मौसम **64,** 4, (अक्तूबर 2013), 681-686

551.588.5 (292.536) : 551.324.63 (292.536)

पश्चिम हिमालय के मौसम तथा हिम पर जलवायु परिवर्तन का प्रतिघात

एम. एस. शेखर, एम. श्रवण कुमार, अजय कुमार, अश्वाघोष गन्जु

हिम तथा अवधाव अध्ययन संस्थान, चण्डीगढ़ – 160 036 (भारत)

(*प्राप्त 13 जून 2012*)

ई. मेल : sudhanshu@sase.drdo.in

सार – भारत उप–महाद्वीप की जटिल स्थलाकृति जैसे हिमालय की ऊँची पर्वतमालाओं ने वैश्विक जलवायु परिवर्तन के प्रभाव को दर्शाना प्रारंभ कर दिया है। हिमालय भारतीय उप–महाद्वीप के संपूर्ण उत्तरी क्षेत्र के मौसम को नियंत्रित करता है। इस क्षेत्र में शीत ऋतु में होने वाले पश्चिमी विक्षोभ भी हिमालय से प्रभावित होते हैं। इस शोध पत्र में पश्चिम हिमालय क्षेत्र की जलवायु और मौसम के प्राचलों के नवीन झुकावों का अध्ययन किया गया है एवं इस क्षेत्र के जलवायु परिवर्तन के संदर्भ में इसकी व्याख्या की गई है। यह अध्ययन स्थान विशेष के संपूर्ण वृष्टिपात के उल्लेख के द्वारा इस क्षेत्र में लंबी अवधि के जलवायु परिवर्तन को दर्शाता है। पश्चिम हिमालय के मौसम के आँकड़ों का विश्लेषण, पिछले कुछ दशकों में तापमान एवं संपूर्ण वृष्टिपात के झुकावों में हुए महत्वपूर्ण परिवर्तन को दर्शाता है। इस अध्ययन के परिणाम से यह प्रतीत होता है कि पश्चिम हिमालय के अलग–अलग स्थानों के अधिकतम एवं न्यूनतम तापमान के माध्य का ताजे हिम के साथ के सहसंबंध गुणांक correlation coefficients विपरीत हैं। पश्चिमी हिमालय क्षेत्र के हिमपात वाले दिनों की संख्या पर जलवायु परिवर्तन के संभावित परिणामों का भी विश्लेषण किया गया है। पश्चिमी हिमालय के शीतकाल के कम होने के स्पष्ट संकेत मिल रहे हैं। पश्चिमी हिमालय के जलवायु परिवर्तन के विज्ञान को क्षेत्रीय स्तर तक समझने के लिए आवश्यक प्रयत्न किये गये हैं।

ABSTRACT. The complex topographical features of the Indian sub continent such as the high Himalayan ranges have started showing the affects of global climate change. Himalaya modulates weather over the entire northern belt of the Indian sub-continent. It also influences the Western Disturbances (WDs) during winter over the region. Some recent trends in the parameters of weather and climate over the Western Himalayan region have been studied and explanations have been given in context of climate change over these regions. The studies show how the climate changes in long term period with reference to the total precipitation over the station locations of these regions. Data analysis of Western Himalaya shows significant variations in temperature and total precipitation trends in the past few decades. The results show negative Correlation Coefficients (CCs) between the mean maximum and mean minimum temperature with the fresh snowfall the different station locations over Western Himalaya. The possible effects of the climate change on the number of snowfall days over the Western Himalayan region have also been analyzed. There is clear sign of shrinking winter over the Western Himalaya. Necessary efforts have been directed to understand the science of climate change more in regional scale over this complex orographic region.

