

भागीरथी बेसिन (उत्तराखंड हिमालय) में 2013 में आई बाढ़ के लिए उत्तरदायी असामान्य मौसम की स्थिति का विश्लेषण

जतिन मल्होत्रा, मनोहर अरोरा, राकेश कुमार एवं नरेश कुमार

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान रुड़की

सारांश:

भागीरथी नदी, जो 4000 मीटर की ऊंचाई पर स्थित गंगोत्री ग्लेशियर के हिमानी स्रोत से निकलती है, को परंपरागत रूप से गंगा नदी के स्रोत के रूप में माना जाता है। जून 2013 में, भारत के उत्तरी राज्य उत्तराखंड पर केंद्रित बहुदिन मूसलाधार बारिश के कारण विनाशकारी बाढ़ तथा भूस्खलन हुआ, जिससे बड़े पैमाने पर जीवन और संपत्ति की हानि हुई। यह असामान्य बारिश की घटना जून में पर्यटन मौसम के दौरान हुई जिसके फलस्वरूप इस क्षेत्र में पर्यटकों और विक्रेताओं की बड़ी संख्या फँस गई। भारी बारिश से अचानक आए संग्रहित पानी के आने से उत्पन्न बाढ़ से इस क्षेत्र की अधिकांश नदियाँ तबाही का कारण बनी। इस शोध पत्र में जून 2013 में भागीरथी बेसिन के बड़े हिस्से में अनुभव की गई भयावह जलविज्ञान संबंधी स्थिति और अचानक आई बाढ़ के लिए उत्तरदायी मौसम की स्थिति का विवरण प्रस्तुत है। इसमें गंगोत्री ग्लेशियर के हिमानी स्रोत के पास स्थित वेधशाला से 14 जून 2013 से 18 जून 2013 तक लिए गए जलमौसम विज्ञान और अपवाह आंकड़ों का विश्लेषण किया गया है। इस क्षेत्र में आम तौर पर कम वर्षा होती है और शायद ही पिछले वर्षों के दौरान जून माह में अधिकतम मासिक वर्षा 100 मिमी से अधिक हुई हो जबकि इस 5 दिवसीय तूफान के दौरान कुल वर्षा 178 मिमी हुई। नदी में अचानक हुई पानी की वृद्धि से तराई क्षेत्र में बाढ़ की स्थिति उत्पन्न हुई। 16 जून 2013 को पानी का प्रवाह नापन स्थल पर 163 m³/s पहुंच गया था। यह देखा गया कि जून में अपवाह गहराई 12-14 मिमी थी जबकि अपवाह गहराई का उच्चतम स्तर 16 जून 2013 को दर्ज किया गया।

Abstract

The Bhagirathi River that originates from the snout of Gangotri glacier at an elevation of about 4000 m is traditionally considered as the source of Ganga River- In June 2013, a multi-day cloudburst centered on the North Indian state of Uttarakhand caused devastating floods and landslides which resulted unmassive loss of lives and property. This unusual rain event occurred during the tourist season in June, consequently trapping a large number of tourists and vendors in this area. Sudden release of stored water generated floods that created havoc downstream of the most of the rivers in this area. This paper presents description of meteorological conditions which led to catastrophic hydrological situation and flash flood as experienced in the large part of Bhagirathi basin in June 2013- The hydro&meteorological and discharge data for 14 June 2013 to 18 June 2013 collected at an observatory near the snout of the Gangotri glacier has been analyzed. This area normally receives less rainfall and the maximum monthly rainfall of the month for June during previous years hardly exceeded 93 mm, while total rainfall during this 5-day storm was 178 mm- Sudden increase of water discharge in the river resulted in flooding downstream. Flows at the gauging site peaked at 163 m³ s⁻¹ on 16th June 2013- It is observed that the mean runoff depths of June varied between 12-14 mm whereas runoff depths recorded up to the site was highest on 16th June 2013.

परिचय

भारत में मानसून के दो प्रकार के होते हैं: दक्षिण-पश्चिम मानसून और उत्तर-पूर्व मानसून। दक्षिण-पश्चिम मानसून की अवधि में देश में सबसे अधिक वर्षा होती है। पिछली कुछ सदियों में दक्षिण-पश्चिम मानसून जो यूरेशियाई क्षेत्र की सतह की हवा के तापमान से जुड़ा हुआ है उसकी ताकत में वृद्धि हुई है (एंडरसन आदि 2002)। विभिन्न कारणों से इसकी तीव्रता साल दर साल बदलती रहती है। मानसून पर एल निनो-ला नीनो दोलन का प्रभाव मजबूत प्रभावों में से एक है। हिंद महासागर से नमी से लदी हवाएं निर्वात को भरने के लिए आती हैं, लेकिन वे हिमालय क्षेत्र को पार नहीं कर सकती,

इसीलिए वे ऊपर उठने को मजबूर होती हैं। हिमालय पर्वतमाला दक्षिण पश्चिम मानसून हवाओं के तिब्बत के पार जाने के लिए एक बाधा के रूप में काम करती हैं जिससे इसके दक्षिण में पर्वत तलहटी और भारत के आसपास के मैदानों में बहुत भारी बारिश होती है (धर आदि 1975, धार और नंदरगी 1998)। इसके अलावा, यहाँ पर भारत के मैदानी क्षेत्रों के समान लंबे समय तक भारी वर्षा नहीं होती, बल्कि, तीन से चार घंटों की छोटी अवधि से दस से चौदह घंटों की दीर्घ अवधि के लिए अचानक भारी बारिश हो सकती है। भारी वर्षा से भूस्खलन, बाढ़ और फसल को नुकसान हो सकता है जिसके कारण समाज, अर्थव्यवस्था और पर्यावरण पर बहुत प्रभाव पड़ता है।

