

हिमालय क्षेत्र में जलवायु परिवर्तन का प्रभाव: एक भौगोलिक अध्ययन

Dr Manju Rajawat

Lecturer, Department of Geography

S R L S Govt P G College Kaladera Jaipur

सार

हिमालयी क्षेत्र, जिसे “थर्ड पोल” के नाम से जाना जाता है, वैश्विक जलवायु परिवर्तन के कारण तेज़ और अभूतपूर्व बदलावों का सामना कर रहा है। यह भूगोल-आधारित अध्ययन हिमालय पर जलवायु परिवर्तन के बहुआयामी प्रभावों का विश्लेषण प्रस्तुत करता है, जिसमें बढ़ते तापमान, तीव्र गति से ग्लेशियरों का पीछे हटना, वर्षा के पैटर्न में परिवर्तन, प्राकृतिक आपदाओं की बढ़ती आवृत्ति, तथा इनके पारिस्थितिक तंत्र और मानव जीवन पर पड़ने वाले प्रभाव शामिल हैं। अध्ययन यह दर्शाता है कि बदलते मानसूनी तंत्र, ग्लेशियर झील फटने से उत्पन्न बार-बार की बाढ़ (GLOFs), जैव-विविधता का क्षरण, और पर्वतीय भू-आकृति की नाजुकता क्षेत्रीय संवेदनशीलता को और अधिक बढ़ा रहे हैं। इसके अतिरिक्त, शोध स्थानीय समुदायों पर पड़ने वाले सामाजिक-आर्थिक परिणामों—जैसे कृषि उत्पादकता में गिरावट, जल-संकट, और बढ़ते विस्थापन—की भी पड़ताल करता है। जलवायु संबंधी आंकड़ों, क्षेत्रीय अवलोकनों और भौगोलिक विश्लेषण को समाहित करते हुए, यह अध्ययन बदलते जलवायु परिदृश्य में हिमालयी क्षेत्र की पारिस्थितिक और सांस्कृतिक अखंडता की रक्षा हेतु समन्वित संरक्षण नीतियों, समुदाय-आधारित अनुकूलन उपायों और अंतर्राष्ट्रीय सहयोग के महत्व पर बल देता है।

मुख्य शब्द: हिमालय, क्लाइमेट चेंज, ग्लेशियल रिट्रीट, बारिश में बदलाव, GLOFs, माउंटेन इकोसिस्टम, ज्योग्राफिकल एनालिसिस, एनवायरनमेंटल वल्नरेबिलिटी, अडैप्टेशन स्ट्रेटेजी, साउथ एशिया।

परिचय

हिमालय नए मुड़े हुए पर्वत हैं, जो भारत-तिब्बत सीमा के साथ लगभग 2400 किमी क्षेत्र में फैले हुए हैं। लगभग 200 मिलियन वर्ष पहले भारत पैजिया भू-खंड का हिस्सा था, जो टूटने लगा और धीरे-धीरे उत्तर की ओर सरकता गया। इस प्रक्रिया में प्लेटों की टेक्टोनिक गतियों के कारण भारतीय प्लेट और यूरेशियन प्लेट एक-दूसरे की ओर बढ़ने लगीं। दोनों प्लेटों के बीच हुई शक्तिशाली टक्कर और अत्यधिक दाब तथा थ्रस्ट के परिणामस्वरूप हिमालय का निर्माण हुआ।

हिमालय को भारतीय उपमहाद्वीप की विशिष्ट पहचान माना जाता है क्योंकि यह भौगोलिक रूप से अत्यंत महत्वपूर्ण स्थान पर स्थित है। यह न केवल जलवायु निर्धारण में प्रमुख भूमिका निभाता है, बल्कि रक्षा, पर्यटन तथा लगभग 1.3 अरब लोगों के लिए जल उपलब्धता सुनिश्चित करने के संदर्भ में भी इसकी सामरिक महत्ता अत्यधिक है (Zhu et

al., 2009)। हिमालय का हिंदूकुश क्षेत्र 'थर्ड पोल' के नाम से जाना जाता है, क्योंकि यहाँ लगभग 50,000 ग्लेशियर पाए जाते हैं (Yao et al., 2012; Singh et al., 2011)।

स्थान, स्थलाकृति और सामरिक दृष्टि से अत्यंत महत्वपूर्ण होने के बावजूद हिमालय जलवायु परिवर्तन के निरंतर खतरे का सामना कर रहा है। पिछले कुछ वर्षों में वैज्ञानिकों ने हिमालयी संरचना और पारिस्थितिकी में जलवायु परिवर्तन के कारण कई महत्वपूर्ण बदलाव दर्ज किए हैं। संयुक्त राष्ट्र के अनुसार, जलवायु परिवर्तन से आशय तापमान और मौसम पैटर्न में दीर्घकालिक परिवर्तन से है। सूर्य की गतिविधियों में बदलाव या बड़े ज्वालामुखीय विस्फोटों जैसे कारणों से ऐसे परिवर्तन प्राकृतिक भी हो सकते हैं। किंतु वर्तमान जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के कारण हिमालय में ग्लेशियर तेजी से पिघल रहे हैं, जिसके परिणामस्वरूप जल उपलब्धता, जैव-विविधता, कृषि उत्पादन, क्षेत्रीय अर्थव्यवस्था और समग्र पारिस्थितिकी तंत्र पर व्यापक और गंभीर प्रभाव पड़ रहा है।

