''जल संसाधन के क्षेत्र में भावी चुनौतियाँ''
विषय पर राष्ट्रीय संगोष्ठी
16-17 दिसम्बर, 2003, रुड़की (उत्तरांचल)

भूमण्डलीय उष्णीकरण एवम् हिमालयी जल संसाधन

प्रताप सिंह, नीरज कुमार भटनागर, के०एस० रामशास्त्री, नरेश कुमार
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की

सारांश

भूमण्डलीय उष्णीकरण सबसे महत्वपूर्ण पर्यावरणीय मुद्दे के रूप में विश्व के सम्मुख उपस्थित हुआ है, जिसका सामना सम्पूर्ण मानव जाति को आगामी सदियों में करना पड़ेगा। पृथ्वी तंत्रों में मानव समाज की भूमिका का महत्व निरन्तर बढ़ रहा है जिसके फलस्वरूप समाकलित निदर्शों में मानव तंत्रों का समावेश आवश्यक है। भूमण्डलीय उष्णीकरण का मुख्य कारण वायुमण्डल में निरन्तर बढ़ती हुई ग्रीन हाऊस गैसों की सान्द्रता है जिनके प्रमुख स्त्रोत जीवाश्मी ईंधनो का दहन, वनो की अन्धाधुन्ध कटाई व कृषि एवं भू-उपयोग में परिवर्तन है। विभिन्न अध्ययनों से ज्ञात हुआ है कि वर्ष 2100 तक कार्बन डाई ऑक्साइड का स्तर 540 से 970 पी०पी०एम० पहुँच जायेगा। आई पी सी सी द्वारा प्रस्तुत एक परिदृश्य के अनुसार 19 वीं सदी से औसत भूसतह वायु तापमान में $0.6\,^{0}C \pm 0.2\,^{0}C$ का परिवर्तन हुआ है। ग्रीन हाऊस गैसों के विभिन्न उत्सर्जन परिदृश्यों को जी०सी०एम० के साथ प्रयोगों द्वारा औसत भू सतही तापमान में वर्ष 1990 से वर्ष 2100 तक $1.4\,^{0}C$ से $5.8\,^{0}C$ तक वृद्धि की संभावना व्यक्त की गयी है। उष्णीकरण के कारण तापमान व वर्षा जैसे मुख्य मौसम प्राचलों में परिवर्तन का प्रभाव किसी भी बेसिन या देश के जलविज्ञानीय चक्र में स्पष्ट दिखाई देगा।

इस शोध पत्र में भूमण्डलीय उष्णीकरण एवम् जलवायु परिवर्तनों के अतिरिक्त ग्रीन हाऊस गैसों की सांद्रता परिवर्तन से उत्पन्न जलवायु परिवर्तन का हिमालयी नदियों पर प्रभाव का सम्पूर्ण दृश्य व विचार विमर्श प्रस्तुत किया गया है। एकत्रित ऑकड़ों के अनुसार पिछली शताब्दी में भारतवर्ष व भारतीय उपमहाद्वीप का तापमान विस्तृत रूप से स्थिरप्रायः रहा है जबकि भूमण्डलीय तापमान वृद्धि की ओर अग्रसर है।

प्रस्तुत अध्ययन में हिमालयी क्षेत्र के विभिन्न प्रकार के बेसिनों पर भूमण्डलीय उष्णीकरण के प्रभावों का मूल्यांकन करने के लिए एक संकल्पनात्मक हिम गलन निदर्श का प्रयोग किया गया है। निष्कर्षों से प्रदर्शित होता है कि गलन प्रवाह के वितरण में परिवर्तन ग्रीष्म ऋतु में अधिक प्रभावशाली है तथा $2^{0}C$ ताप वृद्धि पर 10% की कमी दर्शाते हैं वहीं वार्षिक कमी लगभग 5% है। एक हिमालयी बेसिन पर उष्णतर जलवायु के कारण हिमाच्छादित क्षेत्र में कमी होने के संदर्भ में अध्ययन में पाया गया कि उष्णतर जलवायु द्वारा हिमाच्छादित क्षेत्र के कम होने की प्रवृत्ति की गति गलन सीजन के साथ-साथ परिवर्तित होती है जो कि सीजन के आरंभ व अन्त में अधिक तथा मध्य में कम रहती है।

1. परिचय :

पृथ्वी तंत्रों के संचालन में मानव समाज की भूमिका महत्वपूर्ण स्थान प्राप्त कर रही है। परिणाम स्वरूप समाकलित निदर्शों में मानवीय तंत्रों का समावेश अत्यन्त आवश्यक हो गया है। वायु मण्डल में ग्रीन हाऊस गैसों की सान्द्रता में वृद्धि भूमण्डलीय उष्णीकरण का मुख्य कारण है। कार्वन डाई ऑक्साइड (CO_2), मीथेन (CH_4), नाइट्रस ऑक्साइड (N_2O) एवं ट्रोपोस्फीयरिक ओजोन (O_3) प्रमुख ग्रीन हाऊस गैस हैं। इन गैसों के प्रमुख स्रोत हैं - जीवाश्मीय ईंधनों का दहन, वनों की अन्धाधुन्ध कटाई एवं कृषि व भूमि उपयोग में होने वाले परिवर्तन। विश्व में औद्योगिक क्रान्ति से पूर्व एवं बाद में कुछ महत्वपूर्ण ग्रीन हाऊस गैसों की सान्द्रता की स्थिति को तालिका संख्या 1 में दर्शाया गया है, जो कि इन गैसों की सान्द्रता में आये परिवर्तनों प्रदर्शित को करती है। विभिन्न अध्ययनों द्वारा वर्ष 2100 तक CO_2 की सान्द्रता का स्तर 540 से 970 पी०पी०एम० के मध्य होने का अनुमान है।

