प्रपत्र 3.1

नदीपात्र के लिए अनुकूलतम हाइड्रोमैट्रिक नेटवर्क की आवश्यकता और व्यवस्था

एफ.टी. मैथ्यू
संयुक्त निदेशक

राहुल सु. जगताप
वरिष्ठ अनुसन्धान अधिकारी

काजल जैन
अनुसन्धान अधिकारी

केन्द्रीय जल और विद्युत अनुसंधानशाला, पुणे 411024

सारांश

किसी भी क्षेत्र में जल पूर्ति सूचना के लिए संपूर्ण सप्तक के पानी संबंधित आंकड़ों की आवश्यकता होती है, जो पानी और मौसम संबंधित स्टेशनों के समूह नेटवर्क द्वारा एकत्रित किया जाता हैं। जल सूचना प्रणाली किसी भी क्षेत्र की जल संसाधन की योजना, रूपरेखा और प्रबंधन के लिए अपेक्षित आंकड़े उपलब्ध कराती है, जिसमें क्षेत्र की बाढ बचाव प्रचालन और प्रबंधन के उपाय सम्मिलित है। नदी के धारा प्रवाह आंकडे जल पूर्ति स्टेशनों के नेटवर्क द्वारा पूरे जलाशय के लिए एकत्रित किए जाते है और साथ ही नदी चरण व तलघट रुाव के आंकडे भी एकत्रित किए जाते है। जल पूर्ति नेटवर्कएक पूर्ण जल मौसमविज्ञान नेटवर्क की उप प्रणाली गठित करता है।

नदीपात्र का हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क प्रायः विकासी प्रक्रिया द्वारा विकसित होता है। उभरते हुए देशी और विदेशी आवश्यकताओं को समय समय पर पूरा करने के लिए एक अवधि के दौरान नेटवर्क को विकसित किया गया है। ऐसे उदाहरण है बाढ नियंत्रण, जल शक्ति विकास, जल प्रदूषण नियंत्रण, सुखा प्रबन्धन, विश्वव्यापी पर्यावरण नियंत्रण हेतू योगदान, इत्यादि। हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क की रूपरेखा बनाने केलिए नदीपात्र के आकार व प्रकार की जरूरत के साथ संधारणीयता और दोहरे परिहार की आवश्यकता होती है। तंत्र की रूपरेखा एक गतिशील प्रतिक्रिया है जिसका नदीपात्र की संरचना परिस्थितियों के बदलने में अहम् योग्यदान है। हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क की प्रमाणिता बजटीय आवंटन पर बहुत निर्भर करती है। इसी वजह से हाइड्रोमेट्रिक तंत्र एक समय पर बहुत अनुकूलतम होता है पर जरूरी नहीं है की बाद में भी अनुकूलतम हो। ऊपर बताए हुए कारणों की वजह से ही तंत्र को समय–समय पर संशोधित करने की जरूरत है।

इसी संदर्भ में यह लेख आधुनिक समय के औजार और तकनीकों के अनुकूलतम हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क के अध्यन के लिये लिखा गया है। यह अध्यन बताता है कि किस तरीके से यह मुद्धा ग्रहणशील अभिगम एवं उपलब्धपात्र की मौजुदा ज्ञान, प्रयोगसिद्धमानदंड विश्लेषणात्मक के द्वारा हल किया जा सकता है। अनुकूलतम हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क की समस्यओं और संभावनाओं की पहचान के लिए माहराष्ट्र की वास्तिवक नदीपात्र का उदाहरण लिया ज्रया है, जिसका नाम अपर भीमा पात्र है। किस तरह यह मानदंड इस अध्ययन के लिए महत्वपूर्ण है यह नेटवर्क अनुकूलतम की मानक मानदंड विस्तृत रूप से बताए गए है।

1. परिचय

किसी भी क्षेत्र में जल पूर्ति सूचना के लिए संपूर्ण सप्तक के पानी संबंधित आंकड़ों की आवश्यकता होती है, जो पानी और मौसम संबंधित स्टेशनों के समूह या नेटवर्क द्वारा एकत्रित किये जाते हैं। यह नेटवर्क हाइड्रोमेट्रिक स्टेशन और अन्य जलवायु संबंधित स्टेशनों (जो मौसम संबंधित मानकों जैसे वर्षा, वायुगति, तापमान आदि के आंकडे दर्ज करते हैं) को सम्मिलित करता है। जल सूचना प्रणाली किसी भी क्षेत्र की जल संसाधन की योजना, रूपरेखा और प्रबंधन के लिए अपेक्षित आंकड़े उपलब्ध कराती हैं, जिसमें क्षेत्र की बाढ़, बचाव, प्रचालन और प्रबंधन के उपाय सम्मिलित हैं। जल पूर्ति नेटवर्क एक पूर्ण जल मौसमविज्ञान नेटवर्क की उप प्रणाली गठित करता है।