असर

हिमालय को जलवायु परिवर्तन के प्रति सबसे संवेदनशील क्षेत्रों में से एक माना जाता है। ICIMOD (International Centre for Integrated Mountain Development) की एक प्रकाशित रिपोर्ट के अनुसार, हिंदूकुश-हिमालयी क्षेत्र में वैश्विक तापमान वृद्धि औसत से कम से कम 0.3°C अधिक रही, जबकि उत्तर-पश्चिमी हिमालय, विशेष रूप से काराकोरम क्षेत्र में यह वृद्धि 0.7°C तक दर्ज की गई। हिमालय के ग्लेशियर एशिया के "वॉटर टावर" माने जाते हैं और यांग्त्ज़ी, गंगा, सिंधु तथा मेकांग जैसी कई प्रमुख नदियों के स्रोत हैं। तापमान में वृद्धि के कारण ग्लेशियर तेजी से पिघल रहे हैं, जिससे नदियों के प्रवाह में असंतुलन पैदा हो रहा है—कई स्थानों पर पानी सामान्य क्षमता से अधिक होने की वजह से बाढ़ की स्थिति उत्पन्न होती है, जबकि अन्य स्थानों पर जल प्रवाह में कमी देखी जा रही है। इसका प्रत्यक्ष प्रभाव उन समुदायों की आजीविका पर पड़ रहा है, जो ग्लेशियर-आधारित जल, जैव-विविधता, वनस्पतियों और पर्वतीय पारिस्थितिकी पर निर्भर हैं।

एक उल्लेखनीय विशेषता "काराकोरम एनॉमली" है, जिसमें ट्रांस-हिमालय के काराकोरम क्षेत्र के ग्लेशियर पिघलने के बजाय स्थिर या बढ़ते हुए देखे गए हैं। वैज्ञानिकों के अनुसार, 21वीं सदी की शुरुआत से पश्चिमी विक्षोभ (Western Disturbances) की आवृत्ति और नमी में वृद्धि इस असामान्यता के प्रमुख कारणों में से एक है।

ग्लेशियरों के तीव्र पिघलने से ग्लेशियर बेसिन की जल-गतिकी, डाउनस्ट्रीम जल-बजट, हाइड्रोपावर क्षमता, आकस्मिक बाढ़, एवं तलछट जमाव (sedimentation) पर गंभीर प्रभाव पड़ता है। इन बदलावों के कारण ग्लेशियल लेक आउटबर्स्ट फ्लड (GLOFs) की घटनाएँ बढ़ रही हैं, जिनका असर ऊँचे हिमालयी क्षेत्रों की कृषि, पर्यटन और स्थानीय आजीविका पर पड़ता है।

जलवायु परिवर्तन हिमालयी क्षेत्र में वर्षा पैटर्न में बदलाव के लिए भी उत्तरदायी है। शोध बताते हैं कि मानसून के लंबी अवधि वाले वर्षा-दिवसों में उल्लेखनीय कमी आई है (Thakural et al., 2018)। इससे समुद्री सतह तापमान बढ़ता है, जो वातावरण में नमी बढ़ाकर अचानक बाढ़ और बादल फटने जैसी प्राकृतिक आपदाओं को जन्म देता है—जैसे 2013 की उत्तराखंड बाढ़ और 2016 में पहलगाम में बादल फटना।

IMD (India Meteorological Department) और IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) की रिपोर्टों के अनुसार, भविष्य में बादल फटने की घटनाएँ बढ़ने और सामान्य वर्षा-दिवसों में कमी की संभावना है।

इससे प्रारंभिक वर्षों में ग्लेशियर पिघलने के कारण नदियों में जल-स्तर बढ़ेगा, लेकिन लंबे समय में ग्लेशियर सिकुड़ने से जल-संकट उत्पन्न होगा। इसके परिणामस्वरूप जंगलों में आग लगने की संभावना बढ़ेगी, और जल-संसाधनों पर निर्भर समुदायों की आजीविका पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ेगा।

जलवायु परिवर्तन के अतिरिक्त मानवीय गतिविधियाँ भी हिमालय के प्राकृतिक संतुलन को प्रभावित कर रही हैं। अनियंत्रित पर्यटन, बड़े पैमाने पर होटल व बुनियादी ढाँचे का निर्माण, अत्यधिक संसाधन दोहन, अवैध शिकार, कृषि का विस्तार, आनुवंशिक संसाधनों की हानि, मानव-वन्यजीव संघर्ष, बाहरी आक्रामक प्रजातियों का प्रसार और वायुमंडलीय प्रदूषण इन समस्याओं को और गंभीर बना रहे हैं। उदाहरणस्वरूप, उत्तराखंड के चमोली ज़िले के जोशीमठ में हाल के महीनों में कई भूस्खलन हुए हैं, जो प्राकृतिक व मानव निर्मित दोनों कारकों के सम्मिलित प्रभाव को दर्शाते हैं।