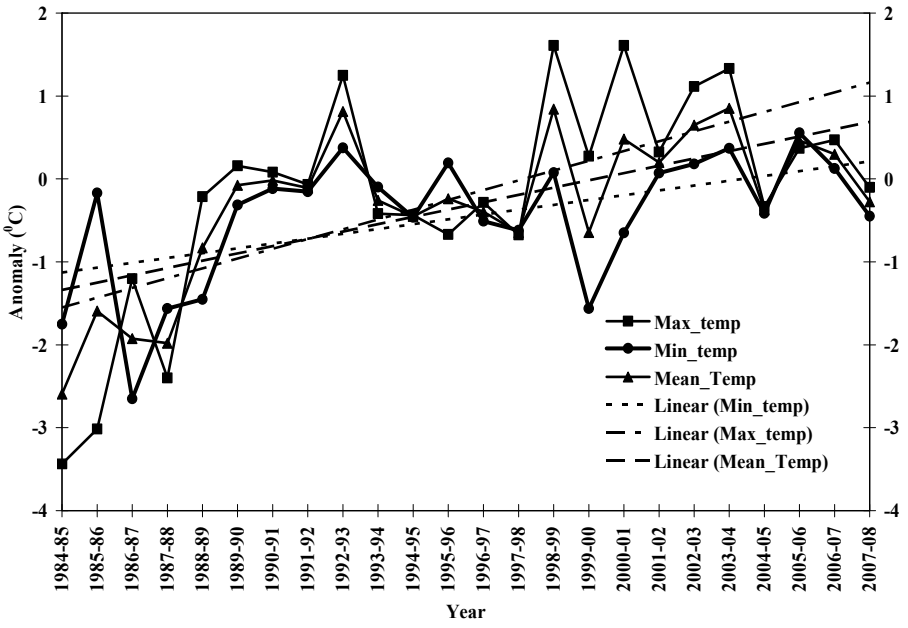
मुख्य शब्द – पश्चिमी विक्षोभ, जलवायु परिवर्तन, हिमपात, वृष्टिपात।

1. भूमिका

भारतीय हिमालय के जलवायु परिवर्तन के विषय ने पिछले कुछ वर्षों में वैज्ञानिक समुदाय का अत्याधिक ध्यान आकर्षित किया है। हिमालय की जटिल स्थलाकृति के कारण, वैश्विक गर्मी एवम् जलवायु परिवर्तन का प्रभाव पश्चिम हिमालय की अलग–अलग पर्वतमालाओं में क्षेत्रीय स्तर तक दिखना आरंभ हो गया है । हिमालय के जलवायु परिवर्तन का जल–संसाधन, कृषि और देश की अर्थव्यवस्था पर गहरा प्रतिघात हो सकता है। ताजा अध्ययनों से प्रतीत होता है कि समूचे भारत के वार्षिक तापमान के माध्य में वर्ष 1901–2003 (कोठावाले एवं रूपाकुमार, 2005) की अवधि के दौरान 0.5 डिग्री से. की वृद्धि हुई है। उत्तर–पश्चिम हिमालय के अधिकतम, न्यूनतम एवं औसत तापमानों के लंबी अवधि के झुकाव, इस क्षेत्र में शीतकाल के दौरान तापमान में हुई महत्वपूर्ण वृद्धि को दर्शातें हैं (भूतियानी इत्यादि, 2007)। पश्चिम हिमालय के जलवायु परिवर्तन के संभाव्य स्पष्टीकरण को बादलों के परिवर्तन के रूप में भी प्रस्तावित किया जा सकता है (शेखर इत्यादि, 2010)।

2. कार्यप्रणाली तथा परिणाम

आजकल क्षेत्रीय जलवायु परिवर्तन का अध्ययन करने के लिए मध्य पैमाना प्रतिरूपों (मेसोस्केल मॉडल) का वैश्विक