समय–समय पर उभरते हुए जरूरतों के आधार पर नदी पात्र के लिए हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क की विकास प्रक्रिया होती है। बाढ़ नियंत्रण और रोकथाम,जल विद्युत के विकास, जल की गुणवत्ता की निगरानी और नियंत्रण, सूखा प्रबंधन, सार्वभौम पर्यावरण निगरानी की दिशा में योगदान, आदि इस तरह की जरूरतें होती हैं।

उपरोक्त संदर्भ में, यह प्रबंध हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क अनुकूलन करने के लिए आधुनिक उपकरण और तकनीकों का अध्ययन करता है। इस समस्या को नदी पात्र के बारे में मौजूदा ज्ञान, अनुभवजन्य मापदंड, और विशेषणात्मक तरीकों के माध्यम से हल करने की जरूरत है। नेटवर्क को अनुकूलतम करने के विभिन्न तरीकों का विवरण यह प्रबंध देता है। इष्टतम हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क

की पहचान करने की समस्याओं और संभावनाओं का एक उदाहरण से स्पष्ट करते हैं, जैसे कि नमूना अध्ययन अपर सीमा बेसिन के लिए किया हैं। इस अध्ययन का परिणाम भी साथ में प्रस्तुत कर रहे हैं :–

2. क्रियाविधि

2.1 विचारणीय बातें

हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क में स्टेशनों का वर्गीकरण इस प्रकार है : प्राथमिक, माध्यमिक और विशेष उद्देश्य। नदी सिस्टम के लिए लंबी अवधि के प्रवाह श्रेणी उत्पन्न करने के लिए प्राथमिक स्टेशनों का उपयोग होता है। माध्यमिक स्टेशन अनिवार्यत : अल्पावधि स्टेशन हैं। प्राथमिक स्टेशन और माध्यमिक स्टेशनों के बीच में प्रवाह संबंधी विशेषतायें उत्पन्न होने के बाद माध्यमिक स्टेशनों को बंद किया जा सकता है। विशेष उद्देश्य स्टेशनों को परियोजना अथवा विशेष जांच के डिजाइन और योजना बनाने के लिए स्थापित किया जाता है। ऐसे स्टेशनों को एक बार उद्देश्य समाप्त होने के बाद बंद कर सकते हैं। एक हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क डिजाइन के लिए जो कार्यवाई अपेक्षित हैं, उनको नीचे दिया गया है।

i) हाइड्रोमेट्रिक सूचना सिस्टम [Hydrometric Information System (HIS)] के परिचालन में शामिल संगठनों का शासनादेश, भूमिका और उद्देश्यों का पुनर्विलोकन।
ii) माध्यमिक और अन्य पार्श्व सूचनाओं का संग्रह करना।
iii) नेटवर्क के उद्देश्यों को इकट्ठा करना।
iv) वर्तमान नेटवर्क का मूल्यांकन करना।
v) अस्तित्व जल–संबन्धी आँकड़ों का पुनर्विलोकन।
vi) स्थित नेटवर्क की कमियों की समीक्षा करना।
vii) स्टेशनों को प्राथमिकता देना।
viii) नेटवर्क स्टेशनों का मूल्यांकन करना और चालू रखने के लिए लागत अनुमान।
ix) संशोधित नेटवर्क का पुनर्विलोकन करना।
x) चरणबद्ध कार्यान्वयन की योजना तैयार करना।
xi) स्टेशनों का अनुमानित स्थान तय करना और स्थान सर्वेक्षण शुरू करना।
xii) हर तीन वर्ष में आवधिक समीक्षा के लिए एक रूपरेखा तैयार करना।

