

जलवायु परिवर्तन का सिंचन क्षेत्र (Command) की सिंचाई आवश्यकता पर पड़ने वाले प्रभाव का अध्ययन

राहुल कुमार जैसवाल¹, अनिल कुमार लोहनी², रवि गलकाटे¹

1 राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान क्षेत्रीय केंद्र, भोपाल 2 राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

सारांश

वर्तमान में जलवायु परिवर्तन का मानव जीवन के सभी क्षेत्रों में प्रभाव परिलक्षित हो रहा है। भारत जैसे कृषि प्रधान देश में जहां सत्तर प्रतिशत जनसंख्या कृषि पर आधारित है जलवायु परिवर्तन के कारण होने वाले तापक्रम में वृद्धि एवं असामान्य वर्षा से प्रभावित हो सकती है। जल संसाधन परियोजनाओं के सिंचन क्षेत्र जहां कृषक समुचित जल की उपलब्धता सुनिश्चित जानकर कृषि में अधिक व्यय करते हैं, जलवायु परिवर्तन का अधिक प्रभाव पड़ता है। प्रस्तुत अध्ययन छत्तीसगढ़ प्रदेश के तांदुला सिंचाई क्षेत्र में किया गया है। इस अध्ययन में CANESM के तीन परिदृश्यों (Scenarios) (RCP 2.6, 4.5 & 8.5) हेतु तापक्रम एवं वर्षामाप डाउनस्केलिंग किया गया है। डाउनस्केलिंग हेतु NCEP से प्राप्त छब्बीस प्रीडिक्टर के सेट से प्रतिशत न्यूननन (Parentage reduction) एवं K-गुणा क्रॉस-सत्यापन (K-fold cross validation) तकनीक द्वारा दो या तीन विशिष्ट प्रीडिक्टरों का चुनाव किया गया है, तथा इनके उपयोग से विभिन्न भविष्य कालों के लिए तापक्रमों एवं वर्षा की बहुभागी श्रृंखलाओं का गठन किया गया है।

डाउनसेलिंग से प्राप्त तापक्रमों एवं वर्षा की विभिन्न श्रृंखलाओं का CLIMWAT साफ्टवेयर द्वारा वाष्पन-उत्सर्जन की गणना पर तांदुला सिंचाई क्षेत्र की डिजाईन सिंचाई पैटर्न हेतु जल आवश्यकता की गणना की गई थी तथा उपरोक्त आवश्यकताओं का वर्तमान आधार अवधि (BP-1971-2015) से तुलनात्मक किया गया प्रस्तुत अध्ययन के परिणाम से स्पष्ट है कि अधिकतम तापक्रम का मासिक औसत सभी माहों में बढ़ती प्रवृत्ति प्रदर्शित करता है। जबकि मानसून के महीनों में न्यूनतम तापक्रम में वृद्धि होने की सम्भावना को प्रदर्शित करता है। तांदुला सिंचाई क्षेत्र में 82089 हेक्टेयर क्षेत्र में खरीफ के समय धान की सिंचाई हेतु जल की आपूर्ति की जाती है तथा वर्तमान में 51% दक्षता के साथ आधार काल में 473.7×10^6 घन मी. जल की आवश्यकता होती है। जल की यह मात्रा FP-1: 2020-35 में बढ़कर 479.0×10^6 , FP: 2046-64 में 492.7×10^6 तथा FP-3: 2081-99 में घटकर 387.9×10^6 घन मी. होने का अनुमान है। प्रस्तुत अध्ययन से स्पष्ट है कि दुसरा भविष्य काल (FP-2: 2046-64) जल के प्रबंधन दृष्टि से संकटपूर्ण रहेगा एवं इस हेतु उपयुक्त अनुकूलन उपायों की आवश्यकता रहेगी।

Abstract

India is an agrarian country where more than seventy percent of population depends largely on agriculture and agro related business. The projected scenarios of precipitation from climate models predict decrease in some region and increase in others, albeit with large uncertainty in most of the places. The Chhattisgarh state which is called rice bowl of India has number of water resources projects where climate change can change crop water requirement. The present study has been carried out in the command of Tandula reservoir using statistical downscaling of climatic parameters for computation of crop water requirement using RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5 scenarios of coupled model inter-comparison project 5 (CMIP5). For calibration and validation, twenty six NCEP rescaled climatic variables from 1971 to 2003 have been used with minimum and maximum temperature and rainfall for concurrent period. The percentage reduction and *k-fold* cross validation techniques have been used for selection of best suited climatic parameters for statistical downscaling and used to generate multiple ensembles of temperature and rainfall for three future assessment periods namely i.e. near century period as FP-1 (2020-35), mid century period as FP-2 (2046-64) and far century period as FP-3 (2081-99). The projected multiple series of climatic variables were further used to compute evapotranspiration using CLIMWAT and then crop water requirement in the command and compared with corresponding requirement during the base period (BP: 1971 to 2014). The results of analysis suggested that the mean monthly maximum temperature showed a rising trend in all the months, while significant increase of minimum temperature during winter and rainy season. The average crop water requirement for designed cropping pattern of 82089 ha of kharif paddy during base period under present overall efficiency of 51% during base period may be about 473.7 Mm^3 will increase to 479.0 Mm^3 during near century period (2020-35),

492.7 Mm³ during mid century period and reduce to 387.9 Mm³ during far century period (2018-99). The mid-century period may be the most critical among all and it is recommended to develop adaptation measures to combat climate change especially in mid-century period.

प्रस्तावना

जलवायु परिवर्तन का मतलब पृथ्वी पर सैकड़ों सालों से चले आ रहे मौसम में व्यापक परिवर्तन से है, जो मुख्यतः ग्रीन हाउस गैसों के उत्सर्जन में होने वाली बेतहाशा वृद्धि के कारण हो रहा है। इसके परिणाम स्वरूप औद्योगिक क्रांति के उपरान्त पृथ्वी के औसत तापमान में 0.85°C की वृद्धि हुई है जिससे विभिन्न प्रजातियों के विलुप्त होने तथा उनके आवास पर खतरा होने के कसाथ खद, जल सुरक्षा एवं पर्यावरण के लिए प्रतिकूल साबित हो रहा है (IPCC, 2012 & 2013)। पृथ्वी से प्रतिवर्ष 10 बिलियन मेट्रिक टन कार्बन वायुमंडल में छोड़ा जा रहा है जिसके कारण 2050 तक वैश्विक तापमान 0.5 से 2.5°C तथा 2100 तक यह अनुमानित वृद्धि से 5.8°C तक हो सकती है। (IPCC, 2014)। जलवायु परिवर्तन, जल संसाधनों के प्रबंधन में आवश्क मांग आपूर्ति पर प्रतिकूल प्रभाव डालता है तथा इससे निपटने हेतु अनुकूलन उपायों का विकास आज वैज्ञानिकों एवं प्रबंधक वर्ग हेतु एक बड़ी चुनौती के रूप में प्रस्तुत है। जलवायु परिवर्तन के कारण एक तरफ तो बढ़ते तापमान से विभिन्न उपयोगों हेतु जल की आवश्यकता में बढ़ोत्तरी हो रही है (Rosenzweig et al, 2004), तो दूसरी तरफ वर्षा की चरम घटनाओं (Extreme events) में बढ़ोतरी तथा मात्रा में कमी (Taber et al 2016) के कारण जल संसाधनों की विश्वसनीयता एवं प्रदर्शन प्रभावित हो रहा है। जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को परिलक्षित करने हेतु होने वाले अध्ययनों में सबसे बड़ी आवश्यकता पृथ्वी पर भविष्य में होने वाली जलवायु का सटीक प्रक्षेपण (Projection) है। इन प्रक्षेपणों में सबसे बड़ी अनिश्चितता भविष्य की विकास एवं आर्थिक गतिविधियों का पता नहीं होना है। आज हम स्पष्ट रूप से नहीं कह सकते कि अगले 50 या 100 वर्षों में पृथ्वी पर विकास की क्या एवं आर्थिक स्थिति किस प्रकार की होगी। इन्हीं अनिश्चितताओं के प्रक्षेपण हेतु वैश्विक परिसंचरण मॉडल (Global Circulation model) एक उन्नत साधन है जो जलविज्ञानीय एवं अन्य अध्ययनों में उपयोग में लाए जाते हैं (Annandhi et al 2008)। वैश्विक परिसंचरण मॉडलों द्वारा विकास की विभिन्न दरों के अनुरूप होने वाले ग्रीनहाउस गैस के उत्सर्जन के आधार पर भविष्य के सैकड़ों वर्षों में होने वाली जलवायु का प्रक्षेपण (Projection) किया जाता है। ये मॉडल मुख्यतः पृथ्वी एवं इसके वातावरण में स्थल, जल एवं वायुमंडलीय भौतिक एवं रासायनिक अभिक्रिया का गणितीय प्रदर्शन होता है।