यद्यपि भारतीय मानसून के व्यवहार को अच्छी तरह से प्रलेखित किया गया है, तथापि इसकी विशेषताओं और प्रकृति को अभी तक पूरी तरह से नहीं समझा गया है (चार्ल्स आदि (1997), कृष्णमूर्ति और शुक्ला (2000), गाडगिल आदि (2003), कुलकर्णी आदि (2009), सिंह आदि (2009))। क्योंकि स्थानीय कारक और वैश्विक दूरवर्ती संबंध, दोनों भारतीय मानसून शक्ति को प्रभावित करते हैं, इसीलिए सामान्यतः भारतीय मानसून के मौसम की सफल भविष्यवाणी लगभग असंभव माना जाता है (वेबस्टर (1987), वेबस्टर आदि (1998), फ्रांसिस और गाडगिल (2009), रहमान आदि (2009))। हिमालय में तापमान और वर्षा के जलवायु चरम रुझान का आकलन के लिए बहुत सीमित अध्ययन उपलब्ध हैं। नेपाल हिमालय में ऊंचाई के साथ वर्षा की भिन्नता पर, धर और भट्टाचार्य (1976), धर और रखेचा (1981) और धर और नंदरगी (2005) द्वारा अध्ययन किया गया। इन अध्ययनों से पता चलता है कि अधिकतम वर्षा बाहरी हिमालय, यानी तलहटी के पास होती है और दूसरे नंबर पर 2400 मीटर (एएसएल) से अधिक पर मध्य हिमालय में होती है। उसके पश्चात उत्तर की ओर बढ़ते हुए ऊंचाई के साथ तेजी से कम हो जाती है जब तक ग्रेट हिमालयन रेंज तक पहुँचा जाता है। सेन रॉय और बेलिंग (2004) ने 1910–2000 के वर्षा के आंकड़ों का विश्लेषण कर पाया है कि उत्तर-पश्चिमी हिमालय में चरम वर्षा की घटनाओं की आवृत्ति में वृद्धि हुई है। सेन रॉय (2009) ने उत्तर-पश्चिमी भारतीय हिमालय और हिमालय के पादगिरी क्षेत्र के गंगा बेसिन के उत्तरी भागों में सभी मौसमों (1980–2002) में अधिक वर्षा की चरम प्रवृत्तियों में वृद्धि की सूचना दी। नंदरगी और धर (2011) ने 1871 और 2007 के बीच हिमालय पर चरम वर्षा की घटनाओं का विश्लेषण किया। उन्होंने पाया कि 1951–1960 से 1991–2000 के दौरान दशकीय वितरण में एकदिवसीय चरम बारिश आवृत्तियों में काफी वृद्धि हुई है परंतु वर्तमान दशक 2001–2007 के दौरान चरम बारिश आवृत्तियों में अचानक कमी आई है, जिससे वैश्विक परिवर्तन और इससे जुड़े भौतिक और जलवायु परिवर्तनों को समझने की जरूरत की आवश्यकता का पता चलता है।

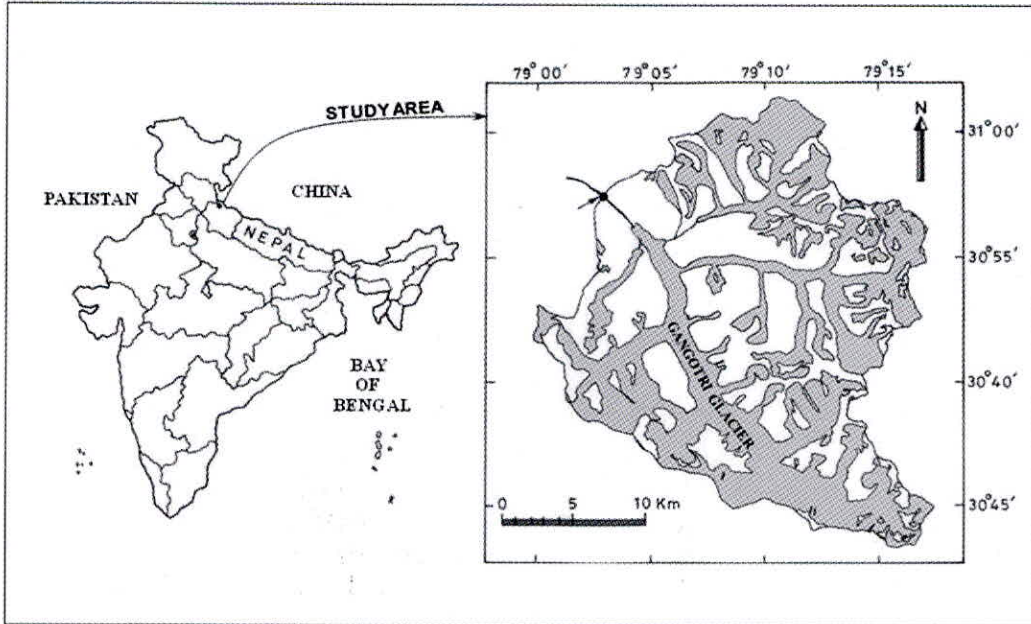
पहाड़ी क्षेत्र पानी से संबंधित आपदाओं से ग्रस्त हैं। दक्षिण एशिया में 1975–2005 के दौरान आयी प्राकृतिक आपदाओं में से 35% के लिए बाढ़ जिम्मेदार है (श्रेष्ठ, 2008)। पार्वतिकी के कारण बढ़ी हुई वर्षा और खड़ी ढलान के अभेद्य आधार पर एक पतली मिट्टी की सतह इन क्षेत्रों को विशेष रूप से बाढ़ ग्रस्त बनाते हैं। इन कारकों के कारण बड़ा अपवाह गुणांक और पहाड़ी क्षेत्रों में सीमित घाटी भंडारण, गंभीर बाढ़ और मलबे के साथ प्रवाह का कारण बन सकते हैं। पहाड़ी हिमालय और आसन्न कम रिलीफ वाले क्षेत्रों में बाढ़ के लिए दो कारणों को मुख्य रूप से जिम्मेदार ठहराया जा सकता है: (क) सायनोप्टिक मौसमी पैटर्न के साथ जुड़े भारी या चरम वर्षा की घटनाएँ और (ख) कृत्रिम और प्राकृतिक बांधों का फटना। भारी बारिश के अतिरिक्त और भी कारक हैं जिनमें मानसून की बाढ़ की गंभीरता को बढ़ाने के क्षमता है। उदाहरण के लिए, हिमालय (विशेष रूप से बर्फ पर हुई बारिश की घटना) में भारी बारिश के साथ, हिमपुंज के पिघलने से असामान्य रूप से उच्च मात्रा में उत्पन्न अपवाह का संयोजन, जिसका परिणाम विनाशकारी हो सकता है तेजी से बहने वाली नदियों के साथ-साथ निवास स्थानों, पर्यटक रिसॉर्ट और होटल का विस्तार, इस तरह के प्राकृतिक खतरों के तहत जीवन और संपत्ति के नुकसान के लिए प्रमुख कारण हैं। यद्यपि जल संसाधनों के लिए योजना बनाने और सतत प्रबंधन के लिए पहाड़ से अपवाह के बारे में बेहतर समझ एक बड़ी जरूरत है, लेकिन दुर्भाग्य से इस क्षेत्र में हुई प्रगति जलविज्ञान के अन्य क्षेत्रों में हुई प्रगति से बहुत पीछे है (कुन्दजेवीकज और क्रैमर 1998) के अन्य। हिमालय की घाटियों में हाल ही में चरम वर्षा के साथ जुड़ी बाढ़ की कुछ घटनाएँ अनुभव की गई हैं। वेंग आदि (2011) ने पाकिस्तान में आई 2010 की बाढ़ की घटना को पर्याप्त मात्रा में सामाजिक आधार को प्रभावित करने वाली चरम जलीय घटना पाया है। अतिरिक्त कारकों से (जैसे कि हिमगलन और पानी के प्रबंधन के तरीके) प्रभावित होने के बावजूद बाढ़ असामान्य रूप से भारी वर्षा की घटना से जुड़ी थी। मौसम की घटना जिससे 2010 में अचानक बाढ़ आई उसकी शुरुआत जुलाई में स्थानीय स्तर पर तूफानी वर्षा की एक श्रृंखला के साथ हुई, जिसके पश्चात अगस्त के पहले पखवाड़े के दौरान पूरे समय मानसून की बारिश हुई। हौजे आदि (2011) द्वारा जुलाई की तूफानी वर्षा के स्नोप्टिक विश्लेषण में तीव्रता और संरचना के आधार पर उत्तरी पाकिस्तान की इस घटना को असामान्य बताया हई।

