जलविज्ञान एवं जल संसाधन
पर राष्ट्रीय संगोष्ठी
15-16 दिसम्बर, 1995, रूड़की

जलवायु परिवर्तन और जल संसाधन पर इसका प्रभाव : एक विवेचन

अशोक कुमार केशरी[1] दिव्या[2] राजदेव सिंह[3]

सारांश

तीव्र औद्योगिकीकरण और शहरीकरण की वजह से वायुमण्डल में कार्बन–डाइ ऑक्साइड और अन्य गैसें, जो वातावरण में तो नगण्य मात्रा में हैं, परन्तु विकिरण की दृष्टि से काफी सक्रिय हैं, दिन-प्रतिदिन बढती ही चली जा रही हे । इन गैसों के सान्द्रण की वृद्धि पर समुचित नियंत्रण न रखा गया तो इसकी वजह से वायुमण्डल की रचना में क्रमिक परिवर्तन होगा, जो पूरे विश्व के जलवायु और जल चक्र को प्रभावित कर सकता है । फलस्वरूप, जल संसाधन के विकास और प्रबन्धन की वर्तमान नीतियां भी प्रभावित होगी । इन तथ्यों को ध्यान में रखते हुए परम्परागत रूप से जल संसाधन के संबंध में तीन प्रश्न उठते हैं : (1) भविष्य में जल की उपलब्धता क्या होगी, यानि हमारे पास जल की मात्रा क्या होगी, (2) भविष्य में जल की मांग कितनी होगी, और (3) ये दोनों कारक वातावरण को किस तरह प्रभावित करेंगे ।

इस शोध पत्र में जलवायु परिवर्तन के कारणों और भविष्य के जलवायु स्थितियों की विभिन्न संकल्पनाओं का वर्णन किया गया है । जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन के कुपरिणामों का विश्लेषण किया गया है । साथ ही, इस पत्र में उन तकनीकी अध्ययनों के परिणामों को भी समाविष्ट किया गया है जो यह दर्शाता है कि भारत के सन्दर्भ में जल संसाधनों पर इस परिवर्तन का क्या हश्र होगा । हालांकि, वर्तमान में जलविज्ञानीय प्रक्रियाओं एवं भू और वायुमण्डल के बीच की पारस्परिक क्रियाओं को जिन भौतिकीय परिकल्पनाओं के आधार पर गणितीय सूत्रों से निरूपित करते हैं, उनके द्वारा जलवायु परिवर्तन और जल संसाधन पर इसके प्रभाव का सही-सही आंकलन नहीं किया जा सकता है । इस विषय-वस्तु को सही रूप से समझने और विभिन्न पहलुओं के अध्ययन के लिए यह आवश्यक है कि पृथ्वी और वायुमण्डल के बीच होने वाली विभिन्न जलविज्ञानीय और मौसमीय प्रक्रियाओं के निदर्शन की विभिन्न पहलुओं पर कुछ मूलभूत शोध किया जाए । जिसके फलस्वरूप ही, व्यापक संचरण निदर्श (GCM) के द्वारा जलवायु परिवर्तन की विभिन्न संकल्पनाओं में अधिक से अधिक विश्वसनीयता आ सकेगी । साथ ही, क्षेत्रीय स्तर पर, जल संसाधन पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव के आकलन के लिए समुचित तकनीक विकसित किया जा सकेगा । अंतोगत्वा, विज्ञान के इस नवीनतम पुनरूदयमान विषय क्षेत्र में जिन पहलुओं पर मूलभूत और व्यवहारिक शोध की प्राथमिकता रूप से जरूरत है, उन पर प्रकाश डाला गया है ।

प्रस्तावना

हमारी पृथ्वी एक बहुत बड़ा पारिस्थितिक तन्त्र है, जिसमें समस्त जीव-समुदाय सौर ऊर्जा पर आश्रित हैं तथा

1 वैज्ञानिक 'ब', राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की–247667, भारत
2 वैज्ञानिक 'स', राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की–247667, भारत
3 वैज्ञानिक 'ई', राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की–247667, भारत

भौतिक वातावरण, जो पृथ्वी पर पाया जाता है जैसे वायुमण्डल, स्थलमण्डल एवं जलमण्डल, से जीवोपयोगी समस्त तत्वों को प्राप्त करता है । जलवायु दोनों स्थलीय और जलीय पारिस्थितिक तन्त्रों में रहने वाले समस्त जीवधारियों को प्रभावित करता है । सभी जीवधारी अपनी बुद्धि, विकास एवं सुव्यवस्थित रूप से अपना जीवन-क्रम चलाने के लिए सन्तुलित वातावरण पर निर्भर करते हैं । परन्तु, बढ़ती जनसंख्या की आवश्यकता और औद्योगिकीकरण एवं शहरीकरण में तीव्र वृद्धि प्राकृतिक पारिस्थितिक तन्त्र को निरन्तर नष्ट कर रहा है । फलस्वरूप, प्राकृतिक पारिस्थितिक तन्त्रों की विभिन्नता नष्ट हो रही है और उत्तरोत्तर इसका स्वरूप बदलता चला जा रहा है । वस्तुतः में जलवायवीय स्थिति जीवन की सभी पहुलओं को प्रभावित करती है और भौतिकीय, जैव विज्ञानीय एवं समाजीय आर्थिक वातावरण को ढालती है । ये सभी वायुमण्डल की रचना और अवस्था को प्रभावित करती है । मानवीय गतिविधियां मौसम एवं जलवायवीय स्थितियों से काफी प्रभावित होती है और मानव जाने-अनजाने में मौसम, जलवायु, जल चक्र और भू–रसायनिक चक्रों जैसे कार्बन चक्र आदि को अपनी क्रियाओं द्वारा परिवर्तित करता रहता है (रोजर्स, 1994) । दूसरे शब्दों में यह कहा जा सकता है कि पारिस्थितिक तन्त्र के विभिन्न अवयवों में प्रबल अन्योनाश्रय संबंध है ।

तीव्र औद्योगिकरण और शहरीकरण की वजह से वायुमण्डल में कार्बन–डाइ ऑक्साइड और अन्य गैसें, जो वातावरण में तो नगण्य मात्रा में है, परन्तु विकिरण की दृष्टि से काफी सक्रिय है, दिन-प्रतिदिन बढती ही चली जा रही है । इन गैसों के सान्द्रण की वृद्धि पर नियंत्रण न रखा गया तो इससे वायुमण्डल की रचना में क्रमिक परिवर्तन होगा, जो पूरे विश्व के जलवायु और जल चक्र को प्रभावित कर सकता है । कई वैज्ञानिक अध्ययनों से यह पता चलता है कि अगले शताब्दी के दौरान वायुमण्डल में ग्रीनहाउस गैसों की वृद्धि की वजह से पूरे विश्व की जलवायु में तीव्र गति से परिवर्तन आएगा (विश्व मौसम संगठन, 1986) । फलस्वरूप, इसका प्रतिकूल असर जल संसाधन पर भी पड़ सकता हे । जल मानव समाज के विकास में हमेशा से ही एक निर्णयात्मक भूमिका निभाया है । यही वजह थी कि नगरों का अभ्युदय नदियों, झीलों एवं समुद्रो के किनारों पर हुआ, या फिर उन स्थानों पर इसका अस्तित्व सामने आया जहां प्राकृतिक झरनों, जल प्रपातों आदि के द्वारा जल उपलब्ध था । मानव ही नहीं, अपितु पारिस्थितिक तन्त्र के सभी जीवधारियों का अस्तित्व जल की उपलब्धता और जल की गुणवत्ता पर निर्भर करता हे । इन तथ्यों से यह स्पष्ट है कि जलवायु परिवर्तन और जल संसाधन के बीच के संबंधों की महत्ता कितनी है । ऐसा कितनी बार देखा गया है कि वित्तीय संसाधनों, उचित तकनीक, ठोस नीतियां, जागरूकता और दूरदर्शिता की कमी की वजह से आज के विस्तृत औद्योगिकीय और शहरी समाज में मानव जीवन के अस्तित्व को सुरक्षित बनाए रखने के लिए उपयुक्त उपायों को स्थापित नहीं किया जा सका है । आज पूरा विश्व इससे अवगत हो चुका है कि अगर सार्वभौमिक स्तर पर दीर्घ अवधि रणनीतियों को विकसित और अनुकरण नहीं किया गया तो इसके दूरगामी परिणाम मानव अस्तित्व के लिए खतरा बन सकता है ।