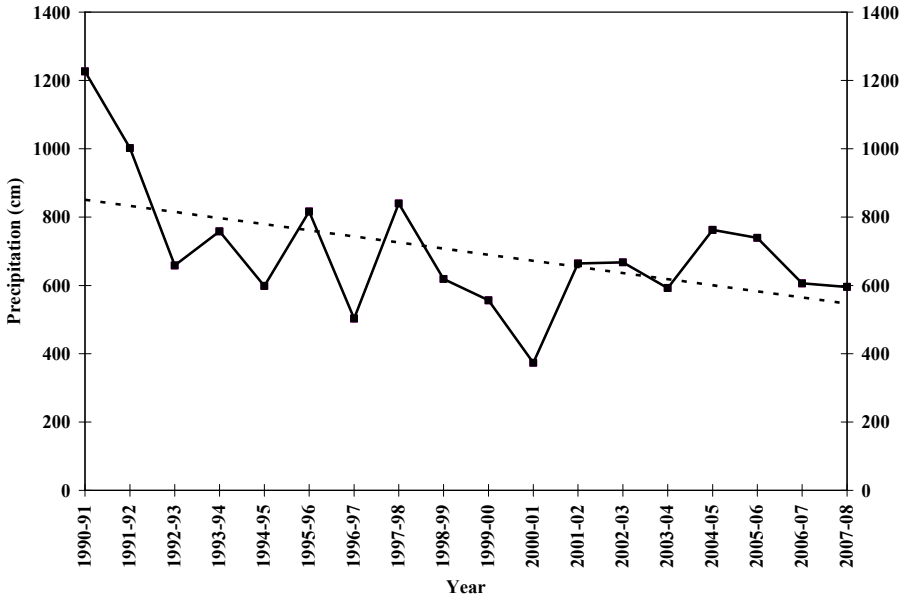


चित्र. 1. पश्चिम हिमालय के मौसमी अधिकतम, न्यूनतम एवं मध्य तापमानों के समय अनुक्रम (टाईम सीरीज) बिन्दुकित पंक्ति समय अनुक्रमों के रेखीय झुकाव हैं

परिसंचरण प्रतिरूपों (ग्लोबल सर्कुलेशन मॉडल) के साथ मिलाकर प्रयोग किया जाता है (फिलिप्पो एवं मीरनस, 1991) हिमालय के जलवायु परिवर्तन का अध्ययन करने के लिए कई सक्रिय एवं सांख्यिकीय प्रतिरूपों (डायनामीकल और स्टेटिस्टीकल मॉडल) का भी प्रयोग किया गया है (बज्राचार्य इत्यादि, 2007; चौजर, 2009; मार्क एवं हंक, 2009) वास्तविक आँकड़ों का अध्ययन यह दर्शाता है कि बसंत ऋतु में पश्चिम हिमालय का हिमाच्छादित क्षेत्र कम हो रहा है और वर्ष 1993 के उपरान्त शीत ऋतु से बसंत ऋतु तक हिम तीव्र गति से पिघल रही है, जो कि जलवायु परिवर्तन और वैश्विक गर्मी का ही परिणाम है (कृपलानी इत्यादि, 2003)। इस शोध पत्र में हम पश्चिम हिमालय के तापमान और वृष्टिपात के झुकावों का स्थानीय एवं सामयिक परिवर्तता (स्पेशियल और टेम्पोरल वेरिऐबीलिटी) का विश्लेषण किया है। पश्चिम हिमालय के जलवायु परिवर्तन के प्रभाव को शीत ऋतु (नवंबर से अप्रैल तक) के दौरान अधिक हिमपात वाले दिनों की संख्या और हिमाच्छादित अवधि के रूप में स्पष्ट करने के प्रयास किये गए हैं। इस अध्ययन में सासे की पश्चिम हिमालय क्षेत्र में स्थापित अलग–अलग वैधशालाओं का लंबी अवधि के शीतकाल (नवंबर से अप्रैल) के वास्तविक आँकड़ों जैसे तापमान, वृष्टिपात और हिमपात वाले दिनों की संख्या का प्रयोग किया गया है। यह जानना भी आवश्यक है कि भिन्न प्राचलों की उपलब्धता की अवधि भी भिन्न है। सभी स्थानों के जिस वर्ष से आँकड़ें संगतिपूर्वक उपलब्ध हुए हैं और उसी अवधि के आँकड़ों का प्रयोग इस अध्ययन में किया गया है।