एक हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क की रूपरेखा बनाने में नीचे दी गई बातों का पालन किया जाता है :–

i) हर एक जलवायु विज्ञान संबन्धी क्षेत्र के लिए कम से कम एक प्राथमिक स्टेशन की जरूरत है।
ii) मुख्य नदी में, जिधर प्रवाह अधिकतम है, उधर एक प्राथमिक स्टेशन की अनिवार्यता है।
iii) एक नदी पर दो स्टेशनों के बीच की दूरी 30 कि.मी. से ज्यादा होना उचित है।
iv) जब एक सहायक नदी मुख्य नदी में मिलती है, तब संगम के बाद नेटवर्क, स्टेशन का स्थान निर्देश कर सकता है।
v) एक नदी अगर एक देश/ राज्य पार करके दूसरे देश/ राज्य में बहती हैं तो, उसकी सीमा पर प्रवाह मापन करने की आवश्यकता है।
vi) एक नदी में, अनुप्रवाह क्षेत्र के लिए कई स्टेशनों की जरूरत हो सकती है।
vii) छोटी स्वतंत्र नदियों के लिए अलग दृष्टिकोण अपनाए जाने की आवश्यकता हो सकती है।

2.2. न्यूनतम नेटवर्क

विश्व मौसम विज्ञान संगठन (WMO) ने हाइड्रोमेट्रिक स्टेशनों के न्यूनतम नेटवर्क के लिए दिशा निर्देश दिये हैं। सूची 1–2 ऐसे निर्देशों को पुनः पेश करती हैं। WMO के दिशा निर्देशों को अनुभवसिद्ध रीति के रूप में माना जाता है, लेकिन अन्तिम नेटवर्क उसके उद्देश्यों, नदी प्रवाह की विशेषताएँ, वित्त की उपलब्धता इत्यादि बातों पर आधारित होना जरूरी है।

सूची–1–हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क के न्यूनतम घनत्व के बारे में **WMO** के दिशा निर्देश

संख्या	क्षेत्र के प्रकार	न्यूनतम नेटवर्क के लिए मानदंड	मुश्किल [a] स्थिति के लिए मानदंड
		क्षेत्र (कि.मी.^{2}) प्रति स्टेशन	
I	शीतोष्ण और उष्णकटिबंधीय जोनों के प्लाट क्षेत्र	1,000–2,000	3,000–10,000
II	शीतोष्ण और उष्णकटिबंधीय जोनों के पहाडी क्षेत्र	300–1,000 [b]	1,000–5,000 [c]
III	शुष्क क्षेत्र	5,000–20,000 [d]	——

a : श्रेणी में अंतिम आंकड़ा असाधारण कठिन परिस्थितियों के लिए सहन किया जाना चाहिए।
b : असाधारण कठिन परिस्थितियों में 10000 (कि.मी.^{2}) तक विस्तार कर सकते हैं।
c : असाधारण कठिन परिस्थितियों में 15,000 (कि.मी.^{2}) तक विस्तार कर सकते हैं।
d : महान मरुस्थलों को शामिल नहीं किया है।

सूची–2–भौगोलिक इकाइयों पर आधारित हाइड्रोमेट्रिक स्टेशनों के अनुशासित न्यूनतम घनत्व

भौगोलिक इकाई	स्टेशन प्रति न्यूनतम घनत्व (कि.मी.^{2})
तटीय	2,750
पहाड़ी	1,000
आंतरिक मैदान	1,875
पहाड़ी / लहरदार	1,875
छोटे द्वीप	300
द्रवीय / शुष्क	20,000
स्रोत: WMO नं. 168, हाइड्रोलजिकल प्रथाओं के लिए गाइड (1994)	