बाढ़ से जुड़ी चरम वर्षा की घटनाओं की माप, विश्लेषण और प्रतिरूपण, जलवायु परिवर्तन के प्रभावों और परिवर्तनशीलता को समझने हेतु महत्वपूर्ण है। चरम वर्षा की घटनाओं से संबंधित बाढ़ भविष्यवाणी मुश्किल है क्योंकि मानसूनी

वर्षा की भविष्यवाणी की क्षमताएँ सीमित हैं। विशेष रूप से, दूरदराज में, ऊँचे पहाड़ी इलाकों में वर्षा की निगरानी और भविष्यवाणी में सुधार करने की जरूरत है। इन प्रक्रियाओं के बीच के संबंधों के बेहतर मूल्यांकन आवश्यकता है लेकिन निगरानी के संसाधनों कमी के कारण लक्ष्य को हासिल करना अक्सर मुश्किल होता है। चरम घटनाओं के लिए बेहतर आँकड़े पनबिजली जलाशयों भरने और पनबिजली टर्बाइनों के घर्षण के घिसने को कम करने, साथ ही हिमालय के नदी के बहाव के साथ वाले क्षेत्रों में बुनियादी ढाँचे और कृषि को सफल बनाए रखने भरने के लिए महत्वपूर्ण हैं। भारी बारिश में जलवायु परिवर्तन की भूमिका को भी संबोधित करने की जरूरत है। ऊपर उल्लिखित तथ्यों को ध्यान में रखते हुए, इस पत्र में गढ़वाल हिमालय स्थित गंगोत्री ग्लेशियर के पास जून 2013 में हुई असामान्य बारिश, जिसके कारण जान-माल की भारी क्षति हुई है, के मौसम विज्ञान और जल वैज्ञानिक आंकड़ों के विश्लेषण करने की दिशा में एक प्रयास किया गया है।

अध्ययन क्षेत्र

वर्तमान अध्ययन हिमालय स्थित गंगोत्री हिमनद के लिए किया गया जो कि हिमालय के सबसे बड़े हिमनदों में से एक है। यह हिमनद, गढ़वाल हिमालय क्षेत्र में उत्तराखण्ड के उत्तरकाशी जिले में स्थित है। गंगोत्री हिमनद की स्थिति को चित्र 1 में दिखाया गया है। अध्ययन क्षेत्र $30^{\circ}43'$ से $31^{\circ}01'$ उत्तर अक्षांश और 79° से $79^{\circ}17'$ पूरब देशांतर के मध्य फैला हुआ है। 4000 मीटर की ऊँचाई पर गंगोत्री हिमनद के अग्र भाग (गौमुख) से भागीरथी नदी का उद्गम है। गौमुख गंगोत्री शहर से 18 किमी दूरी पर स्थित है तथा पैदल रास्ते का अधिकतर भाग भागीरथी नदी के साथ-साथ है। आंकड़े एकत्र करने के लिए गौमुख से थोड़ा नीचे एक अपवाह मापन केंद्र और मौसम विज्ञान वेधशाला की स्थापना की गयी।