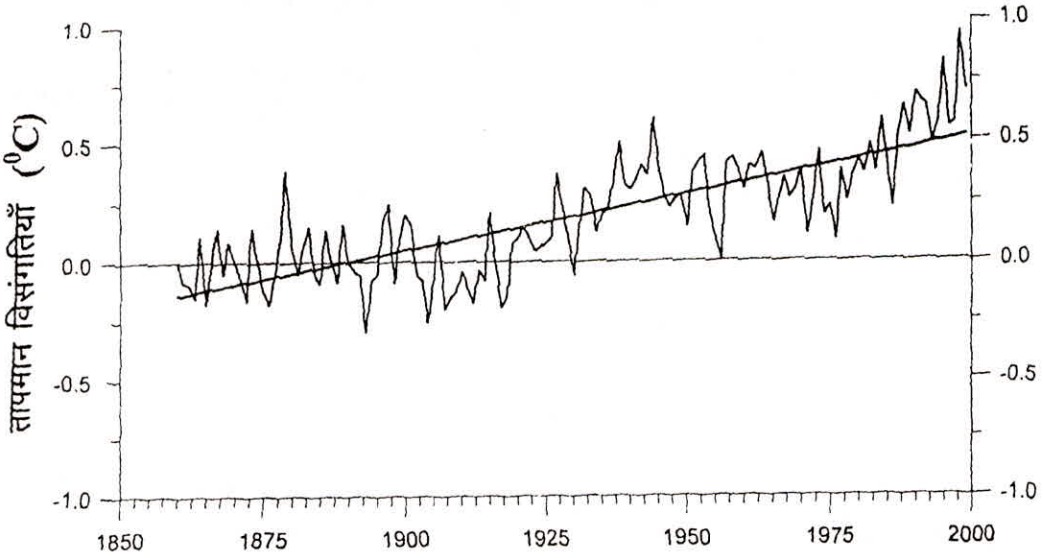
2. भूमंडलीय उष्णीकरण एवं जलवायु परिवर्तन : एक भूमंडलीय परिदृश्य :

19वीं शताब्दी के अन्त से भूमंडल सतही औसत वायु तापमान में $0.6^0C \pm 0.2^0C$ की वृद्धि हुई है (IPCC, 2001 a, b)_1 यह वृद्धि मुख्यतः दो अलग अवधियों 1910 से 1945 एवं 1976 के बाद हुई है। दोनो समय अवधियों में वृद्धि दर लगभग 2.15^0C प्रति 10 वर्ष की दर से हुई है। पिछले 1000 वर्षों में 20 वीं सदी की उष्णीकरण दर किसी भी काल खण्ड से अधिक है। भूमंडल स्तर पर 1990 का दशक व 1998 का वर्ष सबसे अधिक गर्म रहा है। चित्र संख्या 1 में औसत भूमंडलीय तापमान वृद्धि की प्रवृत्ति को प्रदर्शित किया गया है।

ग्रीन हाऊस गैसों के विभिन्न उत्सर्जन परिदृश्यों को जनरल सर्कुलेशन मॉडल के साथ प्रयोग करने पर वर्ष 1990 से 2100 के मध्य औसत भूमंडलीय सतही तापमान में 1.4 से 5.8^0C की वृद्धि होने का अनुमान है। न्यून उत्सर्जन परिदृश्य 1.4C-3.0^0C तक की तथा उच्च उत्सर्जन परिदृश्य 2.5-5.8^0C तक की तापमान वृद्धि का अनुमान प्रस्तुत करते हैं। ध्यान देने योग्य तथ्य यह है कि भूमंडलीय तापमान में अर्न्तवार्षिक वृद्धि, प्रवृत्ति की तुलना में बहुत अधिक है। हालाँकि यह आशा की जाती है कि स्थलीय क्षेत्र भूमंडलीय औसत की अपेक्षा तीव्रता से गरम होंगें। विशेषकर वह क्षेत्र जो उत्तरी अक्षांश में ऊँचाई पर स्थित हैं। उत्तरी अमेरिकी क्षेत्र एवं उत्तरी व मध्य एशिया में उष्णीकरण औसत भूमंडलीय उष्णीकरण से 40% तक अधिक हो सकता है। इसके विपरीत ग्रीष्म ऋतु में दक्षिण एवं दक्षिण-पूर्व एशिया में तथा दक्षिण अमेरिका मे शीत ऋतु में उष्णता भूमंडलीय औसत से कम रहने का अनुमान है। समुद्र स्तर का भूमंडलीय