वर्ष 1984–85 से 2007–2008 तक की अवधि के तापमान के मौसमी (नवंबर से अप्रैल) माध्य को चित्र 1 में दर्शाया गया है। यह तापमान पश्चिम हिमालय की भिन्न–भिन्न पर्वतमालाओं में स्थापित 15 वेधशालाओं के तापमान का समांतर माध्य मान है।चित्र 1 से प्रतीत होता है कि वर्ष 1984–85 के उपरान्त पश्चिम हिमालय के वार्षिक माध्य तापमान में लगभग 2 डिग्री से. की वृद्धि हुई है। तापमान के झुकावों में चक्रीय क्रम देखा गया है जिसमें प्रथम काल चक्र वर्ष 1984–85 से 1996–97 की अवधि में पूर्ण होता है एवं द्वितीय काल चक्र वर्ष 1996–97 से 2007–08 की अवधि में पूर्ण होता है। पश्चिम हिमालय के अधिकतम एवं न्यूनतम तापमान में भी वृद्धि हुई है। अन्य वर्षों की तुलना में, कुछ वर्षों में या तो बहुत कम या बहुत अधिक तापमान रहा है, लेकिन संपूर्ण तापमान समान तरीके से परिवर्तित हुआ है और तापमान में वृद्धि के झुकाव दर्शाता है।

पश्चिम हिमालय में स्थापित वेधशालाओं के संपूर्ण हिमपात (से.मी.) के माध्य को वर्ष 1990–91 से 2007–08 की अवधि के लिए चित्र 2 में दर्शाया गया है। पश्चिम हिमालय के हिमपात में पिछले दो दशकों में कमी के झुकाव देखे गए हैं। इस क्षेत्र में वर्ष 1990–91 से 2007–08 की अवधि के दौरान संपूर्ण मौसमी हिमपात में 240 से.मी. की कमी हुई है। भिन्न–भिन्न स्थानों के अधिकतम एवं न्यूनतम तापमान के माध्य का हिमपात के साथ सहसंबंध गुणांकों (कोरिलेशन कोफीसिएंट) का वर्णन सारिणी 1 में किया गया है। सभी स्थानों के तापमान और हिमपात का सहसंबंध (कोरिलेशन) ऋणात्मक पाया गया



चित्र. 2. पश्चिम हिमालय के संपूर्ण मौसमी (नवम्बर से अप्रैल) वृष्टिपात के सामयिक अनुक्रम। पश्चिम हिमालय के सभी स्थानों के वृष्टिपात का औसत किया गया है। बिन्दुकित पंक्ति समय अनुक्रमों के रेखीय झुकाव है