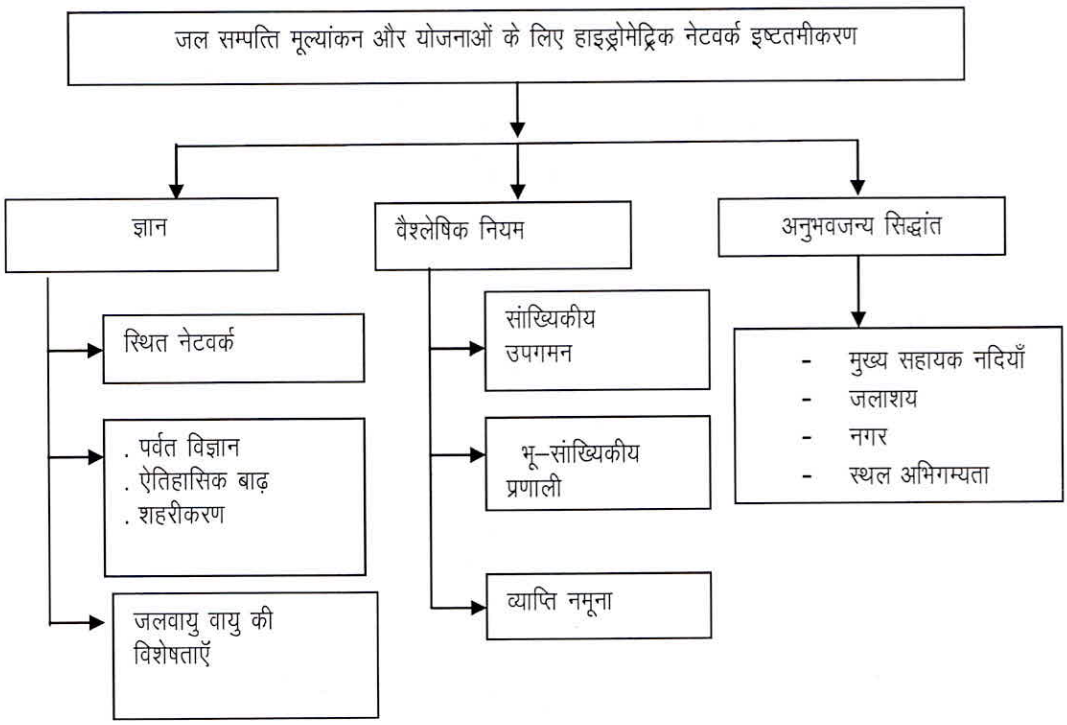
2.3. नेटवर्क अनुकूलन मानदंड

रेखाचित्र

हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क की पर्याप्तता का मूल्यांकन करने के लिए पर्याप्त नियमों की पहचान एक जटिल कार्य है। रेखाचित्र 1 विभिन्न प्रकार के तंत्र अनुकूलतम का वर्णन करता है। इस रेखाचित्र से मालूम होता है कि हाइड्रोमेट्रिक इष्टतमीकरण, ग्रहणशील अभिगम एवं उपलब्ध पात्र का मौजूदा ज्ञान, प्रयोगसिद्ध मानदंड विश्लेषणात्मक के द्वारा हल किया जा सकता है।

ज्ञान

नेटवर्क इष्टतमीकरण समस्या हल करने के लिए वर्तमान नेटवर्क के अभिलक्षण राज्य क्षेत्र और जलवायु संपत्तियाँ इत्यादि का विचार किया जाना चाहिए। इस प्रक्रिया में राज्य क्षेत्र का ज्ञान, पर्वत चित्र, जियो–मार्फोलोजिकल संपत्ति संबन्धी विशेषतायें इत्यादि बहुत ही आधारभूत हैं। बाढ़ लघुकरण उद्देश्यों के लिए ऐतिहासिक जल प्लावित जगहों का ज्ञान बहुत ही उपयोगी होता है। शहरी और औद्योगिक क्षेत्रों के स्थान के बारे में भी विचार करने की आवश्यकता है। स्पष्ट रूप से ज्ञान विवरण के आधार पर नेटवर्क इष्टतमीकरण करने के साथ अनुभाविक और विश्लेषणात्मक प्रणालियों के परिणामों पर ध्यानपूर्वक विचार करने की आवश्यकता है।



रेखाचित्र–1–हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क इष्टतमीकरण करने के नियम

