जलवायु परिवर्तन– हिमालयी हिमनदों व पर्यावरण पर खतरों का आंकलन

तनुज शुक्ल[1], संजय शुक्ल[2] एवं मनीष मेहता [3]
[1, 3]हिमनद अध्ययन केंद्र, वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून–248001, उत्तराखंड, भारत
[2]एसोसिएट प्रोफेसर एवं विभागाध्यक्ष, भू–विज्ञान विभाग
बी0एस0एन0वी0 पी0जी0 कॉलेज, चारबाग, लखनऊ–226001, उ0प्र0, भारत
tanujshukla.geo001@gmail.com, drsanjaygeo@gmail.com

प्राप्त तिथि–25.06.2017, स्वीकृत तिथि–28.07.2017

सार–हिमालयी क्षेत्रों में होने वाले जलवायु परिवर्तनों का प्रभाव उसकी संरचना, विविधता, भू–आकृति और जैविक विकास के इतिहास की भांति ही भिन्न है। भारत के जल संसाधन हिमालय से निकलने वाले पिघले हुए जल पर निर्भर होते हैं जोकि वर्तमान में नीचे रहने वाले 80 करोड़ लोगों और उनकी सभ्यताओ के लिए आजीविका का स्त्रोत है। हिमालय में बढ़ती हुई प्राकृतिक आपदाओं की आवृत्ति हम पर प्रभाव डालती हैं और वायुमंडलीय मापदंड जैसे तापमान और वर्षा में परिवर्तन जल संसाधनों की उपलब्धता को बदलने/संशोधित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। इस अध्ययन में वायुमंडलीय अवयव जैसे तापमान और वर्षा से जुड़ी हुई विगत घटनाओं के व्यापक विश्लेषण के समर्थन में आईएमडी(जल पोर्टल) डाटा के 100 वर्षो के पुनः विश्लेषित डाटा द्वारा दीर्घकालिक जलवायु उतार–चढ़ाव के पैटर्न में बदलाव को उद्धृत किया गया है। यह रुझान वर्षा और तापमान के आंकड़ों में पिछले 100 वर्षो में तापमान की तुलना में वर्षा में कमी दर्शाते हैं। उत्तर– पश्चिम हिमालय को छोड़कर भारतीय ग्रीष्म मानसून वर्षा पैटर्न में कमी हो जाना भी इस तथ्य को स्पष्ट करता है। इस दिशा में खतरों के कारण होने वाली हानियों को कम करने हेतु और तैयारियां रखने के सुझाव दिए गए हैं ताकि इन आधारभूत आंकड़ों का प्रयोग जल स्त्रोत प्रबंधन रणनीतियों में अरबों लोगों के लिए पानी की उपलब्धता को बनाये रखने के लिए किया जा सके।

बीज शब्द–हिमालय, बादल फटना, मानसून, भूस्खलन,जल स्रोत प्रबंधन।

Climate Change: An estimate of risk to Himalayan glaciers and environment

Tanuj Shukla[1], Sanjay Shukla[2] and Manish Mehta[3]
[1,3]Centre for Glaciology, Wadia Himalaya Institute of Geology, Dehradun-248001, Uttarakhand, India
[2]Associate Professor and Head, Department of Geology
B. S. N. V. P.G. College, Charbagh, Lucknow-226001, U.P., India
tanujshukla.geo001@gmail.com, drsanjaygeo@gmail.com

Abstract- The climatic changes occurring in Himalayan areas are varied as the structures, lithology, geomorphology and evolutionary history of Himalaya. The water resources of India are dependant upon meltwater discharge which is presently the livelihood for 0.8 billion downstream peoples and significantly impacts them by its increased frequency and magnitude of extreme events. Changes in atmospheric parameters like temperature and precipitation play an important role in changing/ modifying the availability of water resources. Present study intends to highlight the changes in patterns of long-term climatic fluctuations by reanalysing the 100 years of IMD (water portal) data of atmospheric variables like temperature and precipitation with the support of extreme events that occurred in the recent past. The trends in precipitation and temperature data show the spatially variable response for Himalaya in last 100 years with decreasing pattern in all stations of Himalaya except north-west Himalaya; the weakening of Indian summer monsoon precipitation patterns also provide an evident to this fact. An attempt is done in this direction to assess and minimise the losses caused by the hazards and also use this baseline data of water resource management strategies to eradicate the threat of water availability for the billions of people.

Keywords- Himalayas, cloudburst, monsoon, earthquakes, water resource management.

1. प्रस्तावना–हिमालयी पर्वत तंत्र जोकि लगभग 2400 कि0 मी0 की लम्बाई, लगभग 230–320 कि0 मी0 की चौड़ाई में फैला हुआ है, यह विश्व की नवीनतम पर्वत श्रंखला होने के साथ–साथ भारतीय उपमहाद्वीप को मध्य एशिया और तिब्बत से अलग