चित्रा 1: गढ़वाल हिमालय में गंगोत्री ग्लेशियर की स्थिति बेसिन मानचित्र ।

आंकड़े संग्रह और विश्लेषण

वर्ष 1999 में भागीरथी नदी के निकट भोजवासा में एक प्रमापी और पानी का प्रवाह मापन स्थल स्थापित किया गया। जल स्तर के आंकड़े को मापने के लिए एक स्वचलित जल स्तर अभिलेखी को स्टीलिंग वेल पर नदी के किनारे स्थापित किया गया। स्टीलिंग वेल पर लगे हुए चार्ट का उपयोग प्रत्येक दिन के प्रतिघंटा के पानी के स्तर को मापने के लिए किया गया। एक प्रमापी डंडा मापन स्थल पर स्टीलिंग वेल पर नदी के किनारे स्थापित किया गया है। प्रमापी डंडे तथा कुएँ के जलस्तर से लिए गए आंकड़ों का अंशांकन किया जाता है। प्रशिक्षित वैज्ञानिक और कर्मचारियों की टीम पृथक अवधि के दौरान कार्यस्थल पर लिए गए दिन और रात के समय के आंकड़ों का अध्ययन करती है। गंगोत्री ग्लेशियर में

मौसम संबंधी परिवर्तनों की निगरानी रखने के लिए उसी वर्ष एक प्रामाणिक मौसम विज्ञान वेधशाला (30मी*30 मी), 3800 मी की ऊँचाई पर मापन स्थल के निकट भोजवासा में स्थापित की गयी। वेधशाला की स्थापना भारतीय मौसम विज्ञान (आईएमडी) द्वारा मापदंडों के अनुसार किया गया है। एक मौसम संबंधी स्वचालित मौसम केंद्र (AWS) भी वर्ष 2009 में स्थापित किया गया था। मौसम मापन स्थल (वेधशाला) वर्षा मापक, स्वतः वर्षा मापक, तापमापी, आपेक्षित आद्रतामापी, अधिकतम एवं न्यूनतम थर्मोमीटर, शुष्क एवं आद्र थर्मोमीटर, वाष्पन मापी, पवन वेग मापी, पवन दिशामापी और धूप अभिलेखी से सज्जित है। हालांकि जून 2013 में मापन केंद्र पर असामान्य भारी बारिश हुई जिसके फलस्वरूप अवसाद की भारी मात्रा ने प्रवाह स्थल को नुकसान पहुंचाया, लेकिन मौसम मापन स्थल (वेधशाला) तूफान के प्रभाव से अप्रभावित रही। तूफान से नदी में नीचे की ओर मापन स्थल के साथ साथ कई स्थानों पर भूस्खलन शुरू हो गया। नदी प्रवाह के रास्ते में आने वाले लकड़ी के पुल बह गए। नीचे की ओर स्थित होटल/दुकाने तथा अन्य कई प्रतिष्ठानों भी इस भयावह घटना के कारण क्षतिग्रस्त हो गए।

तालिका 1 : जून 2013 तूफान अवधि के दौरान लिए गए मौसम संबंधी विवरण।

| Date | Max. Temp (°C) | Min. Temp (°C) | Mean Temp (°C) | Rain (mm) | Discharge (m ³ /s) | Sun Shine (hr) | Evp. (mm) | Rel. Humidity (%) | Average daily wind speed (km /hr) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|-------------------------------|----------------|------------|-------------------|-----------------------------------|
| 14-Jun-13 | 7.5 | 5.2 | 6.4 | 1.8 | 76.8 | 3.50 | 2.2 | 81 | 7.8 |
| 15-Jun-13 | 13.9 | 4.4 | 9.2 | 6.7 | 78.7 | 2.50 | 1.2 | 87 | 9.7 |
| 16-Jun-13 | 11.8 | 0.0 | 5.9 | 93.0 | 163.3 | 0.00 | 0.0 | 95 | 6.5 |
| 17-Jun-13 | 3.1 | 0.1 | 1.6 | 66.0 | 148.4 | 0.00 | 0.0 | 94 | 2.8 |
| 18-Jun-13 | 4.9 | 0.1 | 2.5 | 10.5 | 112.6 | 0.75 | 0.0 | 85 | 2.5 |
| Average | 8.2 | 2.0 | 5.1 | 35.6 | 116.0 | 1.4 | 0.7 | 89 | 5.9 |
| Total | - | - | - | 178.0 | - | 6.7 | 4.1 | - | - |

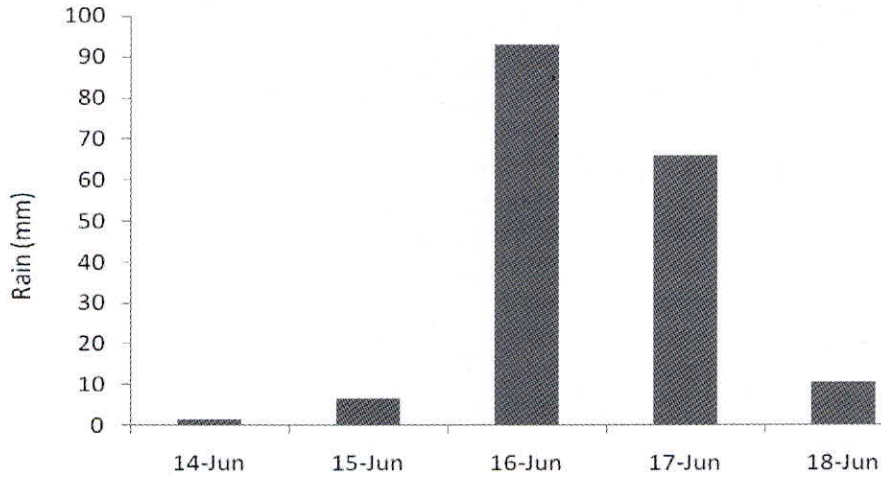
वर्षण

इस साल मानसून के बारे में विलक्षण क्या था? 14 जून को मानसून फ्रंट पूर्वी भारत में स्थित था। वास्तव में यह फ्रंट सामान्य प्रगति की तुलना में धीमीगती से चल रहा था। लेकिन 16 जून के आते आते एक दिन के अंदर-अंदर मानसून देश के बचे हुए क्षेत्र में पूरी तरह छा गया, यह स्थिति मानसून की सामान्य तिथि 15 जुलाई के ठीक एक महीने पहले हुई। इस प्रकार की स्थिति अतीत में कभी उत्पन्न नहीं हुई थी। अरब सागर से पश्चिमी हवा का एक तन्त्र भी इसी अवधि के दौरान सक्रिय रहा और पूरे पाकिस्तान के ऊपर छाया हुआ था। यह पूर्व से पश्चिमी तक दक्षिण-पश्चिम मानसून द्वारा बनाए गई कम दबाव प्रणाली और उत्तर-पश्चिम राजस्थान से पूर्व की ओर चल रही उत्तर-पश्चिम हवा के बीच का पारस्परिक प्रभाव था जिसके कारण बनी कम दबाव प्रणाली, जोकि देश के पूर्वी भाग में थी, ने जल्दी अपने को उत्तर-पश्चिम भारत पर स्थापित कर लिया जिसके फलस्वरूप इस क्षेत्र में भारी वर्षा हुई।

