराष्ट्रीय महिला दिवस मनाया। यह कार्यक्रम महिला सशक्तिकरण के विषय पर केंद्रित विभिन्न कार्यक्रमों व प्रेरक व्याख्यानों के साथ समाज के सभी क्षेत्रों में लैंगिक समानता व समावेश को बढ़ावा देने के लिए आयोजित किया गया। इस अवसर पर मुख्य अतिथि के रूप में एक प्रख्यात लेखिका, शिक्षाविद एवं अनुवादक सुश्री बिजोया सावियन तथा एफआरआई, देहरादून के सेवानिवृत्त वैज्ञानिक और डीन (अनुसंधान) डॉ एनएसके हर्ष उपस्थित थे। कार्यक्रम का औपचारिक सूत्रपात दीप प्रज्वलन व शोधार्थियों द्वारा सरस्वती वंदना के साथ हुआ, जिसके तत्पश्चात निदेशक महोदय ने कार्यस्थल पर महिलाओं की सक्रिय भूमिका व समाज के उत्थान में उनके महत्व पर प्रकाश डाला। इसके बाद संस्थान की वार्षिक हिंदी पत्रिका 'अशिमका' का विमोचन किया गया, जिसमें विशेष अतिथि डॉ बीआर अरोड़ा, पूर्व निदेशक, वा.हि.भू.सं. उपस्थित थे। उन्होंने भारत में महिलाओं के सामाजिक, आर्थिक और मानसिक सशक्तिकरण के समकालीन उदाहरण भी साझा किए। डॉ. एनएसके हर्ष ने कार्यस्थलों पर महिलाओं के अधिकारों व सुरक्षा का समर्थन करने वाले विभिन्न कानूनी प्रावधानों तथा अधिनियमों के संबंध में बताया। उन्होंने सहयोगात्मक कार्य परिवेश व व्यक्तिगत स्वच्छता पर जागरूकता के महत्व पर भी जोर दिया। मुख्य उद्बोधनों के बाद,

एक अंतरसंवादात्मक सत्र आयोजित किया गया जहां संस्थान के कर्मचारियों ने अपने अनुभव व प्रश्न साझा किए। मुख्य अतिथियों तथा निदेशक महोदय ने इन प्रश्नों का उत्साहवर्धक और विचारोत्तेजक चर्चा के साथ-साथ गहनता से समाधान प्रदान किए। वैज्ञानिकों और छात्रों द्वारा संगीतमय गीत प्रस्तुत किए गए, जिन्होंने दर्शकों का मन मोह लिया तदोपरांत संस्थान वरिष्ठतम महिला कर्मचारी ने कार्यस्थल में महिलाओं की प्रगति व चुनौतियों पर अपने विचार साझा किए। अध्येताओं द्वारा महिलाओं के लिए शिक्षा के महत्व पर जोर देते हुए एक सुंदर नाटक प्रस्तुत किया गया, जिसकी दर्शकों ने गर्मजोशी से सराहना की। राजभाषा अधिकारी डॉ. गौतम रावत जी ने एक स्वरचित हिंदी कविता का पाठ किया तथा महिलाओं के समावेश एवं समान अवसरों का पक्ष रखते हुए एक ओजस्वी व प्रेरक व्याख्यान दिया। कार्यक्रम के दौरान महिलाओं के महत्व व भूमिका को दर्शाते हुए पवित्र ग्रंथों से उद्धरित श्लोकों का संकलन प्रस्तुत किया गया। संस्थान एक वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी ने सभी प्रतिभागियों, आयोजकों और उपस्थित जनों के प्रति हार्दिक आभार व्यक्त करते हुए, समारोह को सफल बनाने के लिए हार्दिक धन्यवाद दिया। कार्यक्रम का समापन संस्थान एवं समाज के सभी क्षेत्रों में महिलाओं के योगदान को सम्मानित करते के लिए सभी महिला कर्मियों को उपहार वितरण तथा सभी कर्मचारियों के लिए तैयार किए गए स्वादिष्ट अपराह भोज के साथ हुआ। वाडिया संस्थान में अंतरराष्ट्रीय महिला दिवस 2025 समारोह ने विचारोत्तेजक विमर्श, सांस्कृतिक

कार्यक्रमों, नाटकों व प्रेरक व्याख्यानों के माध्यम से लैंगिक समानता, समावेशिता तथा महिला सशक्तिकरण को सफलतापूर्वक प्रोत्साहित किया। इस कार्यक्रम का सफल आयोजन एक उत्कृष्ट उपलब्धि थी,

जिसने उपस्थित जनों को एक समावेशी समाज के निर्माण के लिए प्रयास जारी रखने के लिए प्रेरित एवं प्रोत्साहित किया।



अंतरराष्ट्रीय महिला दिवस के पल

संस्थान में पधारे विशिष्ट अतिथि

- डॉ. शैलेश नायक, अध्यक्ष, शासी निकाय, वा.हि.भू.सं. एवं निदेशक, एनआईएस, बेंगलुरु
- प्रो. विनोद के. गौर, पूर्व सचिव, महासागर विकास विभाग (एमओईएस), भारत सरकार
- प्रो. हर्ष के. गुप्ता, पूर्व सचिव, महासागर विकास विभाग (एमओईएस), भारत सरकार
- प्रो. टी.एन. सिंह, निदेशक, आईआईटी, पटना
- श्री अनंत स्वरूप, अपर सचिव, एसडीएमए, उत्तराखंड सरकार
- डॉ. आर.पी. सिंह, निदेशक, आईआईआरएस, देहरादून
- प्रो. राजीव सिन्हा, प्रोफेसर, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर
- डॉ. हरीश बहुगुणा, डीडीजी, भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण, कोलकाता
- डॉ. ओ.पी. मिश्रा, वैज्ञानिक-जी (एमओईएस), नई दिल्ली
- डॉ. शांतनु सरकार, निदेशक, यूएलएमएमसी, उत्तराखंड
- प्रो. कुसाला राजेंद्रन, प्रोफेसर (सेवानिवृत्त), आईआईएससी, बेंगलुरु
- प्रो. एल.एस. चम्याल, पूर्व विभागाध्यक्ष, भूविज्ञान विभाग, एमएसयू, बड़ौदा
- प्रो. आर.जी.एस. शास्त्री, विशिष्ट प्रोफेसर, पृथ्वी, वायुमंडलीय एवं महासागर विज्ञान स्कूल, आईआईटी भुवनेश्वर
- डॉ. आर.एस. चटर्जी, समूह निदेशक एवं प्रमुख तथा वैज्ञानिक/ इंजीनियर-जी, आईआईआरएस देहरादून
- सुश्री नेबुला बागची, कार्यकारी निदेशक, जियोपिक, देहरादून
- श्री दीपक कुमार, अधीक्षण सर्वेक्षक, भूगणितीय एवं अनुसंधान शाखा, भारतीय सर्वेक्षण विभाग
- प्रो. एस.एस. राय, विजिटिंग फ़ैकल्टी, आईआईएसईआर, पुणे
- डॉ. एस.एस. रंधावा, एसडीएमए के सलाहकार, हिमाचल प्रदेश सरकार

संस्थान में पधारे विशिष्ट अतिथि



संस्थान में विशिष्ट आगंतुकों के क्षण

हिंदी कार्यान्वयन की स्थिति

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान राजभाषा विभाग, गृह मंत्रालय, भारत सरकार द्वारा संकल्पित नीति एवं दिशानिर्देशों का सख्ती से अनुपालन करता है तथा नियमित रूप से अपनी तिमाही, अर्धवार्षिक एवं वार्षिक हिंदी प्रगति रिपोर्ट को राजभाषा विभाग तथा विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार को प्रस्तुत करता है। संस्थान अपनी अर्धवार्षिक एवं वार्षिक हिंदी प्रगति रिपोर्ट को भी वांछित प्रारूपों में नराकास, देहरादून को समयबद्ध रूप से प्रस्तुत करता है। निदेशक महोदय की अध्यक्षता में राजभाषा कार्यान्वयन समिति (रा. का.स.) संस्थान में हिंदी के कार्यान्वयन का अनुश्रवण करती है तथा उपर्युक्त मंत्रालयों को प्रस्तुत करने से पूर्व विभिन्न हिंदी रिपोर्टों के मसौदे की समीक्षा भी करती है। समिति कार्यालय में राजभाषा के प्रगामी प्रयोग की निगरानी कर अग्रेतर प्रगति के लिए योजना तैयार कर तदोपरांत नियमित अंतराल पर आयोजित तिमाही बैठकों के माध्यम से हिंदी कार्यान्वयन में प्रगति का भी संज्ञान लेती है।

राजभाषा कार्यान्वयन समिति, वा.हि.भू.सं. प्रमुख वक्ताओं/वैज्ञानिकों के अंतरसंवादात्मक व्याख्यानों और विभिन्न हिंदी टंकण कार्यशालाओं के माध्यम से राजभाषा के उपयोग को बढ़ावा देने के लिए नियमित रूप से त्रैमासिक कार्यशालाओं का आयोजन करती है।