करने का काम भी करता है। इसका विस्तार विश्व के पाँच देशों– भारत, पाकिस्तान, नेपाल, भूटान और चीन में पश्चिम में नामचा बरूआ से पूर्व में नागा पर्वतों तक, दक्षिण की सीमा में मैन फ्रंटल थस्ट (एम.अफ.टी.) तक है जो इसको गंगा के मैदान से अलग करती है। विश्व की सर्वोच्च चोटियाँ जैसे माउंट एवरेस्ट, सागरमाथा, अन्नपूर्णा, लांगतांग, धौलागिरी, कंचनजंगा आदि हिमालय में ही समन्वित हैं। हिमालय की उत्पत्ति की व्याख्या प्लेट विवर्तिनी सिद्धांत द्वारा की जाती है। हिमालय की निर्माण प्रक्रिया करीब सात करोड़ वर्ष पहले भारतीय महाद्वीप के यूरेशिया महाद्वीप से टकराने के साथ आरम्भ हुई थी जोकि आज भी निरंतर चल रही है।हिमालय का पारिस्थिकी तंत्र बहुत नाजुक है और जलवायु तंत्र विविधता समाहित करे हुए है। यह जलवायु तंत्र चार ऋतुओं में विभाजित है– जाड़ा, गर्मी, बरसात और शरद काल। इन ऋतुओं में तापमान की बहुत विविधता मिलती है। पिछले कुछ वर्षों में हुई जलवायु परिवर्तन के कारण तापमान में वृद्धि वर्षा के चक्र में अनियमितता का कारण बनी हुई है। इसी वजह से हिमालय को समय–समय पर प्राकृतिक आपदाओं का सामना करना पड़ता है, जिसके परिणाम स्वरुप पर्यावरण की लगातार क्षति होती रही है। इसके अलावा जलवायु परिवर्तन के कारण जो ग्लोबल वार्मिग हुई है उससे भी हिमालय के हिमनदों के पीछे खिसकने की दर में बढ़ोतरी हुई है, वर्षा में अनियमितता आयी है और आपदा बढ़ोत्तरी इस प्रकार की प्राकृतिक आपदाओं में भारी बरसात, बादल फटना, भूकम्प, बाढ़, हिमनद द्वारा बनी झील का टूटना (जी. अल. ओ. अफ.), हिमस्खलन जैसी अनेक आपदाएं सम्मिलित हैं जिसके कारण प्रत्येक वर्ष सैकड़ों लोग जिन्दा दफन हो जाते है एवं हजारों करोड़ रूपये की आर्थिक सम्पत्ति का नुकसान होता है। इस अध्ययन में हिमालय में बढ़ती हुई प्राकृत्ति आपदाओं की आवृत्ति और उसके प्रभाव के वैज्ञानिक विश्लेषण वायुमंडलीय अवयव जैसे तापमान और वर्षा में परिवर्तन के आधार पर दिए गए हैं। वायुमंडलीय अवयव जैसे तापमान और वर्षा से जुड़ी हुई हालिया घटनाओं के व्यापक विश्लेषण द्वारा दीर्घकालिक जलवायु उतार–चढ़ाव के पैटर्न में बदलाव को भी परिलक्षित किया गया है। अंत में इन खतरों के कारण होने वाली हानियों को कम करने हेतु और तैयारियाँ रखने के सुझाव दिये गए हैं।

1.1 **हिमालय का भौगोलिक वितरण एवं जलवायु**– हिमालय का विभाजन भौगोलिक दृष्टि से तीन भागों में किया गया है– पाद हिमालय (शिवालिक) सबसे निचलाभाग, निम्न हिमालय–मध्य भाग और सबसे ऊपरी भाग–उच्च हिमालय। पाद हिमालय का निर्माण लगभग 2 करोड़ से 20 लाख साल (20–2 एम. ए.) पहले नदियों द्वारा लाये गए निक्षेपों के जमाव के कारण हुआ है। इस में मुख्यतःअलग–अलग प्रकार की अवसादी चट्टानें पायी जाती हैं। निम्न हिमालय में मुख्यतः कायान्तरित अवसादी चट्टानें पायी जाती हैं जिनकी आयु लगभग 1.8 अरब साल से 80 करोड़ साल आंकी गयी है। उच्च हिमालय में मुख्यतः उच्च ग्रेड की कायांतरित चट्टानें पायी जाती हैं जिनकी आयु लगभग 20 अरब से 5 अरब साल के बीच है। अति उच्च शिखर एवं वृहद विस्तार होने की वजह से हिमालय की जलवायु भी विविधतापूर्ण है। हिमालय में मुख्यतः दो प्रकार की मौसम प्रणाली प्रभावी है। ग्रीष्म ऋतु में यहाँ पर मानसून हवाओं का प्रभाव अत्यधिक होता है जो बरसात का मुख्य कारण होती हैं। ये हवाऐं हिन्द महासागर से अपने साथ नमी लेकर उठती हैं और भारतीय उपमहाद्वीप में वर्षा करवाती हैं। हिमालय के उच्च शिखर इन हवाओंको आगे बढ़ने से रोकते हैं जिससे ये उच्च शिखरों पर टकरा कर क्षीण हो जाती हैं या वापस लौटने लगती हैं और ये अपनी अधिकतम नमी वहीं छोड़ देती हैं जो आपदा का कारण बनती हैं। शीत काल में यह हवाएं समुद्र की ओर बहने लगती हैं। इस अवधि में पश्चिमी विक्षोभ की हवाऐं मेडिटेरियन, कास्पियन और ब्लैक समुद्र से नमी लेकर उपमहाद्वीप में वर्षा करवाती हैं और हिमपात के लिए भी उत्तरदायी होती हैं।

2. **प्राकृतिक आपदाएं**– हिमालय सदैव ही भयानक प्राकृतिक आपदाओं जैसे हिमस्खलन, अत्यधिक हिमपात, बाढ़, बादल फटना, प्राकृतिक झीलों का टूटना, भूस्खलन, भूकम्प, आदि से प्रभावित होता रहा है। इन आपदाओं में बाढ़, बादल फटना और भूस्खलन की घटनायें सामान्य हैं, जिसके द्वारा प्रति वर्ष अपार धन और जन की हानि होती है। इनमें से कुछ आपदाओं का विवरण निम्नलिखित दिया गया है।