जलीय चक्र और जल संसाधन जलवायवीय कारकों जैसे सौर विकिरण, वर्षा, आर्द्रता, तापक्रम, वायु गति, वायुमण्डलीय गैसें आदि से काफी प्रभावित होता है । चूंकि जल आपूर्ति, जल नियंत्रक तन्त्र घटकों जैसे जलाशय, उत्प्लाव, वृष्टि नालियां, बाढ रक्षण संरचना आदि का अभिकल्पन और जल संसाधनों के योजनीकरण, विकास एवं प्रबन्धन के नियमों एवं नीतियों का निर्धारण स्थानीय जलवायु और जलविज्ञानीय आदर्शो पर निर्भर करता है । फलतः ये सभी जलवायु परिवर्तन से प्रभावित होगी । सतही जल और भूगर्भ जल की उपलब्धता, गुणवत्ता, जलीय पारिस्थितिक तन्त्र तथा जल के भिन्न–भिन्न उपयोग जैसे जल विद्युत उत्पादन, सिंचाई, जल आपूर्ति आदि भी प्रभावित होगी । इन तथ्यों को ध्यान में रखते हुए जलवायु परिवर्तन और जल संसाधनों पर इसके प्रभाव के आंकलन का महत्व अत्यधिक बढ जाता है ।

इस शोध पत्र में जलवायु परिवर्तन के कारणों और भविष्य के जलवायु स्थितियों की विभिन्न संकल्पनाओं का वर्णन किया गया है । जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन के कुपरिणामों तथा जलीय चक्र के अवयव जलवायु परिवर्तन से किस प्रकार प्रभावित होते हैं, का विश्लेषण किया गया है । साथ ही, इस पत्र में उन तकनीकी अध्ययनों के परिणामों को भी समाविष्ट किया गया है जो यह दर्शाता है कि भारत के सन्दर्भ में जल संसाधनों पर इस परिवर्तन का क्या हश्र होगा । व्यापक संचरण निदर्श (GCM) (मनाबे, 1969; विलियमसन, 1983; हनसेन और अन्य, 1983) से प्राप्त होने वाली जलवायु परिवर्तन की संकल्पनाओं की यथार्थता, पूर्णता और विश्वसनीयता एवं इस नवीनतम पुनरूदयमान विषय क्षेत्र में जिन पहलुओं पर मूलभूत और व्यवहारिक शोध की प्राथमिकता रूप से जरूरत है, उन पर भी प्रकाश डाला गया है ।

जलवायु परिवर्तन का कारण

जलवायु परिवर्तन के कारणों को सामान्य तौर पर दो भागों में विभाजित करते हैं । ये भाग हैं : (1) प्राकृतिक कारण, और (2) मानव कल्पित कारण । सौर परिवर्तन, ज्वालामुखी विस्फोट, ट्रोपोस्फेयरिक एरोसोल, आन्तरिक परिवर्तन आदि जलवायु परिवर्तन का प्राकृतिक कारण है । मानवीय गतिविधियों द्वारा वायुमण्डल में उत्सर्जित ग्रीनहाउस गैसें, मरूभूमिकरण, अवनीकरण, नाभिकीय जाड़ा, ट्रोपोस्फेयरिक एरोसोल, आदि मानव कल्पित कारण में आता है । हमलोग अपने अध्ययन को मानव कल्पित कारणों तक ही सीमित रखा है ।

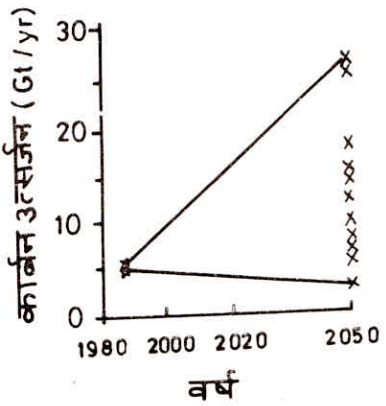
मानव गतिविधियों की वजह से वायुमण्डल में दिन-प्रतिदिन विकिरण रूप से सक्रिय अल्प मात्रक गैसों की सान्द्रण में वृद्धि हो रही है । ग्रीनहाउस गैसों में मुख्य रूप से कार्बन–डाइ ऑक्साइड, मिथेन, क्लोरोफ्लूरोकार्बन, नाइट्रस ऑक्साइड और स्ट्रेटोस्फेयरिक जलवाष्प आता है । चूंकि ये गैसें दीर्घ तरंग विकिरण का बहुत प्रभावी अवशोषक है, इसलिए इन गैसों की अल्प मात्रा भी विकिरण संतुलन को काफी प्रभावित कर सकता है । भूति आवरण में परिवर्तन से पृथ्वी के विकिरण संतुलन में बदलाव आता है । अवनीकरण से वायुमण्डल में कार्बन-डाइ ऑक्साइड की मात्रा तो बढ़ती ही है, साथ में यह सतही एलबिडो और वाष्पन की दर भी बढाता है । वनस्पति के हटाने और आवरण रहित मृदा की उन्मुक्ति से अपवाह और एलबिडो में वृद्धि होती है, फलतः जल संचयन में कमी आती है । मृदा नमी में कमी की वजह से गुप्त ऊष्मा फलक्स घटता है जो सतही तापक्रम बढ़ाता है । दूसरी ओर, एलबिडो के बढने से विकिरण ऊजा में क्षति होती है ।