रा.का.स. द्वारा संस्थान में दि. 14 सितंबर से 30 सितंबर 2024 तक संस्थान में हिंदी पखवाड़े का भव्य आयोजन किया। इस वर्ष हिंदी पखवाड़े का अखिल भारतीय स्तर पर राजभाषा विभाग, गृह मंत्रालय द्वारा उद्घाटन समारोह 14 सितंबर 2024 को भारत मंडपम, नई दिल्ली में आयोजित किया गया, जिसमें संस्थान के प्रतिनिधियों ने विधिवत रूप से भाग लिया।

तदोपरांत दि. 15 सितंबर 2024 से संस्थान में विभिन्न प्रतियोगिताओं/कार्यक्रमों का आयोजन किया गया, यथा फोटोग्राफी, विविध भाषा ज्ञान तथा विभिन्न श्रेणियों में नोटिंग-ड्राफ्टिंग प्रतियोगिताएं दि. 18 सितंबर 2024 को आयोजित की गईं; विद्यालयी छात्रों के लिए हिंदी निबंध व वाद-विवाद प्रतियोगिताएं दि. 20 व 23 सितंबर 2024 को आयोजित की गईं; देहरादून शहर के गण्यमान्य वक्ताओं द्वारा आमंत्रित हिंदी व्याख्यान दि. 19 व 24 सितंबर को आयोजित किए गए, जिनमें क्रमशः प्रोफेसर सरस्वती काला, स्कूल ऑफ योगिक साइंस एंड नेचुरोपैथी, एसजीआरआर विश्वविद्यालय, देहरादून ने 'वर्तमान समय में प्राकृतिक एवं एकूप्रेशर चिकित्सा का महत्व' विषय पर तथा अंतरराष्ट्रीय ख्यातिप्राप्त रंगकर्मी डॉ. नंद लाल भारती ने 'उत्तराखंड में जौनसारी जनजाति' पर अपना व्याख्यान दिया।

पखवाड़े के समापन समारोह में संस्थान के सभागार में एक भव्य कवि सम्मेलन का आयोजन किया गया। इस शानदार कार्यक्रम की दर्शकों ने काफी सराहना की गई और कवि सम्मेलन के बाद पुरस्कार वितरण समारोह आयोजित किया गया। संस्थान के वरिष्ठ वैज्ञानिक डॉ. आर.के. सहगल व राजभाषा अधिकारी डॉ. गौतम रावत ने पखवाड़े के दौरान आयोजित विभिन्न प्रतियोगिताओं के सभी पुरस्कार विजेताओं को सम्मानित किया।

इस वर्ष संस्थान ने वार्षिक हिंदी पत्रिका 'अश्मिका' का 30वां अंक प्रकाशित किया। विभिन्न संगठनों के लेखकों, अध्येताओं एवं संस्थान के कर्मचारियों ने पत्रिका में विज्ञान, साहित्य, कविता, कहानी और दर्शनशास्त्र जैसे विविध विषयों पर अपने लेख पत्रिका में प्रकाशनार्थ प्रेषित किए। पत्रिकाओं में प्रकाशित लेख अत्यंत ज्ञानवर्धक होने के साथ-साथ पाठकों द्वारा काफी सराहे जाते हैं।

विविध मद

1. एससी/एसटी कर्मचारियों के लिए आरक्षण/रियायतें

विभिन्न श्रेणियों के पदों पर भर्ती में एससी/एसटी/ओबीसी के लिए आरक्षण पर सरकार के आदेशों का पालन किया जाता है।

2. कार्मिक मामलों की निगरानी

संस्थान के कर्मचारियों से संबंधित कार्मिक मामलों की निगरानी समय-समय पर निदेशक/शासी निकाय द्वारा नियुक्त विभिन्न समितियों के माध्यम से की जाती है।

3. शिकायतों हेतु निस्तार तंत्र

डॉ. परमजीत सिंह की वैज्ञानिक 'सी' से वैज्ञानिक 'डी' पद पर पदोन्नति के संबंध में परिवेदन निस्तार समिति को प्राप्त परिवेदन : परिवेदन निस्तार समिति ने आवेदक द्वारा दर्ज शिकायत में प्रश्नगत प्रासंगिक दस्तावेजों का सत्यापन किया। समिति को साक्षात्कार की कार्यवाही में कोई त्रुटि नहीं मिली, इसलिए मामले का निस्तार कर दिया गया।

श्री देवी सिंह द्वारा एमटीएस (मल्टी-टास्किंग स्टाफ) के निरस्त विज्ञापित आवेदन संख्या 3001/01/सामान्य भर्ती/2022-23/स्थापना/ दिनांक 09.05.2024 के लिए आवेदन शुल्क वापस करने के अनुरोध के संबंध में परिवेदन निस्तार समिति (जीआरसी) की आख्या के संबंध में : समिति को निरस्त पद के लिए आवेदक के शुल्क संबंधी दावे के संबंध में संस्थान की ओर से कोई विसंगति नहीं प्राप्त हुई। इसलिए मामले का निस्तार किया गया।

4. कल्याणकारी उपाय

संस्थान के पास अपने कर्मचारियों के लाभ के लिए विभिन्न कल्याणकारी उपाय हैं। कर्मचारियों को हाउस बिल्डिंग एडवांस, कन्वेन्स एडवांस, फेस्टिवल एडवांस आदि जैसे विभिन्न एडवांस दिए जाते हैं। संस्थान के कर्मचारियों द्वारा संचालित एक वेतन भोगी सहकारी समिति है जो आवश्यकता पड़ने पर अपने सदस्यों को ऋण प्रदान करती है। संस्थान कर्मचारियों और छात्रों के कल्याण के लिए एक कैंटीन भी चलाता है। कल्याणकारी उपाय के रूप में, संस्थान अपने कर्मचारियों को मनोरंजक सुविधाएं प्रदान कर रहा है।

5. कार्यस्थलों पर महिला कर्मचारियों के यौन उत्पीड़न की शिकायतों के निस्तार हेतु तंत्र

महिला कर्मचारियों की सुरक्षा व संस्थान के कार्यस्थलों पर महिला कर्मचारियों के यौन उत्पीड़न की शिकायतों की जांच के लिए एक आंतरिक शिकायत समिति (आईसीसी) का गठन किया गया। समिति में संस्थान के बाहर से एक प्रधान अधिकारी और संस्थान से चार सदस्य सम्मिलित हैं। आंतरिक शिकायत समिति में एक केंस विचाराधीन है और दूसरा केंस जारी है।

6. सतर्कता मामलों की स्थिति

वर्ष 2024-2025 में कोई भी सतर्कता प्रकरण लंबित नहीं है।

7. आर.टी.आई.मामलों की जानकारी

वर्ष 2024-25 के दौरान आर.टी.आई. मामलों की जानकारी का विवरण इस प्रकार है:

विवरण	दि.01.04.2024 को प्रारंभिक वर्ष के दौरान	वर्ष 2024-20245 के दौरान प्राप्त	अन्य लोक प्राधिकारी को हस्तांतरित	निर्णय जहां अनुरोध/अपील अस्वीकृत कर दी गई	निर्णय जहां अनुरोध/अपील स्वीकार की गई
जानकारी के लिए अनुरोध	0	20	0	0	0
प्रथम अपील	0	0	0	0	0

8. स्वीकृत कर्मचारियों की संख्या (श्रेणीवार)

समूह/श्रेणी	वैज्ञानिक	तकनीकी	प्रशासनिक	आनुषंगिक	कुल
क	60	-	1	-	61
ख	-	3	14	-	17
ग	-	51	22	35	108
कुल	60	54	37	35	186