3.1 **हिमस्खलन**– हिमपात और हिमस्खलन विश्व के पर्वतीय क्षेत्र में एक सामान्य घटना है। ध्रुवीय क्षेत्रों के बाद हिमालय दुनिया का सबसे बड़ा हिम क्षेत्र है इसका लगभग 10 प्रतिशत भाग हिम और हिमनदों से स्थायी रूप से ढका रहता है, जबकि शीतकाल में ये बढ़कर 30 प्रतिशत हो जाता है।[10] यह इस क्षेत्र को हिमस्खलन के रूप में आपदा की ओर उन्मुख करती है। पर्वतीय क्षेत्रों में मानवों की बढ़ती गतिविधियों जैसे पर्वतारोहण, पर्यटन, तीर्थयात्रा एवं क्षेत्र के निवासियों की बढ़ती जनसंख्या आदि के कारण हिमस्खलन आदि के कारण जोखिमों में वृद्धि हुई है। भारत के पर्वतीय क्षेत्रों में प्रत्येक वर्ष लगभग 100 से ज्यादा मृत्यु हिमस्खलन द्वारा होती हैं, और सर्दियों के समय अधिकतम नुकसान जैसे सड़क का टूटना, पुल का टूटना, ऊँचाई पर स्थित सैन्य कैंप आदि का ध्वस्त होना है। हिमालय के पश्चिमी भाग में हिमस्खलन से सबसे ज्यादा नुकसान होता है जिनमें जम्मू और कश्मीर, हिमाचल और उत्तराखण्ड राज्य हैं, जहाँ जनसंख्या अधिक ऊँचाई वाले भागो में वास करती है।(चित्र 1)

3.2 **हिमनद के कारण**– हिमालयमें 9,575 हिमनद हैं जिनका क्षेत्रफल 0.5– 148 कि0 मी0^2 के बीच है और लगभग 37000 कि0 मी0^2 भाग को ढके हुए है।[10] धरती पर हिमनद सबसे विशाल स्वच्छ जल का स्त्रोत है। मौसम परिवर्तन से होने वाले ग्लोबल वार्मिंग के कारण हिमालय के लगभग सभी हिमनद बड़ी तेजी से सिकुड़ रहे हैं। हिमनदों का सिकुड़ना और कम

होना भविष्य में होने वाली बड़ी आपदा की ओर संकेत कर रही हैं क्योंकि विश्व की सात बड़ी नदियाँ (तीन भारतीय नदी गंगा, ब्रह्मपुत्र और सिंधु) का उद्गम इन्हीं से है जो लगभग दुनिया की एक तिहाई जनसंख्या को भोजन व पानी मुहैया करवाती हैं।हिमालय के हिमनदों का पीछे हटने की दर लगभग 5 से 20 मी0/वर्ष है और द्रव्यमान कम होने की प्रकिया लिटिल आइस ऐज (लगभग 1450 स 1850 ईसवी) से लगाातार चल रही है।[11,12] बीसवी सदी के बाद यह प्रक्रिया और तेजी से बढ़ी है, जिससे यह अनुमान लगाया जाता है कि मानव के विकास के साथ ही वैश्विक तापमान भी बढ़ रहा है। लगातार बढ़ते तापमान से हिमनदों के पिघलने की गति के कारण हिमनद द्वारा उत्पन्न खतरों ने आपदा का रूप लेना शुरू कर दिया है। हिमनद के पिघलनेकी घटना के कारण विभिन्न प्रकार की झीलों का निर्माण होता है। ये झील हिमनद के ऊपर, हिमनद के दोनों किनारों पर हिमनद के सामने और परिधि में निर्मित होती है। इन झीलों के आकार में और संख्या में प्रति वर्ष वृद्धि हो रही है जिसके कारण भविष्य में होने वाले खतरों में वृद्धि होने की संभावना है। इन झीलों के फटने के कारण अनुप्रवाह में बाढ़ के कारण अत्यधिक क्षति होती है, जैसे हिमाचल प्रदेश में परचु झील के फटने और उत्तराखण्ड में चोराबाड़ी झील के फटने के कारण हुई वीभत्स त्रासदी।(चित्र–2)

3.3 **बाढ़**– उच्च शिखर वाले हिमालय क्षेत्रों में अत्यधिक वर्षा एवं बाढ़ जैसी आपदा का प्रतिकूल प्रभाव सामान्य सी बात है। इन घटनाओं के कई प्राकृतिक कारण हैं पर मानवों का प्रकृति नियमों से अनभिज्ञ होना एवं उससे छेड़छाड़ करना एक वीभत्स आपदा का रूप धारण कर लेता है। उच्च हिमालयन क्षेत्रों में सामान्यतः बादल फटना, हिमनद द्वारा निर्मित झील का टूटना (जी. अल. ओ. अफ.), भूस्खलन द्वारा निर्मितझील का टूटना (जी. अल. ओ. अफ.) ही बाढ़ का मुख्यः कारण है। इस के लिए भू–आकृति और इस के खतरों को समझना आवश्यक है।