सारिणी 1

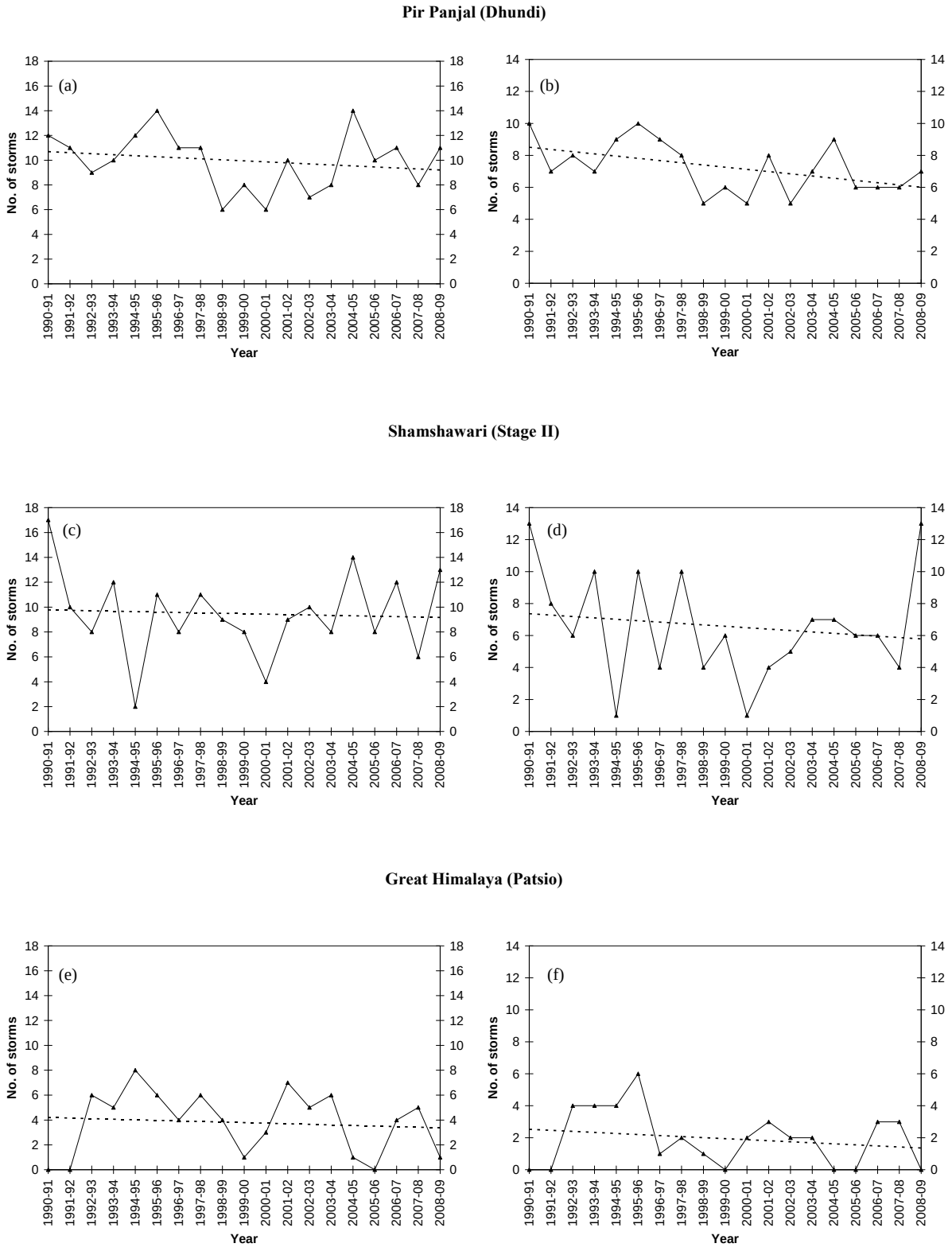
अधिकतम और न्यूनतम तापमान का हिमपात के साथ सहसंबंध गुणांक

स्टेशन	अधिकतम तापमान *vs* स्नोफाल	न्यूनतम तापमान *vs* स्नोफाल
बैहंग	−0.59	−0.51
सोलंग	−0.60	−0.73
धुंधी	−0.80	−0.57
बनीहाल	−0.50	−0.19
गुलमार्ग	−0.38	−0.09
पटसिओ	−0.63	−0.17
कंजालवन	−0.43	−0.28
द्रास	−0.53	−0.53
चंदन	−0.37	−0.02
कुमार	−0.14	−0.40
बहादुर	−0.16	−0.46
स्टेज II	−0.67	−0.00
हेडन ताज	−0.17	−0.05
फारकियान	−0.20	−0.36
जेड–गली	−0.531	−0.36