9. वर्ष 2024-2025 के लिए स्वीकृत एवं जारी बजट अनुदान

योजना	:	₹ 4865.00 लाख
गैर योजना	:	शून्य
कुल	:	₹ 4865.00 लाख

संस्थान के कर्मचारीगण

वैज्ञानिक

1. डॉ. विनीत कुमार गहलौत	निदेशक (दि. 23.01.2025 से कार्यभार ग्रहण किया)
2. प्रो. महेश जी. ठक्कर	निदेशक (अतिरिक्त प्रभार दि. 09.08.2024 से 22.01.2025 तक)
3. डॉ. कालाचौंद साई	निदेशक (दि. 08.08.2024 को विरमित)
4. डॉ. आर.जयगोंडापेरुमल	वैज्ञानिक 'एफ'
5. डॉ. के.एस. ल्यूरी	वैज्ञानिक 'एफ'
6. डॉ. कपेसा लोखो	वैज्ञानिक 'एफ'
7. डॉ. आर.के. सहगल	वैज्ञानिक 'एफ'
8. डॉ. संतोष कुमार राय	वैज्ञानिक 'ई'
9. डॉ. जयेन्द्र सिंह	वैज्ञानिक 'ई'
10. डॉ. बी.के. मुखर्जी	वैज्ञानिक 'ई'
11. डॉ. नरेश कुमार	वैज्ञानिक 'ई'
12. डॉ. गौतम रावत	वैज्ञानिक 'ई'
13. डॉ. देवाजित हजारिका	वैज्ञानिक 'ई'
14. डॉ. कौशिक सेन	वैज्ञानिक 'ई'
15. डॉ. सत्यजीत सिंह ठाकुर	वैज्ञानिक 'ई'
16. डॉ. नरेंद्र कुमार मीणा	वैज्ञानिक 'ई' (लियन पर)
17. डॉ. परम कीर्ति राव गौतम	वैज्ञानिक 'ई'
18. डॉ. दिलीप कुमार यादव	वैज्ञानिक 'ई'
19. डॉ. मनीष मेहता	वैज्ञानिक 'ई'
20. डॉ. राजेश एस.	वैज्ञानिक 'डी'
21. डॉ. स्वप्नमिता सी. वैदेश्वरन	वैज्ञानिक 'डी'
22. डॉ. विकास	वैज्ञानिक 'डी'
23. डॉ. सोम दत्त	वैज्ञानिक 'डी'
24. डॉ. अनिल कुमार	वैज्ञानिक 'डी'
25. श्री सौरभ सिंघल	वैज्ञानिक 'डी'
26. डॉ. नरेंद्र कुमार	वैज्ञानिक 'डी'
27. डॉ. प्रवीण कुमार	वैज्ञानिक 'डी'
28. डॉ. विनीत कुमार	वैज्ञानिक 'डी' (लियन पर)
29. डॉ. आदित्य खरया	वैज्ञानिक 'डी'
30. डॉ. सुमन लता श्रीवास्तव	वैज्ञानिक 'डी'
31. डॉ. छवि पंत पांडे	वैज्ञानिक 'डी'
32. डॉ. समीर कुमार तिवारी	वैज्ञानिक 'डी'
33. डॉ. परमजीत सिंह	वैज्ञानिक 'सी'
34. डॉ. सुदीप्त सरकार	वैज्ञानिक 'सी'
35. डॉ. पिकी बिष्ट	वैज्ञानिक 'सी'
36. डॉ. राकेश भांबरी	वैज्ञानिक 'सी'
37. डॉ. अमित कुमार	वैज्ञानिक 'सी'
38. डॉ. सी. पेरुमलसामी	वैज्ञानिक 'सी'
39. डॉ. प्रताप चन्द्र सेठी	वैज्ञानिक 'सी'
40. डॉ. हृदया चौहान	वैज्ञानिक 'सी'
41. डॉ. वंदना	वैज्ञानिक 'सी'
42. डॉ. रीफ अहमद शाह	वैज्ञानिक 'सी'

43. डॉ. पंकज चौहान	वैज्ञानिक 'सी'
44. डॉ. प्रियदर्शी चिनमय कुमार	वैज्ञानिक 'सी'
45. डॉ. मुतुम रजनीकांत सिंह	वैज्ञानिक 'सी'
46. डॉ. चिनमय हलदर	वैज्ञानिक 'सी'
47. डॉ. शुभोजित साहा	वैज्ञानिक 'सी'
48. डॉ. एम. प्रकाशम	वैज्ञानिक 'बी'
49. डॉ. जयराम सिंह यादव	वैज्ञानिक 'बी'
50. डॉ. शुभम बोस	वैज्ञानिक 'बी'
51. डॉ. नवीन चंद्रा	वैज्ञानिक 'बी'
52. डॉ. एन. प्रेमजित सिंह	वैज्ञानिक 'बी'
53. डॉ. तारिक अनवर अंसारी	वैज्ञानिक 'बी'
54. डॉ. बप्पा मुखर्जी	वैज्ञानिक 'बी'
55. डॉ. राजीव लोचन मिश्रा	वैज्ञानिक 'बी'
56. डॉ. महेश रामाराव कापावर	वैज्ञानिक 'बी'
57. डॉ. कुंदा बढे	वैज्ञानिक 'बी'
58. डॉ. जितेन्द्र कुमार	वैज्ञानिक 'बी'
59. डॉ. प्रमोद कुमार रजक	वैज्ञानिक 'बी'

तकनीकी कार्मिक

1. श्री संजीव कुमार डबराल	वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी (दि. 31.11.2024 को सेवानिवृत्त)
2. श्री राकेश कुमार	वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी
3. श्री एन.के. जुयाल	वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी (दि. 30.08.2024 को सेवानिवृत्त)
4. श्री सी.बी. शर्मा	अधिसासी अभियंता
5. श्री टी.के. आहूजा	तकनीकी अधिकारी
6. श्री एसएस भंडारी	तकनीकी अधिकारी
7. श्री रामबीर कौशिक	तकनीकी अधिकारी
8. श्री भरत सिंह राणा	तकनीकी अधिकारी
9. श्री ज्ञान प्रकाश	सहायक प्रकाशन एवं प्रलेखन अधिकारी
10. डॉ. बलराम	पुस्तकालयाध्यक्ष
11. श्री आर.एम. शर्मा	वरिष्ठ लैब तकनीशियन
12. श्रीमती सरिता	वरिष्ठ तकनीकी सहायक
13. श्री राकेश कुमार	वरिष्ठ तकनीकी सहायक
14. श्रीमती साक्षी मोर्य चौधरी	वरिष्ठ तकनीकी सहायक
15. श्रीमती दिशा विश्वा	वरिष्ठ तकनीकी सहायक
16. डॉ. गौरव जैन	वरिष्ठ तकनीकी सहायक (अधिसंख्य पद) (दि. 23.08.2024 को कार्यभार ग्रहण किया) (विज्ञान प्रसार, नई दिल्ली से पुनर्नियुक्त)
17. श्री राहुल लोध	प्रयोगशाला सहायक
18. श्री प्रतीक नेगी	चित्रकार सह प्रतिरूपक
19. श्री विपिन चौहान	तकनीकी सहायक
20. श्री दीपक कुमार	तकनीकी सहायक
21. श्री प्रमोद कुमार	तकनीकी सहायक

22. श्री आकाश खाती	तकनीकी सहायक	18. श्रीमती मेघा खुगशाल	प्रवर श्रेणी लिपिक
23. श्री नंद राम	विद्युतकार-सह-पंप प्रचालक (दि. 30.08.2024 को सेवानिवृत्त)	19. श्रीमती सुरभि	प्रवर श्रेणी लिपिक
24. श्री तरुण जैन	प्रारूपकार	20. श्री दीपक जखमोला	प्रवर श्रेणी लिपिक
25. श्री पंकज सेमवाल	प्रारूपकार	21. श्री दिनेश कुमार सिंह	प्रवर श्रेणी लिपिक
26. श्री अनिल सिंह	प्रारूपकार (दि. 17.12.2024 को देहावसान)	22. श्रीमती रचना	प्रवर श्रेणी लिपिक
27. श्री संतू दास	सेक्शन कटर	23. श्रीमती पुष्पा बर्थावाल	अवर श्रेणी लिपिक (दि. 31.01.2025 को सेवानिवृत्त)
28. श्री पुनीत कुमार	(दि. 31.08.2024 को सेवानिवृत्त)	24. श्री अमित कुमार	अवर श्रेणी लिपिक
29. श्री अमित मंडारी	सेक्शन कटर	25. श्री पिण्डु कुमार	अवर श्रेणी लिपिक
30. श्री हरि सिंह चौहान	कनिष्ठ छायाचित्रकार	26. श्री नावेद खान	अवर श्रेणी लिपिक
31. श्री प्रीतम सिंह	क्षेत्र-सह-प्रयोगशाला-परिचर	27. श्री विशेष कुमार गौतम	अवर श्रेणी लिपिक
32. श्री संजीव कुमार	(दि. 30.04.2024 को सेवानिवृत्त)	28. सुश्री सबा	अवर श्रेणी लिपिक
33. श्री दीपक तिवारी	क्षेत्र-सह-प्रयोगशाला-परिचर	29. श्री मंजीत राणा	अवर श्रेणी लिपिक
34. श्री अजय कुमार उपाध्याय	क्षेत्र-सह-प्रयोगशाला-परिचर		
35. सुश्री संगीता बोरा	क्षेत्र-सह-प्रयोगशाला-परिचर	सहायक स्टाफ	
36. श्रीमती अंजलि	क्षेत्र-सह-प्रयोगशाला-परिचर	1. श्री मनमोहन	चालक
37. श्री अजय कुमार	क्षेत्र-सह-प्रयोगशाला-परिचर	2. श्री विककी तोमर	चालक
38. श्री विपिन कुमार आदित्य	क्षेत्र-सह-प्रयोगशाला-परिचर	3. श्री भूपेन्द्र कुमार	चालक
39. श्री नितेश कुमार	क्षेत्र-सह-प्रयोगशाला-परिचर	4. श्री राजेश यादव	चालक
40. श्री अभिषेक कुमार	क्षेत्र-सह-प्रयोगशाला-परिचर	5. श्री प्रदीप शाह	चालक
41. श्री संदीप सिंह	क्षेत्र-सह-प्रयोगशाला-परिचर	6. श्री एस.के.गुप्ता	एम.टी.एस. (दि. 31.05.2024 को सेवानिवृत्त)
42. श्री अजीत कुमार	क्षेत्र-सह-प्रयोगशाला-परिचर	7. श्री सुरेंद्र सिंह	एम.टी.एस.
43. श्री नरेंद्र मनराल	क्षेत्र-सह-प्रयोगशाला-परिचर	8. श्री सत्यनारायण	एम.टी.एस.
44. श्री आकाश शर्मा	क्षेत्र परिचर	9. श्री रोहलू राम	एम.टी.एस.
45. श्री आशीष सिंह	क्षेत्र परिचर	10. श्री एच.एस.मनराल	एम.टी.एस.
46. श्री आकाश सैनी	क्षेत्र परिचर	11. श्री जी.डी.शर्मा	एम.टी.एस.
		12. श्री दिनेश प्रसाद सकलानी	एम.टी.एस.
		13. श्री प्रीतम	एम.टी.एस.
		14. श्री आशीष राणा	एम.टी.एस.
		15. श्री सुनील कुमार	एम.टी.एस.
		16. श्री हरीश कुमार वर्मा	एम.टी.एस.
		17. श्री कमलेश सिंह	एम.टी.एस.
		18. श्री राजकिरण सिंह	एम.टी.एस.
		19. श्री अब्दुल बासित	एम.टी.एस.
		20. श्री योगेन्द्र सकलानी	एम.टी.एस.
		21. सुश्री दीप्ति पाण्डे	एम.टी.एस.
		22. श्रीमती साक्षी चौहान	एम.टी.एस.
		23. श्री चन्द्रपाल	एम.टी.एस. (दि. 02.09.2024 को कार्यभार ग्रहण किया) (विज्ञान प्रसार, नई दिल्ली से पुनर्नियोजित)
प्रशासनिक कार्मिक		संविदा कर्मचारी	
1. श्री पंकज कुमार वर्मा	रजिस्ट्रार	1. श्री रेजाउद्दीन चौधरी	चालक
2. श्री एस.के. श्रीवास्तव	प्रशासनिक अधिकारी	2. श्री विजय सिंह	चालक
3. श्री मानस कुमार विश्वास	भण्डार एवं क्रय अधिकारी	3. श्री रुद्रा छेत्री	एमटीएस
4. श्री राहुल शर्मा	सहायक वित्त एवं लेखा अधिकारी	4. श्री लक्ष्मण सिंह मंडारी	एमटीएस
5. श्री अंकित रावत	वरिष्ठ निजी सहायक	5. श्री कालिदास	एम.टी.एस
6. श्रीमती शालिनी रावत	आशुलिपिक ग्रेड II	6. श्री उम्मेद सिंह	एमटीएस
7. श्रीमती नीलम चबाक	सहायक		
8. श्रीमती सीमा जुवाल	सहायक (दि. 31.08.2024 को सेवानिवृत्त)		
9. श्री यशपाल सिंह बिष्ट	कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी		
10. श्रीमती सुमन नंदा	सहायक		
11. श्री कुलवंत सिंह मनराल	सहायक		
12. श्रीमती ऋचा कुकरेजा	आशुलिपिक ग्रेड III		
13. श्री विजय राम भट्ट	प्रवर श्रेणी लिपिक		
14. श्री गिरीश चंद्र सिंह	प्रवर श्रेणी लिपिक		
15. श्री राजीव यादव	प्रवर श्रेणी लिपिक		
16. श्री अमरदीप कुमार	प्रवर श्रेणी लिपिक		
17. श्री धनवीर सिंह	प्रवर श्रेणी लिपिक		