तालिका संख्या 1 : पृथ्वी कें वायुमण्डल में ग्रीन हाऊस गैसों में सान्द्रता परिवर्तन

ग्रीन हाऊस गैस	वर्ष 1000-1750	वर्ष 2000	सान्द्रता में वृद्धि (%)
CO_2	280ppm	368ppm	31±4
CH_4	700ppb	1750ppb	151±25
N_2O	270ppb	316ppb	17±5



चित्र 1 : वर्ष 1860 के पश्चात् भूमंडलीय तापमान में मापी गयी वृद्धि एवम् वर्ष 1900 से 1930 के मध्य मापे गये ऑकड़ों के औसत से उसका तुलनात्मक प्रदर्शन (IPCC)

औसत 20 वी सदी के दौरान 0.10 से 0.20m तक ऊपर उठ चुका है तथा वर्ष 1990 से वर्ष 2100 की अवधि के मध्य इसके 0.09 से 0.88 मीटर तक ऊँचा उठने की संभावना है।

भूमंडलीय जलवायु निदर्शों के अध्ययनों से यह पता चलता है कि वायु मण्डलीय CO_2 को दुगना करने की कल्पना से वर्षण की मात्रा में 15% का धनात्मक या ऋणात्मक परिवर्तन आयेगा। वैज्ञानिक भविष्यवाणियों के अनुसार वायु मंडल में ग्रीन हाऊस गैसों की सान्द्रता में वृद्धि के परिणाम स्वरूप अतिश्यी घटनाओं की आवृत्ति, तीव्रता एवं काल अवधि में परिवर्तन स्पष्ट रूप से दिखाई देंगे जैसे कि अधिक गरम दिवस, गर्मी का प्रकोप, अति वर्षण घटनायें एवं कम शीत दिवस। सामान्यतः, 50^0 उत्तर अक्षांश में स्थित देशों में वर्षा वृद्धि की संभावना है। ऋतु परिवर्तन के प्रभावों के परिणाम देशों के बीच व उनके अन्दर भिन्न-भिन्न रूप में अनुमानित किये गये हैं। मुख्य मौसम विज्ञानीय प्राचल, उदाहरणार्थ वर्षा व तापमान, किसी भी बेसिन या देश के जल विज्ञानीय साम्राज्य (वर्षा-अपवाह, हिम व हिमनद गलित प्रवाह, वाष्पन और सरित प्रवाह) में महत्वपूर्ण परिवर्तनों का कारण होंगे।

3. जलवायु परिवर्तन तथा हिम व हिमनद :

सामान्यतः तापमान में वृद्धि की प्रवृत्ति संबंधित क्षेत्र के जलविज्ञानीय चक्र को तथा विशेष रूप से हिम व हिमनदों को प्रभवित करती है। हिम व हिमनद जलविज्ञान के विभिनन पहलुओं पर सिंह व सिंह (2001) ने विस्तृत रूप से प्रकाश डाला है। हिम के भूमंडलीय वितरण को तालिका सं० 2 में प्रस्तुत किया गया है।

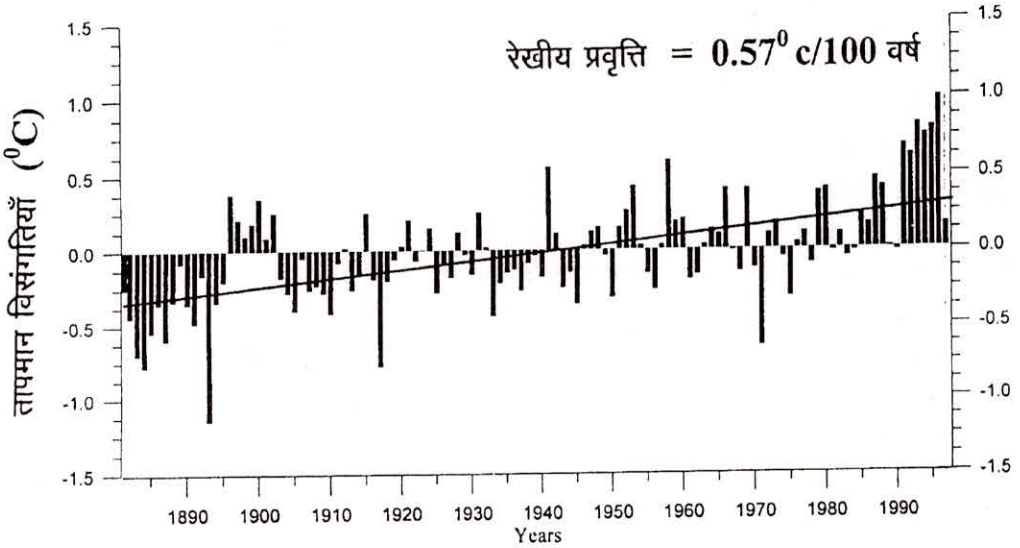
तालिका 2 : विश्व के विभिन्न भागों में हिम वितरण का क्षेत्रफल