जलवायु परिवर्तन की संकल्पनायें

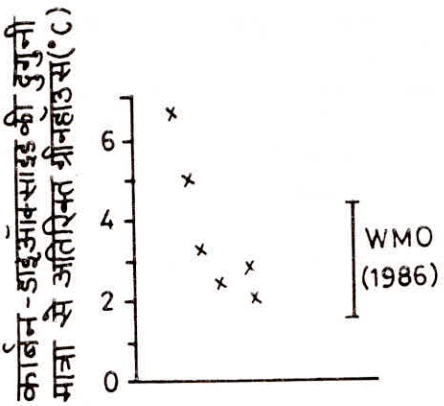
वायुमण्डल में बढती कार्बन–डाइ ऑक्साइड की मात्रा और इसके फलस्वरूप तापक्रम में हुई वृद्धि के द्वारा जलवायु परिवर्तन के अभिलक्षणों को समझा जा सकता है । विभिन्न निर्दशों से व्युत्पित जलवायु परिवर्तन की भविष्यवाणियों को चित्रों 1 और 2 में दिखाया गया है । वायुमण्डल में हो रहे कार्बन उत्सर्जन की दर की स्थिति 2050 वर्ष में क्या होगी, इसे विभिन्न निर्दशों के द्वारा की गई भविष्यवाणियों के आधार पर चित्र 1 में दर्शाया गया है (कीपिन और अन्य, 1986) । 2050 वर्ष के लिए कार्बन उत्सर्जन की भविष्यवाणियों के संख्याओं पर ध्यान दिया जाए तो यह पता चलता है कि कार्बन उत्सर्जन दर का परिसर 22.5 Gt/yr से भी अधिक है । अनुमानित कार्बन उत्सर्जन दर वर्तमान दर (5 Gt/yr) से घटकर 2.5 Gt/yr या बढ़कर 25 Gt/yr से भी अधिक हो सकता है । इससे निष्कर्ष निकलता है कि कार्बन उत्सर्जन दर में -50% से 500% से भी अधिक के बीच में बदलाव आ सकता है । इस गणना के आधार पर वायुमण्डलीय कार्बन की मात्रा लगभग 370 से 530 ppmv के बीच हो जाएगी जो पूर्व-औद्योगिकी स्तर पर की वायुमण्डलीय कार्बन मात्रा (270 ppmv) का क्रमशः 1.4 और 2.0 गुणा अधिक है ।

वायुमण्डल में बढती कार्बन–डाइ ऑक्साइड की मात्रा तापक्रम को बढाती है जो ग्रीनहाउस प्रभाव को जन्म देती ह । जलवायु निर्दशों की भविष्यवाणियों से यह पता चलता है कि तापक्रम में वृद्धि 2 से 7 °C के बीच हो सकती है (चित्र 2) । ये आंकड़े वर्तमान ग्रीनहाउस, जो 33 °C के समतुल्य हैं, से 6% से 21% के बीच की वृद्धि को दर्शाता है । यहां यह विदित हो कि कार्बन–डाइ ऑक्साइड के दुगुने होने की परिकल्पना कार्बन उत्सर्जन की दर के आंकलन पर आधारित है । हालांकि, विश्व मौसम संगठन (1986) के अनुसार वायुमण्डलीय कार्बन–डाइ ऑक्साइड की मात्रा दुगुने होने से तापक्रम में मात्र 1.5 से 4.5 °C के बीच ही वृद्धि होगी ।

सार्वभौमिक औसत सतही वायु तापक्रम पिछले 100 वर्षो में 0.3 से 0.6 °C के बीच बढ़ा है (जोन्स और अन्य, 1990) । जलवायु परिवर्तन पर अर्न्तसरकारीय पैनल (IPCC) के अनुसार अगर मानवीय गतिविधियां जो ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जित करता है उसे रोका नहीं गया तो यह उम्मीद की जाती है कि सार्वभौमिक सतही तापक्रम में 0.3 °C प्रति दशक



चित्र 1. 2050 बर्ष के लिए कार्बन उत्सर्जन दर की भविष्यवाणी
(कीपिन और अन्य, 1986)



चित्र 2. कार्बन-डाइऑक्साइड की दुगुनी मात्रा से उत्पन्न अतिरिक्त ग्रीनहॉउस वृद्धि की भविष्यवाणी

की दर से अगले कुछ दशकों में बढेगा । इसमें 0.2 से 0.5 °C की अनियमितता आ सकती है (IPCC, 1990) । विश्व के भिन्न–भिन्न भागों के लिए जलवायु परिवर्तन की भविष्यवाणियां विभिन्न व्यापक संचरण निर्दशों से प्राप्त की जा सकती है । उदाहरण के तौर पर, चीन के लिए विभिन्न व्यापक संचरण निर्दशों से प्राप्त जलवायु परिवर्तन की विभिन्न संकल्पनाओं (रोबोक और अन्य, 1993) को तालिका 1 में दिखाया गया है । इस शोध पत्र में विभिन्न मौसमीय और जलविज्ञानीय चरों के लिए की गई भविष्यवाणियों को गुणात्मक रूप से दर्शाया गया है । तालिकाओं में प्रयोग किए गये चिन्हों का अर्थ तालिका 2 में दिखाया गया है ।

जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव

वायुमण्डल में कार्बन–डाइ ऑक्साइड की दुगुनी मात्रा की वजह से सार्वभौमिकीय जलवायु की साम्यावस्था किस प्रकार प्रभावित होगी, इसकी गणना पांच विभिन्न समूहों के द्वारा की जाती है । ये समूह हैं : ओरेगन राज्य विश्वविद्याालय (OSU), वायुमण्डलीय अनुसंधान के लिए राष्ट्रीय केन्द्र (NCAR), अन्तरिक्ष अध्ययन के लिए गोर्दाद संस्थान (GISS), भूभौतिकीय द्रव गतिकी प्रयोगशाला (GFDL), और यूनाइटेड किंगडम मौसमीय आफिस (UKMO) । इसके अलावा यू0 एस0 एस0 आर0, आस्ट्रेलिया, पश्चिमी जर्मनी और कनाडा के कुछ समूह साम्य गणना में लगे हुए हैं । ये समूह सार्वभौमिकीय जलवायु की साम्यावस्था में बदलाव की गणना अपने द्वारा पृथ्वी के वायुमण्डल के लिए विकसित किए गए व्यापक संचरण निर्दशों के द्वारा करते हैं । इन व्यापक संचरण निर्दशों के परिणामों को क्षेत्रीय जलविज्ञानीय निर्दशों में उपयोग कर जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव का आंकलन किया जाता है ।

जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव का विश्लेषण करने के लिए व्यापक संचरण निर्दशों के परिणामों के आधार पर जलवायु परिवर्तन की विभिन्न संकल्पनाओं की उत्पत्ति की जाती है । क्षेत्रीय जलविज्ञानीय अध्ययन के लिए व्यापक संचरण निर्दशों के परिणामों को असमूहित कर उस विशेष क्षेत्र के लिए जलवायु परिवर्तन की विभिन्न संकल्पनाओं की उत्पत्ति किया जाता है । असमूहित करने के लिए भिन्न-भिन्न वैज्ञानिकों द्वारा भिन्न-भिन्न तकनीक अपनाया गया है । जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव के अध्ययन के लिए अन्य तकनीकों के द्वारा भी जलवायु परिवर्तन की संकल्पनायें उत्पन्न की गई है । ये संकल्पनाएं ऐतिहासिक आंकड़ों के आधार पर विभिन्न तकनीकी द्वारा संश्लेषित या अनुभव के आधार पर अभिधारित किया जाता है ।

विश्व की एक झलक

जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव का विश्लेषण कई विषय विषयक अध्ययनों के द्वारा शोध पत्रों में वर्णित किया गया है (गलिक, 1990; लेट्टेनमेयर और गन, 1990; मिमिकोऊ और अन्य, 1991; कोटेन, 1991; चैंग और अन्य, 1992; कुहल और मीलर, 1992; लाल और चन्दर, 1993; दिव्या और जैन, 1993; दिव्या और मेहरोत्रा, 1995) । कुछ शोध पत्रों में इस विषय पर अध्ययन के लिए प्रयोग में लाने वाली निर्दशों से संबंधित कुछ मुद्दों को भी उठाया गया है (लिभेस्ले, 1994) । चैंग और अन्य (1992) के अनुसार 1985 और 1990 के दौरान विश्व स्तर पर प्रकाशित किए गए शोध अध्ययनों में से 58 जलविज्ञान, 54 जल प्रबन्धन और 39 जल उपयोग से संबंधित था । हालांकि कुछ अध्ययनों में एक से अधिक विषयों पर भी प्रकाश डाला गया है । करीब 47 शोध विषय विषयक अध्ययन से संबंधित था जिसमें किसी विशिष्ट क्षेत्र पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव और जल संसाधनों में परिवर्तन पर प्रकाश डाला गया है ।