शासी निकाय / अनुसंधान सलाहकार समिति / वित्त समिति / भवन समिति के सदस्य

शासी निकाय

(17 फरवरी 2025 तक)

क्रमांक	नाम	पता	पद
1.	प्रो. तलत अहमद	कुलपति कश्मीर विश्वविद्यालय, हजरतबल, श्रीनगर- 190006 (जम्मू एवं कश्मीर)	अध्यक्ष
2.	सचिव, विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग (भारत सरकार) या उनके द्वारा नामित	विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग, प्रौद्योगिकी भवन, न्यू महरीली मार्ग, नई दिल्ली - 110016	सदस्य
3.	वित्तीय सलाहकार, विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग (भारत सरकार) या उनके द्वारा नामित	विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग, प्रौद्योगिकी भवन, न्यू महरीली मार्ग, नई दिल्ली - 110016	सदस्य
4.	डॉ. ओ.पी. मिश्रा	वैज्ञानिक - 'जी' पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय, भारत सरकार पृथ्वी भवन, लोदी रोड, नई दिल्ली - 110003	सदस्य
5.	प्रो. एम. जयानंदा	प्रमुख, पृथ्वी एवं अंतरिक्ष विज्ञान केन्द्र, हैदराबाद विश्वविद्यालय, पो.ओ. केन्द्रीय विश्वविद्यालय, गच्चीवावली, हैदराबाद - 500046 (तेलंगाना)	सदस्य
6.	प्रो. पुलक सेनगुप्ता	प्रोफेसर, भूविज्ञान विभाग जादवपुर विश्वविद्यालय, 188, राजा सुबोध चन्द्र मलिक रोड, पोड़डार नगर, जादवपुर, कोलकाता - 700032 (पश्चिम बंगाल)	सदस्य
7.	प्रो. एन.वी. चलपतिराव	प्रोफेसर, भूविज्ञान विभाग बनारस हिंदु विश्वविद्यालय, अजागरा, वाराणसी-221005 (उत्तर प्रदेश)	सदस्य
8.	प्रो. अनुपम चट्टोपाध्याय	भूविज्ञान विभाग 34, छत्रू मार्ग, दिल्ली विश्वविद्यालय (उत्तरी परिसर) दिल्ली - 110007	सदस्य
9.	प्रो. शैबाल गुप्ता	प्रोफेसर एवं प्रमुख, भूविज्ञान एवं भूमौतिकी विभाग भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान-खडगपुर खडगपुर, 721302 (पश्चिम बंगाल)	सदस्य
10.	प्रो. एस.सी. पटेल	प्रोफेसर, पृथ्वी विज्ञान विभाग भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान - बंबई पवई, मुंबई - 400076 (महाराष्ट्र)	सदस्य
11.	प्रो. शकील रौमशो	कुलपति इस्लामिक यूनिवर्सिटी ऑफ साइंस एण्ड टेक्नोलॉजी, 1-यूनिवर्सिटी एवेन्यू, अवंतीपुरा, पुलवामा - 192122 (जम्मू एवं कश्मीर)	सदस्य
12.	निदेशक, वा.हि.भू.सं.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान 33, जीएमएस रोड, देहरादून-248001	सदस्य सचिव
13.	रजिस्ट्रार, वा.हि.भू.सं.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान 33, जीएमएस रोड, देहरादून-248001	गैर-सदस्य- सहायक सचिव

शासी निकाय

(दि. 18 फरवरी 2025 से)

क्रमांक	नाम	पता	पद
1.	डॉ. शैलेश नायक	निदेशक, राष्ट्रीय उन्नत अध्ययन संस्थान भारतीय विज्ञान संस्थान परिसर, बेंगलुरु - 560012	अध्यक्ष
2.	सचिव, विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग (भारत सरकार) या उनके द्वारा नामित	विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग, प्रौद्योगिकी भवन, न्यू महरौली मार्ग, नई दिल्ली - 110016	सदस्य
3.	वित्तीय सलाहकार, विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग (भारत सरकार) या उनके द्वारा नामित	विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग, प्रौद्योगिकी भवन, न्यू महरौली मार्ग, नई दिल्ली - 110016	सदस्य
4.	प्रो. तलत अहमद	पूर्व-कुलपति, कश्मीर विश्वविद्यालय तथा जामिया मिलिया इस्लामिया, नई दिल्ली लेन नंबर 6, मकान नंबर 8, आशीर्वाद एन्क्लेव, देहरादून-248001	सदस्य
5.	प्रो. ए.पी. डिमरी	निदेशक, भारतीय भूचुंबकत्व संस्थान, प्लॉट संख्या 5, सेक्टर 18, कलंबोली हाईवे के पास, न्यू पनवेल, नवी मुंबई - 410218 (महाराष्ट्र)	सदस्य
6.	डॉ. सुनील कुमार सिंह	निदेशक, राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान, डोना पाउला- 403004, (गोवा)	सदस्य
7.	डॉ. ओ.पी. मिश्रा	वैज्ञानिक 'जी' पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय, भारत सरकार, पृथ्वी भवन, लोधी रोड, नई दिल्ली-110003	सदस्य
8.	डॉ. प्रकाश चौहान	निदेशक, राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन, अंतरिक्ष विभाग, भारत सरकार, बालानगर, हैदराबाद-500037	सदस्य
9.	डॉ. एन.वी. चलपति राव	निदेशक, राष्ट्रीय पृथ्वी विज्ञान अध्ययन केंद्र, पोस्ट बॉक्स नंबर 7250, अक्कुलम रोड, तिरुवनंतपुरम-695011 (केरल)	सदस्य
10.	प्रो. के. राजेन्द्रन	भारतीय विज्ञान संस्थान से सेवानिवृत्त बेंगलुरु - 560012	सदस्य
11.	डॉ. प्रकाश कुमार	निदेशक, सीएसआईआर-राष्ट्रीय भूभौतिकीय अनुसंधान संस्थान, उपपल रोड, हैदराबाद-500007	सदस्य
12.	निदेशक, वा.हि.भू.सं.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान 33, जीएमएस रोड, देहरादून-248001	सदस्य
13.	रजिस्ट्रार, वा.हि.भू.सं.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान 33, जीएमएस रोड, देहरादून-248001	गैर-सदस्य- सहायक सचिव