क्षेत्र	सतही क्षेत्रफल (·किमी)
अंटार्कटिका	13, 586, 310
ग्रीनलैण्ड	1, 736, 400
उत्तर अमेरिका	276, 100
एशिया व कामन वैल्थ स्वतंत्र राज्य	185, 211
यूरोप	53, 967
दक्षिण अमेरिका	25, 908
न्यूजीलैण्ड/उप अंटार्कटिक द्वीप समूह	7, 860
योग	15, 68, 766

प्रमुख क्षेत्रों की गलन प्रक्रिया परोक्ष रूप से समुद्र स्तर के उत्थान व भूमंडलीय जलवायु परिवर्तन को प्रभावित करेगी। पर्वतीय हिमनदों का गलन एवम् हिमवर्षा में कमी परोक्ष रूप से पीने योग्य जल संसाधनों, सिंचाई एवम् जल के अन्य अनुप्रयोग जैसे कि जल विद्युतीय परियोजनायें को प्रभावित करेगी। उपग्रह द्वारा प्रेषित दृश्यों से पाया गया है कि 1960 के बाद से अब तक भूमंडलीय स्तर पर हिमाच्छादित क्षेत्रफल में 10% की कमी हुयी है, 1960 के बाद से उपग्रह से प्रेक्षण प्राप्त होने आरम्भ हो गये थे। (आई०पी०पी०सी० 2001, अ,ब)। इसके पश्चात गैर ध्रुवीय क्षेत्रों के पर्वतीय हिमनदों का प्रतिसरण वृहद्धरूप में देखा गया है। पिछली सदी मध्य से यूरोपीय ऑल्पस के हिमनदो का क्षेत्र विस्तार 30 से 40% तथा आयतन 50% कम हो चुका है (हबेरली एवं बैनिस्टन 1998)। आई०पी०सी०सी० (1991, अ,ब) के अनुसार 21 वीं सदी के अन्त तक लगभग आधे यूरोपीय आल्पस हिमनद लुप्त हो सकते हैं। सतही रूप से विश्व के हिमनदों का त्वरित गलन एवं लुप्तीकरण मानव जनित भूमंडलीय उष्णीकरण तथा जलवायु परिवर्तन का एक संकेत है। वर्ष 1950 से वसंत व ग्रीष्म ऋतु में आर्कटिक समुद्र के हिम विस्तार क्षेत्रफल में 10 से 15% तक की कमी पाई गयी है। इसके साथ-साथ् आर्कटिक समुद्री हिम परत की मोटाई में भी कमी देखने में आयी है। पर्माफ्रॉस्ट एवं समुद्र हिम विस्तार की भविष्य में कम होने की आशंका व्यक्त की गयी है। 21 वीं सदी के दौरान ग्रीन लैण्ड हिम परत में संभावित द्रव्यमान की हानि स्वरूप समुद्री जल स्तर कुछ सेमी. ऊपर उठ जायेगा। भूमंडलीय निदर्शों से संकेत मिले हैं कि ग्रीन लैण्ड के ऊपर स्थानीय उष्णीकरण की दर प्रायः भूमंडलीय उष्णीकरण से 1 से 3 गुना अधिक है। अन्टार्कटिका हिम परत के द्रव्यमान में 21 वी सदी में वृद्धि की संभावना है, परन्तु निरन्तर उष्णीकरण के पश्चात हिम परत के द्रव्मान में भारी हानि के कारण आने वाले 1000 वर्षों तक समुद्री जल स्तर में वृद्धि होने का अनुमान है।

4. भूमंडलीय उष्णीकरण एवं भारतीय जलवायु :

भारत वर्ष के वायु मंडल में उष्णीकरण प्रवृत्ति का आकलन करने हेतु अनेक अध्ययन किये गये हैं। चित्र सं० 2 में सम्पूर्ण भारत वर्ष की औसत वार्षिक सतही वायु तापमान विसंगतियों को दिखाया गया है। पन्त एवं कुमार (1977) के अनुसार पिछली सदी में भूमंडलीय उष्णीकरण के साथ-साथ भारत वर्ष के ऊपर 0.57^0C प्रति 100 वर्ष की उष्णीकरण वृद्धि की प्रवृत्ति पायी गयी है। भूमंडलीय वायुमंडल निदर्शों में भारतीय उप महाद्वीप में अगले 100 वर्षों में 2^0C की वृद्धि प्रस्तावित की गयी है। उष्णीकरण का प्रभाव



चित्र 2 : सम्पूर्ण भारत में औसत वार्षिक सतही वायु तापमान विसंगतियाँ (1881–1997), (पन्त व कुमार, 1977)।

तालिका 3 : भारतीय उपमहाद्वीप हेतु जलवायु परिवर्तन के पूर्वाकलन (लाल 2001)

परिदृश्य		तापमान वृद्धि (⁰C)	वर्षा में परिवर्तन (%)
2020	वार्षिक	1.00-1.41	2.16-5.97
	शीत ऋतु	1.08-1.54	(-1.95)-4.36
	मानसून	0.87-1.17	1.81-5.10
2050	वार्षिक	2.23-2.27	5.36-9.34
	शीत ऋतु	2.54-3.18	(-9.22)-3.82
	मानसून	1.81-2.37	7.18-1052
2080	वार्षिक	3.53-5.55	7.48-9.90
	शीत ऋतु	4.14-6.31	(-24.83)-4.50
	मानसून	2.91-4.62	10.10-15.18