विश्लेषणात्मक मानदंड

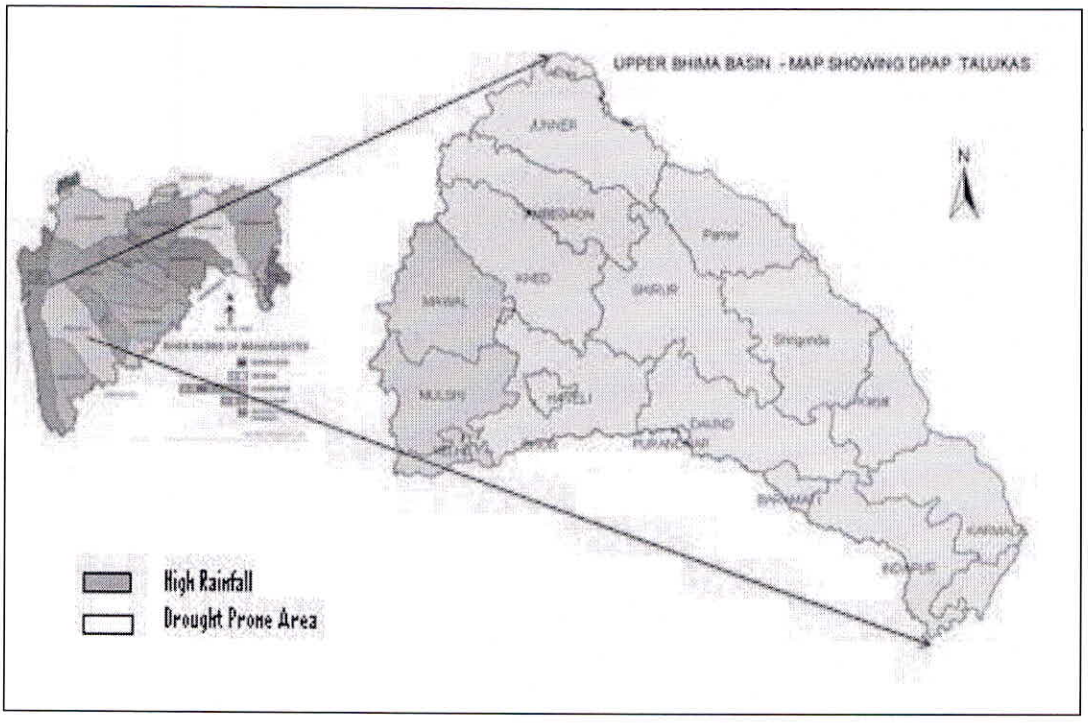
कई आंकड़ों–संबंधी प्रणालियाँ हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क मूल्यांकन और इष्टतमीकरण के लिए विद्यमान हैं। उदाहरणों में क्लस्टरिंग तकनीक और एन्ट्रोपी–आधारित क्रियाविधि शामिल है, स्थानों पर प्रवाह जिन का मापन करने का प्रबन्ध नहीं है, उधर स्थानिक बहाव का मूल्यांकन करने के लिए जिओ–स्टटिस्टिकल विधि साधारणतः इस्तेमाल करते हैं। सामान्यकीकरण किए हुए न्यूनतम वर्ग रूपरेखा (generalised least squares) एक सामान्यत: इस्तेमाल करने वाली विधि है।

अनुभाविक नियम

अनुभाविक नियमों से भी हाइड्रोमेट्रिक स्टेशनों का स्थान निर्धारित किया जा सकता है। उदाहरणार्थ, एक स्टेशन ऐसी जगह पर होना चाहिए, जहाँ कर्मचारियों के पहुंचने का रास्ता है। जहाँ मानवकृत टंकियाँ हैं, वहाँ जलाशय की अन्तर्वाह और बहिर्वाह की निगरानी करने के लिए नदी में जलाशय के ऊपर और नीचे स्टेशनों की जरूरत है।

3. अनुप्रयोग

ऊपरी भीमा बेसिन में स्थित हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क का इष्टतमीकरण करने के लिए उपर्युक्त विस्तृत सिद्धान्तों का इस्तेमाल किया है। यह नदीपात्र महाराष्ट्र के पश्चिम क्षेत्र में स्थित है (लाटिट्यूड़ 17° 53' N से 19° 24' N तक और लौन्गिहठयूड़ 73° 20' E से 75° 18' E तक)। बेसिन का क्षेत्रफल है 14,712 कि.मी.^{2} । उजनी तक नदी की लंबाई 275 कि.मी. हैं। पूर्णतः बेसिन में 68 सबबेसिन स्थित हैं। अध्ययन क्षेत्र में 25 % पहाड़ी प्रदेश, 55 % पठार और बाकी समतल है। आंकड़े 2 ऊपरी भीमा बेसिन का एक नक्शा प्रस्तुत करते हैं।