अनुसंधान सलाहकार समिति

क्रमांक	नाम	पता	पद
1.	डॉ. शैलेश नायक	निदेशक, राष्ट्रीय उन्नत अध्ययन संस्थान भारतीय विज्ञान संस्थान परिसर, बेंगलुरु - 560012	अध्यक्ष
2.	प्रो. टी.एन. सिंह	निदेशक, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान-पटना, बिहता, पटना - 801106 (बिहार)	सदस्य
3.	प्रो. डी.सी. श्रीवास्तव	प्रख्यात प्रोफेसर पृथ्वी विज्ञान विभाग, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान - रुड़की, रुड़की - 247667	सदस्य
4.	श्री राजेश कुमार श्रीवास्तव	निदेशक, तेल एवं प्राकृतिक गैस आयोग लि., 5, नेल्सन मण्डेला रोड, वसंत कुंज, नई दिल्ली - 110070	सदस्य
5.	डॉ. रसिक रविन्द्र	608, लल्लेश्वरी अपार्टमेंट, सेक्टर-21 डी, फरीदाबाद - 121001	सदस्य
6.	प्रो. राजेश कु. श्रीवास्तव	प्रोफेसर एवं भूतपूर्व प्रमुख, भूविज्ञान विभाग, बनारस हिंदु विश्वविद्यालय, वाराणसी - 221005 (उत्तर प्रदेश)	सदस्य
7.	डॉ. बिनीता फर्तियाल	वैज्ञानिक - 'ई' बीरबल साहनी पुराविज्ञान संस्थान, 53, विश्वविद्यालय मार्ग, लखनऊ - 226007 (उत्तर प्रदेश)	सदस्य
8.	डॉ. प्रकाश चौहान	निदेशक, भारतीय सुदूर संवेदन संस्थान, 4, कालिदास रोड, देहरादून - 248001 (उत्तराखण्ड)	सदस्य
9.	डॉ. ओ.पी. मिश्रा	वैज्ञानिक 'जी' एवं प्रमुख, राष्ट्रीय भूकंप विज्ञान केंद्र पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय, भारत सरकार पृथ्वी भवन, लोधी रोड, नई दिल्ली-110003	सदस्य
10.	डॉ. प्रसून जना	उपमहानिदेशक, भारतीय भूविज्ञान सर्वेक्षण, देहरादून - 248001	सदस्य
11.	प्रो. कुसाला राजेन्द्रन	पृथ्वी विज्ञान केन्द्र, भारतीय विज्ञान संस्थान, बेंगलुरु - 560012	सदस्य
12.	प्रो. एल.एस. चमयाल	प्रमुख, भूविज्ञान विभाग, विज्ञान संकाय, द एम.एस. यूनिवर्सिटी ऑफ बड़ौदा बड़ौदरा - 390002 (गुजरात)	सदस्य
13.	प्रो. शान्तनु बनर्जी	पृथ्वी विज्ञान विभाग भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान-बंबई पवई, मुंबई - 400076 (महाराष्ट्र)	सदस्य
14.	डॉ. वी. बलराम	वैज्ञानिक 'जी' (सेवानिवृत्त), एस.सी.आई.आर.-एन.जी.आर.आई., हैदराबाद, परामर्शदाता, आई.यू.ए.सी., दिल्ली	सदस्य
15.	प्रो. देवेश कु. सिन्हा	समुद्रविज्ञान एवं जलीय भूविज्ञान, भूविज्ञान विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली - 110007	सदस्य
16.	प्रो. शैबाल गुप्ता	प्रोफेसर एवं प्रमुख, भूविज्ञान एवं भूभौतिकी विभाग भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान-खड़गपुर खड़गपुर, 721302 (पश्चिम बंगाल)	सदस्य
17.	निदेशक, वा.हि.भू.सं.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, 33 जीएमएस रोड, देहरादून - 248001	सदस्य
18.	डॉ. आर. जयगोण्डापेरूमल	वैज्ञानिक 'एफ', वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान 33 जीएमएस रोड, देहरादून - 248001	सदस्य सचिव

वित्त समिति

क्रमांक	नाम	पता	पद
1.	वित्तीय सलाहकार, विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग (भारत सरकार) या उनके द्वारा नामित	विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग, प्रौद्योगिकी भवन, नई महरौली रोड, नई दिल्ली-110016	अध्यक्ष
2.	प्रो. अनुपम चट्टोपाध्याय	भूविज्ञान विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय (उत्तरी परिसर) 34, छत्र मार्ग, दिल्ली - 110 007	सदस्य
3.	निदेशक, वा.हि.भू.सं.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, 33 जीएमएस रोड, देहरादून-248001	सदस्य
4.	रजिस्ट्रार, वा.हि.भू.सं.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान 33 जीएमएस रोड, देहरादून-248001	सदस्य
5.	सहा. वित्त एवं लेखा अधिकारी, वा.हि.भू.सं.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान 33 जीएमएस रोड, देहरादून-248001	सदस्य सचिव

भवन समिति

क्रमांक	नाम	पता	पद
1.	निदेशक, वा.हि.भू.सं.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान 33 जीएमएस रोड, देहरादून-248001	अध्यक्ष
2.	वित्तीय सलाहकार, विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग (भारत सरकार) या उनके द्वारा नामित	विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग, प्रौद्योगिकी भवन, न्यू महरौली मार्ग, नई दिल्ली - 110 016	सदस्य
3.	सर्वे ऑफ इंडिया के प्रतिनिधि	हाथीबड़कला, देहरादून	सदस्य
4.	मुख्य अभियंता, सी.पी.डब्ल्यू.डी. या उनके नामित	सी.पी.डब्ल्यू.डी., देहरादून - 248001	सदस्य
5.	श्री आशीष कुमार सिंह ओ.एन.जी.सी., देहरादून के प्रतिनिधि	वरिष्ठ अभियंता (सिविल), तेल भवन, तेल एवं प्राकृतिक गैस आयोग लि., देहरादून - 248001	सदस्य
6.	डॉ. आर.जे. पेरुमल	वैज्ञानिक - 'एफ' वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, 33 जीएमएस रोड, देहरादून-248001	सदस्य
7.	श्री राजेश कुमार (भारतीय पेट्रोलियम संस्थान, देहरादून के निदेशक द्वारा नामित)	वरिष्ठ प्रधान वैज्ञानिक एवं प्रमुख ए.एस.डी. सी.एस.आई.आर. भारतीय पेट्रोलियम संस्थान, हरिद्वार रोड, देहरादून - 248005	सदस्य
8.	रजिस्ट्रार, वा.हि.भू.सं.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान 33 जीएमएस रोड, देहरादून - 248001	सदस्य
9.	अधिसासी अभियंता, वा.हि.भू.सं.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान 33 जीएमएस रोड, देहरादून - 248001	सदस्य सचिव

लेखा विवरण

के.आर.ए. एण्ड कम्पनी
सनदी लेखाकार



प्रथम तल, श्री राज कॉम्प्लैक्स, नागरी बस स्टैण्ड
के सामने, कतुआ (जम्मू व कश्मीर) 184 101
फोन नं. 9419158267,
ईमेल : ajay.kraindia@gmail.com

वित्तीय विवरणों पर समेकित लेखा-परीक्षक आख्या

शासी निकाय के सदस्य,
वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान,
33, जी.एम.एस. रोड, देहरादून
उत्तराखण्ड

हमने वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, 33 जी.एम.एस. रोड, देहरादून के 31 मार्च 2025 को समाप्त वर्ष के संलग्न वित्तीय विवरण पर समेकित लेखा-परीक्षण किया है, जिसमें तुलन-पत्र, आय-व्यय लेखा, पावती तथा महत्वपूर्ण लेखा नीतियों का संक्षिप्त विवरण सम्मिलित है।

सोसाइटी का प्रबंधन, इन वित्तीय विवरणों को विधि अनुरूप सृजन हेतु उत्तरदायी है। इस उत्तरदायित्व में, वित्तीय विवरणों के सृजन एवं प्रस्तुति से प्रासंगिक आंतरिक नियंत्रण की संकल्पना, कार्यान्वयन तथा अनुरक्षण सम्मिलित हैं, जिनमें सही और उचित मत प्रस्तुत किए गए हैं तथा ये तथ्यात्मक मिथ्य कथनों से मुक्त हैं, उनका कारण चाहे छल हो या त्रुटि।

हमारा उत्तरदायित्व, हमारे लेखा-परीक्षण के आधार पर इन वित्तीय विवरणों पर अपने विचार प्रकट करना है। हमने अपने लेखा-परीक्षण का निष्पादन भारतीय सनदी लेखाकार संस्थान द्वारा निर्गत लेखा-परीक्षण के मानकों के अनुरूप किया है। उन मानकों की आवश्यकता होती है कि हम नीतिपरक अपेक्षाओं का अनुपालन करें तथा लेखा-परीक्षण की योजना एवं निष्पादन इस बात का उचित आश्वासन प्राप्त करने के बाद ही करें कि वित्तीय विवरण तथ्यात्मक मिथ्य कथनों से मुक्त हैं या नहीं।