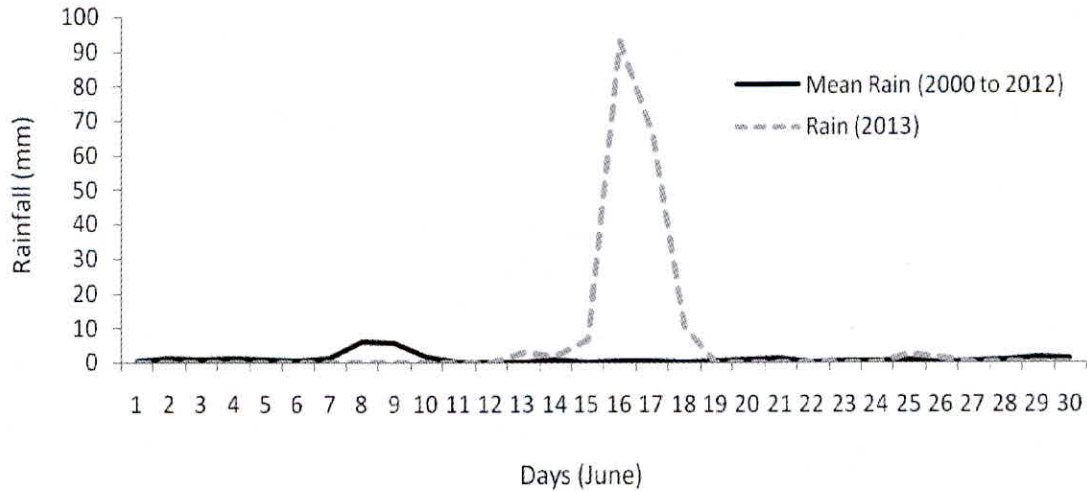
पिछले वर्षा आँकड़ों (2000-2012) यह देखा गया है कि कुल वर्षा के घटनाओं में से 78.74% घटनाएँ 5 मिमी से कम या बराबर; 5-10 मिमी की रेंज में 15.75% और 10 से 15 मिमी के बीच केवल 2.36% वर्षा हुई। जून 14, 15, 16, 17 और 18 के लिए साइट पर 1.8, 6.7, 93, 66 और 10.5 मिमी क्रमशः वर्षा मापी गयी (तालिका 1)। अधिकतम वर्षा 16 जून, 2013 को बाढ़ आने के साथ हुई। मई, जून 2013 के लिए मासिक वर्षा 1.3 और 185.8 मिमी, था।

मई, जून 2013, के लिए मासिक वर्षा क्रमशः 1.3 एमएम और 185.8 एमएम थी। 2013 के वर्षा आँकड़े बताते हैं की अध्ययन क्षेत्र में मई और जून की मौसम वर्षा 187.1 एमएम के आस पास थी। जिसमें जून 2013 का असामान्य तूफान भी शामिल हैं। मई, जून, जुलाई, अगस्त और सितम्बर 2012 के लिए मासिक वर्षा अवधि के लिए 112.7 एमएम की कुल वर्षा के साथ क्रमशः 15.0, 7.2, 29.1, 57.1 और 19.3 एमएम थी। इस प्रकार जून 2013 में 2012 के गलन अवधि से तुलना में ज्यादा

वर्षा देखी गई। 2012 और 2013 के आँकड़ों से संकेत मिलता है कि जून 2013 के तूफान में अधिकतम वर्षा जून के सबसे ज्यादा दैनिक वर्षा (2.2) से 40 गुना थी, और मई और सितम्बर की गलन अवधि के दौरान सबसे बड़े दैनिक वर्षा (11.2) से 8 गुना है। गंगोत्री हिमनद के पास दैनिक औसत वर्षा जून (2000–2012) के दौरान और जून 2013 के तूफान के बीच तुलना चित्र (3) दर्शाता है।



चित्र 2: गंगोत्री ग्लेशियर के हिमानी स्रोत के पास जून 2013 दौरान लिए गए वर्षा आंकड़े

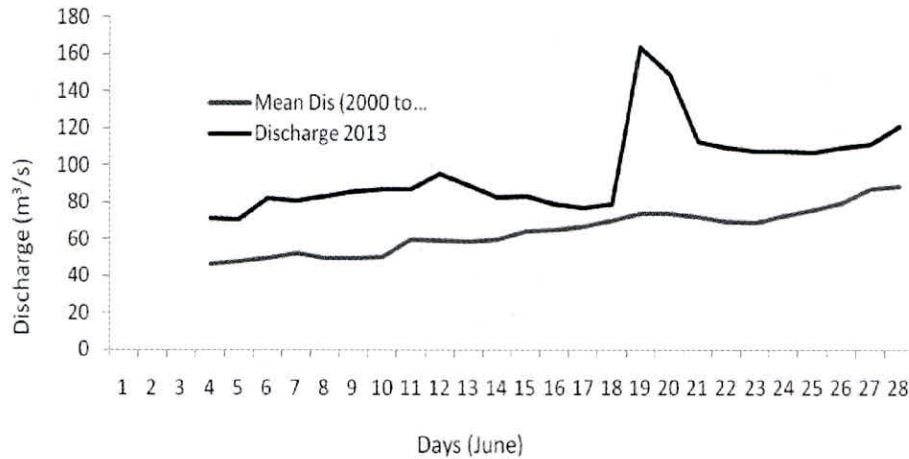


चित्र 3: गंगोत्री ग्लेशियर के हिमानी स्रोत के पास लिए गए जून (2000–2012) और जून 2013 महीने की दैनिक वर्षा के बीच तुलना