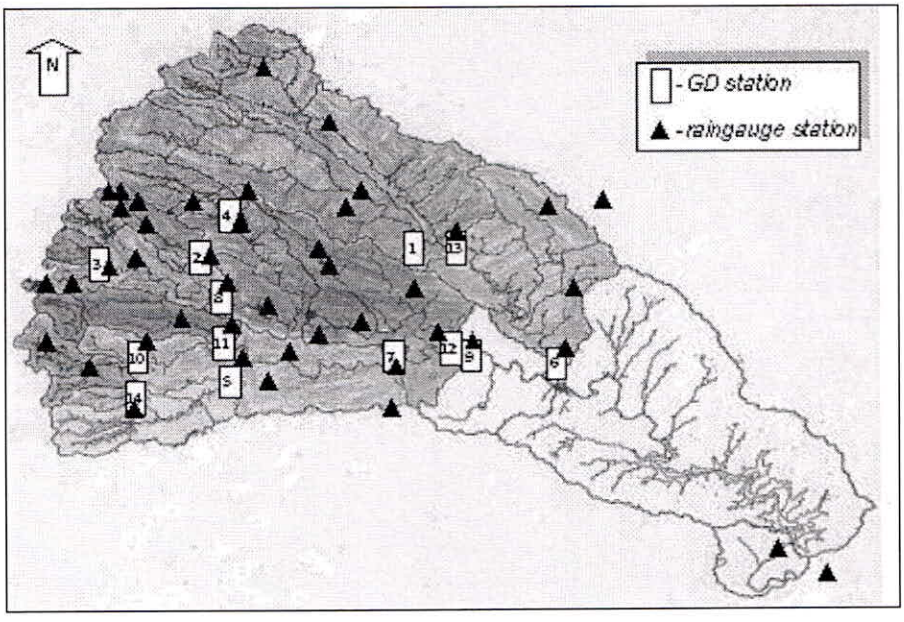


रेखाचित्र–2 उजनी तक का भीमा बेसिन

ऊपरी भीमा नदी की सहायक नदियां घोड़ और मुला–मुठा हैं। इस बेसिन में 13 तालुका स्थित हैं, जो पुणे के तीन जिलों, अहमदनगर और सोलापुर मंडलों में विभाजित हैं। अपर भीमा बेसिन अत्यन्त औद्योगीकृत और नगरीय हैं। इसके परिणामस्वरूप, जल परिमाण और गुणवत्ता समस्या प्रदेश में उत्पन्न हई हैं। इस बेसिन का औसत वार्षिक जल मूल्यांकन 75,940 लाख मी^{3} माना जाता है। अपर भीमा बेसिन में 14 मुख्य और लघुतर बाँध स्थित हैं। मुख्य बाँध हैं : पावना, घोड़, मुलशी, खड़कवासला, चस्कामन और उजनी। सूची 3 में हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क का वर्णन दिया हैं। वर्तमान नेटवर्क में 14 स्टेशनों हैं। रेखाचित्र 3 अपर भीमा बेसिन में स्थित स्टेशनों को दर्शाता है।

सूची–3–अपर भीमा बेसिन का हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क

क्रम	स्टेशन	स्थापित	नदी / उपनदी	कैचमेन्ट एरिया (कि.मी.^{2})
1	अहमदाबाद	1996	घोड	1523
2	अस्खेड़ा	1983	भामा	239
3	बुधवाडि	1981	कुंडालिका	152
4	चस्कमान	1973	भीमा	389
5	दत्तावाडि	1982	मुठा	741
6	कष्टी	1984	घोड	4392
7	खमगाँव	1985	मुला–मुठा	2833
8	निघोज	1991	इन्द्रायणी	832
9	परगाँव	1982	भीमा	6251
10	पोड़	1984	मुला	474
11	पिंपले–गुरव	1997	पावना	507
12	रक्षेवाडी	1984	भीमा	3280
13	शिरूर	1984	घोड़	3204
14	वेग्रे	1994	मुठा	91



रेखाचित्र–3–अपर भीमा बेसिन के हाइड्रोमेट्रिक स्टेशनों का विवरण

वर्तमान नेटवर्क की प्रारंभिक समीक्षा से यह मालूम होता है कि 6 स्टेशन – अस्खेड़ा, चस्कामन, दत्तावाड़ी, रक्षेवीडी, शिरूर और वेग्रे – बाँधों के बैकवॉटर से प्रभावित हैं, लेकिन इन 6 स्टेशनों को दूसरी वैकल्पिक व्यवस्था के बिना बंद करना अनुचित माना जाता हैं।

नेटवर्क का एक विश्लेषणात्मक अध्ययन किया गया, जिसके लिए सामान्यीकरण किया न्यूनतम वर्ग रूपरेखा [Generalised Least Squares (GLS)] का इस्तेमाल किया। अध्ययन से यह स्थापित हुआ कि घोड़ नदी में शिरूर स्टेशन शायद बंद किया जा सकता है। मानसून औसत दैनिक प्रवाह के अभिकलन के लिए बेसिन क्षेत्रफल और औसत दैनिक मानसून वृष्टि को इस्तेमाल किया और एक GLS मॉडल विकसित किया। इस मॉडल से उत्पन्न कुक्स डी. आंकड़े नीचे दी गई सूची 4 में दिये गये हैं।