वैश्विक परिसंचरण मॉडल जलवायु चर की श्रृंखला को ग्रीन हाउस गैसों की उपस्थिति के आधार पर भविष्य काल में अनुकरण करने में सबसे विश्वसनीय साधन माने जाते हैं (Ghosh & Majumdar 2008) चूंकि इन मॉडलों द्वारा पूरे विश्व की जलवायु की दीर्घावधि (100 अधिक वर्षों) के लिए गणना की जाती है, ये मॉडल बड़े पैमाने पर कई किलोमीटर के ग्रिड पर अपने प्रक्षेपण प्रदान करता है। परंतु इनके द्वारा क्षेत्रीय, बेसिन एवं बिंदु पैमाने पर होने वाली स्थलाकृति एवं भूमि उपयोग में होने वाले बदलाव जो की जलविज्ञानीय मॉडलों में उपयोग में आते हैं, को प्रदर्शित करने की क्षमता नहीं होती है। इस समस्या को गतिशील (Physical) या सांख्यिकीय (Statistical) डाउनस्केलिंग तकनीकों की सहायता से स्थानीय एवं बेसिन स्केल तक डाउनस्केल कर हल किया जाता है। ये तकनीक बड़े पैमाने पर जलवायु के आंकड़ों का संबंध स्थानीय पैमाने पर वायुमंडलीय परिस्थितियों के साथ स्थापित करते हैं (Tisseuil, 2019)। गतिशील एवं सांख्यिकी डाउनस्केलिंग के अपने लाभ तथा हानि हैं (Tallimit & Harun 2013)। गतिशील एवं सांख्यिकी डाउनस्केलिंग के मध्य अंतर को तालिका 1 में प्रदर्शित किया गया है।

तालिका 1 : गतिशील एवं सांख्यिकी डाउनस्केलिंग में अंतर

क्र.सं.	गतिशील डाउनस्केलिंग	सांख्यिकीय डाउनस्केलिंग
1.	गतिशील डाउनस्केलिंग भौतिकीय नियमों पर आधारित मॉडल है जो समय प्रमेदक (Time Slice) मोड पर कार्य करते हैं।	सांख्यिकीय डाउनस्केलिंग में प्रिडिक्टर एवं जीसीएम प्राप्त प्रिडिक्टरों के मध्य सांख्यिकीय संबंध स्थापित किया जाता है।
2.	ये मॉडल अत्यंत जटिल होते हैं।	इस विधि में जटिलता नहीं होती है।
3.	इन मॉडलों को चलाने हेतु गहन कम्प्यूटरों की आवश्यकता होती है।	इस विधि में गहन कम्प्यूटरों की आवश्यकता नहीं होती है।
4.	इन मॉडलों में आंकड़ों की आवश्यकता होती	इस विधि की सफलता स्टेशन के आंकड़ों पर निर्भर है।

	है।	
5.	व्यवस्थित पूर्वाग्रह (Bias) का प्रसार हो सकता है।	इसकी संभावना नहीं है, पर विकसित संबंध आंकड़ों की गुणवत्ता पर आधारित होते हैं।

प्रस्तुत अध्ययन में सांख्यिकीय डाउनस्केलिंग जो कि साधारण, कम खर्चीली तथा कम कंप्यूटर संसाधनों के उपयोग द्वारा की जा सकती है (Lopes, 2009; Sharma et al 2011, Ethan et al, 2011) प्रयोग में लाई गई है। Wilby, 2002 द्वारा एक सॉफ्टवेयर स्टेटिस्टिकल डाउनस्केलिंग मॉडल (SDSM) का विकास किया गया था जो कि वैश्विक परिसंचरण मॉडलों द्वारा प्रदत्त आंकड़ों की सहायता से भविष्य में होने वाली जलवायु का प्रक्षेपण करने में सक्षम है। Mahmood & Webal (204) द्वारा एस डी एस एम सॉफ्टवेयर के उपयोग से भारत एवं पाकिस्तान सीमावर्ती क्षेत्र में चरम तापमान का प्रक्षेपण किया गया था। प्रक्षेपित आंकड़ों का पूर्वाग्रह संशुद्धि (Bias Correction) के उपरांत तीन भविष्य कालों अर्थात् 2011–2041, 2041–2070 एवं 2070–2099 में झेलम बेसिन के लिए प्राप्त आठ तीव्रता (Intensity) तथा चार आवृत्ति (Frequency) सूचकांकों का आधार अवधि (1961–90) के साथ तुलनात्मक अध्ययन किया गया था। उपरोक्त अध्ययन से प्राप्त परिणामों से स्पष्ट था कि झेलम बेसिन में तप्त दिनों (Hot Days) एवं तप्त रातों (Hot Night) में बढ़ोतरी होगी तथा शीत दिनों (Cold days) एवं शीत रातों (Cold Night) में कमी होगी। इसी प्रकार बहुत से अन्य वैज्ञानिकों ने भी एसडीएसएम सॉफ्टवेयर के उपयोग से विश्व के विभिन्न क्षेत्रों में जलवायु प्रक्षेपण का कार्य किया गया है तथा इसे सभी क्षेत्रों में उपयोगी पाया है (Wilby et al; 2014; Pervez & Henebry 2014; Mahmood & Babel 2014; Jaiswal & Tiwari 2015; Mahmood & Jia 2016; इत्यादि)।

अध्ययन क्षेत्र एवं उपयोगी आंकड़ें

प्रस्तुत अध्ययन छत्तीसगढ़ में स्थित तांदुला सिंचन के लिए किया गया है (चित्र-1)। छत्तीसगढ़ भारत में धान का कटोरा हेतु विख्यात है तथा तांदुला सिंचन क्षेत्र धान का महत्वपूर्ण उत्पादक क्षेत्र है जो कि गोदली एवं खरखरा जलाशय से भी जल प्राप्त करता है। यह सिंचन क्षेत्र छत्तीसगढ़ की राजधानी रायपुर के सपीप स्थित है। सिंचन क्षेत्र में कुल 82095 हेक्टेयर क्षेत्र में धान की खरीफ काल में फसल हेतु तांदुला एवं अन्य जलाशयों से प्राप्त जल से सिंचाई की जाती है। जैसा कि देखा गया है कि पूरे क्षेत्र में एक साथ बुवाई नहीं होती है, अध्ययन क्षेत्र को दो समान भागों में विभक्त किया है तथा बुवाई एवं कटाई का चार्ट नीचे प्रदर्शित है।