कारण

1. **हाइड्रोपावर परियोजनाएँ:** हिमालय को स्वाभाविक रूप से विशेष भौगोलिक परिस्थिति मिली है, जिसके कारण इसे भारत का “पावरहाउस” भी कहा जाता है। *डाउन टू अर्थ* की एक रिपोर्ट के अनुसार हिमालय में लगभग 115,550 मेगावॉट बिजली उत्पादन की क्षमता है। इस क्षमता के व्यावसायीकरण के लिए संवेदनशील क्षेत्रों में बड़े पैमाने पर हाइड्रोलॉजिकल डैम बनाए जा रहे हैं, जो न केवल स्थानीय पारिस्थितिकी तंत्र को प्रभावित करते हैं, बल्कि मानव जीवन पर भी गंभीर दुष्प्रभाव डालते हैं। प्रकृति अपने शक्तिशाली और अनियंत्रित रूप में इन हस्तक्षेपों का प्रतिकार करती है, जिससे आपदाओं की तीव्रता बढ़ जाती है।
2. हाइड्रोपावर परियोजनाएँ बादल फटने और बाढ़ जैसी घटनाओं में “क्रॉस मल्टीप्लायर” और “कैटलिस्ट” की तरह कार्य करती हैं, क्योंकि ये जल के प्राकृतिक प्रवाह में बाधा उत्पन्न करती हैं। अधिकांश परियोजनाएँ नाजुक भू-संरचना वाले क्षेत्रों में बनाई जाती हैं, जो अत्यधिक वर्षा के दौरान आसानी से कटाव का शिकार हो जाती हैं और इन परियोजनाओं को जोखिमपूर्ण एवं अलाभकारी बना देती हैं। 2016 की ऋषिगंगा आपदा इसका प्रमुख उदाहरण है, जिसमें हाइड्रोपावर प्रोजेक्ट्स ने हिमस्खलन और अचानक आई बाढ़ के प्रभावों को और बढ़ा दिया, जिसके परिणामस्वरूप उत्तराखंड में भारी जन-धन की हानि हुई।
3. **जंगलों की कटाई:** हाइड्रोपावर परियोजनाओं के व्यापक निर्माण के साथ-साथ हिमालयी क्षेत्रों में वनों की कटाई भी प्राकृतिक आपदाओं का प्रमुख कारण बन रही है। जंगलों की कमी से भूमि की संरचनात्मक मजबूती घट जाती है, जिससे मिट्टी ढीली हो जाती है और तीव्र वर्षा के दौरान तेजी से कटाव होता है। यह लैंडस्लाइड और बाढ़ जैसी घटनाओं की तीव्रता में वृद्धि करता है, जो क्षेत्र की सुरक्षा और स्थिरता के लिए गंभीर चुनौती है।
4. **टूरिज्म और अनियंत्रित शहरीकरण:** अत्यधिक पर्यटन हिमालय के सीमित प्राकृतिक संसाधनों पर भारी दबाव डाल रहा है। अनियोजित शहरीकरण, अवसंरचना का अनियंत्रित विस्तार और बेतरतीब निर्माण हिमालय की नाजुक भौगोलिक संरचना के लिए गंभीर खतरा बन चुके हैं। मानव-निर्मित हस्तक्षेप हिमालय की प्राकृतिक पुनर्जीवन क्षमता को बाधित कर रहे हैं, जिसके कारण आपदाओं की आवृत्ति और प्रभाव दोनों

बढ़ गए हैं। इन कारणों से बड़े पैमाने पर जीवन, संसाधन और अवसंरचना का नुकसान होना आम बात हो गई है।

5. ये सभी मानवीय और भौगोलिक कारक मिलकर हिमालयी क्षेत्र को और अधिक संवेदनशील बनाते हैं, जिससे जलवायु परिवर्तन के प्रभाव और भी तीव्र हो जाते हैं।

पहल

हिमालय की नाजुक भौगोलिक संरचना और बढ़ते जलवायु खतरों को देखते हुए भारत सरकार ने कई महत्वपूर्ण कदम उठाए हैं। इनमें नेशनल मिशन फॉर सस्टेनिंग द हिमालयन इकोसिस्टम (NMSHE) एक प्रमुख पहल है, जिसका उद्देश्य हिमालयी पारिस्थितिकी तंत्र के स्वास्थ्य का निरंतर आकलन करने के लिए एक सक्षम और स्थायी राष्ट्रीय व्यवस्था विकसित करना है। यह मिशन नीति-निर्माताओं को वैज्ञानिक जानकारी उपलब्ध कराकर बेहतर निर्णय लेने में मदद करता है और भारतीय हिमालयी क्षेत्र के राज्यों को सतत विकास से संबंधित प्राथमिकताओं को लागू करने में सहयोग प्रदान करता है।

इसके अलावा, जलवायु परिवर्तन से उत्पन्न प्रभावों का आकलन करने, हिमालयी पारिस्थितिकी में होने वाले परिवर्तनों को मापने तथा भविष्य के अनुमानों के लिए मॉडल विकसित करने हेतु अनुसंधान पहलों को सशक्त बनाने के लिए भी व्यापक कदम उठाए गए हैं। नेशनल मिशन फॉर स्ट्रेटेजिक नॉलेज ऑन क्लाइमेट चेंज (NMSKCC) इसी दिशा में एक और महत्वपूर्ण पहल है, जिसका उद्देश्य जलवायु परिवर्तन के प्रति जन-जागरूकता बढ़ाना है। यह मिशन कृषि, स्वास्थ्य, जैव-विविधता, प्राकृतिक संसाधन, और तटीय क्षेत्रों जैसे महत्वपूर्ण सामाजिक-आर्थिक क्षेत्रों पर जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को समझने का कार्य करता है।

मिशन LiFE (Lifestyle for Environment) सतत विकास को बढ़ावा देने में एक सशक्त उत्प्रेरक का कार्य कर रहा है। यह मिशन ऐसी जीवनशैली अपनाने पर बल देता है जो प्राकृतिक पर्यावरण को हानि पहुँचाए बिना उसके साथ सामंजस्य स्थापित करती है। यह हरित और टिकाऊ जीवनशैली को प्रोत्साहित करने वाली नीतियों और व्यवहारों को बढ़ावा देता है तथा स्थानीय समुदायों की सहभागिता सुनिश्चित करता है, ताकि वे पर्यावरण संरक्षण के महत्व को समझकर सक्रिय भूमिका निभा सकें।

अंतरराष्ट्रीय स्तर पर भी जलवायु परिवर्तन से उत्पन्न चुनौतियों से निपटने के लिए अनेक पहलों की जा रही हैं। कई वैश्विक सम्मेलनों में जलवायु जोखिमों पर चर्चा की गई है। भारत ने यूनाइटेड किंगडम के साथ मिलकर *Coalition for Disaster Resilient Infrastructure* (CDRI) का गठन किया, जिसका उद्देश्य जलवायु परिवर्तन से होने वाली क्षति और आपदाओं से निपटने के लिए मजबूत अवसंरचना विकसित करना है। हाल की G20 बैठकों में *Disaster Risk Reduction Working Group* केंद्र में रहा है, जिसमें पाँच प्रमुख क्षेत्रों—वैश्विक अर्ली वार्निंग सिस्टम कवरेज, आपदा एवं जलवायु-लचीला अवसंरचना, DRR के लिए वित्तीय ढाँचा, आपदा प्रतिक्रिया प्रणाली, तथा पारिस्थितिक-आधारित आपदा जोखिम न्यूनीकरण—पर ध्यान केंद्रित किया गया है।