4. **हिमनद और उसके चारों तरफ का क्षेत्र**– हिमालयन क्षेत्र की ऊपरी गंगा घाटी में पिछले 60–70 हजार वर्षों की अवधि में दो चरणों में हिमनदों का विकास हुआ है। ये चरण लास्ट ग्लेशिअल मक्सिमा (अल. जी. एम.) लगभग 21 हजार साल पहले और 63 वर्ष पूर्व पेनल्टीमेट ग्लेशिएशर (एम. आई अस. 4) हैं।[13] अध्ययनों से ये भी ज्ञात हुआ कि एम. आई अस. 4 में हिमनदों का अग्र भाग (स्नाउट) समुद्र तल से लगभग 2600 मी0 पर था जो आज पीछे खिसक कर लगभग 4000 मी0 तक पहुँच गया है। इन 60–70 हजार सालों में हिमनद ने अपना लगभग 5600 कि0 मी0^2 क्षेत्र खाली किया है जो 8 कि0मी0^2/शताब्दी की दर से खाली हो रहा है।हिमालयन उच्च क्षेत्रों में वनस्पति न होने के कारण हिमनदों द्वारा निक्षेपित मलवा (मोरेन) द्वारा निर्मित झील और भूस्खलन क्षेत्र है। गंगा घाटी के निचले क्षेत्रों में किये गये अध्ययन ये दर्शाते हैं कि यहाँ पर निक्षेपित लगभग 90 प्रतिशत मलबा या अवसाद हिमनदों के मोरेन से बहकर आये हैं। ये प्रक्रिया आर्द्र जलवायु के समय नदी के निर्वहन में हुई बढ़ोतरी के कारण हिमालयन क्षेत्रों में अत्यधिक वर्षा होने लगती है जिससे वर्षा का और हिम द्वारा पिघला जल इस में जमा होता है। जो बाद में रिसकर झील को तोड़ देता है और आपदा का रूप धारण कर देता है।

5. **हिमालय में बाढ़ के कारण**

5.1 **हिमनद द्वारा बनी झीलों के फटने से(जी. अल. ओ. अफ.)**–यह प्रक्रिया हिमनद क्षेत्रों में भारी वर्षा, हिम के पिघलने की गति के बढ़ने से झीलों का आकार बढ़ने लगता है जिससे ये टूट जाती है और निचली घाटी में पानी व अवसादों का भारी मात्रा में निर्वहन होता है जिसके द्वारा अत्यधिक नुकसान होता है। रिचर्डसन और रेनल्ड्स[14] ने इस प्रकार की 33 झीलों का अध्ययन 1930 से किया, जिसमें उन्होंने पाया की इस प्रकार की घटना में लगातार वृद्धि हो रही है। विगत वर्षों वासन व अन्य[15] द्वारा किये गए अध्ययनों से ज्ञात हुआ की गंगा नदी में पिछले 1000 सालों में लगभग 25 विशाल बाढ़ आयी हैं। गंगा नदी के बाढ़ द्वारा जमा अवसादों के विश्लेषण से पता चला के इसकी उत्पत्ति संभवतः उच्च हिमालयन क्षेत्रों से हुई है। इस प्रकार की घटना का उदाहरण केदारनाथ में आई भीषण आपदा भी है।

5.2 **असामान्य वर्षा की घटनाएं एवं भूस्खलन**– सामान्यतः उत्तराखण्ड में लगभग 1000–2000 मि.मी. प्रति वर्ष बरसात होती है, जो की वर्षा छाया क्षेत्रों जैसे लद्दाख और कराकोरम (100 मि.मी./वर्ष से ज्यादा) के अनुपात में बहुत ज्यादा है। हिमालय क्षेत्र में जब सीमा से अधिक बरसात होती है तो पहाड़ी के ढ़लानों से मलबे का प्रवाह आरम्भ हो जाता है जो कि आपदा का मुख्य कारण है। हिमालय में वर्षा कब आपदा का रूप ले लेगी इस का आंकलन इस क्षेत्र में वर्षा के द्वारा पहाड़ी ढलानों से मलबा बहने की सीमा रेखा (थ्रेसहोल्ड) से किया जा सकता है। सीमा रेखा क्षेत्र के भौगोलिक एवं भूगर्भीय संरचना पर निर्भर करता है। इसका आंकलन यह है कि यदि स्थानीय स्तर पर एक दिन में 200 मि.मी. या दो–तीन दिन में 300–400 मि.मी. वर्षा हुई तो मलबे का प्रवाह शुरू हो जायेगा और यदि क्षेत्रीय स्तर पर 300 मि.मी. दिन से ज्यादा रहा और दो–तीन दिन में 500–600 मि.मी. वर्षा हुई तो मलबे का प्रवाह बढ़ जायेगा।[16] उत्तराखण्ड राज्य के वर्षा के आंकड़ों का अध्ययन यह दर्शाता है कि प्रत्येक 100 साल में अत्यधिक वर्षा (200–500 मि.मी./दिन) एक बार जरूर होती है। इस प्रकार की घटना वर्ष 1880 में हुयी जब एक दिन में 820 मि.मी. वर्षा और सितम्बर 1924 में एक दिन में 770 मि.मी. वर्षा अभिलिखित है। इस प्रकार की अत्यधिक वर्षा और बादल फटने से भूस्खलन की घटना बढ़ जाती है। सन् 1893 में भूस्खलन द्वारा बिहरी गंगा (अलकनंदा की सहायक नदी) भूस्खलन द्वारा रोक कर एक विशाल झील (लगभग 350 मी. ऊँची) का निर्माण हुआ जिसे गोना ताल के नाम से जाना