फसल	जून			जुलाई			अगस्त			सितम्बर			अक्टूबर			नवंबर		
	डी1	डी1	डी-2	डी-3	डी-2	डी-3	डी-3	डी-1	डी-2	डी-3	डी-2	डी-3	डी-1	डी-2	डी-3	डी-2	डी-3	
धान-1 41048 हे.		बु															क	
धान-1 41047 हे.			बु															क

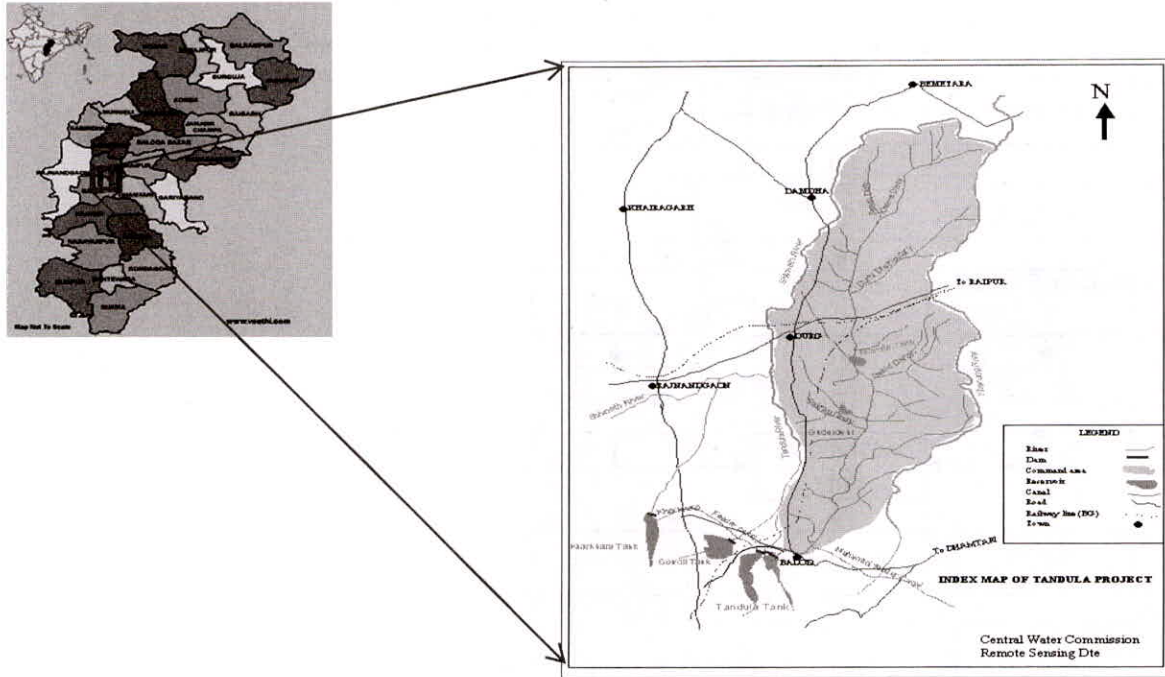
बु:बुवाई, क: कटाई

प्रस्तुत अध्ययन हेतु रायपुर वेद्यशाला का 1971 से 2014 तक के दैनिक न्यूनतम एवं अधिकतम तापमान तथा बालोद वर्षा मापी केन्द्र के 1981 से 2014 तक के दैनिक वर्षा के आंकड़ों का उपयोग किया गया है। मॉडल हेतु नेशनल सेंटर फॉर एनवायरमेंटल प्रिडिक्शन (NCEP) से प्राप्त 26 प्रिडिक्टर्स (1971–2003) तथा CANESM से प्राप्त 3 RCPs (RCP 2.6, RCP 4.5 एवं RCP 8.5) परिदृश्यों के लिए 2001 से 2099 तक के प्रक्षेपित प्रिडिक्टर्स का उपयोग किया गया है।

कार्य प्रणाली

उपरोक्त अध्ययन हेतु प्रस्तुत फ्रेमवर्क में निम्न मॉडयूलों की सहायता से तांदुला सिंचाई क्षेत्र में तीन भविष्य कालों अर्थात् निकट शताब्दी काल (FP-1: 2020-35), मध्य शताब्दी काल (FP-2: 2046-64) तथा दीर्घ शताब्दी काल (FP-3: 2081-99) हेतु सिंचाई आवश्यकता की गणना की गई है।

- मॉड्यूल-1 : एस डी एस एम की सहायता से तापक्रम एवं वर्षा का प्रक्षेपण
 मॉड्यूल-2 : ETo कैलकुलेटर की सहायता से वाष्प-उत्सर्जन (Evapotranspiration) की गणना
 मॉड्यूल-3 : एक्सेल प्रोग्रामिंग की सहायता से कुल सिंचाई आवश्यकता का आकलन

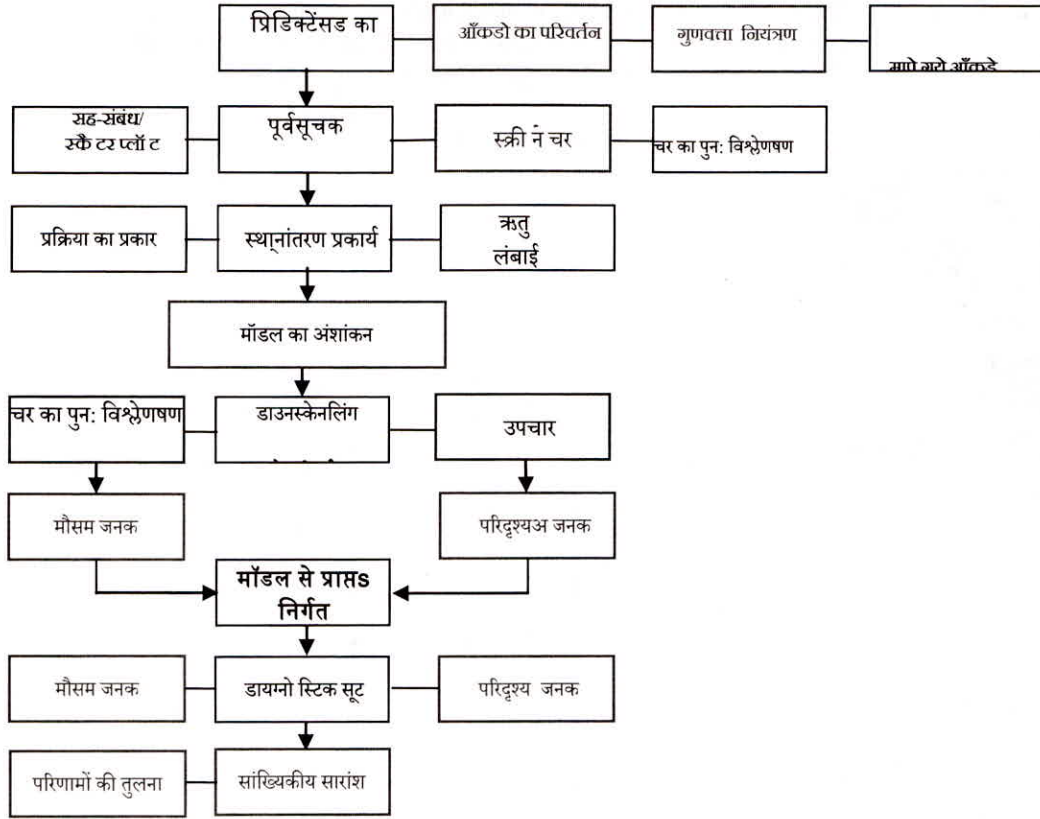


चित्र 1 : छत्तीसगढ़ में तांदुल कमान का स्थान मानचित्र

मॉड्यूल-1 : एस डी एस एम की सहायता से तापक्रम एवं वर्षा का प्रक्षेपण

एस डी एस एम सांख्यिकी संबंधों द्वारा दैनिक आधार पर वर्तमान एवं भविष्य की जलवायु के परिदृश्यों को विकसित कर सकता है। वर्तमान में एसडीएसएम का 5.2 संस्करण उपलब्ध है। जिसमें निम्न सात प्रक्रियाओं द्वारा दैनिक आधार पर जलवायु को डाउनस्केल यिका जा सकता है। (चित्र-2)