इन सभी पहलों का उद्देश्य हिमालयी क्षेत्र को जलवायु परिवर्तन के बढ़ते प्रभावों से सुरक्षित रखना और वैश्विक सहयोग के माध्यम से भविष्य के जोखिमों का प्रभावी प्रबंधन करना है।

आगे का रास्ता (सुधारित एवं सुगठित रूप में)

हिमालय की सतत सुरक्षा और जलवायु परिवर्तन के बढ़ते प्रभावों से निपटने के लिए बहु-स्तरीय, वैज्ञानिक और समुदाय-आधारित रणनीतियाँ अत्यंत आवश्यक हैं। इसके लिए निम्नलिखित कदम विशेष रूप से महत्वपूर्ण हैं:

1. **पर्यावरण शिक्षा का सशक्तिकरण:** विद्यालय स्तर पर पर्यावरण शिक्षा कार्यक्रमों को अनिवार्य रूप से लागू किया जाना चाहिए, ताकि नई पीढ़ी को जलवायु परिवर्तन के प्रभावों और पारिस्थितिकी तंत्र की नाजुकता के बारे में गहन समझ विकसित हो सके। स्थानीय समुदायों में जागरूकता फैलाने के लिए प्रदर्शन कलाओं, लोक नाटकों और सांस्कृतिक माध्यमों का उपयोग बढ़ाना भी जरूरी है।
2. **सतत एवं ज़िम्मेदार पर्यटन को बढ़ावा:** हिमालयी क्षेत्रों में पर्यावरण-अनुकूल और समुदाय-आधारित पर्यटन (इको-टूरिज़्म) को प्रोत्साहित किया जाना चाहिए। स्थानीय समुदायों की भागीदारी न केवल ज़िम्मेदार पर्यटन को बढ़ाएगी, बल्कि उन्हें आर्थिक रूप से सशक्त भी बनाएगी।
3. **पर्यटन का विकेंद्रीकरण:** पर्यटन गतिविधियों को विकेंद्रीकृत करने से अत्यधिक भीड़, संसाधनों पर दबाव और अवसंरचना की क्षमताओं पर पड़ने वाला भार कम होगा। इससे क्षेत्र की "कैरिंग कैपेसिटी" को बनाए रखते हुए पर्यटन सतत रूप से विकसित हो सकेगा और पहाड़ी क्षेत्रों पर अतिरिक्त पर्यावरणीय दबाव नहीं पड़ेगा।
4. **रिसर्च और माइक्रो-मैक्रो असेसमेंट:** इको-सेंसिटिव ज़ोन्स में जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को बेहतर ढंग से समझने के लिए वैज्ञानिक अध्ययन, भू-आकृतिक विश्लेषण, माइक्रो-क्लाइमेट स्टडी और जलवायु मॉडलिंग को बढ़ावा दिया जाना चाहिए। रिसर्च-आधारित उपाय ही दीर्घकालिक योजना का आधार बन सकते हैं।
5. **बेहतर अर्ली वार्निंग एवं मौसम पूर्वानुमान प्रणाली:** 2013 की उत्तराखंड त्रासदी ने यह स्पष्ट कर दिया कि उन्नत और विश्वसनीय अर्ली वार्निंग सिस्टम अत्यंत आवश्यक हैं। 2016 में IMD और राज्य सरकार ने मुक्तेश्वर (कुमाऊँ) में एक आधुनिक रडार स्थापित किया था ताकि बादल फटने और अत्यधिक वर्षा की समय रहते भविष्यवाणी की जा सके। ऐसी तकनीक को सभी संवेदनशील जिलों और पहाड़ी राज्यों में विस्तार की आवश्यकता है।
6. **सतत जलविद्युत परियोजनाओं को प्राथमिकता:** पारंपरिक बड़े बांधों के बजाय *रन-ऑफ-द-रिवर* जलविद्युत परियोजनाओं को बढ़ावा देना लाभकारी हो सकता है, क्योंकि इनमें न तो बड़े पैमाने पर विस्थापन होता है और न ही भूमि का व्यापक सबमर्जन। हालांकि, यह केवल आंशिक समाधान है, क्योंकि यह आपदा जोखिम को कम तो कर सकता है पर पूरी तरह समाप्त नहीं करता।
7. **आपदा-रोधी अवसंरचना को अनिवार्य बनाना:** निर्माण कार्य, सड़क परियोजनाओं, शहरी विस्तार और पर्यटन विकास को क्षेत्र की वहन क्षमता (carrying capacity) के अनुरूप डिज़ाइन किया जाना चाहिए। भवन निर्माण में भूकंप-रोधी तकनीक, स्थिर ढलानों की सुरक्षा, और मिट्टी संरक्षण तकनीकों को प्राथमिकता दी जानी चाहिए।

इन रणनीतियों को लागू करने से हिमालयी क्षेत्र की पर्यावरणीय, सामाजिक और आर्थिक स्थिरता को मजबूत आधार मिलेगा और भविष्य की जलवायु चुनौतियों का बेहतर सामना किया जा सकेगा।

उद्देश्य

1. हिमालय के इकोसिस्टम को बचाने और इको-सेंसिटिव ज़ोन में क्लाइमेट चेंज के असर को कम करने में मौजूदा नेशनल और ग्लोबल कोशिशों जैसे NMSHE, NMSKCC, मिशन LiFE, CDRI, और G20 DRR फ्रेमवर्क के असर की जांच करना।
2. भविष्य के लिए सस्टेनेबल स्ट्रेटेजी का एनालिसिस करना, जिसमें कम्युनिटी-बेस्ड इको-टूरिज्म, एनवायरनमेंटल एजुकेशन, एडवांस्ड अर्ली-वॉर्निंग सिस्टम, डिज़ास्टर-रेज़िलिएंट इंफ्रास्ट्रक्चर, और हिमालयी क्षेत्र में क्लाइमेट रेज़िलिएंस को बढ़ाने के मकसद से बेहतर हाइड्रोलॉजिकल प्रोजेक्ट प्लानिंग शामिल है।