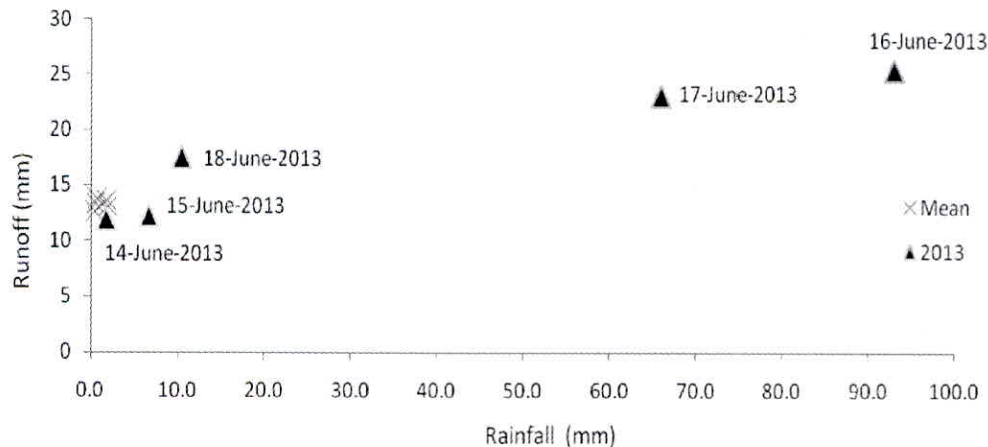
अपवाह

भागीरथी नदी में 16 से 18 जून 2013 को भूस्खलन के कारण बड़ी मात्रा में पत्थर, कंकड़, बड़ा कोयला, बालू और गाद अनुभव किए गए। नदी में पानी की अचानक वृद्धि के परिणामस्वरूप नीचे के और बाढ़ हुई। गेजिंग साइट पर 16 जून 2013, 17 जून 2013 और 18 जून 2013 को धारा प्रवाह क्रमशः 163 m³/s, 148 m³/s और 113 m³/s (चित्रा 4) पर पहुंच गया। पिछले 13 साल के लिए लिए गये जून महीने के आंकड़े यह दर्शाते हैं कि अपवाह जून के दूसरे सप्ताह से बढ़ाना शुरू होता है लेकिन इसमें ज्यादातर वृद्धि ग्लेशियर के पिघलने के कारण होती है। तूफान के परिणामस्वरूप प्रवाह की ऊंचाई मापन स्थल के निकट 50 सेमी तक की वृद्धि हुई है और अचानक हुई अपवाह की वृद्धि के परिणामस्वरूप इस विशेष क्षेत्र में नदी में बाढ़ के रास्ते में परिवर्तन हुआ। चित्र 5

संबन्धित वर्षा द्वारा निर्मित अपवाह गहराई का प्रतिनिधित्व करता है: अपवाह स्टाल तक जल निकासी क्षेत्र 556 km² है जिसमें से 286 km² हिमाच्छादित है। यह देखा गया है कि जून में अपवाह गहराई 12–14 मिमी के बीच परिवर्तित होती है जबकि स्टाल पर दर्ज कि गयी अपवाह गहराई 16 जून 2013 को सबसे ज्यादा थी।



चित्र 4: गंगोत्री ग्लेशियर के हिमानी स्रोत के पास लिए गए जून (2000–2012) और जून 2013 महीने की दैनिक औसत अपवाह के बीच तुलना