गया। कुछ सालों बाद ये भूस्खलन निर्मित झील का कुछ हिस्सा टूट गया जिसके कारण श्रीनगर शहर पूरा तबाह हो गया, जिसका जल स्तर श्रीनगर पर लगभग 50 मी था। 20 जुलाई 1970 को लगभग 80 साल बाद झील पूर्णतः नष्ट हो गयी और अलकनंदा में 9.1 मी./मिनट की दर से सिल्ट व पथरी का निर्वहन हुआ, जिससे श्रीनगर गढ़वाल पानी में पूरी तरह डूब गया और ऊपरी गंगा नहर का पानी लगभग 2 मी. ऊपर उठ गया।[17]सम्पूर्ण बाढ़ के निक्षेपों के अध्ययन से यह ज्ञात हुआ है कि पिछले 1000 सालों में 50 से ज्यादा भूस्खलन द्वारा निर्मित झीलों के टूटने (एल. अल. ओ. अफ.) से भीषण बाढ़ आयी है।[15,18]

इन परिणामों के विश्लेषण लंबी अवधि के तापमान इंडिया वाटर पोर्टल वेबसाइट से एकत्र रिकार्ड के आधार पर कर रहे हैं (चित्र–3)। डेटा सेट से अधिकतम तापमान में पश्चिमी हिमालय (21 डिग्री सेल्सियस) के लिए मनाया जाता है। और कम औसत तापमान उत्तर पश्चिमी हिमालय (6 डिग्री सेल्सियस) मनाया जाता है। डेटा सेट की सावधानी से परीक्षा करने पर पता चला कि हिमालय साइटों के लिए पिछली सदी में तापमान की प्रवृत्ति (उत्तर पश्चिमी हिमालय, पश्चिमी हिमालय, मध्य और पूर्वी हिमालय) में काफी वृद्धि है। वार्मिंग में यह हाल ही में वृद्धि वार्मिंग जलवायु के संदर्भ मेंखतरनाक है। हिमालय की वर्षा की प्रवृर्ति में केन्द्रीय हिमालय (1811 मि.मी.) पश्चिमी हिमालय (1408 मि.मी.) और उत्तर पश्चिमी हिमालय में सबसे कम कुल वर्षा (867 मि.मी.), हो रही है। ये वर्षा के रुझान सम्बन्धित वर्ष की वर्षा की कुल राशि पर आधारित हैं। तापमान और वर्षा की मेन केंडल टेस्ट द्वारा की गयी समय श्रेणी विश्लेषण (टाइम सीरीज एनालिसिस) ये दिखाती है कि हिमालय में पिछले 100 सालों में तापमान की हर स्थान पर वृद्धि दर्ज हुई है जो कि कोठवाले और रूपा कुमार(2005)[19] के 0.05/दशक के तापमान वृद्धि के अनुमान की पुष्टि करता है। एक दूसरे विश्लेषण में वर्षा का विश्लेषण भी हिमालय में हर स्थान में समान नही रहा है, लेह–लद्दाख को छोड़कर सभी जगह वर्षा का स्तर तापमान बढ़ने के साथ कम हुआ है। इंटर गवर्नमेंटल पैनल फॉर क्लाइमेट चेंज (आई पी सी सी 2007) के चौथे मूल्यांकन प्रतिवेदन के अनुसार भी दक्षिणी एशिया और हिमालय में वर्षा के स्तर में कमी आई है जबकि उत्तर–पश्चिमी भाग में वृद्धि देखी गई है।[20] भारतीय वर्षा की संचयी पैटर्न से पता चलता है कि गर्मियों के महीनों (जून, जुलाई, अगस्त और सितम्बर) में 80 प्रतिशत से अधिक वर्षा हिमालय में भूस्खलन द्वारा नदी को रोक कर बांध झील का निर्माण और इसका टूटना विनाश के कारण के लिये जिम्मेदार है।

5.3 **केदारनाथ में प्राकृतिक आपदा**– भारत के पहाड़ी क्षेत्रों में बरसात के मौसम में अक्सर प्रायः ज्यादा नुकसान होता है। उत्तराखण्ड में तो भूस्खलन, बादल फटना, बाढ़ आदि सामान्य घटना है। इस से प्रत्येक वर्ष जान–माल का बहुत नुकसान होता है और आवागमन पूर्णतः बंद हो जाता है। 16 और 17 जून 2013 को ये बरसात उत्तराखण्ड पर कहर बनकर टूटी जिसने लगभग 1 लाख से अधिक लोगों को प्रभावित किया, 6000 से ज्यादा लोगों की जान गयी और लगभग 30 अरब रूपये से ज्यादा की सम्पत्ति का आर्थिक नुकसान हुआ।[21,22,23] क्या उत्तराखण्ड में इस आपदा में वर्षा का ही ज्यादा योगदान रहा या कुछ और कारण भी थे। इस प्रक्रिया को समझने के लिए पहले हमें मौसम के बारे में समझना होगा। हिमालय क्षेत्र की जलवायु मुख्यतः गर्मियों में मानसून और सर्दियों में पश्चिमी विक्षोभ पर निर्भर करती है। मानसून वो हवाऐं होती हैं जो हिन्दमहासागर और अरब सागर के दक्षिण पश्चिम तट से चलती हैं। ये हवाऐं अपने साथ पानी की बूंदें उड़ा कर लाती हैं और भारत, पाकिस्तान, बांग्लादेश में भारी वर्षा करवाती हैं। मानसून जून से सितम्बर तक लगभग चार माह सक्रिय रहता है और अक्टूबर के बाद पश्चिमी विक्षोभ सक्रिय हो जाता है। सर्दियों के महीने में हिमालय क्षेत्र में बर्फ का पड़ना इसी पर निर्भर करता है।