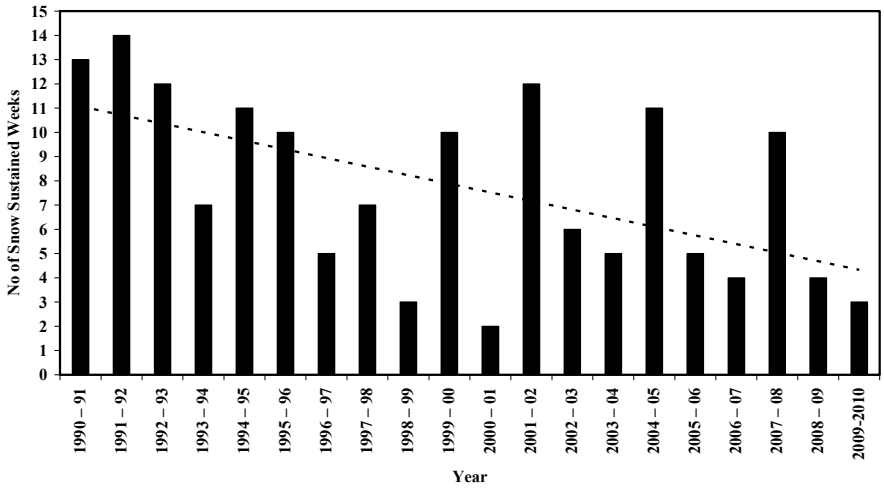
है, केवल कुमार और बहादुर के अधिकतम तापमान का हिमपात के साथ एवं कंजलवन, बहादुर, चन्दन और हडन ताज के न्यूनतम तापमान का हिमपात के साथ धनात्मक सहसंबंध है। लेकिन बहादुर के अलावा इन सभी स्थानों का धनात्मक सहसंबंध सार्थक नहीं हैं। इन सभी स्थानों के तापमान की वृद्धि और हिमपात में कमी से यह संकेत मिलता है कि पश्चिम हिमालय में भी वैश्विक गर्मी एवं जलवायु परिवर्तन के संदर्भ में जलवायु परिवर्तन होना आरंभ हो गया है।

शीत ऋतु में पश्चिमी विक्षोभ के कारण पश्चिम हिमालय क्षेत्र का मौसम अधिक कठोर रहता है। इस अवधि के दौरान पश्चिम हिमालय क्षेत्र में हिमपात का मुख्य स्रोत पश्चिमी विक्षोभ ही है। मुख्य हिमपात दिनों की संख्या पश्चिमी विक्षोभ की घटना की संख्या एवं इसकी प्रबलता पर निर्भर करती है। लगातार हिमपात में संचित हिम की मात्रा 30 से. मी. और 50 से. मी. के आधार पर मुख्य हिम स्टॉर्म को वर्गीकृत किया गया है।

चित्र 3 (ए–एफ) में पश्चिम हिमालय की तीन अलग–अलग पर्वतमालाओं जैसे पीर–पंजाल, शमशाबारी और ग्रेट हिमालय को तीन वेधशालाओं क्रमशः धुन्धी, स्टेज–2 और पटसेऊ के मुख्य हिमपात के दिनों के आधार पर वर्णित किया गया है। चित्र 3 (ए–एफ) दर्शाता है कि इन सभी तीन स्थानों में पिछले दो दशकों में मुख्य हिमपात के दिनों में कमी हुई है। यह कमी के झुकाव अधिक महत्तवपूर्ण नही हैं। मुख्य हिमपात



चित्र. 3 (ए–एफ). मुख्य हिमपात वाले दिनों का समय अनुक्रम बांये हाथ का कालम (ए. सी. व ई.) 30 से. मी. से अधिक संचित हिमपात और दायें हाथ का कालम (बी. डी. व एफ.) 50 से. मी. से अधिक संचित हिमपात को दर्शाता है।



चित्र. 4. मनाली (हि. प्र.) में वर्ष 1990–91 से 2009–10 तक नवम्बर से अप्रैल के समय में हिमाच्छादित सप्ताहों की संख्या

के दिनों की कमी इस क्षेत्र के कुल मौसमी हिमपात की कमी का कारण हो सकती है। वर्ष 2002–2003 के पश्चात् इस क्षेत्र में मुख्य हिम तूफानों की कुल संख्या में तीक्षण कमी हुई है।