अनुसंधान क्रियाविधि

हिमपात और हिमस्खलन अध्ययन प्रतिष्ठान (SASE) पश्चिमी हिमालय के लिए मौसम तथा हिमस्खलन पूर्वानुमान तैयार करने वाली प्रमुख संस्था है। SASE का अवलोकन नेटवर्क पश्चिमी हिमालय में फैली लगभग 60 सतही वेधशालाओं तथा तीन ऊपरी-वायु स्टेशनों से मिलकर बना है। इन सभी स्टेशनों से प्रतिदिन दो बार—0830 बजे और 1730 बजे (भारतीय मानक समय)—पर डेटा संकलित किया जाता है। अधिकतम और न्यूनतम तापमान क्रमशः अधिकतम और न्यूनतम थर्मामीटर की सहायता से मापा जाता है तथा इन दोनों मानों का साधारण औसत लेकर दैनिक औसत तापमान की गणना की जाती है।

बर्फबारी का डेटा एक समतल सतह पर स्थापित हिम-ढेर (1 मीटर लंबवत मापने वाली छड़ी सहित) से एकत्र किया जाता है। भारी बर्फबारी या हिम-तूफान की स्थिति में माप प्रत्येक 3 घंटे पर किया जाता है, अन्यथा प्रतिदिन 0830 बजे और 1730 बजे एकत्र किया जाता है। इस अध्ययन में 24 घंटे की संचित हिम-गहराई को मुख्य पैरामीटर के रूप में उपयोग किया गया है।

वर्तमान शोध के लिए पश्चिमी हिमालय की विभिन्न पर्वतीय रेंजों में स्थित 18 SASE स्टेशनों से प्राप्त दीर्घकालिक शीतकालीन (नवंबर-अप्रैल) डेटा पर विचार किया गया है। इसमें अधिकतम, न्यूनतम तथा औसत तापमान, बर्फबारी की मात्रा, बादल आवरण (क्लाउड कवर), वेस्टर्न डिस्टर्बेंस की घटनाओं की संख्या और बर्फबारी वाले दिनों की संख्या जैसी महत्वपूर्ण जलवायु सूचनाएँ शामिल हैं। यह उल्लेखनीय है कि विभिन्न पैरामीटरों का डेटा अलग-अलग वर्षों के लिए उपलब्ध है; अतः केवल उन ही वर्षों को विश्लेषण में शामिल किया गया है जिनमें सभी स्टेशनों का समान डेटा उपलब्ध था। किसी भी माह या वर्ष के लिए अनुपलब्ध डेटा को भरने या इंटरपोलेट करने का प्रयास नहीं किया गया है।

फिगर 1 में अध्ययन क्षेत्र का मानचित्र दर्शाया गया है, जिसमें सभी मौसम स्टेशनों के स्थान और प्रमुख पर्वत श्रेणियाँ अंकित हैं। पश्चिमी हिमालय में तापमान के दीर्घकालिक रुझानों का विश्लेषण करने हेतु मौसमी न्यूनतम, अधिकतम तथा औसत तापमान की विसंगतियों (anomalies) की गणना की गई। इसी प्रकार, बर्फबारी के समयगत रुझानों

को समझने के लिए कुल मौसमी बर्फ-गहराई का उपयोग किया गया। बादल आवरण की गणना 8 ऑक्टा = 100% के आधार पर की गई। वेस्टर्न डिस्टर्बेंस की संख्या SASE के आर्काइव से प्राप्त की गई।



चित्र 1. स्टडी क्षेत्र का एक मैप जिसमें पश्चिमी हिमालय की चार रेंज और स्टडी के लिए चुने गए स्टेशन लोकेशन दिखाए गए हैं। पहाड़ की रेंज हैं A: पीर पंजाल; B: शमशावरी; C: ग्रेटर हिमालय; D: काराकोरम। स्टेशन लोकेशन टेबल 1 में दिए गए हैं।

1 मनाली	7 चरण- II	13 चंदन
2 सोलंग	8 फरकियाँ	14 जवाला
3 ढिंडी	9 जेड-गली	15 कुमार
4 बनिहाल टॉप	10 कंज़लवान	16 सियाला
5 गुलमर्ग	11 द्रास	17 बहादुर
6 हद्दन ताज	12 पटसेओ	18 आधार शिविर