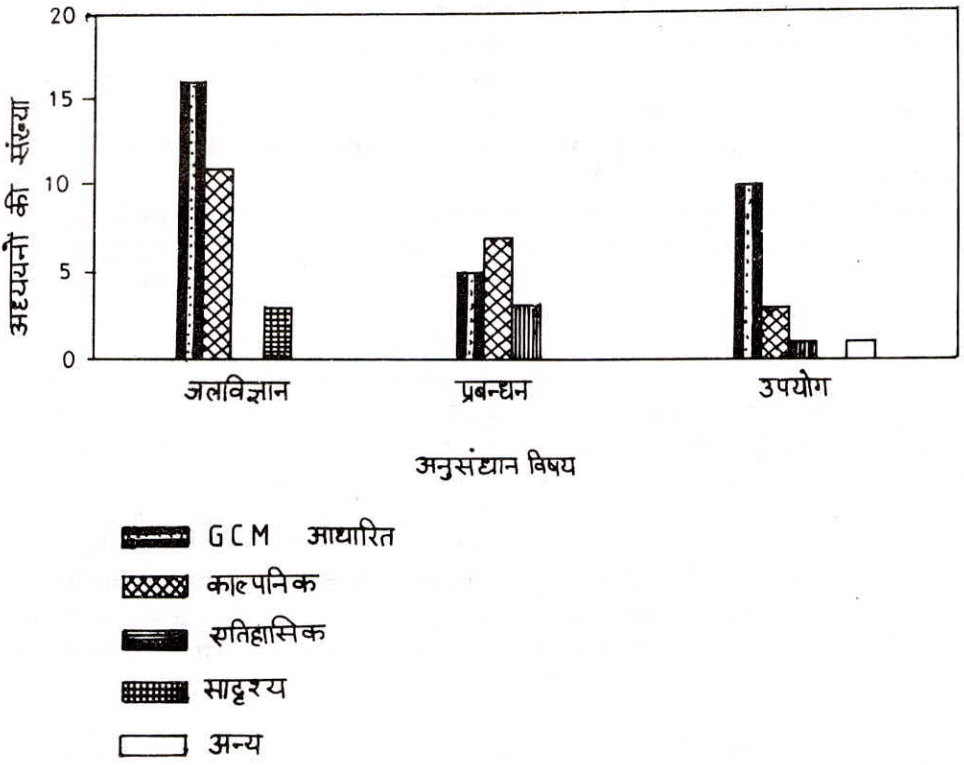
विषय विषयक अध्ययनों से पता चलता हे कि जलवायु परिवर्तन के प्रभाव का आंकलन करने के लिए कई भिन्न-भिन्न तरह की संकल्पनाएं प्रयोग में लाई गई हैं । जलवायु परिवत्रन का इन संकल्पनाओं की उत्पत्ति भी भिन्न-भिन्न विधियों के द्वारा किया गया है । चित्र 3 में प्रयोग में लाए गए विभिन्न तरह की विधियों को दिखाया गया है । इस चित्र से स्पष्ट है कि व्यापक संचरण निर्दशों के परिणामों और वर्षा एवं तापक्रम में परिवत्रन के काल्पनिक आंकलनों का प्रयोग जलवायु परिवर्तन की संकल्पनाओं की उत्पत्ति के लिए अन्य तकनीकों की तुलना में काफी अधिक किया गया है ।

तालिका-1 : चीन के लिए कार्बन-डाइऑक्साइड की दुगुनी मात्रा का स्थिति में व्यापक संचरण निदर्श से प्राप्त परिणाम

माह	तापक्रम			वर्षा			सौर विकिरण		
	UKMO	GISS	GFDL	UKMO	GISS	GFDL	UKMO	GISS	GFDL
जनवरी	+++	++	+++	-	+	+	+	-	++
फरवरी	+++	++	+++	-	--	++	+	+	+++
मार्च	+++	++	+++	+	+	+	+	+	+
अप्रैल	+++	++	+++	+	++	++	+	0	+
मई	+++	+++	+++	-	-	0	+	+	+
जून	+++	+++	++	++	+++	+++	+	+	-
जुलाई	+++	+++	++	+	++	+++	+	+	-
अगस्त	+++	+++	+	+	+	-	-	+	-
सितम्बर	+++	+++	+	+	++	+++	+	+	-
अक्टूबर	+++	++	++	+	-	-	+	-	-
नवम्बर	+++	+++	+++	++	+	+	-	0	+
दिसम्बर	+++	++	+++	++	-	-	-	+	+++

तालिका-2 : प्रयोग किए गए चिन्हों का अर्थ

	चिन्ह	तापक्रम के लिए	वर्षा, अपवाह, मृदा नमी, वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन के लिए
सामान्य वृद्धि	+	0 - 2 °C की वृद्धि	1 - 1.25 गुना
सामान्य से अधिक वृद्धि	++	2 - 3.5 °C की वृद्धि	1.25 - 1.5 गुना
अत्यधिक वृद्धि	+++	> 3.5 °C की वृद्धि	> 1.5 गुना
कोई परिवर्तन नहीं	0		
सामान्य कमी	-	1 - 0 की कमी	0.75 - 1.0 गुना
सामान्य से अधिक कमी	--		0.50 - 0.75 गुना
अत्यधिक कमी	---		< 0.50 गुना



चित्र 3. जलसंसाधन के विषय विष्यक अध्ययनों में उपयोग की गयी जलवायु परिवर्तन की संकल्पनाओं की विधि (चैंग और अन्य, 1992)

विश्व के भिन्न-भिन्न भागों के भिन्न-भिन्न वैज्ञानिकों और शोध समूहों के द्वारा किए गए वैज्ञानिक अध्ययनों से यह पता चलता है कि परिवर्तित जलवायु की स्थिति में सतही अपवाह, धारा प्रवाह, वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन, मृदा नमी, बर्फ जल तुल्य और समुद्री स्तर आदि में परिवर्तन होगा । कुछ स्थानों के लिए इनमें सामान्य परिवर्तन और कुछ स्थानों के लिए सामान्य से काफी अधिक परिवर्तन भी हो सकता है । मानव सभ्यता के विकास पर जलवायु परिवर्तन की वीभित्सा का असर कितना गहरा होगा, यह इस बात पर निर्भर करता है कि स्थान विशेष की जलविज्ञानीय पैरामीटर किस प्रकार प्रभावित होती है । नदी बेसिनों का वार्षिक और ऋतुकालीन अपवाह जलवायवीय अभिलक्षणों के अल्प परिवर्तन का भी अत्यधिक संवेदनशील पाया गया है । विशेषकर वे बेसिन ज्यादा संवेदनशील पाए गए हैं जो शुष्क और अर्द्ध-शुष्क क्षेत्रों में हैं (लिन्स और अन्य, 1990; मेहरोत्रा और अन्य, 1995) । जलवायु परिवर्तन से ग्रीष्म वाष्पन में वृद्धि, ग्रीष्म महीनों में अधिक संवहनीय वर्षा, उष्णकटिबंधीय तूफानों की तीव्रता में वृद्धि और उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में अधिक मानसून वर्षा हो सकती है (IPCC, 1990) ।