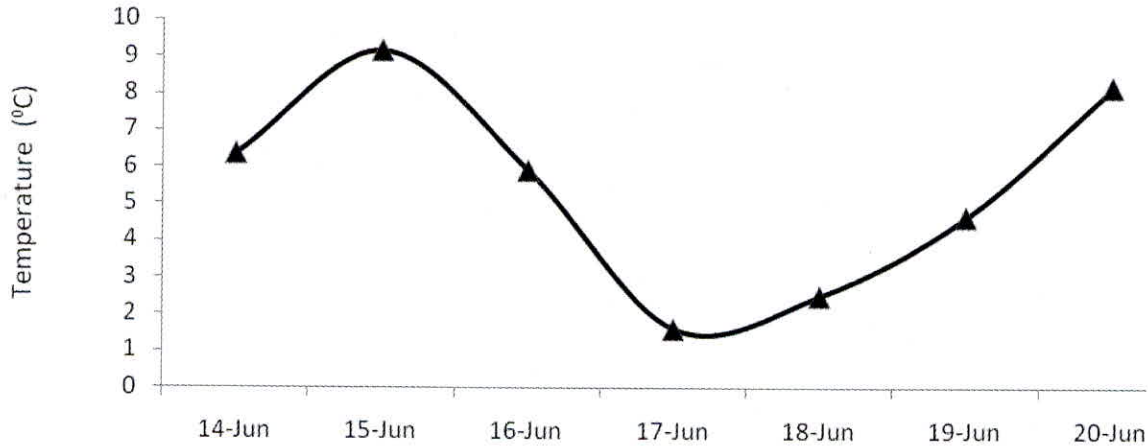


चित्र 5: 14 जून–18 जून के बीच की अवधि के दौरान उत्पादन अपवाह गहराई

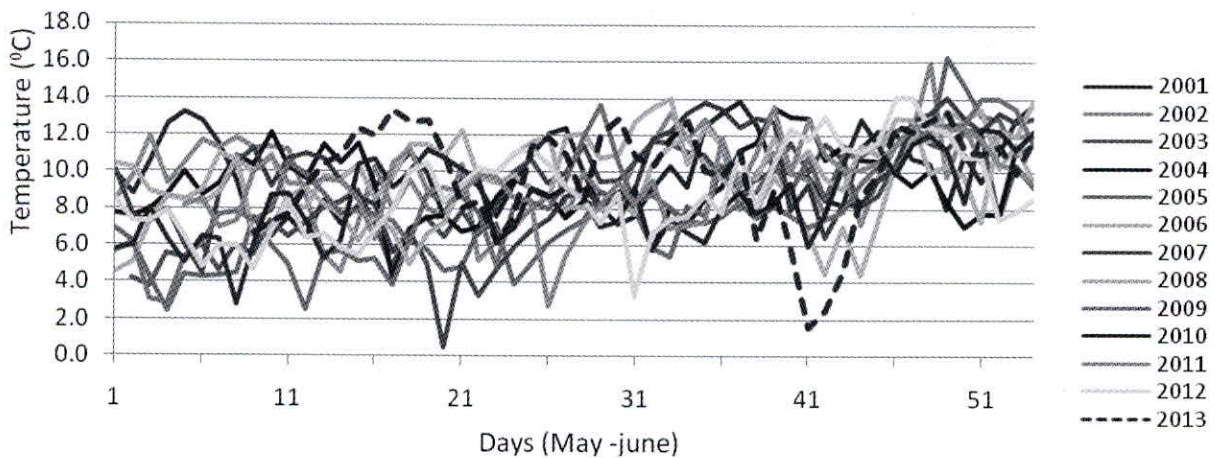
हवा का तापमान और गति

जून 2013 तूफान हवा के तापमान में अचानक गिरावट के साथ जुड़ा था। 14–20 जून की अवधि में गंगोत्री हिमनद के मुहाने के पास एकत्रित किए गए दैनिक औसत हवा तापमान के आँकड़े चित्र 6 में दर्शाये गए हैं। हमेशा की तरह, बारिश और बर्फबारी की घटनाओं के दौरान हवा के तापमान में अचानक गिरावट देखी गई। पृथक मौसम (2001–2013) के दौरान मई और जून के महीने के लिए दैनिक तापमान का मूल्यांकन चित्र 7 में दिखाये गया है। सामान्यतः यह देखा गया है कि

आम तौर पर यह मूल्यांकन कुछ अपवादों के साथ सीमा के भीतर हैं। मई और जून (2001–2012) के महीने के लिए औसत मासिक अधिकतम तापमान क्रमशः 3⁰.14C और 6⁰.16C था, जबकि इन महीनों के लिए औसत मासिक न्यूनतम तापमान 4⁰.1C और 2⁰.4C था। वर्ष 2013 के लिए इन महीनों के लिए समतुल्य औसत मासिक तापमान 0⁰.8C और 1⁰.10C परिकल्पित किया गया। उपलब्ध तापमान के आंकड़ों के आधार पर, यह पाया गया है कि अध्ययन क्षेत्र में गर्मी के मौसम में जून सबसे गर्म महीना था। तूफान की घटना के दौरान औसत दैनिक हवा की गति मात्र 6.5km hr⁻¹ किमी/घं. थी जबकि जून 2013 के महीने के लिए औसत हवा की गति 1.7km hr⁻¹ किमी/घं. थी। अन्य जल-मौसम विज्ञानीय प्रकृति जैसे की वाष्पीकरण और धूप घटने ने भी 5दिनों की घटना के दौरान स्पष्ट परिवर्तन प्रदर्शित किया (तालिका-1)



चित्र 6: गंगोत्री ग्लेशियर के हिमानी स्रोत के पास जून 2013 के दौरान का दैनिक औसत तापमान



चित्र 7: गंगोत्री ग्लेशियर के हिमानी स्रोत के पास विभिन्न गर्मी के मौसम (2001–2013) के दौरान का दैनिक औसत तापमान

चर्चा और भविष्य की जरूरतें

जलवायु बदलाव के तहत मौसम की चरम स्थिति हिमालय में बढ़ रही हैं। हाल ही में आई बाढ़ ने जीवन और संपत्ति को हिमालय क्षेत्र में भारी नुकसान पहुंचाया। अत्यंत मानवीय हस्तक्षेप के साथ संयुक्त जलवायु परिस्थितियाँ अचानक

आई बाढ़ और स्पष्ट भूस्खलन के लिए मुख्य रूप से जिम्मेदार थे। बारिश की उच्च मात्रा पश्चिम हवा के विलंब और मानसूनी बादल प्रणाली के कारण हुई। बारिश के पानी के अतिरिक्त, पानी की एक बड़ी मात्रा शायद बर्फ और ग्लेशियरो के पिघलने से भी आई। जब भारी वर्षा ने क्षेत्र को आघात पहुंचाया तब गंगोत्री से उपर हिमनद क्षेत्रों में ताज़ा बर्फबारी ने स्थिति को और अधिक बिगड़ने सहयोग किया। उच्च तापमान के साथ होने वाली वर्षा ने बर्फ के पिघलने में सहयोग दिया जिसके कारण अपवाह में बढ़ोत्तरी हुई, जिसके परिणाम स्वरूप बहुत अधिक मलबे ने प्रवाह के साथ शहर को प्रभावित किया। वर्षा के कारण हिमगलन द्वारा जनित प्रवाह की विस्तृत गतिशीलता, विशेष रूप से अति बर्फबारी के समय, के जल विज्ञान को अच्छी तरह से नहीं समझ पा रहे हैं।

गंगोत्री हिमनद के मुहाने के पास स्थित विशेष अध्ययन वेदशाला में क्रमशः 16 व 17 जून 2013 को 93 किमी और 66 किमी बारिश दर्ज की गयी। इसके परिणाम स्वरूप 16 जून 2013 को प्रवाह में 163 m³/s की वृद्धि रिकॉर्ड हुई। विस्तृत वर्षा होने के बाद आगे निचले इलाकों में जल का प्रवाह बढ़ गया जिस कारण बड़े पैमाने पर भूस्खलन हुआ। अत्यधिक बारिश से उत्पन्न बाढ़ और भूस्खलन से निर्णय और योजना निर्माताओं को सतर्क होकर आगे के लिए योजनाये बनानी चाहिए। नदियों के बेहतर मापन, मौसम संबंधी जानकारी और चैनलों की मैपिंग की जरूरत हैं।