लेखा-परीक्षण में, वित्तीय विवरणों में दी गई राशियों तथा प्रकटीकरणों के संबंध में लेखा-परीक्षण साक्ष्य प्राप्त करने की कार्यविधियों का निष्पादन सम्मिलित है। चयनित कार्यविधियां लेखा-परीक्षक के विवेक पर निर्भर करती हैं, जिनमें छल या त्रुटि के कारण, वित्तीय विवरणों के तथ्यात्मक मिथ्य कथनों के जोखिम का आकलन भी सम्मिलित है। इस जोखिम आकलनों के सृजन में लेखा-परीक्षक, सोसाइटी के वित्तीय विवरणों के सृजन एवं उनकी उनके उचित प्रस्तुतिकरण के अनुरूप आंतरिक नियंत्रण पर विचार करता है ताकि उन परिस्थितियों के कारण उपयुक्त लेखा-परीक्षा कार्यविधियों की संकल्पना की जा सके। लेखा-परीक्षण में प्रयुक्त लेखाकरण नीतियों की उपयुक्तता का तथा प्रबंधन द्वारा किए गए लेखाकरण आकलनों के औचित्य का मूल्यांकन करने के साथ-साथ वित्तीय विवरणों के समय प्रस्तुतिकरण का मूल्यांकन भी सम्मिलित है।

ह0

हमारा विश्वास है कि हमने जिन लेखा-परीक्षण साक्ष्यों को प्राप्त किया है, वह हमारे लेखा-परीक्षण मत को आधार प्रदान करने के लिए पर्याप्त और उपयुक्त हैं।

हमारे विचार और पूर्ण सूचना अनुसार तथा हमें प्रदत्त स्पष्टीकरणों के अनुसार, यह वित्तीय विवरण, अधिनियम की अपेक्षाओं के अनुसार सभी तथ्यपरक जानकारियां प्रदान करने हैं तथा अनुलग्नक - "1" में दी गई हमारी टिप्पणियों के मद्देनजर, भारत में सामान्यतः स्वीकृत लेखाकरण सिद्धांतों के समनुरूप सही और उचित मत प्रदान करते हैं :

(क) 31 मार्च 2025 को सोसाइटी के मामलों के तुलन-पत्र के संबंध में;

(ख) उसी तिथि को समाप्त वर्ष के घाटे के, आय तथा व्यय लेखा के संबंध में; तथा

(ग) उसी तिथि को समाप्त वर्ष के कैश-प्लो की प्राप्तियों और भुगतान लेखा के संबंध में।

कृते केआरए एंड कम्पनी
सनदी लेखाकार

ह0

सी.ए. अजय कुमार

एफ.सी.ए.

एफ.आर.एन. : 020266N

एम.एन.ओ. : 503015

यू.डी.आई.एन. : 25503015BMGLLV6106

दिनांक : 06 जून 2025

स्थान : देहरादून

लेखा-परीक्षा आख्या के समेकित वित्तीय विवरण हेतु परिशिष्ट – 1 (वित्तीय वर्ष 2024-25)

वित्तीय वर्ष 2024-25 के लेखा-परीक्षण के दौरान निम्नांकित प्रेक्षण नोटिस किए गए। उक्त पर प्रबंधन से विमर्श किया गया तथा प्रबंधन की अग्रेतर टिप्पणियां/स्पष्टीकरणों को भी प्रेक्षित किया गया।

क्र.सं.	सनदी लेखाकार द्वारा टिप्पणियां/प्रेक्षण
1.	यह प्रेक्षित किया गया कि संस्थान ने भारतीय स्टेट बैंक में एफसीआरए खाते के प्रावधानों के अनुसार यथाआवश्यक बैंक खाता नहीं खुलवाया है। अतः, एफसीआरए से संबंधित समस्त लेनदेन एवं रीटर्न लंबित हैं।
2.	वित्त वर्ष 2024-25 हेतु अचल संपत्तियों एवं पुरतकालय का भौतिक सत्यापन नहीं किया गया। संपत्तियों के भौतिक सत्यापन के संबंध में जी.एफ.आर. में वर्णित नियम के अनुपालन न होने का कारण निर्दिष्ट किया जाए।

कृते केआरए एंड कम्पनी
सनदी लेखाकार

ह0

सी.ए. अजय कुमार

एफ.सी.ए.

एफ.आर.एन. : 020266N

एम.एन.ओ. : 503015

यू.डी.आई.एन. : 25503015BMGLLV6106

दिनांक : 06 जून 2025

स्थान : देहरादून

सनदी लेखाकार के प्रेक्षणों पर कार्रवाई आख्या : लेखा-परीक्षा आख्या के समेकित वित्तीय विवरण हेतु परिशिष्ट – 1 (वित्तीय वर्ष 2024-25)

क्र.सं.	सनदी लेखाकार द्वारा टिप्पणियां/प्रेक्षण	संस्थान द्वारा प्रति उत्तर एवं कार्रवाई
1.	यह प्रेक्षित किया गया कि संस्थान ने भारतीय स्टेट बैंक में एफसीआरए खाते के प्रावधानों के अनुसार यथाआवश्यक बैंक खाता नहीं खुलवाया है। अतः एफसीआरए से संबंधित समस्त लेनदेन एवं सीटर्न लंबित हैं।	सख्त अनुपालन हेतु नोट किया गया। यह सूचित करना है कि लेखापरीक्षा के अंतर्गत अवधि में कोई भी विदेशी लेनदेन नहीं हुए।
2.	वित्त वर्ष 2024-25 हेतु अचल संपत्तियों एवं पुस्तकालय का भौतिक सत्यापन नहीं किया गया। संपत्तियों के भौतिक सत्यापन के संबंध में जी.एफ.आर. में वर्णित नियम के अनुपालन न होने का कारण निर्दिष्ट किया जाए।	वर्ष 2023-24 हेतु भौतिक सत्यापन पूर्ण किया जा चुका है। वर्ष 2024-2025 हेतु भौतिक सत्यापन के संबंध में कृत कार्रवाई प्रगति में है तथा लेखापरीक्षा हेतु आख्या अगली लेखापरीक्षा में जमा की जाएगी।
	कृते केआरए एंड कम्पनी सनदी लेखाकार ह. सी.ए. अजय कुमार एफ.सी.ए.	ह. (राहुल शर्मा) सहा. वित्त एवं लेखा अधिकारी ह. (डॉ. विनीत कु. गहलौत) निदेशक ह. (पंकज कुमार वर्मा) रजिस्ट्रार

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून
तुलन पत्र
(31 मार्च 2024 तक)

(राशि रूपयों में...)

विवरण	अनुसूची	वर्तमान वर्ष	विगत वर्ष
देयता			
संग्रह/पूंजी निधि	1	78,31,57,158	80,28,25,623
आरक्षित तथा अधिशेष	2	—	—
चिह्नित/अक्षय निधि	3	17,29,623	33,96,395
आरक्षित कर्ज तथा उधार	4	—	—
अनारक्षित कर्ज तथा उधार	5	—	—
आस्थगित साख दायित्व	6	—	—
चालू दायित्व तथा उपबंध	7	75,86,391	76,53,632
कुल योग		79,24,73,172	81,38,75,650
परिसंपत्तियां			
निश्चित परिसंपत्तियां	8	41,76,24,409	37,96,98,636
चिह्नित/अक्षय निधि से निवेश	9	1,23,850	1,16,089
निवेश अन्य	10	—	—
चालू परिसंपत्तियां, ऋण तथा अग्रिम	11	37,47,24,913	43,40,60,925
कुल योग		79,24,73,171	81,38,75,650
महत्वपूर्ण लेखा नीतियां	37		
लेखा पर आकस्मिक देयताएं तथा टिप्पणियां	38		

लेखा परीक्षक आख्या

"इस तिथि को हमारी संलग्न पृथक आख्या अनुसार"

कृते केआरए एण्ड कम्पनी
सनदी लेखाकार

ह0

सी.ए. अजय कुमार
(एफ.सी.ए.)

ह.

(राहुल शर्मा)

सहा. वित्त एवं लेखा अधिकारी

ह.

(पंकज कुमार वर्मा)

रजिस्ट्रार

ह.

(डॉ. विनीत कु. गहलौत)

निदेशक

दिनांक : 06 जून 2025

स्थान : देहरादून

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून
आय-व्यय लेखा
(31 मार्च 2025 को समाप्त अवधि हेतु)

(राशि रूपों में...)

क्र.सं.	विवरण	अनुसूची	वर्तमान वर्ष	गत वर्ष
क	आय			
	विक्रय/सेवाओं से आय	12	—	—
	अनुदान/आर्थिक सहायता	13	44,89,63,568	45,95,28,063
	शुल्क/अभिदान	14	—	—
	निवेश से आय	15	10,78,187	11,31,316
	रॉयल्टी, प्रकाशन आदि से आय	16	1,17,690	1,45,430
	अर्जित ब्याज	17	1,23,81,939	1,27,78,059
	अन्य आय	18	1,33,45,342	1,05,47,054
	स्टॉक में वृद्धि/कमी (माल व डब्ल्यूआई.पी.)	19	—	—
	कुल (ए)		47,58,86,726	48,41,29,922
ख	व्यय			
	स्थापना व्यय	20	37,35,67,025	23,22,66,228
	अन्य शोध एवं प्रशासनिक व्यय	21	10,33,19,965	8,25,63,317
	अनुदान/आर्थिक सहायता आदि पर व्यय	22	10,39,476	—
	ब्याज/बैंक शुल्क	23	39,99,275	43,39,776
	मूल्य ह्रास लेखा	8	6,92,86,740	6,63,30,606
	तैयार माल/डब्ल्यूआई.पी. और प्रकाशन के स्टॉक में वृद्धि/कमी	ए-2	21,588	33,757
	परिसंपत्तियों की बिक्री में घाटा/(लाभ)	36	92,565	—
	कुल (बी)		55,11,41,504	38,77,21,517
	आय से अधिक व्यय के कारण अधिशेष (घाटा) अतिव्यय (ए-बी)		7,52,54,778	9,64,08,405
	विशेष आरक्षित निधि में स्थानांतरित (प्रत्येक का विवरण दें)		—	—
	सामान्य आरक्षित निधि में/से स्थानांतरित		—	—
	शेष अधिशेष (घाटा) होने के कारण पूंजीगत निधि में ले जाया गया		7,52,54,778	9,64,08,405

लेखा परीक्षक आख्या

“इस तिथि को हमारी संलग्न पृथक आख्या अनुसार”

कृते केआरए एंड कम्पनी

सनदी लेखाकार

ह.