लेट्टेनमेयर और गन (1990) के द्वारा केलिफोर्निया के सेकरेमेण्टो-सन जोक्विन नदी बेसिन के चार उपबेसिनों, मरसड (187 वर्ग मील), उत्तर फोर्क अमेरिका (342 वर्ग मील), थोम्स (203 वर्ग मील) और मकक्लाउड (358 वर्ग मील) पर किए गए विस्तृत अध्ययन के परिणामों को तालिकाओं 4 से 7 में सारांशित किया गया है । जल चक्र के विभिन्न अवयवों पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव के अध्ययन के लिए तीन संकल्पनाओं A 1, A 2 और A 3 को चुना गया । ये संकल्पनाएं क्रमशः GFDI, GISS और OSU व्यापक संचरण निर्दशों के दुगुनी वायुमण्डलीय कार्बन–डाइ ऑक्साइड की स्थिति को निरूपित करता है । सेकरेमेण्टो-सन जोक्विन नदी बेसिन के लिए इन तीनों संकल्पनाओं के अभिलक्षणों को तालिका 3 मे दिखाया गया है । तालिकाओं 4-7 से यह विदित होता है कि धारा प्रवाह, वाष्पोत्सर्जन और मृदा नमी में अधिकतर महीनों में सामान्य वृद्धि या कमी हो सकती है । हालांकि कुछ महीनों में अत्यधिक वृद्धि और अत्यधिक कमी की भी संभावनाएं हैं । इन तालिकाओं से यह भी स्पष्ट है कि विभिन्न व्यापक संचरण निर्दशों से व्युत्पित संकल्पनों के आधार पर प्राप्त किए गए परिणामों में असंगति है ।

मिमिकोउ और अन्य (1991) के द्वारा मध्य ग्रीक के पहाड़ी क्षेत्रों वाले साइकीया (1173 वर्ग किलोमीटर) और पायली (134.5 वर्ग किलोमीटर) बेसिनों पर किए गए अध्ययनों से यह निष्कर्ष निकलता है कि तापक्रम बढ़ने से पहाड़ी एवं बर्फ से ढकी भूमध्यसागरीय बेसिन के उन भागों में जहां जल धारण क्षमता ज्यादा है, वहां मृदा नमी में सामान्य तौर पर साधारण कमी आएगी, परन्तु ग्रीष्म में अत्यधिक कमी आ सकती है । औसत वार्षिक अपवाह तथा औसत ग्रीष्म अपवाह में अत्यधिक कमी और औसत जाड़ा अपवाह में वृद्धि के साथ–साथ बसन्त अपवाह की स्थिति में बदलाव आ सकता है । गरम आर्द्र बेसिनों या उन बेसिनों में जहां जल धारण क्षमता कम है, अपवाह तापक्रम परिवर्तन के साथ न्यूनतम संवदेनशीलता प्रदर्शित करता है । यह पाया गया है कि बर्फ का जमना और पिघलना मुख्य कारण रहा है बेसिन का जलवायु परिवर्तन से संवदेनशीलता ।

कोहेन (1991) के द्वारा कनाडा के ससके चवन नदी उप बेसिन (364000 वर्ग किलोमीटर) पर किए गए अध्ययन से ग्रीष्म मृदा नमी में कमी और सिंचाई मांग में वृद्धि की पुष्टि होती है । हालांकि वार्षिक या ऋतु अपवाह में परिवर्तन का आंकलन विश्वसनीयता से नहीं किया जा सका । भिन्न-भिन्न व्यापक संचरण निर्दशों से प्राप्त संकल्पनाओं में काफी अन्तर की वजह से विश्वसनीयता में कमी पायी गई ।

भारतीय उपमहाद्वीप की एक झलक

पिछले आठ दशकों (1901-1982) के दौरान औसत वार्षिक तापक्रम में 0.4 °c की वृद्धि पायी गयी (हिनजेन और अन्य, 1985) । पश्चिमी समुद्री किनारों, भीतरी दक्षिण प्रायद्वीप और उत्तर मध्य एवं उत्तर पूर्वी क्षेत्रों में यह वृद्धि और भी अधिक हो सकती है । वर्षा प्रारूपों के विस्तृत अध्ययनों से यह पता चलता है कि वार्षिक वर्षा में कोई विशेष परिवर्तन की संभावना नहीं है (थपलियाल और कुलश्रेष्ठ, 1991) । हालांकि 5 वर्षीय क्रमिक औसत वर्षा में सामान्य वर्षा से विचलन

तालिका-3 : सकेरेमेण्टो-सन जोक्विन नदी बेसिन, केलिफोर्निया के लिए जलवायु परिवर्तन की संकल्पना

माह	तापक्रम			वर्षा		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
जनवरी	++	+++	+	-	+	+
फरवरी	+++	+++	++	+	+	+
मार्च	+++	+++	++	-	++	+
अप्रैल	+++	+++	++	-	-	++
मई	+++	++	+	-	-	-
जून	+++	+++	++	-	++	+
जुलाई	+++	+++	++	---	--	+
अगस्त	+++	+++	++	-	++	-
सितम्बर	+++	+++	++	--	--	+
अक्टूबर	+++	+++	+	+	++	-
नवम्बर	+++	++	++	+	+	-
दिसम्बर	++	+++	++	+	+	-

तालिका-4 : परिवर्तित जलवायु में मरसड उप बेसिन के लिए जलविज्ञानीय पैरामीटरों की संवेदनशीलता

माह	धारा प्रवाह			वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन			मृदा नमी		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
जनवरी	+++	+++	+	++	+	+++	++	++	+
फरवरी	+++	+++	+	++	+	+++	+++	+++	++
मार्च	+++	+++	+	+++	+	+++	+++	+++	+
अप्रैल	+	+	+	++	+	++	++	++	+
मई	--	--	-	+	+	+	-	0	+
जून	---	---	-	+	-	-	-	-	-
जुलाई	---	---	--	--	-	-	-	-	-
अगस्त	--	--	--	---	--	-	--	--	-
सितम्बर	-	-	-	--	-	-	--	--	-
अक्टूबर	0	0	0	0	0	0	-	-	-
नवम्बर	++	++	-	+	+	+	-	-	-
दिसम्बर	+++	+++	++	+	++	++	+	+	0

तालिका-5 : परिवर्तित जलवायु में उत्तर फोर्क उप बेसिन के लिए जलविज्ञानीय पैरामीटरस की संवेदनशीलता

माह	धारा प्रवाह			वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन			मृदा नमी		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
जनवरी	+	+++	0	+	+++	+	+	+	-
फरवरी	++	++	+	++	+++	+	+	+	-
मार्च	+	++	+	+++	+++	+	+	+	-
अप्रैल	-	-	+	+	+	+	+	+	+
मई	---	---	-	+	+	+	-	-	-
जून	---	---	-	-	-	-	-	-	-
जुलाई	-	-	-	--	-	--	-	-	--
अगस्त	0	0	0	-	-	-	-	-	-
सितम्बर	0	0	0	-	-	-	-	-	-
अक्टूबर	+	+	-	+	+	0	-	-	-
नवम्बर	+	+	-	+	+	+	-	-	-
दिसम्बर	+	++	0	+	+	+	+	+	-

तालिका-6 : परिवर्तित जलवायु में थोम्स उप बेसिन के लिए जलविज्ञानीय पैरामीटरस की संवेदनशीलता