परिणाम

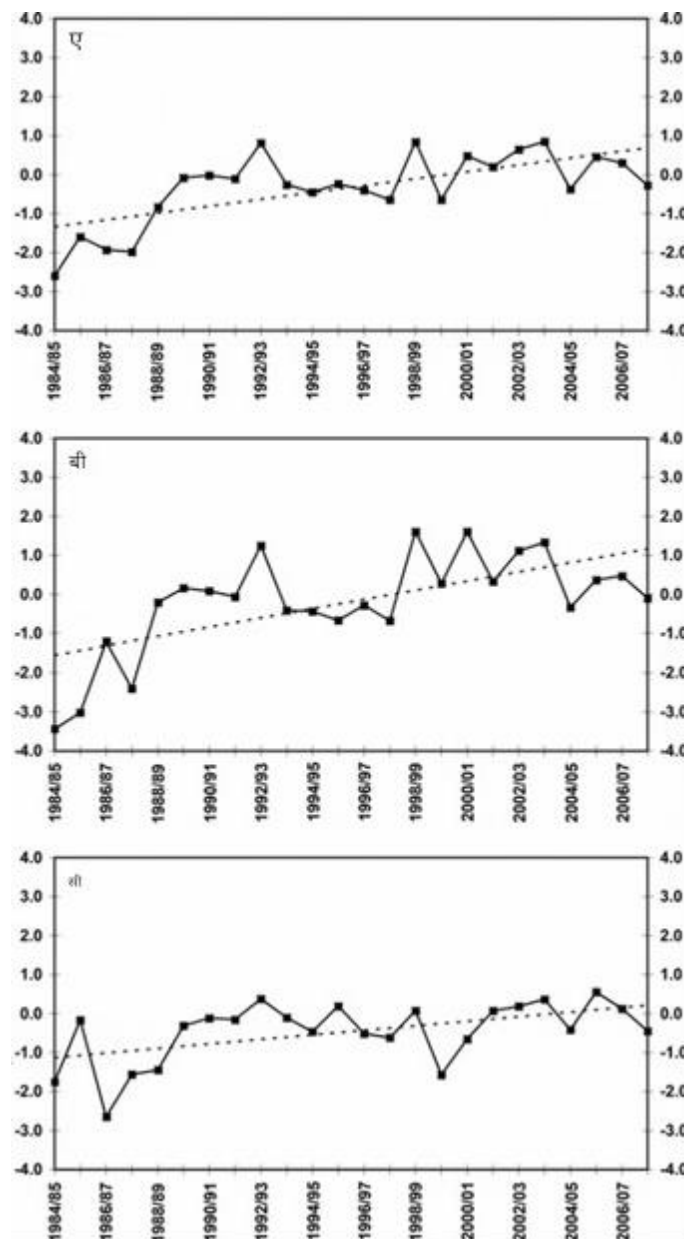
दीर्घकालिक तापमान प्रवृत्तियों का विश्लेषण वैश्विक तथा क्षेत्रीय स्तर पर वार्मिंग के प्रारंभिक संकेतों को समझने में अत्यंत महत्वपूर्ण है। चित्र 2 में 1984/85 से 2007/08 के बीच अधिकतम, न्यूनतम और औसत तापमान की मौसमी तापमान विसंगतियाँ दर्शाई गई हैं। 18 SASE स्टेशनों से प्राप्त तापमान को औसत कर यह प्रवृत्ति स्थापित की गई है। चित्र 2(a) के अनुसार, पश्चिमी हिमालय में मौसमी औसत तापमान में लगभग 2°C की वृद्धि देखी गई है। इसी प्रकार, मौसमी अधिकतम तापमान में लगभग 2.8°C की वृद्धि (चित्र 2b) तथा न्यूनतम तापमान में लगभग 1°C की वृद्धि (चित्र 2c) दर्ज की गई है, जो औसत और अधिकतम तापमान की तुलना में अपेक्षाकृत कम है। एक हालिया अध्ययन में भी पश्चिमी हिमालय के वार्षिक अधिकतम तापमान में 0.9°C की वृद्धि की पुष्टि की गई है, जबकि वार्षिक न्यूनतम तापमान में 1955–1972 के दौरान लगभग 1.9°C की कमी रिपोर्ट की गई थी।

यह विदित है कि पश्चिमी हिमालय एक अत्यंत जटिल भौगोलिक क्षेत्र है, जिसमें स्थानीय गर्मी और ठंडक वाले कई सूक्ष्म जलवायु क्षेत्र स्थित हैं। इस भौगोलिक विविधता के कारण जलवायु परिवर्तन का प्रभाव एक स्थान से दूसरे स्थान तक स्पष्ट रूप से भिन्न हो सकता है। तापमान में होने वाले इन परिवर्तनों की गहन जांच हेतु पश्चिमी हिमालय की चार प्रमुख पर्वतश्रृंखलाओं—पीर पंजाल, शमशावरी, ग्रेटर हिमालय और काराकोरम—का पृथक विश्लेषण किया गया।

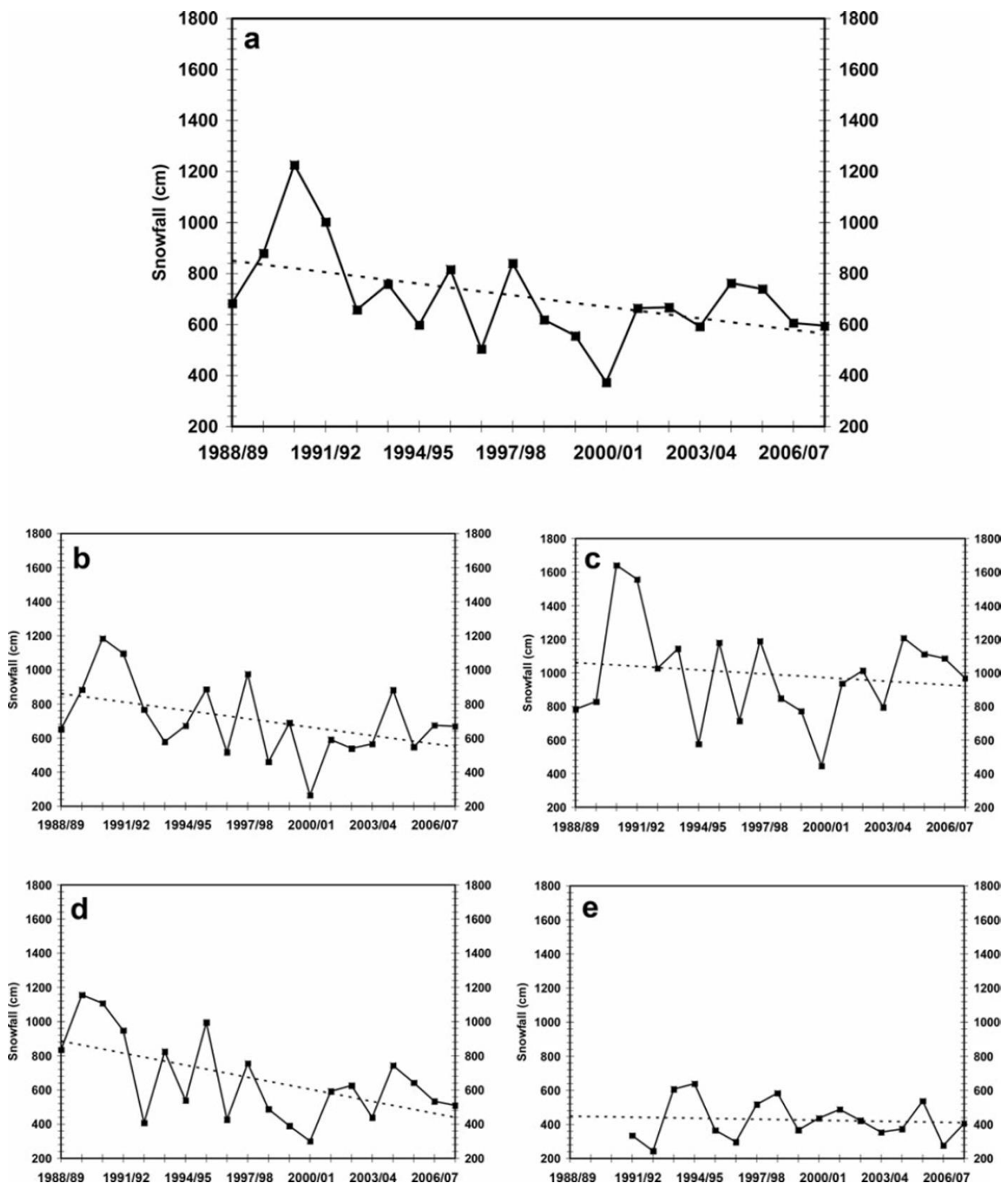
अध्ययन के परिणाम दर्शाते हैं कि काराकोरम श्रेणी को छोड़कर सभी पर्वतश्रृंखलाओं में मौसमी अधिकतम एवं न्यूनतम तापमान में स्पष्ट वृद्धि दर्ज की गई है (चित्र 3)।