निम्नलिखित कार्ययोजनाओं और उपायों को वैज्ञानिक अध्ययन में शुरू करने की जरूरत है ताकि अचानक आई बाढ़ और भूस्खलन से हुए नुकसान को कम किया जा सके।

- i. डॉप्लर शिफ्ट रडारों को बेहतर बारिश की निगरानी के लिए परिनियोजित करना चाहिए।
- ii. बाढ़ में अधिक प्रभावित होने वाले अतिसंवेदनशील क्षेत्रों में जल मौसम संबंधी नेटवर्क बढ़ाना चाहिए।
- iii. जल मौसम विज्ञान केंद्र को महत्वपूर्ण या दुरुस्त स्थलों के लिए उपग्रह दुरमिति के उपयोग सहित स्थानीय क्षेत्रीय और केंद्रीय स्टेशनो के बीच आंकड़ों के वास्तविक हस्तान्तरण प्रदान करने के लिए मजबूत और कुशल संचार के साथ जोड़ा जाना चाहिए।
- iv. भूस्खलन सहित वास्तविक कटाव संभावना और नदी के किनारे के बेहतर मानचित्रण द्वारा निगरानी।
- v. हिमनदों की झीलों की सूची की तैयारी।
- vi. हिमनदों की झीलों से उत्पन्न बाढ़ का विश्लेषण।
- vii. पूर्ववर्ती वर्षा की भविष्यवाणी और पूर्व चेतावनी प्रणाली के कार्या-वन पर आधारित अचानक आई बाढ़ का पूर्वानुमान।
- viii. बाढ़ प्रबंधन और नदी के व्यवहार पर उनकी प्रभावकारिता के लिए संरचनात्मक अध्ययन।
- ix. भूस्खलन की आशंका वाले क्षेत्रों और उसके उपचारात्मक उपायों की पहचान।
- x. जलग्रहण कटाव और मिट्टी का बहाव।
- xi. बाढ़ प्रबंधन के गैर संरचनात्मक उपाय।

आभार

गंगोत्री हिमनद पर जलमौसम संबंधी अन्वेषण करने की अनुमति तथा सहयोग देने के लिए लेखक निदेशक, राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान, रुड़की के आभारी हैं।

संदर्भ

- एंडर्सन, डी. एम., ओवरपेक, जे.,टी., एण्ड गुप्ता ए.के. 2002। इंक्रीस इन द एशियन साउथवेस्ट मानसून ड्यूरिंग द पास्ट फोर सेंचुरिस .साइंस, 297 पी.पी. 596-599।
- चाल्स, सी. डी. हंटर, डी. ई., एंड फेयरबैंक्स, आर. जी., 1997 इंटेक्शन बिटविन द ई एन एस ऑ एंड द एशियन मानसून इन ए कोरल रिकार्ड आफ ट्रोपिकल क्लाइमेट। साइंस, 277, पी.पी. 925-928।
- धार, ओ. एन. कुलकर्णी, ए. के., एंड संगम। आर. बी. 1975 ए स्टडी आफ एक्सट्रीम वाइंट रेनफाल ओवर प्लेश फ़्ल्ड प्रोन रीज़नस आफ द हिमालयन फुटहिल्स आफ नार्थ इंडिया। हयड्रोलोजिकल साइंसेज़ बुलेटिन, 20(1), 61-67।
- धार, ओ. एन. एंड भट्टाचार्य, बी. के., 1976। वेरिएयशन ऑफ रेनफाल विद एलिवेशन इन द हिमालयआन्स-ए पाइलट स्टडी। इंडियन जर्नल ऑफ पावर एंड रिवर वेली डेवलमेंट। 26(6), 179-186।

- धार, ओ. एन. एंड रकीछा .पी. आर., 1981, द इंपेक्ट ऑफ एलिवेशन आन मानसून रेनफाल डिस्ट्रीबुशन इन द सेंट्रल हिमालयाज इन प्रोन इंटरनेशनल सिम्पे आन मानसून डायनामिम्स(कोलन) केम्ब्रिज यूनि प्रेस, 253-260।
- धार, ओ. एन. एंड न्दाग्री .एस 1998, रेनफाल मेग्नीट्यूड्स देट हेव नाट वीन एंसिडिड इन इंडिया वेथर, 53(5), 145-151।
- धार, ओ. एन. एंड न्दाग्री .एस 2005 वीं एरियाज ऑफ हेवी प्रेसिपीटेशन इन द नेपालीज हिमालयाज वेथर, 60(12), 354-356।
- फ्रांसिस पी. ए. एंड गाडमिल एस 2009 द एवेरेस्ट बिहेवियर ऑफ द इंडियन मानसून इन जून 2009। करेट साइंस, 97, पी. पी. 1291-1295।
- गाडगिल एस., श्रेस्ट ए. बी., टोर सी. पी., डिस्व जे. ई. एंड मयेटस्की पी. ए. 2003, ड इंडियन मानसून एंड इस्ट वेरिअबिलिटी एनुयल रिव्यू ऑफ अर्थ एंड प्लेनेटरी साइंसेज .36, पी. पी. 429-467।
- जीलनी जी. फेडेमा जे. जे. वीन सी. जे. वी. एंड स्ट्रन्स एल. 2012, रोल ऑफ स्नो एंड ग्लैसियर मेल्ट इन कंट्रोलिंग रिवर हाइड्रोलोजी इन लिडार वाटरशेड (वेस्ट्रन हिमाल्या) अंडर करेट एंड फ्यूचर क्लाइमेट। वाटर रिसोर्स रिसर्च। 48(डब्ल्यू 12508)।
- होज आर. ए., रसमुसीन के. एल. मेडीना एस., ब्रोडजिक, एस. आर. एंड रोमट्सचके, मू. 2011, एनोमेलस एटमोसफेरिक एन. ओ. ए. एस. नेशनल व्हेदर सर्विस, 36^{थी} एन. ओ. ए. ए. एनुयल क्लाइमेट डाइग्नोस्टिक्स एंड प्रिडिक्शन वर्कशॉप फोर्थ वर्थ, टी. एम्स.। 3-6 अक्टूबर-2011।