यह भी देखा गया है कि पिछले कुछ वर्षों में, हिमालय में हिम तूफान की अवधि में तीव्र गति से कमी हुई है। यह सर्वविदित है कि किसी भी क्षेत्र में फैले हुए हिम की मात्रा का उस क्षेत्र की हिम परत की गहराई से संबंध होता है। यदि किसी क्षेत्र में हिम परत का फैलाव अधिक होता है तो यह क्षेत्र अलबिडो के प्रभाव के कारण वायुमंडल में कम उर्जा का योगदान करता है। पिघलती हुई बर्फ की अपेक्षा बिना बर्फ की सतह वातावरण में अधिक ऊर्जा प्रदान करती है। (शेखर एवं दास, 2005)। इससे यह अनुमान लगाया जा सकता हे कि किसी भी क्षेत्र में हिम फैलाव की अवधि वहां की वैश्विक गर्मी एवं् जलवायु परिवर्तन के क्षेत्रीय प्रभाव के कारण कम हो सकती है। इसके विपरीत, किसी भी क्षेत्र में हिम परत की अवधि में कमी, वहां के वातावरण में शीघ्र एवं् अधिक ऊष्मा प्रदान करने में सहयोग करती है। यह भी एक कारण हो सकता है कि वैश्विक गर्मी से प्रभावित क्षेत्रों के तापमान में पिछले कुछ वर्षों से निरन्तर एवं स्थिर वृद्धि हो रही है।

चित्र 4 में हिमाचल प्रदेश के मनाली क्षेत्र में शीत ऋतु (नवंबर से अप्रैल) के दौरान वर्ष 1990–91 से 2009–10 तक की हिमाच्छादित अवधि को दर्शाया गया है। संपूर्ण हिमाच्छादित अवधि (हिम परत के जमा होने से लेकर पिघलने तक) को वर्ष विशेष के सप्ताह की संख्या में विभाजित किया गया है। पिछले एक दशक में मनाली की हिमाच्छादित अवधि में चक्रीय उतार–चढ़ाव देखा गया है वर्ष 2000–2001 से मनाली की हिमाच्छादित अवधि में तीन वर्षीय काल चक्र देखा गया है।

3. निष्कर्ष

वैश्विक जलवायु परिवर्तन का भारतीय हिमालय क्षेत्र पर प्रभाव है जिसके परिणामस्वरूप यहां के जल–संसाधनों, कृषि एवं देश की अर्थव्यवस्था पर भी गहरा प्रतिघात हुआ है। पश्चिम हिमालय के वास्तविक सतही आंकड़ों का विश्लेषण, वहां के मौसमी औसत तापमान में पिछले 24 वर्षों (1984–85 से 2007–08 तक) में लगभग 2° से. की वृद्वि एवं मौसमी हिमपात में पिछले 18 वर्षों (1990 – 1991 से 2007 – 2008 तक) में लगभग 240 से. मी. की कमी को दर्शाता है। सहसंबंध गुणांक पश्चिम हिमालय के सभी स्थानों के जलवायु परिवर्तन का संकेत देते हैं। पश्चिम हिमालय में शीत ऋतु के दौरान मुख्य हिमपात के दिनों की संख्या में कमी के झुकाव पाये गए है। मनाली में हिमाच्छादित अवधि में भी कमी हुई है। भविष्य में जलवायु परिवर्तन और वैश्विक गर्मी एवं इसके क्षेत्रीय स्तर पर होने वाले प्रतिघात में सबंध स्थापित करने के लिए पश्चिम हिमालय के अधिक स्थानों के अधिक लंबे समय के वास्तविक आँकड़ों के साथ–साथ क्षेत्रीय जलवायु प्रतिरूपण (रीजनल क्लाईमेट मॉडलिंग) का अध्ययन करने की आवश्यकता है।

आभार

लेखक हिम तथा अवधाव अध्ययन संस्थान में कार्यरत श्री नरेश कुमार ठाकुर, तकनीकी अधिकारी 'डी' के सतह