माह	धारा प्रवाह			वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन			मृदा नमी		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
जनवरी	++	+++	+	+	+++	+	+	+	+
फरवरी	++	++	++	+	+++	+	+	+	+
मार्च	0	+	+	++	++	+	+	+	+
अप्रैल	-	-	0	+	+	+	-	0	0
मई	---	---	-	-	-	+	-	-	-
जून	--	--	--	--	--	--	-	-	-
जुलाई	0	0	0	---	---	-	-	-	-
अगस्त	0	0	0	-	-	-	-	-	-
सितम्बर	0	0	0	-	-	-	--	--	-
अक्तूबर	+	+	-	+	+	+	--	--	-
नवम्बर	+	+	-	+	+	+	--	-	-
दिसम्बर	++	+++	0	++	++	+	+	+	-

तालिका 7: परिवर्तित जलवायु में मकथ्लाउड उपबेसिन के लिए जलविज्ञानीय पैरामीटस की संवेदनशीलता

माह	धारा प्रवाह			वाचन-वाष्पोत्सर्जन			मृदा नमी		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
जनवरी	+	+++	-	+	+++	+	+	++	-
फरवरी	+	+++	+	++	+++	+	+	++	-
मार्च	+	++	+	+	+	+	+	+++	+
अप्रैल	+	+	+	+	+	+	+	++	-
मई	-	+	-	+	+	+	-	++	-
जून	-	-	-	-	-	-	-	+	-
जुलाई	-	-	-	--	--	-	-	+	-
अगस्त	-	-	-	-	-	-	-	+	-
सितम्बर	-	-	-	-	-	-	-	+	-
अक्तूबर	0	-	-	+	+	+	-	-	+
नवम्बर	-	+	-	++	++	+	--	--	+
दिसम्बर	+	+	-	++	++	+	-	-	+

पाया गया है । यह विचलन धनात्मक और ऋणात्मक एकांक मानक विचलन के अन्दर पाया गया ।

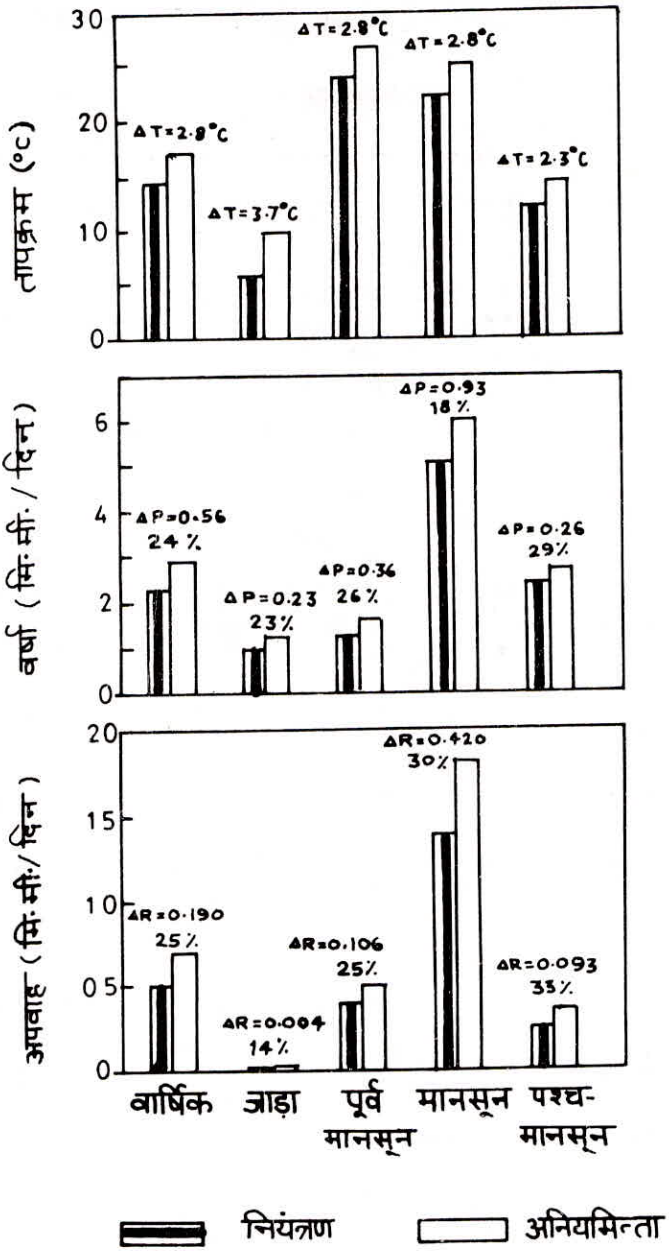
लाल और चन्दर (1993) के अध्ययन से पता चलता है कि वार्षिक औसत सतही तापक्रम में अगले 100 वर्षों के दौरान 2 से 3.5 °c के बीच वृद्धि हो सकती है । मध्य मैदानी भागों में मानसून वर्षा में वृद्धि हो सकती है । जाड़ा के दौरान दक्षिणी प्रायद्वीपीय भारत में कम वर्षा की संभावना है, परन्तु भारतीय उपमहाद्वीपीय के अधिकांश भागों में कोई विशेष परिवर्तन की उम्मीद नही है । जाड़ा और पूर्व-मानसून के दौरान दक्षिणी प्रायद्वीपीय भारत के क्षेत्रों में वाष्पन में कोई विशेष परिवर्तन की संभावना नहीं है । परन्तु, मानसून के दौरान उत्तर और मध्य भारत में वाष्पन में अत्यधिक वृद्धि की उम्मीद है । 2080 वर्ष तक भारतीय उपमहाद्वीप में औसत वार्षिक सतही अपवाह में 25% की वृद्धि हो सकती है । यह वृद्धि मुख्य रूप से उत्तर-पूर्वी और मध्य मैदानी भागों में होगी । मानसून के दौरान उत्तर पूर्वी भागों के सतही अपवाह में सामान्य से अधिक वृद्धि होने की संभावना हे । हालांकि जाड़ा ऋतु में भारतीय उपमहाद्वीप के सतही अपवाह में कोई विशेष परिवर्तन नहीं आएगा । नियंत्रित और 2080 वर्ष की अनियमितता वाले जलवायु अवस्था में लाल और चन्दर (1993) के द्वारा अनुमानित किए गए तापक्रम, वर्षा और सतही अपवाह की स्थिति ऋतु आधार पर चित्र 4 में दिखाया गया है ।

दिव्या और जैन (1993) तथा मैहरोत्रा और अन्य (1994) के अध्ययनों से पता चलता है कि जलाशय संचयन जलवायु परिवर्तन से काफी अधिक प्रभावित हो सकता है ! मैहरोत्रा और अन्य (1995) ने चार बेसिनों दमनगंगा (2261 वर्ग किलोमीटर), शेर (1500 वर्ग किलोमीटर), कोलार (820 वर्ग किलोमीटर) और हेमावती (600 वर्ग किलोमीटर) के लिए ECHAM1, MPI और CSIRO9 GCM निर्दशों के परिणामों को लेकर अध्ययन किया । अध्ययन से पता चलता है कि वे बेसिन जो तुलनात्मक रूप से शुष्क क्षेत्रों में हैं, जलवायु परिवर्तन से ज्यादा प्रभावित हैं । जलीय चक्र के विभिन्न अवयवों के लिए किए गए ऋतु विश्लेषण को विभिन्न ऋतुओं के लिए तालिका 8 में दिखाया गया है । यह स्थिति प्रयोग में किए गए निर्देश के अनुसार 2080 वर्ष में होगी । अन्य बेसिनों की तुलना में कोलार और शेर बेसिन जलवायु परिवर्तन का अधिक संवदेनशील पाया गया । दमनगंगा सबसे कम संवेदनशील पाया गया ।