- पीर पंजाल में 1988–2008 के दौरान अधिकतम तापमान में 0.8°C तथा न्यूनतम तापमान में 0.6°C की वृद्धि पाई गई (चित्र 3a, 3b)।
- शमशावरी पर्वतमाला में अधिकतम तापमान में 2°C तथा न्यूनतम में 1°C की वृद्धि देखी गई (चित्र 3c, 3d)।
- ग्रेटर हिमालय में यह वृद्धि क्रमशः 1°C और 3.4°C तक पहुँची (चित्र 3e, 3f)।

दूसरी ओर, काराकोरम पर्वतमाला में तापमान की प्रवृत्ति इसके विपरीत पाई गई, जहाँ अधिकतम तापमान में लगभग 1.6°C और न्यूनतम तापमान में लगभग 3°C की कमी देखी गई (चित्र 3g, 3h)। यह भी उल्लेखनीय है कि पीर पंजाल और शमशावरी पर्वतमालाओं में अधिकतम तापमान न्यूनतम तापमान की तुलना में तेज़ी से बढ़ रहा है, जबकि काराकोरम क्षेत्र में घटने की गति भी न्यूनतम तापमान में अधिक देखी गई है। काराकोरम में इस विपरीत प्रवृत्ति को समझने के लिए और विस्तृत शोध की आवश्यकता है, क्योंकि यह व्यापक पश्चिमी हिमालय में देखी जा रही जलवायु परिवर्तन प्रवृत्तियों से भिन्न है।



चित्र 2. पश्चिमी हिमालय में नवंबर-अप्रैल के लिए (a) औसत, (b) अधिकतम और (c) न्यूनतम तापमान में अंतर की टाइम सीरीज़। इस और बाद के चित्रों में डॉटेड लाइनें पैरामीटर्स की टाइम सीरीज़ के आसान ट्रेंड हैं।



चित्र 3. (ए) पूरे पश्चिमी हिमालय और (बी) पीर पंजाल, (सी) शमशावरी, (डी) ग्रेटर हिमालय और (ई) काराकोरम पर्वतमाला पर मौसमी (नवंबर-अप्रैल) बर्फबारी की समय श्रृंखला।

निष्कर्ष

वैश्विक जलवायु परिवर्तन का प्रत्यक्ष प्रभाव क्षेत्रीय जलवायु पर पड़ता है, और इसके परिणामस्वरूप जल संसाधनों, कृषि, पारिस्थितिकी तथा क्षेत्रीय अर्थव्यवस्था पर व्यापक प्रभाव देखने को मिलता है। इसलिए, किसी विशिष्ट क्षेत्र में जलवायु परिवर्तन के लिए उत्तरदायी कारकों को पहचानना और समझना हाल के वर्षों में अनुसंधान का एक प्रमुख फोकस रहा है। पश्चिमी हिमालय से प्राप्त दीर्घकालिक डेटा दर्शाते हैं कि मौसमी औसत, अधिकतम और न्यूनतम तापमान में क्रमशः लगभग 2°C, 2.8°C और 1°C की वृद्धि दर्ज की गई है। मौसमी अधिकतम और न्यूनतम तापमान की प्रवृत्तियाँ पश्चिमी हिमालय की तीन पर्वत श्रेणियों में वृद्धि तथा एक श्रेणी काराकोरम में कमी को प्रदर्शित करती हैं। मौसमी वर्षा सभी चार पर्वत श्रेणियों में घटती प्रवृत्ति दिखाती है, जो क्षेत्र में बढ़ती शुष्कता और जल उपलब्धता में संभावित कमी की ओर संकेत करती है। इसी प्रकार, प्रत्येक श्रेणी से चयनित चार स्टेशनों पर बादल आवरण (क्लाउड कवर) में भी घटती प्रवृत्ति देखी गई है, जो वर्षा-पैटर्न और हिम संचयन दोनों को प्रभावित कर सकती है। पश्चिमी विक्षोभ की वार्षिक आवृत्ति में कोई स्पष्ट प्रवृत्ति नहीं पाई गई है, किंतु चरम शीतकालीन महीनों (जनवरी-मार्च) में बर्फबारी के दिनों की संख्या में उल्लेखनीय कमी दर्ज की गई है, जो हिमपात और हिमनदों की समग्र गतिशीलता पर प्रभाव डाल सकती है। पश्चिमी हिमालय जैसे अत्यंत जटिल और विविध भौगोलिक क्षेत्र में वैश्विक वार्मिंग और इसके क्षेत्रीय प्रभावों के बीच मज़बूत संबंध स्थापित करने के लिए और अधिक दीर्घकालिक अवलोकन, उच्च-रिज़ॉल्यूशन डेटा संग्रह तथा उन्नत क्षेत्रीय जलवायु मॉडलिंग अध्ययनों की आवश्यकता है।