अधिकतर यह देखने को आया है कि हिमालय के ऊपरी क्षेत्र में मानसून हवाऐं लगभग जून के अन्त में या जुलाई के प्रारम्भ में ही पहुँचती हैं लेकिन वर्ष 2013 में ये हवाऐं जून के बीच में ही हिमालय क्षेत्र में पहुँच गयी और पश्चिमी विक्षोभ से टकरा गयी, जिस से तीन दिन तक लगातार मूसलाधार बारिश होती रही। इस वर्षा के कारण जो बर्फ जून के अंत तक पिघलती थी वो दो दिन में पिघल गयी और नदियों–तालाबों में अत्यधिक जल भराव हो गया। 16 और 17 जून 2013 को केदारनाथ घाटी में जो भयंकर तबाही हुई उसके दो मुख्य कारण समझ में आते हैं–

1. 16 जून 2013 को भारी वर्षा के कारण सरस्वती गंगा, मधु गंगा और दूध गंगा में बहुत पानी आया जो अपने साथ मिट्टी, पत्थर और गाद लाया और उसने मन्दाकिनी नदी की घाटी को पाट दिया और पानी केदारनाथ शहर में बहने लगा जिसके कारण शंकराचार्य समाधि, भारत सेवा आश्रम संघ, और मंदिर के ऊपर के सारे भवन नष्ट हो गए। इस बाढ़ के कारण रामबारा भी पूरा तबाह हो गया।
2. दूसरी घटना 17 जून 2013 को सुबह घटी, 15 और 16 जून 2013 को वर्षा के कारण, चोराबारी ताल (गाँधी सरोवर) में लगातार जल भराव होता रहा जिस के कारण ताल का जल स्तर अपने किनारों के ऊपर आ गया, पानी के दबाव से ताल को सहारा देने वाले मोरेन की दीवार टूट गयी और हजारों लीटर पानी 10 मिनट में ही खाली हो गया और इस पानी ने पूरे केदारनाथ शहर को तहस–नहस कर दिया, इसके प्रभाव से नीचे में गौरीकुंड, सोनप्रयाग, कुंड, तिलवाडा, अगस्त्यमुनि और रुद्रप्रयाग में भीषण तबाही देखने को मिली।(चित्र–4)

5.4 भूस्खलन एवम् उसके जोखिम– भू–स्खलन एक जटिल सक्रिय प्रणाली है। हिमालय में वर्षा के मौसम में व उसके बाद भू–स्खलन होना सामान्य है। संसार में होने वाली जान–माल के क्षति के कारणों में एक मुख्य कारक है। किसी क्षेत्र में जमीन के टुकड़े का गुरुत्वीय बल के कारण टूट के नीचे गिरना या मिट्टी का ढलान में नीचे गिरना भू–स्खलन कहलाता है। क्षेत्र में भू–स्खलन, उस क्षेत्र की भूगर्भीय, भू–आकृतीय मानवीय गतिविधियों एवम् ढलान के लक्षणों से प्रभावित होता है। भू–स्खलन प्राथमिक जोखिम की श्रेणी में आते हैं, परन्तु जब यह किसी अन्य प्राकृतिक आपदाओं जैसे भूकम्प, बादलों का फटना या त्वरित बाढ़ के कारण हो तो इन्हें द्वितीय श्रेणी के आपदाओं में रखा जाता है। अक्सर द्वितीय श्रेणी के भू–स्खलन आपदायें ज्यादा खतरनाक होती हैं। गत अध्ययनों में यह पाया गया है कि हिमालयी भू–भाग में प्रथम श्रेणी एवम् द्वितीय श्रेणी के भू–स्खलनों के घटना के स्थानिकी वितरण व संख्या में वृद्धि हुई है। इन भू–स्खलनों का अध्ययन उनके बहिर्जनित एवम् अन्तर्जनित कारणों के सन्दर्भ में तो किया ही है वरन भू–स्खलनों के आपदा क्षेत्रों का अनुक्षेत्रीय मानचित्रीकरण के लिये भी किया है मंदाकिनी घाटी में 1998 का उखीमठ भू–स्खलन, काली घाटी में वरुणावत पर्वत भूस्खलन, भू–स्खलनों के ज्वलंत उदाहरण है जिन्होनें उत्तर पश्चिमी हिमालय में जनजीवन अस्त व्यस्त कर दिया था और जान–माल की भारी हानि हुई थी।ऐसा पाया गया है कि भूकम्पों एवम् बादल फटने के साथ ही भूस्खलन भी होते हैं। भूकम्पों के कारण होने वाले भूस्खलन ज्यादा विनाशकारी होते है और जन जीवन के लिए भारी आपदाओं का कारण होते हैं।

6. **तैयारी, सुझाव एवं निष्कर्ष**– प्राकृतिक आपदाओं के कारण आने वाली बाढ़ की आवृत्ति विगत दशकों में बढ़ी है। आपदा के क्षेत्रों में प्रशिक्षण व तैयारी से हम आपदा से नुकसान में कमी ला सकते हैं। बिना भू–आकृति और उनकी क्रियाओं को समझे, विकास के कार्यो में निर्माण सम्बन्धी कामों को नहीं करना चाहिए या रोक लगानी होगी। हमें अपनी सामाजिक जिम्मेदारी और सभ्यता को समझना होगा। यहाँ पर कुछ सुझाव हैं जो योजनाकारों को कुछ सहायता दे सकते हैं।