सी.ए. अजय कुमार

(एफ.सी.ए.)

ह.

(राहुल शर्मा)

सहा. वित्त एवं लेखा अधिकारी

दिनांक : 06 जून 2025

स्थान : देहरादून

ह.

(पंकज कुमार वर्मा)

रजिस्ट्रार

ह.

(डॉ. विनीत कु. गहलौत)

निदेशक

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून
प्राप्तियां एवं भुगतान लेखा
(31 मार्च 2025 को समाप्त वर्ष हेतु)

(राशि रूपयों में...)

विवरण	अनुसूची	वर्तमान वर्ष	गत वर्ष
प्राप्तियां			
आदि शेष	24	22,60,44,479	21,79,83,393
सहायता अनुदान	26	50,84,63,568	51,51,28,063
सहायता अनुदान/अन्य प्राप्तियां (चिह्नित)	27	26,67,170	1,11,91,761
ऋण और अग्रिम	28	26,53,18,055	22,12,38,342
ऋण और अग्रिम (चिह्नित)	31	73,166	—
शुल्क/अभिदान	14	—	—
निवेश से आय	15	10,78,187	11,31,316
रॉयल्टी, प्रकाशन आदि से आय	16	1,17,690	1,45,430
अर्जित ब्याज	17	1,23,81,939	1,27,78,059
अन्य आय	18	1,33,45,342	1,05,47,054
निवेश (एल/सी मार्जिन धनराशि)	34	6,68,78,485	—
		1,09,63,68,081	99,01,43,419
भुगतान			
स्थापना व्यय	20	37,35,67,025	23,22,66,228
अन्य प्रशासनिक व्यय	21	10,33,19,965	8,25,63,317
अनुदान/राजसहायता आदि पर व्यय	22	10,46,707	1,60,83,800
ब्याज/बैंक शुल्क	23	39,99,275	43,39,776
ऋण और अग्रिम	29	27,00,18,579	36,67,19,661
ऋण और अग्रिम (चिह्नित)	32	7,761	6,383
निवेश (एल/सी मार्जिन धनराशि)	35	2,04,52,092	—
अचल संपत्ति	36	10,72,27,468	5,11,16,530
चिह्नित निधिक व्यय	33	25,76,213	1,10,03,246
पुनर्प्राप्त सहायता अनुदान धनराशि (चिह्नित)	30	17,57,729	—
इतिशेष	25	21,23,95,267	22,60,44,479
		1,09,63,68,081	99,01,43,419

लेखा परीक्षक आख्या

“इस तिथि को हमारी संलग्न पृथक आख्या अनुसार”

कृते केआरए एंड कम्पनी
सनदी लेखाकार

ह.
सी.ए. अजय कुमरी
(एफ.सी.ए.)

ह.
(राहुल शर्मा)
सहा. वित्त एवं लेखा अधिकारी

ह.
(पंकज कुमार वर्मा)
रजिस्ट्रार

ह.
(डॉ. विनीत कु. गहलौत)
निदेशक

दिनांक : 6 जून 2025
स्थान : देहरादून

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान
33, जी.एम.एस. रोड, देहरादून

31 मार्च 2025 को समाप्त वर्ष के लेखा का अंश निर्मित करने वाली अनुसूची

अनुसूची- 37 : महत्वपूर्ण लेखा नीतियां

1. लेखा परंपरा

यह लेखा विवरण इतिवृत्तीय लागत परंपरा (जब तक अन्यत्र वर्णित न हो) के आधार पर तथा आवधिक जमा पर प्रोद्भूत ब्याज को छोड़कर, लेखा को रोकड़ पद्धति के आधार पर तैयार किया गया है।

2. निवेश

“दीर्घावधिक निवेशों” के रूप में वर्गीकृत निवेशों को लागत पर रखा गया है।

3. निश्चित परिसंपत्तियां

(क) वित्त मंत्रालय द्वारा दि. 01.04.2001 से केन्द्रीय स्वायत्तशासी निकायों के लिए अनिवार्य बनाए गए “वित्तीय विवरणों के एकरूप लेखांकन प्रारूप” में की गई संस्तुतियों के अनुसार निश्चित परिसंपत्तियों को निवल खाता मूल्य पर वर्णित किया गया है।

(ख) निश्चित परिसंपत्तियों में किए गए योगों को, अर्जन से संबद्ध प्रासंगिक तथा प्रत्यक्ष व्ययों, माल-भाड़ा, शुल्क तथा कर सहित, अर्जन की लागत पर लिया गया है।

4. मूल्य ह्रास

(क) आय-कर अधिनियम, 1961 में विनिर्दिष्ट दरों के अनुरूप ह्रासित मूल्य पद्धति के आधार पर मूल्य-ह्रास का प्रावधान किया गया है।

(ख) जब किसी परिसंपत्ति को अमान्य कर दिया जाता है या बेचा जाता है या हटा दिया जाता है तो प्रारंभिक लागत को सकल ब्लॉक में से घटा दिया जाता है, डब्ल्यू.डी.वी. को डब्ल्यू.डी.वी. ब्लॉक से घटा दिया जाता है तथा घटाए जाने की तिथि तक परिसंपत्ति के संचित मूल्य ह्रास को, संबद्ध ब्लॉक के संचित मूल्य ह्रास में से घटा दिया जाता है।

(ग) वर्ष के दौरान निश्चित परिसंपत्तियों में परिवर्धन/कटौती के संबंध में, मूल्य ह्रास पर पूर्ण वार्षिक आधार पर विचार किया जाता है।

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान
33, जी.एम.एस. रोड, देहरादून

5. विविध व्यय

आस्थगित राजस्व व्यय, यदि कोई हो तो उसे प्राप्त करने के वर्ष से 5 वर्ष की अवधि की समाप्ति पर बट्टे-खाते में डाल दिया जाएगा।

6. बिक्री और सेवाओं का लेखांकन

संस्थान द्वारा जो भी परामर्शी सेवाएं उपलब्ध करवाई जाती हैं, उनका लेखा समग्र सेवाओं के आधार पर किया जाता है।

7. सरकारी अनुदान / आर्थिक सहायता

(क) पूंजीगत खर्च के लिए हुए अंशदान की प्रवृत्ति के सरकारी अनुदानों को तथा राजस्व खर्च के लिए अंशदान की प्रवृत्ति के सरकारी अनुदानों को आय-व्यय लेखा में हस्तांतरित कर दिया जाता है तथा अधिशेष या हानि को, सभी व्यय घटाने के बाद पूंजीगत / संग्रह निधि में हस्तांतरित कर दिया जाता है।

(ख) चिह्नित / अक्षय निधि के लिए हुए अनुदानों को सीधे ही संबद्ध निधि खाते में हस्तांतरित कर दिया जाता है।

(ग) सरकारी अनुदानों / आर्थिक सहायता का वसूली के आधार पर हिसाब रखा जाता है।

ह.
(राहुल शर्मा)
सहा. वित्त एवं लेखा अधिकारी

ह.
(पंकज कुमार वर्मा)
रजिस्ट्रार

ह.
(डॉ. विनीत कु. गहलीत)
निदेशक

दिनांक : 6 जून 2025
स्थान : देहरादून

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान
33, जी.एम.एस. रोड, देहरादून

31 मार्च 2025 को समाप्त वर्ष के लेखा का अंश निर्मित करने वाली अनुसूची

अनुसूची- 38 : आकस्मिक देयताएं तथा लेखा विवरण पर टिप्पणियां

1. प्रासंगिक देयता

(राशि रूपयों में...)

क)	उस एण्टिटी के समक्ष दावे जिन्हें ऋण के रूप में अभिस्वीकृत नहीं किया गया है	-शून्य-
ख)	निम्नांकित के संबंध में :	
	i) एण्टिटी के लिए/द्वारा दी गई बैंक गारंटी	-शून्य-
	ii) एण्टिटी के लिए बैंक द्वारा खोला गया साख-पत्र	-शून्य-
	iii) बैंको के पास बट्टागत हंडियां	-शून्य-
ग)	निम्नांकित के संबंध में विवादग्रस्त मांगें	-शून्य-
	i) आयकर (टी.डी.एस.)	-शून्य-
	ii) विक्री कर	
	iii) नगर पालिका कर	-शून्य-
घ)	आदेशों के निष्पादन न होने पर पार्टियों के दावों के संबंध में, परंतु एण्टिटी द्वारा विवादित	-शून्य-

2. पूंजी वचनबद्धता

पूंजी लेखा पर, निष्पादन से शेष रहे (ठेके) तथा प्रावधान न करवाये गए ठेके का, अनुमानित मूल्य (अग्रिमों का निवल)		
क)	भवन निर्माण	-शून्य-
ख)	अन्य परिसंपत्तियां	-शून्य-

3. पट्टा बाध्यता

प्लांट तथा मशीनरी के लिए वित्त पट्टा राजीनामा के अंतर्गत जमाबंदी हेतु भावी बाध्यता की राशि रूपए	-शून्य-
---	---------

4. चालू परिसंपत्तियां, ऋण और अग्रिम

संस्थान के विचार में, सामान्य व्यवसाय क्रम में चालू परिसंपत्तियों, ऋण और अग्रिमों का वसूली मूल्य तुलन-पत्र में दर्शाई गई राशि के बराबर है।

5. कराधान

आयकर अधिनियम, 1961 के अंतर्गत संस्थान की कोई कर योग्य आय न होने की दृष्टि से आयकर के लिए कोई भी प्रावधान रखा जाना आवश्यक नहीं समझा गया।

वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान
33, जी.एम.एस. रोड, देहरादून

6. विदेशी मुद्रा लेनदेन

(राशि रूपयों में...)