संदर्भ

1. चौहान एच, गैलाचर डी, भट्ट ए, बिष्ट ए, हिमालय: एक क्लाइमेट चेंज लेबोरेटरी, एनवायरनमेंटल डेवलपमेंट, वॉल्यूम 45, 2017.
2. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211464523000143>
3. मनंधर, बी. (n.d.). ICIMOD – एनुअल रिपोर्ट 2016.
4. <http://www.icimod.org/reports/ar2016/>
5. शिया, जे. (2017). हिमालय में क्लाइमेट चेंज, ग्लेशियर रिस्पॉन्स, और वेजिटेशन डायनामिक्स: फ्यूचर अर्थ इनिशिएटिव्स में योगदान। माउंटेन रिसर्च एंड डेवलपमेंट, 37(3), 383.
6. गोपेंद्र (2016), वैज्ञानिकों ने हिमालय के ग्लेशियरों के ग्लोबल वार्मिंग का विरोध करने के अजीब मामले को सुलझाया, प्रेस इन्फॉर्मेशन ब्यूरो, भारत सरकार। <https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=1842366>
7. अगेता, वाई. 2001. हिमालय में गर्मियों में जमा होने वाले ग्लेशियरों के हाल ही में सिकुड़ने पर स्टडी प्रोजेक्ट, 1997–1999. बुल. ग्लेशियोल. रिस., 18 45–49. गूगल स्कॉलर
8. आज़ादी, एम., मोहंती, यूसी, मदन, ओपी और पद्मनाभमूर्ति, बी. 2002. हाई-रिज़ॉल्यूशन रीजनल मॉडल का इस्तेमाल करके वेस्टर्न डिस्टर्बेंस से जुड़ी बारिश का अनुमान: फिजिकल प्रोसेस के पैरामीटराइजेशन की भूमिका। मेटियोरॉल. ऐप, 9(3), 317–326. क्रॉसरेफ गूगल स्कॉलर

9. बज्राचार्य, SR, मूल, PK और श्रेष्ठ, B.. 2007. हिमालय के ग्लेशियर और ग्लेशियल झीलों पर क्लाइमेट चेंज का असर: नेपाल और भूटान में GLOF और उससे जुड़े खतरों पर केस स्टडी। काठमांडू, इंटरनेशनल सेंटर फॉर इंटीग्रेटेड माउंटेन डेवलपमेंट और यूनाइटेड नेशंस एनवायरनमेंट प्रोग्राम रीजनल ऑफिस, एशिया और पैसिफिक। (ICIMOD पब्लिकेशन 169.) गूगल स्कॉलर
10. भूटियानी, MR, काले, VS और पवार, NJ. 2007. बीसवीं सदी के दौरान नॉर्थवेस्टर्न हिमालय में मैक्सिमम, मिनिमम और एवरेज सालाना एयर टेम्परेचर में लॉन्ग-टर्म ट्रेंड्स। क्लाइमैटिक चेंज, 85(1-2), 159-177. क्रॉसरेफ़ गूगल स्कॉलर
11. चौजर, आर.के. 2009. क्लाइमेट चेंज और हिमालय के ग्लेशियरों पर इसका असर – चोराबाड़ी ग्लेशियर, गढ़वाल, हिमालय, भारत पर एक केस स्टडी। करंट साइंस, 96(5), 703-707. गूगल स्कॉलर
12. दास, MR, मुखोपाध्याय, RK, दांडेकर, MM और क्षीरसागर, SR. 2002. मानसून से पहले होने वाले वेस्टर्न डिस्टर्बेंस का मानसून की बारिश से संबंध, NW इंडिया में इसका आगे बढ़ना और उनके ट्रेंड। करंट साइंस, 82(11), 1320-1321. गूगल स्कॉलर
13. डैश, एस.के. और हंट, जे.सी.आर. 2007. भारत में जलवायु परिवर्तन की परिवर्तनशीलता। करंट साइंस, 93(6), 782-788. गूगल स्कॉलर
14. डैश, एस.के., जेनामणि, आर.के., कलसी, एस.आर. और पांडा, एस.के. 2007. बीसवीं सदी के भारत में क्लाइमेट चेंज के कुछ सबूत। क्लाइमैटिक चेंज, 85(3-4), 299-321. क्रॉसरेफ़ गूगल स्कॉलर
15. डिमरी, AP 2008. वेस्टर्न हिमालय पर एक एक्टिव वेस्टर्न डिस्टर्बेंस के डायग्नोस्टिक स्टडीज़। मौसम, 59(2), 227-246. क्रॉसरेफ़ गूगल स्कॉलर
16. डिमरी, AP और गंजू, A.. 2007. RegCM3 का इस्तेमाल करके पश्चिमी हिमालय पर सर्दियों के मौसम का स्केल सिमुलेशन। प्योर एप्लाइड जियोफिजिक्स, 164(8-9), 1733-1746. गूगल स्कॉलर