1. गुणवत्ता नियंत्रण एवं डेटा परिवर्तन (Quality Control and Data Conversion)
2. मॉडल का अशांकन (Model Calibration)
3. मौसम जनक (Weather Generator)
4. आंकड़ों का विश्लेषण (Data Analysis)
5. ग्राफिकल विश्लेषण (Graphical Analysis)
6. परिदृश्यों का परिकल्पन (Scenarios Generation)



चित्र : एस डी एस एम सॉफ्टवेयर द्वारा डाउनस्केलिंग की प्रक्रिया का चित्रण

सांख्यिकी डाउनस्केलिंग में उपयुक्त प्रिडिक्टरों का चयन एक महत्वपूर्ण कार्य है जिसमें वायुमंडलीय प्रक्रिया एवं क्षेत्र में जलवायु से संबंधित भौतिकीय क्रिया की उचित समझ आवश्यक है (Huang et al, 2011)। विभिन्न अध्ययनकर्ताओं द्वारा उपयुक्त प्रिडिक्टरों के सेट के चयन हेतु कई विधियां सुझाई गई हैं (Benestad et al, 2007; Shangwe et al, 2006; Tripathi et al, 2006 etc) तथा वर्तमान अध्ययन में प्रतिशत न्यूनन (Percentage reduction) (Mahmood & Babel, 2013; Jaiswal et al 2013) विधि का प्रयोग किया गया है जिसमें तापक्रम में अशर्त तथा वर्षामाप में सशर्त सहसंबंध गुणक स्थापित किया जाता है। प्रतिशत छटनी विधि में सर्वप्रथम प्रिडिक्टरेड का एन सी ई पी से प्राप्त 26 प्रिडिक्टरों के साथ सहसंबंध गुणांक निकाला जाता है तथा जो प्रिडिक्टर सर्वोत्तम गुणांक का प्रदर्शन करता है, सुपर प्रिडिक्टर कहलाता है। इसके पश्चात सुपर प्रिडिक्टर के साथ बचे हुए सह प्रिडिक्टरों के मध्य पूर्ण एवं आंशिक सहसंबंध गुणांकों की गणना की जाती है तथा निम्न समीकरण द्वारा प्रतिशत न्यूनन (PR) का आकलन किया जाता है।

$$PR = \frac{Pr - R}{R} \quad (1)$$

यहां Pr आंशिक सहसंबंध गुणांक एवं R पूर्ण सहसंबंध गुणांक है इस तरह जो प्रिडिक्टर PR की न्यूनतम मान प्रदर्शित करता है द्वितीय सुपर प्रिडिक्टर कहलाता है। अब, द्वितीय सुपर प्रिडिक्टर के साथ ऊपर वर्णित प्रक्रिया का उपयोग कर तृतीय, चतुर्थ आदि प्रिडिक्टर मालूम किया जा सकता है। सामान्यत जलवायु की परिवर्तनशीलता को प्रदर्शित करने हेतु एक से तीन प्रिडिक्टर पर्याप्त होते हैं (Chu et al, 2010)।

प्रिडिक्टरों के सेट के चुनाव के पश्चात एस डी एस एम के द्वारा K- गुणा क्रॉस-सत्यापन K-fold cross validation) द्वारा अंशांकन (Calibrating) एवं सत्यापन (Validation) किया जाता है। इस तकनीक में पूरी आंकड़ों की श्रृंखला को K-1/K तथा 1/K भाग में विभक्त किया जाता है जिसमें प्रथम भाग अंशांकन एवं दूसरा भाग सत्यापन के उपयोग में लाया जाता है। सफल अंशांकन एवं सत्यापन के पश्चात अधिकतम एवं न्यूनतम तापक्रम तथा वर्षामाप के मॉडलों द्वारा तीन भविष्य कालों हेतु विविध श्रृंखलाओं की संतति की गई थी, तथा उनका प्रयोग मॉडयूल-2 में किया गया था।

मॉड्यूल-2 : ETo केलकुलेटर की सहायता से वाष्पन-उत्सर्जन (Evapotranspiration) की गणना।

प्रस्तुत मॉड्यूल में संदर्भ फसल (Reference crop) हेतु वाष्प-उत्सर्जन की गणना हेतु ETo केलकुलेटर का उपयोग किया गया है। जो पेनमेन मोइन्टिथ (Panmon-Montieth) समीकरण का उपयोग करता है। ETo केलकुलेटर खाद्य और कृषि संघटन (FAO) के भूमि एवं जल प्रभाग द्वारा विकसित सॉफ्टवेयर जलवायु के विभिन्न आंकड़े जैसे अधिकतम एवं न्यूनतम तापक्रम, हवा की गति, सापेक्ष आर्द्रता, धूप के घंटे तथा वैकल्पिक रूप में केवल अधिकतम एवं न्यूनतम तापक्रम द्वारा संदर्भ वाष्पीकरण की गणना करता है। ETo केलकुलेटर का स्क्रीनशॉट चित्र क्रं-3 प्रदर्शित किया गया है।

चित्र 3 : ETo केलकुलेटर का स्क्रीनशॉट

मॉड्यूल 3 : एक्सेल प्रोग्रामिंग की सहायता से कुल सिंचाई आवश्यकता का अध्ययन

किसी भी फसल की कुल आवश्यकता, उस फसल की सभी आवश्यकताओं जिनमें फसल द्वारा वाष्पन, खेत की तैयारी, नर्सरी एवं लीचिंग हेतु जल की मात्रा तथा जल के अनुप्रयोग तथा परिचालन में होने वाला नुकसान शामिल होता है। तांदुला सिंचाई क्षेत्र में वर्तमान समग्र दक्षता 51% (75% परिचालन दक्षता तथा 68% अनुप्रयोग दक्षता) का उपयोग करके तीनों भविष्य काल में डिजाइन फसल पैटर्न हेतु कुल आवश्यक सिंचाई जल आवश्यकता का आकलन किया गया है तथा इसका आधार काल (1971-2014) की सिंचाई आवश्यकता से तुलना की गई है।