उपसंहार और अंतरिम टिप्पणी

अभी तक के वैज्ञानिक अध्ययनों से यह पता चलता है कि वायुमण्डल में बढ़ती ग्रीनहाउस गैसों की वजह से अगले शताब्दी के दौरान पूरे विश्व की जलवायु में तीव्र गति से परिवर्तन आएगा । जलवायु की प्राकृतिक अस्थिरता और आंतरिक परिवर्तनों की तुलना में ग्रीनहाउस गर्मी का प्रभाव अधिक प्रबल होगा । यह अब सर्वमान्य हो चुका है कि ग्रीनहाउस गैसों के सान्द्रण में वृद्धि से सतही तापक्रम में वृद्धि होगी, वर्षा के प्रारूपों में बदलाव आएगा और समुद्र स्तरी में वृद्धि होगी । जलवायु परिवर्तन से पारिस्थितिक तन्त्र में असंतुलन आएगा । जल उपलब्धता, जल गुणवत्ता, जलीय तथा स्थलीय पारिस्थितिक तन्त्र, जल संसाधनों का योजनीकरण, विकास एवं प्रबन्धन सभी इस परिवर्तन से प्रभावित होंगे । जल के भिन्न-भिन्न उपयोग, बाढ रक्षण संरचनाएं, जलाशय, उत्प्लाव और अन्य जल आपूर्ति एवं जल नियंत्रक संरचनाओं के अभिकल्पन में जलवायु परिवर्तन की संकल्पनाओं को सन्निहित करना अनिवार्य पड़ सकता है । शुष्क जलवायु में स्थित बेसिन जलवायु परिवर्तन से ज्यादा प्रभावित होता प्रतीत होता है ।

सार्वभौमिक स्तर की अपेक्षा क्षेत्रीय स्तरों पर जलवायु परिवर्तन और जल संसाधनों पर इसके प्रभाव का विश्लेषण कम विश्वनीयता के साथ किया गया है । किसी विशेष क्षेत्र के लिए भिन्न-भिन्न व्यापक संचरण निर्दशों के जलवायु परिवर्तन की संकल्पनाओं में असमानता है । इन असमानताओं का मुख्य कारण यह भी है कि वर्तमान में जलविज्ञानीय प्रक्रियाओं और भू एवं वायुमण्डल के बीच की पारस्परिक क्रियाओं को जिन भौतिकीय परिकल्पनाओं के आधार पर गणितीय रूप से निरूपित करते हैं, वे पूर्ण और यथार्थ नहीं हैं । भू-पृष्ठीय विषमरूपता, सतही और भूगर्भीय प्रसरण प्रक्रियाओं, क्षैतिज पारस्परिक क्रियाओं तथा जटिल एवं अरैरिवक जलविज्ञानीय प्रक्रियाओं को निर्दशों में सन्निहित करने से जलवायु परिवर्तन की संकल्पनाओं में अधिक यथार्थता, पूर्णता और विश्वसनीयता आ सकती है । फलस्वरूप, जल संसाधनों के विभिन्न पहलुओं और जलीय चक्र के विभिन्न अवयवों पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव का सही आंकलन किया जा सकता है ।



चित्र 4. भारतीय उपमहाद्वीप के औसत सतही तापक्रम, वर्षा दर और सतही अपवाह का परिवर्तित संकल्पित जलवायु में स्थिति

(लाल और चन्दर, 1993)

तालिकां 8 : 2080 वर्ष में दमनगंगा, शेर, कोलार और हेमावती बेसिन के लिए जलीय चक्र के विभिन्न अवयवों की संवेदनशीलता

ऋतु	तापक्रम	वर्षा	अपवाह	वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन	मृदा नमी
दमनगंगा बेसिन					
मानसून	+	+	-	+	+
पश्च-मानसून	+	+++	+++	+	+
जाड़ा	++	+++	+++	-	-
पूर्व मानसून	++	+++	+++	---	-
वार्षिक	++	+	+	-	-
शेर बेसिन					
मानसून	+	+	+	+	+
पश्च-मानसून	+	+++	+++	+++	+++
जाड़ा	+++	---	---	+++	+
पूर्व-मानसून	+++	+++	+++	+++	+++
वार्षिक	++	++	++	+++	++
कोलार बेसिन					
मानसून	+	++	+	+	+
पश्च-मानसून	+++	+++	+++	+++	+++
जाड़ा	+++	+++	++	+	++
पूर्व-मानसून	+++	+++	-	+++	+++
वार्षिक	+++	++	+	+++	+
हेमावती बेसिन					
मानसून	+	+	-	+	+
पश्च-मानसून	+	+++	++	+	+
जाड़ा	+	+++	++	+	+
पूर्व-मानसून	+	+++	+++	+	+
वार्षिक	+	+	-	+	+

जलवायु परिवर्तन के प्रभाव का सही आंकलन के लिए यह जरूरी है कि अजलवायवीय कारकों को भी निर्दशों में सम्मिलित किया जाए क्योंकि ये कारक भी भू और वायुमण्डल के बीच की पारस्परिक क्रियाओं को प्रभावित करती हैं । निर्दशों के विभिन्न जनकीय पहलुओं और यथार्थ विश्व की जटिलताओं एवं स्थानीय तथा क्षेत्रीय स्थितियों को समुचित रूप से निर्दशों में निगमित किया जाये । इसके अतिरिक्त इस विधा में कुछ मूलभूत और व्यवहारिक शोधों की जरूरत है जो निम्न विषयों पर प्रकाश डाले : (1) जलविज्ञानीय प्रक्रियाओं और भू तथा वायुमण्डल के बीच की पारस्परिक क्रियाओं को और अधिक भौतिकीय रूप से समझना, (2) जलवायु और जलविज्ञानीय सांख्यिकी एवं जल संसाधन पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव के अध्ययन के लिए आवश्यक अभिलक्षणों को स्पष्ट रूप से परिभाषित करना, (3) स्थानिक और सामयिक पैमानों के एक परिसर के लिए पैरामीटरों का मापन तथा आंकलन तकनीक को विकसित करना, (4) निर्दश पैरामीटरों तथा निर्दश अध्ययन में अनिश्चिताओं का मात्रात्मक समायोजन, (5) जलवायु और भौतिकीय भूगोलिक क्षेत्रों की विविधताओं के रूप में वृहत भूगौलिक आंकड़ा समुच्चयों को तैयार करना, (6) जल संसाधन पर जलवायु परिवर्तन का क्षेत्रीय स्तर पर वृहद अध्ययन, (7) परिवर्तित जलवायु में जल संसाधनों के समुचित योजनीकरण, विकास एवं प्रबन्धन, और (8) जलवायु परिवर्तन के विभिन्न संकल्पनाओं की उत्पत्ति एवं इन संकल्पनाओं के लिए जल संसाधन के विभिन्न पहलुओं पर क्षेत्रीय अध्ययन के लिए समुचित विधियां विकसित करना ।

सन्दर्भ

कीपिन, डब्लू., मिन्जर, आई., और क्रिस्टोफरसन, एल. 1986 इमीसन ऑफ कार्बन–डाइऑक्साइड इनटू दि एटमोसफेयरः दि रेट आफ रीलिज ऑफ कार्बन–डाइऑक्साइड पैज ए फंक्शन ऑफ फ्यूचर एनर्जी डेवलेपमेंटस, SCOPE 29 में (बोलिन और अन्य, संवादक), दि ग्रीनहाउस इफेक्ट, क्लाइमेटिक चेंज एण्ड इकोसिस्टमस, जॉन विले एण्ड सन्स, चिकेसटर, 35-92

IPCC 1990 क्लाइमेट चेंजः दि IPCC साइनटिफिक एसेंसमेंट, WMO/UNEP, इण्टरगर्वमेन्टल पैनल ऑफ क्लाइमेट चेंज, कैंब्रिज यूनिर्वसिटी प्रेस, कैंब्रिज, UK.