पश्च-मानसून व शीत ऋतु में मुख्य रूप से होगा। तालिका सं० 3 में भारतीय उप महाद्वीप में ताप वृद्धि तथा वर्षा मानो में परिवर्तन के अनुमान प्रदर्शित किये गये हैं।

भारत वर्ष में वर्षा मानो में परिवर्तन के संदर्भ में औसत वार्षिक वर्षा में वृद्धि या ह्रास के कोई स्पष्ट संकेत प्राप्त नहीं हुए हैं। थपलियाल एवं कुलश्रेष्ठ (1991) ने अपने अध्ययन में भारत वर्ष के वार्षिक वर्षा ऑकड़ों के परीक्षण से यह निष्कर्ष निकाला कि सामान्य वर्षा का 5 वर्षों का औसत सामान्य वर्षा से ±1 के मानक विचलन के अन्तर्गत आता है। यह भी अनुमान लगाया गया है कि भारतीय उप महाद्वीप में प्रेक्षित वर्षा मानो में शीत ऋतु में अल्प परिवर्तन होंगे तथा ग्रीष्म ऋतु में 5 से 15% तक की वृद्धि होगी। एशियाई ग्रीष्म मानसून में चरम मौसम घटनाओं की आवृत्ति व तीव्रता परिवर्तनों में समानान्तर वृद्धि होगी। लाल

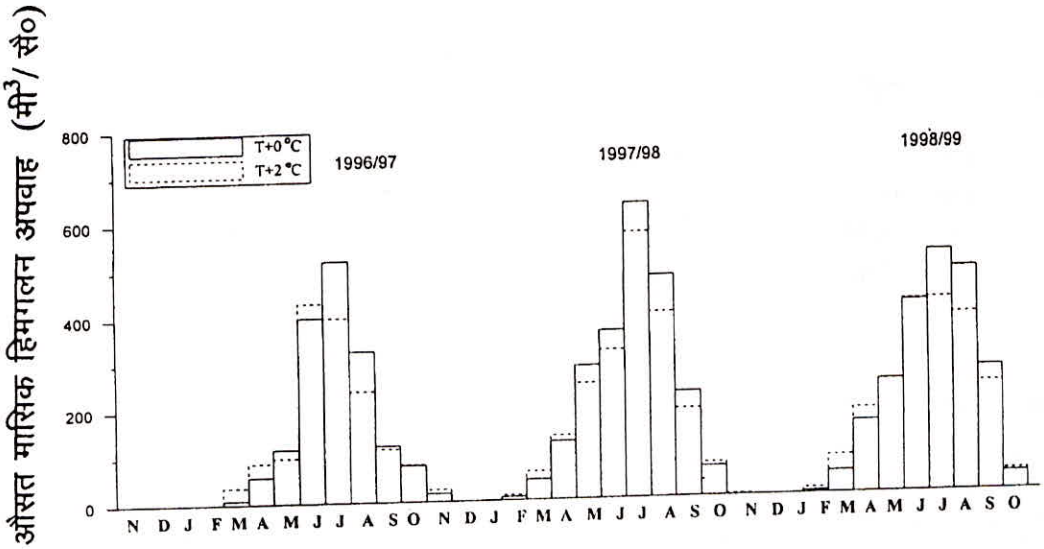
व अन्य (1994) ने अनुकरण अध्ययनों में ''हैम्वर्ग ग्लोबल कपल्ड अटमोसफियर ओसन सर्कुलेटरी मॉडल'' को प्रयुक्त किया तथा यह संकेत दिये कि उत्तरी भारत के कुछ क्षेत्रों में वर्षा में वृद्धि तथा प्रायःद्वीप क्षेत्रों में कमी की संभावना है। लाल व चन्द्र (1993) के अनुसार उष्णीकरण के फलस्वरूप भारत वर्ष में मानसून के दौरान उत्तरी - पूर्वी क्षेत्रों तथा मध्य मैदानी भागों में अपवाह वृद्धि की संभावना है अपितु शीत ऋतु में सरित प्रवाह में अधिक परिवर्तन नहीं होगें।

5. हिमालयी जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन प्रभावों का मूल्यांकन :

भारतीय हिमालय पर्वत श्रृखंला में लगभग 5000 हिमनद 38,000 वर्ग किलोमीटर क्षेत्रफल मे फैले हुए हैं। केवल कराकोरम, हिन्दुकुश और नंगापर्वत का हिमालय में विस्तार ही ऑल्पस से 10 गुना अधिक है। पर्वतीय क्षेत्र के अन्तिम छोर पर कुछ हिमालयी नदियों में हिम व हिमनद से प्राप्त जल का औसत योगदान 50% से भी अधिक है। सम्पूर्ण देश का वार्षिक निस्सरण 1880 घन किमी. है व इसमें हिमालय से उदगमित केवल 3 नदियां सिन्धु, गंगा व ब्रह्मपुत्र 64% अर्थात 1204 घन किमी का योगदान करती हैं। हिमालयी नदियों का औसत जल उपलब्धि प्रति इकाई क्षेत्र दक्षिण प्रायःद्वीप नदी तंत्र से लगभग 2 गुना है जो हिम व हिमनद गलन से प्राप्त जल के महत्व का सूचक है। आई पी सी सी (2001 अ, ब) की रिपोर्ट के अनुसार अधिकतर हिमालयी हिमनद तीव्र गति से प्रतिसारित हो रहे है। नेपाल हिमालय में वर्ष 1970 के उपरान्त तापमान वृद्धि के स्पष्ट संकेत मिलते हैं विशेष तौर पर अधिक ऊंचाई वाले क्षेत्रों में अधिक ताप वृद्धि पायी गयी है। वर्ष 1970 से औसत वायु तापमान 1^0C अधिक पाया गया है एवं 0.06^0C प्रति दशक की दर से बढ रहा है।