1. हिमालय कि नदियों में नदी निर्वहन माप और स्वचालित मौसम स्टेशनों के घने नेटवर्कों का विकास किया जाना चाहिए और इन्हें उपग्रह के माध्यम से जोड़ना चाहिए।
2. नदी के निम्न स्तर के टैरेस पे निर्माण कार्यो कि अनुमति नहीं देनी चाहिए। इन क्षेत्रों को कृषि के लिए प्रयोग में लाना चाहिए।
3. अति संवेदनशील मलबे की ढलानों जैसे स्क्री फैन पर भवनों का निर्माण पूर्णतः प्रतिबंधित करना चाहिए क्योंकि भवन निर्माण के कारण ढलान का कोण परिवर्तित किया जाता है जो भूस्खलन को उत्प्रेरित करता है।
4. ये सभी जानते है कि घने जंगलों में पत्तियों व शाखाओं के आवरण से ढलान की सुरक्षा और जड़ों द्वारा मिट्टी को बाँधने की क्षमता के कारण भू–कटाव व भू–क्षरण कम होता, इसलिए वनीकरण कार्यक्रम से वनों व पौधों का अधिकतम विकास करना चाहिए।
5. सड़क का विकास नदियों के साथ पर नदी से अधिक ऊँचाई पर होना चाहिए और गाँव को जोड़ने के लिए ट्रंक रोड का निर्माण होना चाहिए।
6. यात्रा सीजन के दौरान सभी आपातकालीन सुविधाओं के साथ कई हैलीपैड व मोबाईल अस्पतालों को विकसित करना चाहिए।

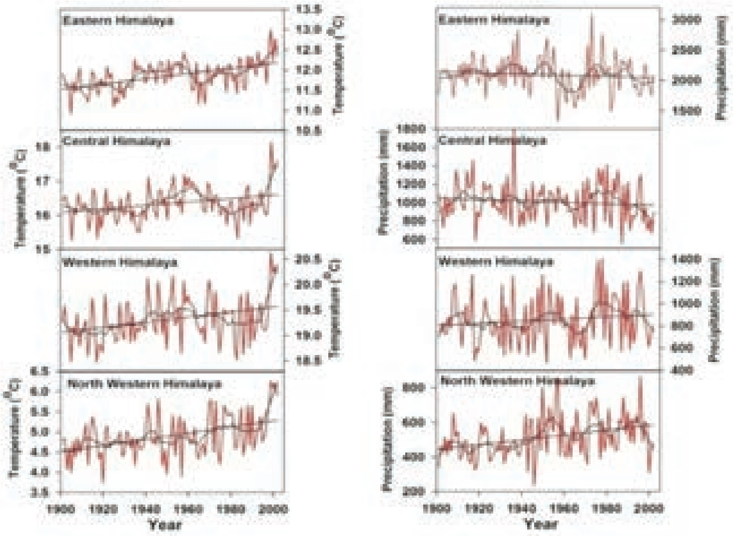
सन्दर्भ

1. ठाकुर, वी0 सी0 एवं रावत, बी0 एस0(1992) जियोलॉजिकल मैप ऑफ वेस्टर्न हिमालय, 1:10000000 वाडिया इंस्टीट्यूट ऑफ हिमालयन जियोलॉजी, देहरादून।
2. वल्दिया, के0 एस0(1980) जियोग्राफी ऑफ दि कुमाऊँ लैसर हिमालय, वाडिया इंस्टीट्यूट ऑफ हिमालयन जियोलॉजी, देहरादून, मु0पृ0 291।
3. यीन, ए0(2006) सेनोजोइक टेकटोनिक ईवोल्यूशन ऑफ दि हिमालयन ओरोजेन एण्ड कन्स्ट्रेन्ट्स बाई अलोंग–स्ट्राइक वेरिएशन ऑफ स्ट्रक्चरल ज्योमेट्री, एक्सहुमेशन हिस्ट्री, एण्ड फोरेलैण्ड सेडीमेंटेशन, अर्थ–साइंस रिव्यू, खण्ड–76, मु0पृ0 1–1311।
4. देवेय और बर्ड(1970) माउंटेन बेल्ट एण्ड न्यू ग्लोबल टेकटोनिक्स, जर्नल ऑफ जियोफिजिकल रिसर्च, खण्ड–75, मु0पृ0 2625–2685।
5. हैम और गैनस्सेर(1939) सेंट्रल हिमालय जियोलॉजिकल ओब्जर्वेशन्स् ऑफ स्विस एक्सपीडिशन 1936, हिन्दुस्तान पब0, नई दिल्ली, मु0पृ0 243।
6. लेफोर्ट(1975)दि हिमालयाज–दि कोलाइडेड रेंज प्रेजेंट नॉलेज ऑफ कान्टिनेंटल आर्क, अमेरिकन जर्नल ऑफ साइंस, खण्ड–275, मु0पृ0 1–44।
7. वल्दिया, पाल; चन्द्रा, भाकुनी, उपाध्याय(1999) टेकटोनिक एंड लिथोलोजिकल कैरेक्टराइजेशन आफ हिमाद्रि (ग्रेट हिमालय) बिटवीन काली एंड यमुना रिवर्स, सेंट्रल हिमालय, हिमालयन जियोलॉजी, खण्ड–20, मु0पृ0 1–17।