कोटेन, एस.जे. 1991 पॉसिबल इमपैक्ट ऑफ क्लाइमेट वारमिंग सिनेरियो ऑन वाटर रिसोर्सेज इन दि ससकेचवन रिभर सब-बेसिन, कनाडा, क्लाइमेटिक चेंज, 19, 291-317

कुहल, एस.सी. और मीलर, जे.आर. 1992 सीजनल रिभर रनऑफ कलकुलेटेड फ्रोम ए ग्लोबल एटमोसफेयरिक मॉडल, वाटर रिसोर्सेज रिसर्च, 28, 2029-2039.

गलिक, पी.एच. 1990 ग्लोबल क्लाइमेटिक चेंजः ए समरी ऑफ रिजनल हाइड्रोलोजिकल इमपैक्टस, सिविल इंजीनियरिंग प्रैक्टिस, 53-57.

चैंग, एल.एच., हनसेकर, सी.टी. और ड्रैम्स, जे.डी. 1992 रिसेन्ट रिसर्च ऑन इफेक्टस ऑफ क्लाइमेट चेंज ऑन वाटर रिसोर्सेज, वाटर रिसोर्सेज बुलेटिन, 28, 273-286

जोन्स, पी.डी., ग्रोइसमन, पी.वाई., कोगलन, एम., पलुभर, एन., वैंग, डब्लू.सी. और कार्ल, टी.आर. 1990 एसेसमेन्ट ऑफ अरबनाइजेशन इफेक्टस इन टाइम सीरिज आफ सरफेस एअर टेम्परेचर ओभर लैंड, नेचर, 347, 169-172

थापलियाल, बी. और कुलश्रेष्ठ, एस.एम. 1991 क्लाइमेट चेंजेज एण्ड ट्रेन्डस ओभर इंडिया, मौसम, 42, 333-338.

दिव्या और जैन, एस.के. 1993 सेनसिटिभीटी ऑफ कैचमेन्ट रिसपॉन्स टू क्लाइमेटिक चेंज सिनेरियो, IAMAP/IAHS वर्कशॉप, 11-23 जुलाई 1993, योकोहामा, जापान

दिव्या और मैहरोत्रा, आर. 1995 क्लाइमेट चेंज एण्ड हाइड्रोलोजी विथ इमफैसिस ऑन दि इण्डियन सबकन्टिनेन्ट, हाइड्रोलोजिकल सांइसेज जर्नल, 40, 231-242.

रोबोक, ए., टर्को, आर.पी., हरवेल, एम.ए., एकरमेन, टी.पी., एन्डरसेन, आर., चैंग, एच.एस., शिवकुमार, एम.भी.के. 1993 यूज ऑफ जेनरल सरकुलेशन मॉडल आउटपुट इन दि क्रिएसन ऑफ क्लाइमेट चेंज सिनेरियोज फॉर इमपैक्ट एनालिसिस, क्लाइमेटिक चेंज, 23, 293-335.

रोजर्स, पी. 1994 एसेसिंग दि सोसियोइकोनोमिक कनसिक्वेनसेज ऑफ क्लाइमेट चेंज ऑन वाटर रिसोर्सेज, क्लामेटिक चेंज, 28, 179-208.

लाल, एम. और चन्दर, एस. 1993 पोटेनशियल इमपैक्टस ऑफ ग्रीनहाउस वारमिंग ऑन दि वाटर रिसोर्सेज आफ दि इन्डियन सबकंटिनेन्ट, JEH, 1, 3-13.

लेट्टेनमेयर, डी.पी और नान, टी.वाई. 1990 हाइड्रोलोजिक सेनसिभीटिज ऑफ दि सेकरेमेण्टो सन जोक्विन रिभर बेसिन, केलिफोर्निया, टू ग्लोबल वारमिंग, वाटर रिसोर्सेज रिर्सच, 26, 69-86.

लिन्स, एच., शिकलोमनोव, आई, और स्टैरिवव, ई. 1990 हाइड्रोलोजी एण्ड वाटर रिसोर्सेज, क्लाइमेट चंज में : दि IPCC साइनटिफिक एसेसमेन्ट (सम्पादकः डब्लू. जे.जी. मकटेर्गट और डी.सी. ग्रिफिथस), IPCC WG रिपोर्ट, WMO/UNEP, अध्याय 4, 1-42.

लिभेस्ले, जी.एच. 1994 मॉडलिंग दि इफेक्टस ऑफ क्लाइमेट चेंज आन वाटर रिसोर्सेज - ए रिम्यू, क्लाइमेटिक चेंज, 28, 159-177.

मैहरोत्रा, आर., दिव्या और सेठ, एस.एम. 1994 सेनसिटिमिटी ऑफ वाटर एवेलेबिलिटी इन स्टोरेज रिजरवाइर टू एक्सपेक्टेड क्लाइमेट चेंज, जर्नल आफ इन्स्टीटयूशन आफ इंजीनियर्स (I), (प्रेषित)

मैहरोत्रा, आर., दिव्या और केसरी, ए.के. 1995 इमपैक्ट एसेसमेन्ट स्टेडीज, NIH, प्रतिवेदन, CS (AR).

मिमिकोऊ, एम., कोउभोपोलस, वाई., कैभेडियस, जी. और भाइअनस, एन., 1991, रिजनल हाइड्रोलोजिकल इफैक्टस ऑफ क्लाइमेट चेंज, जर्नल ऑफ हाइड्रोलोजी, 123, 119-145

मनाबे, एस. 1969 क्लाइमेट एण्ड ओसन सरकुलेशन, I, दि एटमोसफेयरिक सरकुलेशन एण्ड हाइड्रोलोजी ऑफ दि अर्थस सरफेस, मनथली वेदर रिम्यू, 97, 739-774

विलियमसन, डी. 1983 डिसक्रिपसन ऑफ NCAR कॉमुनिटी क्लाइमेट मॉडल (CCMOB), NCAR टेकनिकल नोट, TN - 210, NCAR, बोल्डर, कोलरेडो.

विश्व मौसम संगठन (WMO) 1986 रिपोर्ट ऑफ दि इण्टरनेशनल कनफेरेन्स, आन दि एसेसमेन ऑफ कार्बन–डाइ ऑक्साइड एंड ऑफ अदर ग्रीनहाउस गैसेज इन क्लाइमेट भैरिएसनस एण्ड एसोसिएटेड इमपैक्टस, विलाक, आस्ट्रिया, 9-15 अक्टूबर, 1985, WMO, No. 661, जेनेवा, स्विटजरलैण्ड, p 78.

हनसेन, जे., रसेल, जी., रिण्ड, डी., स्टोन, पी., लेकिस, ए., लेबेडफ, एस., रिउडी, आर. और ट्रैमिस, एल., 1983 इफीसिएन्ट थ्री-डाइमेन्सनल ग्लोबल मॉडलस फॉर क्लाइमेट स्टडीजः मॉडलस I एण्ड II, मनथली वेदर, रिम्यू, 111, 609-662.