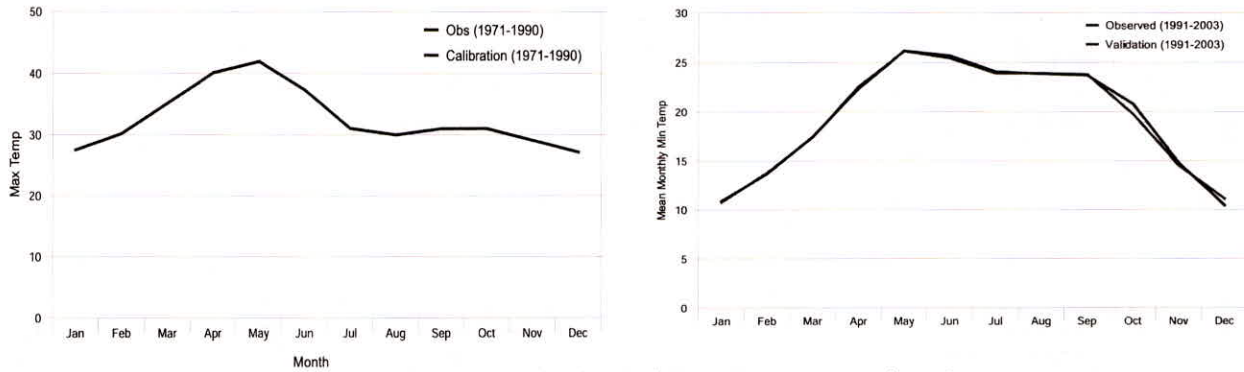
परिणामों का विश्लेषण

सिंचाई क्षेत्र में जलवायु परिवर्तन के हानिकारक प्रभावों से निपटने हेतु अनुकूलन उपायों के विकास हेतु जल की आवश्यकता का आकलन एक महत्वपूर्ण कदम है प्रस्तुत अध्ययन में तांदुला सिंचाई क्षेत्र में डिजाइन फसल पैटर्न हेतु तीन भविष्य कालों में RCP 2.6, RCP 4.5 एवं RCP 8.5 परिदृश्यों की स्थिति में आवश्यक जल की मात्रा का आकलन किया गया है।

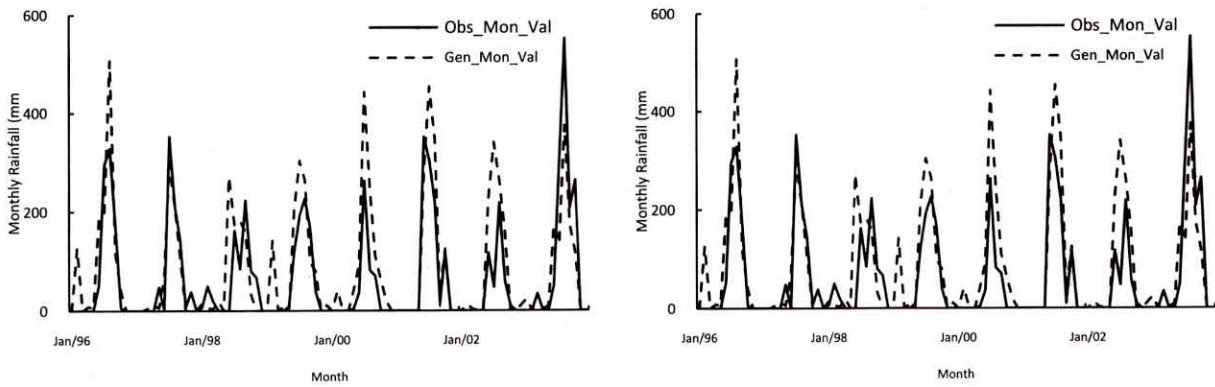
मॉड्यूल से प्राप्त परिणाम

मॉड्यूल-1 द्वारा सांख्यिकीय डाउनस्केलिंग में K-गुणा क्रॉस-सत्यापन तकनीक का उपयोग कर न्यूनतम तथा अधिकतम तापक्रम के अंशत तथा वर्षामाप को अंशत संबंधों द्वारा तीन भविष्य कालों हेतु श्रृंखलाओं की गणना की गई थी। प्रस्तुत अध्ययन में 3 गुणा क्रॉस-सत्यापन में तकनीक जिसमें 1971 से 1990 तक का प्रयोग अंशांकन 1991 से 2003 तक प्रयोग सत्यापन हेतु किया गया था। अंशांकन हेतु प्रिडिक्टरों के विभिन्न संयोजनों एवं परिवर्तनों का परीक्षण किया गया तथा प्राप्त श्रृंखला का तापक्रमों में रेखिक अंतर तकनीक तथा वर्षामाप में स्केलिंग तकनीक का उपयोग कर डिवायस (Debaix) किया गया था। अंशांकन द्वारा प्राप्त संबंधों का प्रयोग कर सत्यापन काल (1991-2003) की श्रृंखलाओं की गणना स्वतंत्र प्रिडिक्टरों के संग्रह से किया गया था। प्राप्त श्रृंखलाओं को मासिक आधार पर नाश-सटक्लिफ दक्षता (n') तथा सहसंबंध गुणांक के आधार पर सर्वोत्तम योग्य मॉडल का चयन किया गया। चित्र 4 (अ) एवं 4 (ब) में क्रमशः तापक्रम एवं वर्षामाप का

अंशांकन तथा सत्यापन काल में चित्रात्मक प्रदर्शन प्रस्तुत किया गया है। तापक्रमों तथा वर्षामाप के डाउनस्केलिंग मॉडलों हेतु चयनित प्रिडिक्टर, रूपान्तरण, प्रक्रमण तथा दक्षता को तालिका 2 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र-4 (अ) अंशांकन और सत्यापन के दौरान औसत मासिक न्यूनतम और अधिकतम तापमान



चित्र-4 (ब) बालोद वर्षामाप स्टेशन की अंशांकन और सत्यापन के दौरान मासिक वर्षा

तालिका क्र. 2 जलवायु प्राचलन एवं वर्षामाप के सांख्यिकीय मॉडलिंग हेतु चयनित प्रिडिक्टरस

क्र. सं.	जलवायु प्राचल	चयनित प्रिडिक्टरस	मॉडल का प्रकार / रूपान्तरण / प्रक्रमण	अंशांकन			सत्यापन		
				C_c	Adj R_2	n	C_c	Adj R_2	n
1.	न्यूनतम तापक्रम	ncepp_fgl, ncepp500gl, nceps850gl	मासिक / कोई नहीं / अशर्त	0.96	0.91	91.3	0.96	0.92	91.5
2.	अधिकतम तापक्रम	ncepp5_zgl, ncepp500gl, ncepp8zhgl	मासिक / कोई नहीं / अशर्त	0.73	0.73	98.5	0.84	0.70	99.8
3.	बालोद में वर्षा	ncepp5_ugl, ncepp8_ugl, ncepp850gl	मासिक / कोई नहीं / अशर्त	0.69	0.55	85.9	0.66	0.66	75.3