8. ओवेन, बेन0; डर्बीशायर, एवांसएवं मिचेल एण्ड रिचर्डसन(1996) क्वाटर्नरी ग्लासिअल हिस्ट्री ऑफ दि लाहुल हिमालय, नॉर्दर्न इंडिया, जर्नल ऑफ क्वाटर्नरी साइंस, खण्ड–11, अंक–1, मु0पृ0 25–42।
9. मेहता, मनीष; डोभाल, भानु प्रताप; जाहिद, मजीद; गुप्ता, अनिल एवं श्रीवास्तव, प्रदीप(2014) लेट क्वाटर्नरी ग्लॉसिअल एडवांसेज इन दि टोंस रिवर वैली, गढ़वाल हिमालय, इंडिया एंड रीजनल सिंक्रोनिसिटी, दि होलोसीन, खण्ड–24, अंक–10, मु0पृ0 1336–1350।
10. रैना और श्रीवास्तव(2008) ग्लेशियर एटलस ऑफ इंडिया जियोलॉजिकल सोसायटी पब्लिकेशन नं0 315।
11. कैंप, बीरने एवं बोल्च(2011) ग्लेशियर फ्लक्चुएशन्स् बिटवीन 1975 एंड 2008 इन दि ग्रेटर हिमालय रेंज ऑफ जांस्कर, साउथर्न लद्दाख, जर्नल ऑफ माउंटेन साइंस, खण्ड–8, मु0पृ0 374–389।
12. बोल्च, कुलकर्णी और अन्य(2012) द स्टेट एण्ड फेट ऑफ हिमालयन ग्लेशियर्स, साइंस, खण्ड–336, अंक–6079, मु0पृ0 310–314।
13. शर्मा, एम0 सी0 और ओवेन, एल0 ए0(1996) क्वार्टनरी गलेशियर हिस्ट्री ऑफ नॉर्थ वेस्टर्न गढ़वाल, सेन्ट्रल हिमालय क्वाटर्नरी विज्ञान रिव्यू, खण्ड–15, अंक–4, मु0पृ0 335–365।
14. रिचर्डसन, एस0 डी0एवं रेनाल्ड्स, जे0 एम0(2000) एन ओवरव्यू ऑफ ग्लॉसिअल हजर्ड्स इन दि हिमालयाज क्वाटर्नरी इंटरनेशनल, खण्ड–65, मु0पृ0 31–47।
15. वासन, आर0 जे0; सुन्द्रियाल, चौधरी.; जैसवाल, मोरठकै, सती और जुयाल(2013) 1000–ईयर हिस्ट्री ऑफ0 लार्ज फ्लूड्स इन दिअपर गंगा कैचमेंट, सेंट्रल हिमालय, इंडिया क्वाटर्नरी साइंस, खण्ड–77, मु0पृ0 156–166।
16. स्टार्केल, एल0 एवं बासु, एस0(2000)"रायन" लैंडस्लाइड्स एण्ड फलड्स इन दि दार्जिलिंग हिमालय, इंसा, नई दिल्ली।
17. अग्रवाल, अनिल एवं अजित, चक(संपा0, 1991)फ्लूड्स, फलड प्लेन्स एंड एनवायर्नमेंटल मिथ्स, खण्ड–3, सेंटर फॉर साइंस एण्ड एनवायरनमेंट।
18. श्रीवास्तव, पी0; त्रिपाठी, जे0 के0; इस्लाम, आर0 एवं जैसवाल, एम0 के0(2008) फेजेस ऑफ लेटप्लोस्टोसीन एग्रेडशन एण्ड इनसीजन इन अलखनंदा नदी घाटी, पश्चिमी हिमालय, क्वाटर्नरी अनुसंधान, खण्ड–70, अंक–1, मु0पृ0 68–80।
19. कोथावाली, डी0आर0 एवं रूपा, कुमार के0(2005)भारत में सतह के तापमान के रुझान के हालिया बदलावों पर भू–भौतिकीय अनुसंधान पत्र, खण्ड–32, अंक–18।
20. बर्नस्टीन, एल0; बौश, पी0; कैनजियानी, ओ0; चेन, जेड0; काइस्ट, आर0एवंरियाही, के0(2008)आईपीसीसी, 2007ः जलवायु परिवर्तन 2007ः संश्लेषण रिपोर्ट। आईपीसीसी।
21. डोभाल, डी0पी0; गुप्ता, अनिल; मेहता, मनीष एवं खण्डेलवाल(2013) केदारनाथ डिजास्टर फैक्ट्स एण्ड प्लासिबिल कॉजेस, खण्ड–105, अंक–2, मु0पृ0 171–174।
22. दुबे, चंद्र; शुक्ला, डी0 पी0; नेंगरेकान, ए0 एस0 एवं उशम, ए0(2013) ओरोग्राफिक कंट्रोल ऑफ दी केदारनाथ डिजास्टर, करेंट साइंस, खण्ड–105, अंक–11, मु0पृ0 1474–1476।
23. निरुपमा, ऋचा शर्मा;वर्मा, केसरी एवं पाणिग्रही, संग्राम(2014) ए मल्टी–टियर हैजर्ड–पार्ट–1 डिस्क्रिप्शन ऑफ दि इवेंट, नेचुरल हेजार्ड्स, खण्ड–76, अंक–1, मु0पृ0 259–269।

चित्र–1: हिमस्खलन द्वारा हुए आर्थिक नुकसान, उत्तरी कश्मीर के बांदीपोरा जिले के गुरेज नामक जगह (स्त्रोत–कश्मीर लाइफ इंटरनेट न्यूज ई–जर्नल)

चित्र–2: हिमनद के ऊपर बनी प्राकृतिक झील



चित्र–3: हिमालय में पिछले 100 सालों में वर्षा और तापमान के चित्र।

चित्र–4: केदारनाथ में भीषण बाढ़ के चित्र (स्रोतः मनीष मेहता)