सिंह व कुमार (1997) द्वारा हिमालय में समुद्र तल से अत्यन्त उँचाई पर प्रवाहित स्पिती नदी पर हिमजल समतुल्य मात्रा, हिम-गलन अपवाह, हिमनद गलन अपवाह एवं कुल सरित-प्रवाह आदि प्राचलों में जलवायु परिवर्तन के कारण होने वाले प्रभावों का मूल्यांकन प्रस्तुत किया है। हाल ही में लेखक ने भाखड़ा तक सतलज नदी में गलन-अपवाह तथा कुल सरित अपवाह पर जलवायु परिर्वतन के कारण होने वाले प्रभाव का अध्ययन किया है। ध्यान देने योग्य तथ्य यह है कि भाखड़ा तक सतलज नदी के सरित प्रवाह में 60% के लगभग हिम व हिमनद गलन का योगदान रहता है (सिंह व जैन, 2002, 2003)। इन अध्ययनों में 3 प्रकार के तापमान परिदृश्यों (T+1, T+2, $T+3^0C$) तथा 4 वर्षा परिदृश्यों (P-10, P-5, P+5, P+10%) का प्रयोग किया गया था। चित्र 3 में ताप वृद्धि का औसत मासिक हिमगलन अपवाह पर प्रभाव दिखाया गया है। बेसिन स्तर पर संकल्पनात्मक जल विज्ञानीय निदर्शों के अनुप्रयोग तापमान, वर्षा तथा अन्य प्राचलों में होने वाले संभावित परिवर्तनों का मूल्यांकन करने हेतु उपयुक्त विधि माने जाते हैं। जलविज्ञानीय निदर्शों में प्रयुक्त होने वाले आगत चर आंकड़े या तो अतिश्यी जलवायु परिदृश्य होते हैं या जी०सी०एम० के निर्गत ऑकड़े। जलविज्ञानीय निदर्शों द्वारा प्रेषित किसी भी जलविज्ञानीय निदर्श की कार्यक्षमता का आकलन प्रेक्षित चरों को मौसम विज्ञानीय चरों में प्रयुक्त करने की क्षमता पर निर्भर करता है एवम विशेष तौर पर जलवायु परिवर्तन प्रभावों का मूल्यांकन करने वाले अध्ययनों, जो कि जल संसाधनों से संबंधित हैं, को आकर्षित करता है।

प्रस्तुत अध्ययन में हिमालयी क्षेत्रों में विभिन्न बेसिनो पर भूमंडलीय उष्णीकरण के प्रभावों का मूल्यांकन करने हेतु एक संकल्पनात्मक हिमगलन निदर्श का प्रयोग किया गया है। परिवर्तित मौसम



चित्र 3 : तीन वर्षों (1996/97, 1997/98, 1998/99) में औसत मासिक हिमगलन अपवाह पर तापमान वृद्धि का प्रभाव।

परिदृश्यों पर प्रयोग करने से पूर्व इस निदर्श का परीक्षण बेसिन अपवाह को प्रतिमानित करने हेतु किया गया है। परिणामों से पता चलता है कि ग्रीष्म ऋतु में गलन-अपवाह के वितरण अधिक प्रभावित होते हैं तथा 2^0C ताप वृद्धि पर लगभग 10% की हानि प्रदर्शित करते हैं जबकि वार्षिक ह्रास लगभग 5% होता है। बेसिन के निचले व मध्य भाग, जो ग्रीष्म ऋतु मे हिम विहीन हो जाता है, उसमे हिमगलन अपवाह में 27% तक की कमी देखी गयी है। उष्णतर जलवायु परिस्थितियों में हिमनद व ऊँचाई पर स्थित स्थाई हिम क्षेत्र अत्यन्त उच्च दरों पर हिमलगलन अपवाह का उत्पादन करते हैं। उष्णतर जलवायु परिस्थितियों में हिमगलन के त्वरित होने के कारण हिम आवरण वर्तमान जलवायु परिस्थितियों की अपेक्षा तेजी से लुप्त हो जाता है। सिंह व बैंग्टसन (2003) ने हिमालयी बेसिन अध्ययन क्षेत्र में उष्णतर जलवायु प्रवाह के कारण हिमाच्छादित क्षेत्रफल में होने वाली कमी पर अध्ययन किया और पाया कि हिमाच्छादित क्षेत्रफल में उष्णतर जलवायु में आने वाली कमी की प्रवृत्ति गलन काल के साथ-साथ परिवर्तित होती रहती है, जो कि सीजन के आरम्भ व अन्त में मध्य भाग की अपेक्षाकृत अधिक होता है।