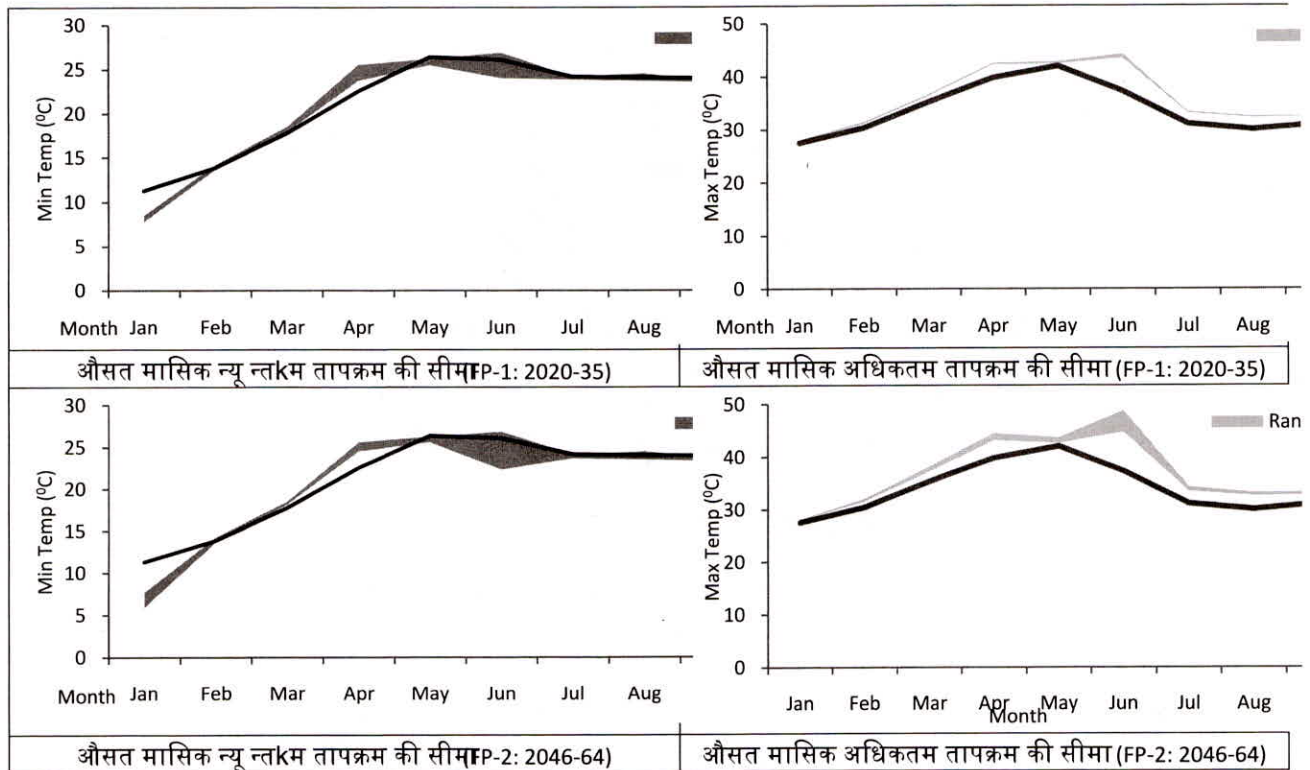
C_c सहसंबंध गुणांक, Adj R^2 समायोजित R^2 n- दक्षता

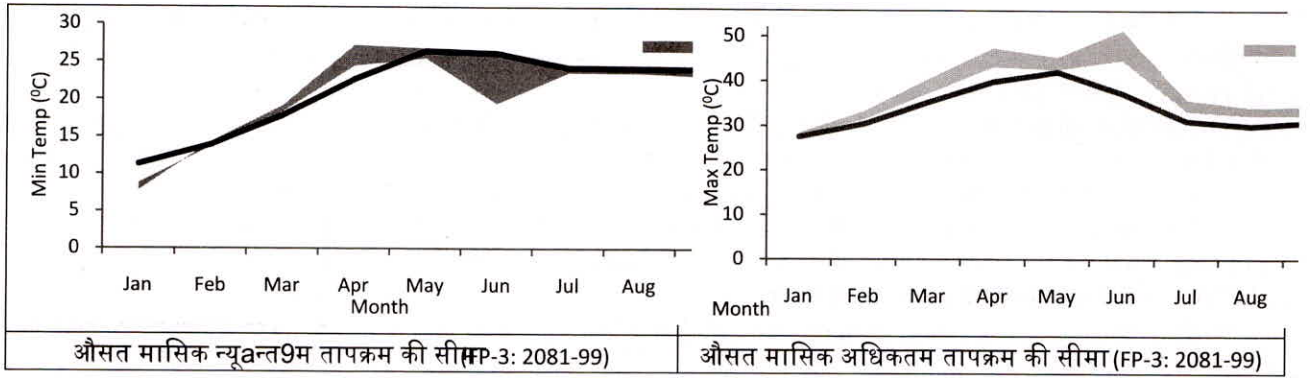
विश्लेषण से यह स्पष्ट है कि न्यूनतम तापक्रम हेतु दक्षता अशांकन में 98.5% तथा सत्यापन में 99.8% तथा अधिकतम तापक्रम के मामले में क्रमशः 91.3% तथा 91.5% तथा बालोद स्टेशन के वर्षामाप में क्रमशः 85.9 तथा 75.3% रही जो कि उत्तम मॉडलों को प्रदर्शित करता है।

उपरोक्त मॉडलों के उपयोग से तीन भविष्य कालों में RCP 2.6, RCP 4.5 एवं RCP 8.5 परिदृश्यों हेतु अनेक श्रृंखलाओं का आंकलन किया गया। आधार काल की औसत मासिक मात्रा तथा तीनों भविष्य कालों हेतु उनक फैलव चित्र 5 (अ) तथा 5 (ब) में प्रदर्शित किया गया है। प्राप्त श्रृंखलाओं के विश्लेषण से स्पष्ट है कि भविष्य में न्यूनतम मासिक तापक्रम मार्च-अप्रैल तथा अक्टूबर से दिसंबर माह में बढ़ जाएगा। इसी प्रकार अधिकतम मासिक तापक्रम केवल दिसंबर को छोड़कर अन्य माहों में बढ़ जाएगा। प्राप्त परिणामों से स्पष्ट है कि अधिकतम वार्षिक तापक्रम जो कि आधार काल के दौरान 32.7°C था निकट मध्य तथा दीर्घ शताब्दी कालों में क्रमशः से 34.3, 35.1 तथा 35.6°C हो जाएगा। भविष्य में जलवायु परिवर्तन के कारण ग्रीष्म काल में लू का सामना करना पड़ेगा। इसी प्रकार आधार काल में होने वाली वर्षा (936 मिमी) तीनों कालों में क्रमशः 943, 874 तथा 836 मिमी तक बदल हो जाएगी।