सूची–4–प्रभाव के अनुसार क्रमानुसार किया गया अपर भीमा बेसिन का हाइड्रोमेट्रिक स्टेशनों का विवरण

श्रेणी	स्टेशन	सामान्यकृत कुक्स स्टाटिस्टिक्स
1	वेग्रे	4.050
2	शिरूर	1.312
3	पौड़	0.848
4	कष्टी	0.413
5	खमगाँव	0.308
6	बुधवाड़ी	0.279
7	परगाँव	0.073
8	निघोजे	0.060
9	अष्केड़ा	0.028
10	पिंपले–गुरव	0.016
11	अहमदाबाद	0.011
12	रक्षेवाड़ि	0.008
13	चस्कामन	0.005
14	दत्तावाड़ी	0.001

दत्तवाड़ी स्टेशन पुणे नगर में स्थित है। इसके कारण, इस स्टेशन को बंद करना अनुचित माना गया। रिडन्डसी विश्लेषण से यह स्थापित हुआ कि चस्कामन स्टेशन से बहुत सी जानकारी हाइड्रोमेट्रिक सूचना (HIS) को दिया जाता हैं। इसलिये,

इस स्टेशन को भी जारी रखने की आवश्यकता है। मल्टि–क्रेटीरीया विश्लेषण के आधार पर शिरूर और रक्षेवाडी स्टेशनों को नेटवर्क से समाप्त करने की सिफारिश की गई है। ये स्टेशन बैकवॉटर समस्याओं से भी प्रभावित हैं। इस प्रकार यह स्थापित होता हैं की अपर भीमा बेसिन में 12 स्टेशनों का एक इष्टतम नेटवर्क हो सकता है।

4. समापन टिप्पणियाँ

हाइड्रोमेट्रिक नेटवर्क डिजाइन एक गतिशील प्रक्रिया है, जिसके लिए बदलती हुई भौतिक स्थितियों को ध्यानपूर्वक देखना आवश्यक है। बजटीय आबंटन पर भी नेटवर्क स्टेशनों की संरक्षणता आश्रित होती है। इस प्रकार एक नेटवर्क जो अभी इष्टतम है, वह कुछ सालों के बाद ऐसा नहीं हो सकता है। इन बातो को ध्यान में रखते हुए नेटवर्क नियमित अवधि पर पुनर्विलोकन करने का आवश्यकता है। यह सिफारिश की जाती हैं कि हर तीन साल में नेटवर्क का सर्वेक्षण करना चाहिए।

आभार

यह तकनीकी लेख प्रकाशित करने की अनुमति देने के कारण, और संस्थागत सहयोग के लिए लेखक, डॉ. ई.द. गुप्ता, निदेशक, के.ज. और वि.अ.शा, पुणे, के आभारी हैं। इस अध्ययन में इस्तेमाल किया गया डेटा उपलब्ध कराने के लिए महाराष्ट्र शासन के भी हम आभारी हैं।

सन्दर्भ

1). के.ज. और वि.अ.शा.(2010); अपर भीमा बेसिन के लिए धारागेज और वर्षा मानक नेटवर्क की इष्टतमीकरण; तकनीकी रिपोर्ट 4797

2). भारत सरकार [2001], हाइड्रोलॉजिकल इन्फरमेशन सिस्टम – डिजाईन मैनुअल

3). मोस एम.ई और टास्कर जी.डी. [1991] हाइड्रोलॉजिकल नेटवर्क डिजाईन प्रौद्योगिकीय के एक अंतर तुलना, हाइड्रोलॉजिकल साइंसेज

4). टास्कर जी.डी. और स्टडींचर जे.आर [1989], An operational GLS model for hydrologic regression, एल्सवीर साइंसेज, पब्लिशर्स, जर्नल ऑफ हाइड्रोलॉजी, 111, 361–375

5). WMO [1974], हाइड्रोलॉजिकल प्रथाओं के लिए गाइड, WMO नं. 168

6). WMO [1982], हाइड्रोलॉजिकल नेटवर्क डिजाईन के लिए अवधारणाएं और तकनीकय WMO नं. 580