हिमालयी हिमनदों के प्रतिसारित होने की प्रवृत्ति का अन्वेषण करने की श्रंखला के अन्तर्गत टाँगड़ी (2000) ने भारतीय सर्वेक्षण विभाग की वर्ष 1962 की टोपोशीट, LANDSAT व IRS (1:50,000) के भूकूट आँकड़ों के आधार पर गंगोत्री हिमनद के मुख की स्थिति में होने वाले परिवर्तनों का अध्ययन किया, जिसके परिणाम स्वरूप गंगोत्री हिमनद प्रतिसरण आँकड़े प्राप्त हुए(तालिका सं० 4)। यह माना जाता है कि गंगोत्री हिमनद के प्रतिसरण का कारण जलवायु का उष्णतर होना है। ये अध्ययन उच्च स्तर संस्तुति देते हैं कि समुद्र सतह से ऊँचाइ वाले स्थानों व दुर्गम पर्वतीय क्षेत्रों के मौसम विज्ञानीय आँकड़ों का एकत्रीकरण अतिआवश्यक है ताकि इन क्षेत्रों में मौसम संबंधी एवं जलविज्ञानीय परिवर्तनों का अध्ययन संभव हो सके।

तालिका 4 : गंगोत्री हिमनद का प्रतिसरण

काल अवधि	वर्ष	प्रतिसरण दर (मी०/वर्ष)	कुल प्रतिसरण (मीटर)
1962-1982	20	46.4	928
1984-1990	8	40.0	320
1990-1994	4	37.5	150
1994-1998	4	25.0	100

6. निष्कर्ष व संस्तुतियां :

वर्तमान अध्ययनों से पता चलता है कि भारत वर्ष व भारतीय उपमहाद्वीप में तापमान वृद्धि, भू-मंडलीय ताप वृद्धि के समानान्तर स्थिर प्रायः है। यद्यपि अभी बेसिन क्षेत्र व देश स्तर पर तापमान व वर्षा में होने वाले परिवर्तन का आकलन करने वाले मूल अध्ययनों की विशाल स्तर पर आवश्यकता है एवं एक भरोसेमन्द मौसम विज्ञानीय एवं जलविज्ञानीय आँकड़ा आधार तथा अनुसंधान/शोध निश्चित रूप से संबद्ध जलविज्ञानीय परिवर्तनों व इस कारण जल संसाधनो पर होने वाले प्रभावों की भविष्यवाणी करने में सक्षम होंगे। इसके अतिरिक्त विभिन्न जलविज्ञानीय प्रक्रमों पर उत्पन्न प्रभावों का प्रभाव जानने हेतु वर्तमान में स्थापित वैज्ञानिक विधियों का पुर्नमूल्यांकन करना भी आवश्यक है। जलवायु व जल की निरन्तर मानीटरिंग व शोध कार्यक्रमों को भारतीय परिप्रेक्ष्य मे तैयार होना चाहिए। भविष्य में हिम गलन की दर, आयतन व समयकाल में परिवर्तन की प्रवल संभावना है अतः जी०सी०एम० के निर्गत आँकड़ों को कैलिब्रेटेड जलविज्ञानीय निदर्शों में इनपुट आँकड़ों के रूप में प्रयुक्त करके बड़ी हिमालयी नदियों पर जलवायु परिवर्तन के कारण हिम गलन अपवाह व कुल सरित प्रवाह में उत्पन्न हुए परिवर्तनों के अनुसंधान किये जाने चाहिए। हिमालय व उसके बेसिनों के हिम आवरण में होने वाले परिवर्तनों की प्रवृत्ति के साथ-साथ हिमनदो के प्रतिसारण पर होने वाले अध्ययनों पर तत्काल प्रभाव से ध्यान देने की आवश्यकता है।

भविष्य में भारतीय उपमहाद्वीप में चरम वर्षा घटनाओं में तीव्रता आने की संभावना है जिसके परिणाम स्वरूप अचानक बाढ़ आने की घटनाओं में वृद्धि होगी। जल संसाधन तंत्रों के अभिकल्पन व प्रबंधन में भी संभाव्य जलवायु परिवर्तन प्रभावों को प्रतिस्थापित करना चाहिए। उच्च मैग्नीटयूड वाली बाढ़ अधिक मात्रा मे अवसाद लेकर आयेगी जो कि बांध के फेल होने का कारण भी हो सकती है, अतः निर्णायक स्तर के वैज्ञानिकों, अभियन्ताओं व उच्च पदासीन अधिकारियों को जल संसाधन प्रबंधन परियोजनाओं को तकनीकी व अर्थशस्त्रीय दृष्टि से पुर्नमूल्यांकन करते समय जलवायु परिवर्तन प्रभावों की घातक समर्थता का भी ध्यान रखना होगा।

7. संदर्भ :

(1) हैबरली, डब्ल्यू, एण्ड बेनिस्टन, एम (1998), "क्लाइमेट चेंज एण्ड इट्स इम्पैक्ट ऑन गलेशियर्स एण्ड पर्माफ्रास्ट इन द ऑल्पस", एमबीओ, 27, 258-265