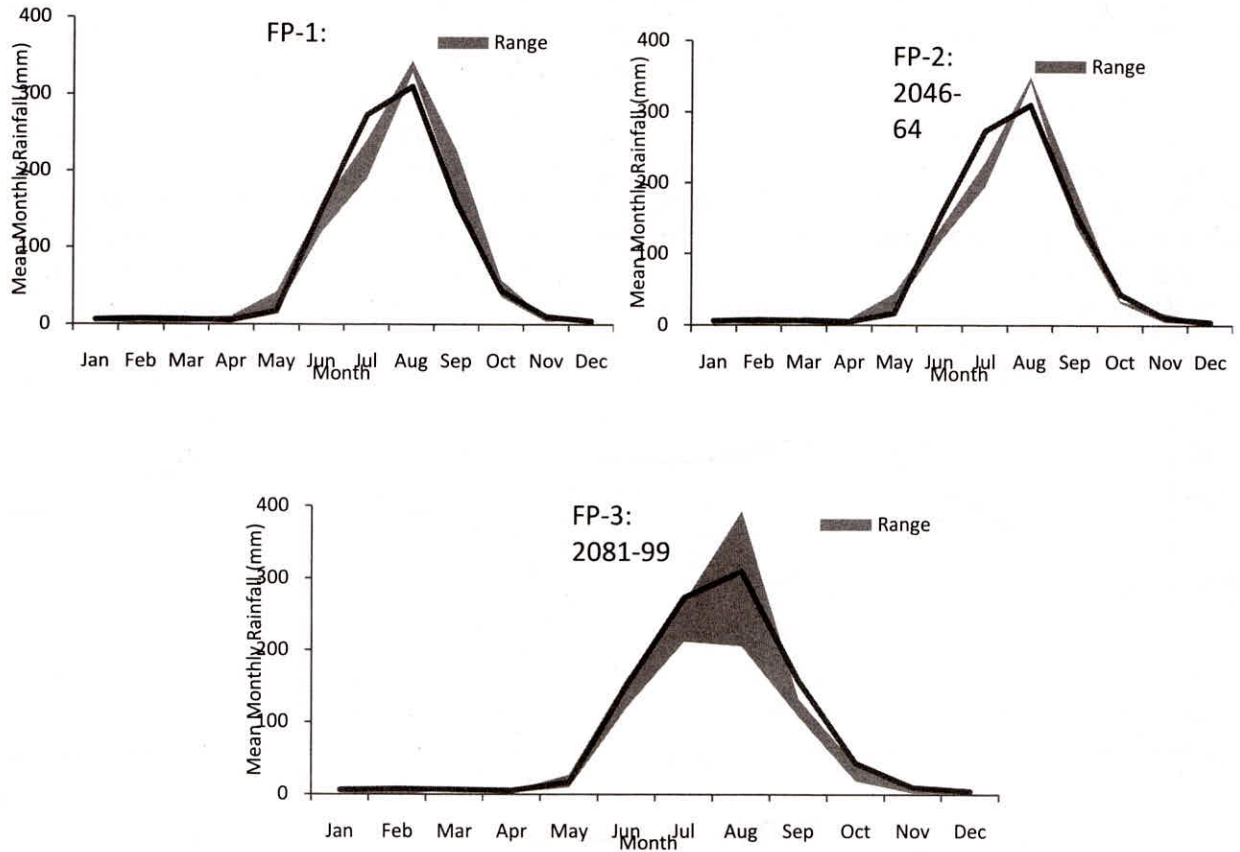
मॉड्यूल-2 एवं 3 का परिणाम

मॉड्यूल-1 से प्राप्त भविष्य कालों हेतु आकलित न्यूनतम एवं अधिकतम तापक्रमों तथा वर्षामाप की तीन श्रृंखलाओं के उपयोग द्वारा संदर्भ फसल हेतु वाष्पन-उत्सर्जन की गणना की गई। वाष्पन-उत्सर्जन तथा वर्षामाप के उपयोग तथा नर्सरी, प्रत्यारोपण, लीचिंग, परिचालन तथा अनुप्रयोग छय के आधार पर जलाशयो से आवश्यक कुल सिंचाई मांग का आंकलन यिका गया था। क्षेत्र में प्रचलन के अनुसार नर्सरी हेतु प्रथम दो दस-दिवसीय कालो हेतु प्रत्येक के लिए 100 मि.मी. एवं प्रत्यारोपण हेतु तीसरे दस-दिवसीय काल हेतु 150 मि.मी. मात्रा का उपयोग यिका जाता है। कुल सिंचाई मात्रा की गणना हेतु 75% परिचालन तथा 68% अनुप्रयोग दक्षता से प्रत्येक कालों की सभी श्रृंखलाओं हेतु कुल सिंचाई मांग का आंकलन किया गया था। चित्र-6 में आधार काल तथा तीनों भविष्य कालो में तीनों श्रृंखलाओं द्वारा प्राप्त सिंचाई मांग का आंकलन प्रदर्शित किया गया है। प्राप्त विश्लेषण से पता चलता है कि तांदुल सिंचाई क्षेत्र में आधार काल में डिजाइन फसल पैटर्न हेतु कुल औसत सिंचाई मांग 437.7×10^6 घन मी. है जो कि निकट शताब्दी काल में 429×10^6 से 587.4×10^6 घन मी. हो जाएगा जिसमें RCP 8.5 परिदृश्य सर्वाधिक आवश्यकता प्रदर्शित करता है। मध्य शताब्दी काल में आवश्यक जल की मात्रा सर्वाधिक होगी जो कि दीर्घ शताब्दी काल में थोड़ा कम हो जाएगी पर आधार काल से अधिक हो रहेगी।

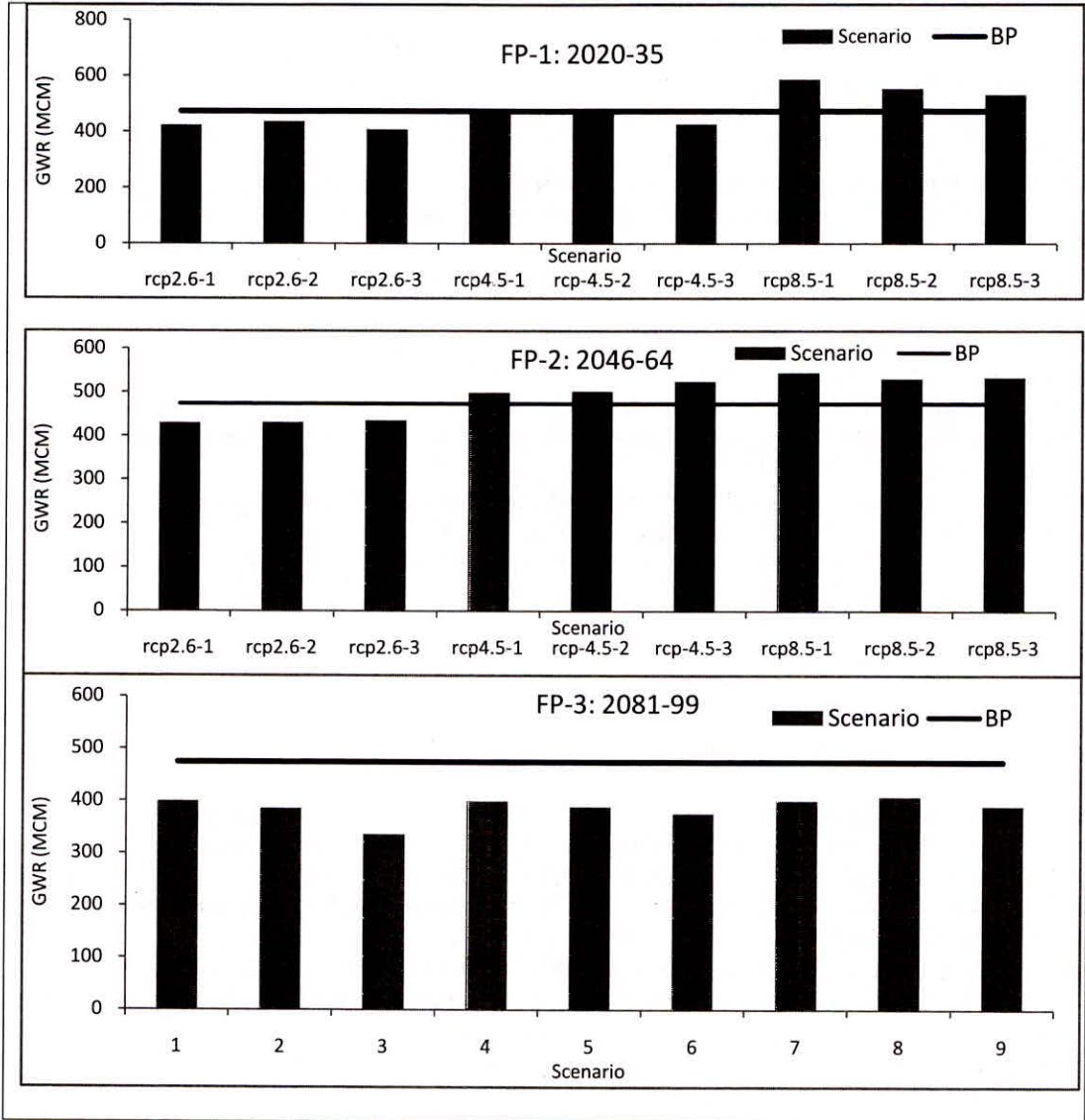




चित्र-5 (अ) तीनों भविष्य कालों हेतु औसत मासिक न्यूनतम और अधिकतम तापमान की अनुमानित सीमा