वैधशालाओं के मौसम के वास्तविक आँकड़े प्रदान करने के लिए आभारी हैं। लेखक संस्थान में कार्यरत श्री हरीश चन्द, वरिष्ठ तकनीकी सहायक 'सी' के भी आभारी है, जिन्होने इसको पूरा करने में महत्वपूर्ण योगदान दिया है।

संदर्भ

बज्राचार्य, एस. आर., मूल, पी. के. एण्ड श्रेष्ठा, बी. आर., 2007, "इम्पेक्ट आफ कलाईमेट चेंज आन हिमालयन गलेसियर एण्ड गलेसियल लेक्स रू केस स्टडी आन जी एल ओ एफ एण्ड ऐसोसिएटिड हेजार्ड्स इन नेपाल एण्ड भूटान", दी इंटरनेशनल सेंटर फार इंटीग्रेटिड माउंटेन डिवलपमेंट (आई. सी. आई. एम. ओ. डी.) पब्लिकेशन 2007।

भूतियानी, एम. आर., काले, वी. एस. एण्ड पवार, एन. जे., 2007, "लोंग टर्म ट्रेन्डस इन मेक्सीमम, मिनिमम एण्ड मीन एनुअल एअर टेम्परेचर एक्रॉस दी नार्थवेस्टर्न हिमालय डयूरिंग दी टवनटिथ सेंचूरी", *कलाईमेट चेंज,* डी. ओ. आई. 10.1007/10584–006–9196–1।

चौजर, आर. के., 2009, "कलाईमेट चेंज एण्ड इट्स इंपेक्ट आन दी हिमालयन गलेसियर–ए केस स्टडी आन दी चोराबारी गलेसियर, गढ़वाल, हिमालय, इंडिया", *करंट साइंस,* **96** (5, 703–707)।

फलिप्पो, जिओरजी एण्ड मीरनस लीण्डा, ओ., 1991, "एपरोचस टू दी साम्यूलेशन आफ रीजनल कलाईमेट चेंजः ए रिव्यू", *रिव्यूस आफ जीओफिजिक्स,* **292,** 2, 191–216।

कोठावाले, डी. आर. एण्ड रूपाकुमार, के., 2005, "आन दी रीसेंट चेंजिस इन सरफेस टेम्परेचर ट्रेन्ड्स ऑवर इंण्डिया", *जियो. फिजि. लेटर,* **32**, एल18714।

कृपलानी, आर. एच., कुलकर्णी, ए., एण्ड सबाडे, एस. एस., 2003, "वेस्टर्न हिमालयन स्नो कवर एण्ड इंण्डियन मॉनसून रेनफाल : ए रीएग्जामीनेशन विद् आई. एन. एस. ए. टी. एण्ड एन. सी. ई. पी. /एन. सी. ए. आर. डेटा", *थिओर. एप्ला. कलाईमेट,* **74**,1–18।

मार्के, टी. एण्ड हंक, टी., 2009, "यूजिंग ए रीजनल कलाईमेट मॉडल फार दी साम्यूलेशन आफ हाईड्रोलोजीकल प्रोसेसिस इन दी हाई हिमालयन वांगचू वाटरसेड", ई. जी. यू., 11150।

शेखर, एम. एस., चंद, एच., कुमार, एस., श्रीनिवासन, के एण्ड गंजू, ए. 2010, "कलाईमेट–चेंज स्टडीज इन दी वेस्टर्न हिमालय", *एन्नलस आफ गलेसियोलोजी* **51** (54),पी. 105–112।

शेखर, एम. एस. एण्ड दास, एस. के., 2005, "इफेक्ट आफ तिब्बतन स्प्रींग स्नों आन दी इंण्डियन समर मॉनसून सर्कुलेशन एण्ड ऐसोसिएटिड रेनफाल", *करंट साइंस,* **88** (11), 1840–1844।