(2) आई पी सी सी (इन्टर गवर्नमेन्टल पैनल ऑन क्लाइमेट चेंज) रिपोर्ट (2001, ए), ''क्लाइमेट चेंज-द साइन्टिफिक बेसिस'', (एडिटर्स) हाऊटन, जे टी, डिंग, वाई, ग्रिगस, डी जे, नौगर एम, परध्ल डर लिन्डैन पी जे, डे, एम्स, मास्कल, के और जॉनसन, सी ऐ

(3) आई पी सी सी (इन्टर गवर्नमेन्टल पैनल ऑन क्लाइमेट चेंज) रिपोर्ट (2001, बी), ''इम्पैक्टस, एडैप्शनल एन्ड वल्नेरबल्टि'', (एडिटर्स) मैकार्थी, जे जे, कैनजियानी, ओ एफ, लीयरी, एन ए, डोक्कन, डी जे एण्ड व्हाइट, के एस

(4) लाल, एम (2001), ''क्लाइमेट चेंज-इम्पलीकेशनस फॉर इंडियाज वाटर रिसोर्सेज'', जर्नल ऑफ इण्डियन वाटर रिसोर्सेज सोसायटी, 21, 101-109

(5) लाल, एम, एण्ड चन्द्र, एस (1993), ''पोटेन्सियल इम्पैक्ट्स ऑफ ग्रीन हाऊस वार्मिंग ऑन द वाटर रिसोर्सेज ऑफ इंडियन सब-कॉन्टिनैन्ट'', जे ई एच, 1, 3-13

(6) लाल, एम, क्यूबैस, यू, एण्ड सन्तर, बी डी (1992), ''पोटेन्सियल चेंजेज इन मानसून क्लाइमेट एसोसियेटेड विद ग्लोबल वार्मिंग एज इनफर्ड फ्राम कपल्ड ओसन-एटमोसफेयर जर्नल सर्कूलेशन मॉडल'', सी ए एस/जे एस सी वर्किंग ग्रुप रिपोर्ट 17, डब्ल्यू एम ओ/टी डी 467, 66-99

(7) पंत, जी बी एण्ड कुमार के आर (1997), ''क्लाइमेट ऑफ साऊथ एशिया'', जोन विली एण्ड सन्स लिमिटेड, वेस्ट ससेक्स, यू के

(8) सिंह, पी एण्ड बैंग्टसन एल, (2003), ''इफैक्ट ऑफ वार्मर क्लाइमेट ऑन द डिपलीशन ऑफ स्नो कवर्ड ऐरिया इन द सतलज बेसिन इन द वेर्स्टन हिमालयन रीजन'', हाइड्रोलोजीकल साइंसेज जरनल

(9) सिंह पी एण्ड कुमार, एन (1997), ''इम्पैक्ट असैसमेन्ट ऑफ क्लाइमेट चेंज ऑन द हाइड्रोलॉजीकल रसपोन्स ऑफ ए स्नो एण्ड ग्लेशियर मैल्ट रन ऑफ डोमिनेटेड हिमालयन रिवर'', जरनल ऑफ हाइड्रोलॉजी, 193, 316-350

(10) सिंह, पी, जैन एस के एण्ड कुमार एन (1997), ''स्नो एण्ड ग्लेशियर मैल्ट रन ऑफ कन्ट्रीव्यूशन इन द चनाब रिवर एट अखनूर'', माऊनटेन रिसर्च डबलपमेन्ट, 17, 49-56

(11) सिंह पी एण्ड जैन एस के (2002), ''स्नो एण्ड ग्लेशियर मैल्ट इन द सतलज रिवर एट भाखड़ा डैम इन द वैस्टर्न हिमालयन रीजन'', हाइड्रोलॉजीकल सांइसेज जरनल, 47, 93-106

(12) सिंह पी एण्ड जैन एस के (2003), ''मॉडलिंग ऑफ स्ट्रीमफ्लो एण्ड इट्स कम्पोनेन्ट्स फार ए लार्ज हिमालयन बेसिन विद प्रीडोमीनैन्ट स्नो मैल्ट यील्डस'', हाइड्रोलॉजीकल सांइसेज जरनल, 48, 257-275

(13) सिंह पी एण्ड सिंह वी पी (2001), ''स्नो एण्ड ग्लेशियर हाइड्रोलॉजी'', क्लुवर एकैडमिक पब्लिशर्स, नीदरलैण्ड

(14) टांगड़ी, ए के (2000), ''इन्टीग्रेशन ऑफ रिमोट सेन्सिग डाटा विद कन्वेन्सनल मैथडोलोजीज इन स्नो मैल्ट रन ऑफ मॉडलिंग इन भागीरथी रिवर बेसिन, यू पी हिमालयाज'', टैक्नीकल रिपोर्ट, रिमोट सेन्सिग एपलीकेशन सैन्टर, लखनऊ

(15) थपलियाल वी एण्ड कुलश्रेष्ठ एस एम (1991), ''क्लाइमेट चेंजेज एण्ड ट्रेड्स ओवर इंडिया'', मौसम, 42, 333-338