चित्र-5 (ब) बालोद वर्षामापी स्टेशन में मासिक वर्षा का अनुमान



चित्र-6 तीनों भविष्य कालों में तीनों श्रृंखलाओं द्वारा प्राप्त सिंचाई मांग का आकलन

निष्कर्ष

जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन के नकारात्मक प्रभाव पड़ना अपेक्षित है जिसके लिए जल परियोजनाओं के भविष्य में होने वाली मांग-आपूर्ति का अध्ययन एवं इसके अनुसार अनुकूलन उपायों का निर्धारण आवश्यक है। प्रस्तुत अध्ययन में 3 विभिन्न मॉडलों की सहायता से तादुला सिंचाई क्षेत्र में RCP 2.6, RCP 4.5 एवं RCP 8.5 परिदृश्यों के अनुसार तीन भविष्य कालों अर्थात् निकट शताब्दी (FP-1: 2020-35) मध्य शताब्दी काल (FP-2: 2046-64) तथा दीर्घ शताब्दी काल (FP-3: 2081-99) के लिए न्यूनतम और अधिकतम तापक्रम तथा बालोद वर्षामापी स्टेशन के लिए श्रृंखलाओं का गठन सांख्यिकीय डाउनस्केलिंग द्वारा किया है। तापक्रमों एवं वर्षामाप का उपयोग कर वर्तमान 51% दक्षता के लिए डिजाइन फसल पैटर्न के लिए आधार काल तथा तीनों भविष्य कालों के लिए सिंचाई जल उपयोग की गणना की गई है। अध्ययन से प्राप्त परिणाम से स्पष्ट है कि भविष्य में न्यूनतम तापमान में वृद्धि से सभी उपयोगों हेतु आवश्यक मात्रा में बढ़ोत्तरी होगी। तादुला सिंचाई क्षेत्र में आवश्यक जल की मात्रा निकट शताब्दी काल में लगभग आधार काल के समान, मध्य शताब्दी काल में सर्वाधिक तथा दीर्घ शताब्दी काल में निम्न रहेगी। मध्य शताब्दी काल में आवश्यकता अधिक होने के कारण अनुकूलन गतिविधियां जैसे दक्षता में वृद्धि, स्प्रिंकलर तथा धान की कम पानी लेने वाली किस्मों का उपयोग आवश्यक है।

आभार

इस प्रपत्र के लेखक टंकण कार्य के लिए श्री अरुण कुमार आशुलिपिक मध्य भारत जलविज्ञान क्षेत्रीय केंद्र राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, भोपाल के आभारी है।

Reference

- Anandhi, A., Srinvas, V.V., Nanjundiah, R.S., and Nagesh, D.K. (2008). "Downscaling precipitation to river basin in India for IPCC SRES scenarios using support vector machine". *Int. J. Climatol.*, 28, 401–420.
- Benestad, R.E., Hanssen-Bauer I. and Forland E.J. (2007). "An evaluation of statistical models for downscaling precipitation and their ability to capture long-term trends". *Int. J. Climatol.*, 27(5), 649–655.
- Chu, J. T., Xia, J., Xu, C. Y., & Singh, V. P. (2010). Statistical downscaling of daily mean temperature, pan evaporation and precipitation for climate change scenarios in Haihe River, China. *Theoretical and Applied Climatology*, 99(1-2), 149-161, DOI: 10.1007/s00704-009-0129-6.
- Ethan, D.G., Roy, M.R., Changhai, L., Kyoko, I., David, J.G., Martyn, P.C., Jimy, D., Gregory, T.A. (2011). "Comparison of statistical and dynamical downscaling of winter precipitation over complex terrain." *J. Clim. Am. Meteorol. Soc.*, 25, 262–281.
- Ghosh, S., and Mujumdar P.P. (2008). "Statistical downscaling of GCM simulations to streamflow using relevance vector machine." *Adv. Water Resour.*, 31(1), 132–146.
- Huang, J., Zhang, J., Zhang, Z., Xu, C., Wang, B., Yao, J. (2011). "Estimation of future precipitation change in the Yangtze river basin by using statistical downscaling method". *Stoch. Environ. Res. Risk A*, 25(6), 781-792. doi: 10.1007/s00477-010-0441-9
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2012). "Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. In a special report of working groups I and II of the intergovernmental panel on climate change", C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, P.M. Midgley, eds., Cambridge University Press: New York.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013). Summary for policymakers. in climate change the physical science basis, contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Eds.), Fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Geneva: IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). Climate change synthesis report. In R. K. Pachauri, & L. A. Meyer (Eds.), Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC.
- Jaiswal, R.K., Tiwari, H.L. (2015). "Downscaling and generation of future scenarios for maximum temperature in upper Mahanadi basin". *Int. J. Frontier. Technol.*, 2(2), 40-46.
- Lopes, P., (2009). "Assessment of statistical downscaling methods-application and comparison of two statistical methods to a single site in Lisbon". *IOP Conf. Sereis: Earth and Environ. Sci.*, 6, 1, doi:101088/1755-1307/6/2/022015 022015.
- Mahmood, R., & Jia, S. (2016). Assessment of impacts of climate change on the water resources of the transboundary Jhelum river basin of Pakistan and India. *Water*, 8(6), DOI: 10.3390/w8060246.
- Mahmood, R., and Babel, M. (2014). "Future changes in extreme temperature events using the statistical downscaling model (SDSM) in the trans-boundary region of the Jhelum river basin". *Weather. Clim. Extremes*. 5-6, 56–66
- Pervez, M. S., & Henebry, G. M. (2014). Projections of the Ganges–Brahmaputra precipitation – downscaled from GCM predictors. *Journal of Hydrology*, 517, 120-134.
- Sharma, M., Coulibaly, P., and Dibike, Y.B. (2011). "Assessing the need for downscaling RCM data for hydrologic impact study", *J. Hydrol. Eng.*, 16(6), 534-539, doi: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000349
- Tisseuil, C., Vrac, M., Lek, S., and Wade, A.J. (2010). "Statistical downscaling of river flow". *J. Hydrol.*, 385(1), 279-29
- Tabari, H., Hosseinzadehtalaei, P., Willems, P., Saeed, S., Brisson, E., and Van Lipzig, N. (2016). "How will be future rainfall IDF curves in the context of climate change?" In *Proc. 4th IAHR Europe Cong.*, Liege, Belgium

- Tukimat, N.N.A., and Harun, S. (2013). "Multi-correlation matrix (M-CM) for the screening complexity in the statistical downscaling model (SDSM)", Int. J. Eng. Sci., Innov. Technol., 2(6), 331-342
- Wilby, R.L., Dawson, C.W., and Barrow, E.M. (2002). "SDSM—a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts". Environ. Model Softw. 17(2), 145–157, [http:// dx.doi.org/ 10.1016/s1364-8152 \(01\)00060-3](http://dx.doi.org/10.1016/s1364-8152(01)00060-3).