क)	सी.आई.एफ. आधार पर आयातों का परिकलित मूल्य :	
	i) तैयार माल का क्रय	-शून्य-
	ii) कच्चा माल और घटक (मार्गस्थ सहित)	-शून्य-
	iii) पूजीगत वस्तुएं	-शून्य-
	iv) भण्डार मद, स्पेयर्स तथा उपभोज्य वस्तुएं	-शून्य-
ख)	विदेशी मुद्रा में व्यय	
	i) यात्रा (विदेश में संगोष्ठी/सम्मेलन में भाग लेने हेतु)	-शून्य-
	ii) विदेशी मुद्रा में वित्तीय संस्थाओं/बैंकों को प्रेषणाधन तथा ब्याज का भुगतान	-शून्य-
	iii) अन्य व्यय	
	विक्री पर कमीशन	-शून्य-
	विधिक एवं व्यवसायिक व्यय	-शून्य-
	विविध व्यय	-शून्य-
ग)	आय	
	i) एफ.ओ.बी. आधार पर निर्यात का मूल्य	-शून्य-
	ii) परियोजनाओं हेतु अनुदान	-शून्य-

7. वित्त वर्ष 2024-25 के दौरान लेखा-परीक्षकों को निम्नांकित अनुसार भुगतान किया गया :

लेखा परीक्षकों को मानदेय		
i)	लेखा परीक्षकों के रूप में	1,75,212 /-
	कराधान मामले	-शून्य-
	प्रबंधन सेवाओं हेतु	-शून्य-
	प्रमाणीकरण हेतु	-शून्य-
ii)	अन्य	-शून्य-

8. निम्नांकित के लिए पृथक वित्तीय विवरण तैयार किए गए हैं :

- (क) वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान
(ख) अंशदायी/सामान्य भविष्य निधि
(ग) पेंशन निधि
(घ) अन्य अभिकरणों द्वारा प्रायोजित परियोजनाओं के समेकित वित्तीय विवरण
(ङ) अन्य अभिकरणों द्वारा प्रायोजित परियोजनाओं के व्यक्तिगत वित्तीय विवरण

9. पिछले वर्ष के तदनु रूप अंकों को जहां भी आवश्यकता थी, पुनर्सामूहिक/पुनर्निर्धारित किया गया।

10. संलग्न अनुसूचियां तथा अनुलग्नक 31 मार्च 2025 को समाप्त वर्ष के तुलन पत्र और 31 मार्च 2025 के आय-व्यय लेखा व प्राप्तियों एवं भुगतान के साथ संलग्न किया गया है तथा वह इसके अभिन्न अंग हैं।

ह.
(राहुल शर्मा)
सहा. वित्त एवं लेखा अधिकारी

ह.
(पंकज कुमार वर्मा)
रजिस्ट्रार

ह.
(डॉ. विनीत कु. गहलौत)
निदेशक

दिनांक : 6 जून 2025
स्थान : देहरादून

WADIA INSTITUTE OF HIMALAYAN GEOLOGY, DEHRA DUN

PUBLICATIONS AVAILABLE FOR SALE

HIMALAYAN GEOLOGY

(These volumes are the Proceedings of the Annual Seminars on Himalayan Geology organized by the Institute)

		(in Rs)	(in US \$)
Volume 1	(1971)	130.00	26.00
Volume 2*	(1972)	50.00	
Volume 3*	(1973)	70.00	
Volume 4*	(1974)	115.00	50.00
Volume 5	(1975)	90.00	50.00
Volume 6	(1976)	110.00	50.00
Volume 7	(1977)	110.00	50.00
Volume 8(1)	(1978)	180.00	50.00
Volume 8(2)	(1978)	150.00	45.00
Volume 9(1)	(1979)	125.00	35.00
Volume 9(2)	(1979)	140.00	45.00
Volume 10	(1980)	160.00	35.00
Volume 11	(1981)	300.00	60.00
Volume 12	(1982)	235.00	47.00
Volume 13*	(1989)	1000.00	100.00
Volume 14*	(1993)	600.00	-
(in Hindi)			
Volume 15*	(1994)	750.00	

(Available from M/s Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, Bombay, Kolkata)

Journal of Himalayan Geology

(A bi-annual Journal : published from 1990 to 1995)

	(in Rs)	(in US \$)
Annual Subscription		
Institutional	500.00	50.00
Individual	100.00	25.00

Volume 1 (1990) to Volume 6 (1995)*

HIMALAYAN GEOLOGY

(A bi-annual Journal incorporating Journal of Himalayan Geology)

Annual Subscription:	(in Rs)	(in US \$)
Institutional	500.00	50.00
Individual	100.00	25.00

Volume 17 (1996)*

Note: 'Journal of Himalayan Geology' & 'Himalayan Geology' have been merged and are being published as Himalayan Geology after 1996.

* **Out of Stock**

HIMALAYAN GEOLOGY

Revised Annual Subscription (w.e.f. 1997):	(in Rs)	(in US\$)
Institutional	750.00	50.00
Individual (incl. postage)	100.00	25.00
Volume 18 (1997) to Volume 26 (2005)*		
Volume 27 (2006) to Volume 32 (2011)*		
Volume 33 (2012)		
Volume 34 (2013) to Volume 36 (2016)*		
Volume 37 (2015) to Volume 38 (2017)		
Revised Annual Subscription (w.e.f. 2018):	(in Rs)	(in US\$)
Institutional	2000.00	150.00
Individual (incl. postage)	600.00	50.00
Volume 39 (2018) to Volume 43 (2022)		
Revised Annual Subscription (w.e.f. 2023):	(in Rs)	(in US\$)
Institutional	3000.00	225.00
Individual (incl. postage)	1000.00	100.00
Volume 44 (2023) to Volume 46 (2025)		

OTHER PUBLICATIONS

Geology of Kumaun Lesser Himalaya, 1980 (by K.S. Valdiya)	Rs. 180.00	US \$ 50.00
Geology of Indus Suture Zone of Ladakh, 1983 (by V.C. Thakur & K.K. Sharma)	Rs. 205.00	US \$ 40.00
Bibliography on Himalayan Geology, 1975-85	Rs. 100.00	US \$ 30.00
Geological Map of Western Himalaya, 1992 (by V.C. Thakur & B.S. Rawat)	Rs. 200.00	US \$ 15.00
Excursion Guide : The Siwalik Foreland Basin (Dehra Dun-Nahan Sector), (WIHG Spl. Publ. 1, 1991) (by Rohtash Kumar and Others)	Rs. 45.00	US \$ 8.00
Excursion Guide : The Himalayan Foreland Basin (Jammu-Kalakot-Udhampur Sector) (WIHG Spl Publ. 2, 1999) (by A.C. Nanda & Kishor Kumar)	Rs. 180.00	US \$ 15.00
Glacier Lake Inventory of Uttarakhand (by Rakesh Bhambri et al. 2015)	Rs. 500.00	US \$ 50.00
Siwalik Mammalian Faunas of the Himalayan Foothills With reference to biochronology, linkages and migration (by Avinash C. Nanda, 2015)	Rs. 1200.00	US \$ 100.00
Lithostratigraphy, Biostratigraphy and Palaeogeography of the Eastern Karakoram, India (by K.P. Juyal, 2018)	Rs. 600.00	US \$ 50.00

Life Time Subscription of Himalayan Geology (Individuals only)

Fee for Print copy : India: 7500.00 Abroad: US\$ 750.00
Fee for Soft copy : India: 4000.00 Abroad: US\$ 250.00

Trade Discount (In India only)

1-10 copies: 10%, 11-15 copies: 15% and >15 copies: 20%

Offer (for a limited period): A free set of old print volumes (1971 to 2012, subject to availability) of 'Himalayan Geology' will be provided to the new registered Life Time Subscribers (Postage to be borne by the subscriber).

Publications: may be purchased from Publication & Documentation Section and Draft/Cheque may be drawn in the name of The Director, Wadia Institute of Himalayan Geology, 33- General Mahadeo Singh Road, Dehra Dun - 248 001

Phone: 0135-2525430 Fax: (91)0135-625212 Website: <http://www.himgology.com> E-mail: himgol@wihg.res.in



वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान

(भारत सरकार के विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग का एक स्वायत्तशासी संस्थान)

33, जनरल महादेव सिंह मार्ग, देहरादून – 248001 (भारत)