The Academic
International Journal of Multidisciplinary Research
An Online Peer Reviewed / Refereed Journal
Volume 4 | Issue 8 | August 2026
ISSN: 2583-973X (Online), SJIF IF(2026): 5.6
Website: www.theacademic.in

जल संसाधन प्रबंधन हेतु शिवनाथ नदी के अपवाह प्रतिरूप का एक विश्लेषणात्मक अध्ययन

चेतना गजपाल
)शोधार्थी-भूगोल (हेमचंद यादव विश्वविद्यालय, दुर्ग) छ.ग
डॉ .कुबेर सिंह गुरुपंच
)शोध निर्देशक (प्राचार्य, देव संस्कृति कॉलेज ऑफ एजुकेशन एंड टेक्नोलॉजी, धमधा रोड़, खपरी, दुर्ग) छ.ग.
डॉ .एस .डी .देशमुख
)सह शोध-निर्देशक (सहायक प्राध्यापक) भूगर्भशास्त्र (शासकीय विश्वनाथ यादव तामस्कर स्नातकोत्तर स्वशासी महाविद्यालय दुर्ग) छ.ग

DOI : https://doi.org/10.5281/zenodo.23282037

ARTICLE DETAILS

Research Paper

Received: 22-07-2026

Accepted: 21-08-2026

Published: 25-09-2026

Keywords:
शिवनाथ नदी; सेवनाथ उप-बेसिन; अपवाह आकारमिति; जीआईएस; वर्षा प्रवृत्ति; मान-केंडल परीक्षण; पेटिट परीक्षण; निर्भर वर्षा; जल संसाधन प्रबंधन.

ABSTRACT

शिवनाथ (सेवनाथ) महानदी की सबसे लंबी सहायक नदी है, जो महानदी बेसिन के लगभग एक-चौथाई भाग का जल प्रवाहित करती है तथा मध्य छत्तीसगढ़ के दुर्ग-भिलाई-रायपुर-राजनांदगाँव-बिलासपुर नगरीय-औद्योगिक एवं कृषि क्षेत्र का आधार है। प्रस्तुत शोध आलेख में अपवाह आकारमिति, जीआईएस आधारित जिला अध्यारोपण (overlay) तथा दीर्घकालीन वर्षा सांख्यिकी को समेकित कर उप-बेसिन की जल संसाधन क्षमता का आकलन किया गया है। भारत मौसम विज्ञान विभाग (IMD) के 1901–2017 के उप-मंडलीय वर्षा आँकड़े एवं 1951–2000 के जिला सामान्य वर्षा आँकड़े, केंद्रीय जल आयोग (CWC) व इंडिया-WRIS की बेसिन सूचनाएँ, प्रकाशित शोध तथा मुक्त जीआईएस परतें (नेचुरल अर्थ, डेटामीट 2011 जिला सीमाएँ) का विश्लेषण वर्णनात्मक सांख्यिकी, वर्षा संकेंद्रण सूचकांक, मान-केंडल एवं सेन ढाल प्रवृत्ति परीक्षण, पेटिट परिवर्तन-बिंदु परीक्षण, वेल्च t-परीक्षण, मानकीकृत विचलन, प्रायिकता (निर्भरता) विश्लेषण, सहसंबंध एवं प्रतिगमन द्वारा किया गया। उप-बेसिन सातवीं कोटि का, वृक्षाकार (dendritic) एवं लम्बाकार तंत्र है जिसका अपवाह घनत्व अत्यंत कम (0.49 किमी/वर्ग किमी) है। बेसिन की क्षेत्र-भारित सामान्य वार्षिक वर्षा 1,167 मिमी है, जिसका 88.8% जून-सितंबर में प्राप्त होता है; इससे प्रतिवर्ष लगभग 34.6 अरब घन मीटर वर्षा जल प्राप्त होता है। छत्तीसगढ़ उप-मंडल की वार्षिक वर्षा में सांख्यिकीय रूप से सार्थक गिरावट पाई गई (सेन ढाल -19.0 मिमी/दशक, Z = -3.48,

Disclaimer: The opinions, interpretations, conclusions, recommendations, analyses, and statements expressed in this research article are solely those of the author(s) and do not reflect the views, policies, or positions of the Publisher, Chief Editor, Editors, Editorial Board, Reviewers, or their affiliated institutions. The author(s) are solely responsible for ensuring the originality, authenticity, and integrity of the manuscript and for ensuring that it is free from plagiarism, AI-generated content, copyright infringement, data falsification, and any other form of academic misconduct.

$p < 0.001$) तथा वर्ष 1961 के आसपास आकस्मिक परिवर्तन हुआ, जिसके बाद औसत वर्षा 11.8% कम हो गई। 75% निर्भर वार्षिक वर्षा 1,222 मिमी है, जो माध्य से लगभग 11% कम है। धीमी प्रतिक्रिया वाला अपवाह तंत्र, अत्यधिक मौसमी वर्षा तथा घटती वर्षा — तीनों मिलकर क्षेत्र-विशिष्ट भंडारण, भूजल पुनर्भरण एवं माँग प्रबंधन की आवश्यकता को रेखांकित करते हैं।

1. प्रस्तावना

नदी बेसिन स्तर पर जल संसाधन नियोजन के लिए दो परस्पर जुड़े प्रश्नों का उत्तर आवश्यक है: पहला, भू-दृश्य वर्षा को अपवाह, भंडारण एवं पुनर्भरण में किस प्रकार परिवर्तित करता है; और दूसरा, स्वयं वर्षा का आगम कितना विश्वसनीय है। पहले प्रश्न का उत्तर अपवाह आकारमिति (drainage morphometry) से मिलता है, जिसकी नींव हॉर्टन (1932, 1945) ने रखी तथा स्ट्रालर (1952, 1957, 1964), शुम (1956) एवं मिलर (1953) ने इसे विकसित किया। दूसरे प्रश्न का समाधान वर्षा श्रृंखलाओं के सांख्यिकीय विश्लेषण — प्रवृत्ति परीक्षण (मान, 1945; केंडल, 1975; सेन, 1968), परिवर्तन बिंदु परीक्षण (पेटिट, 1979) तथा प्रायिकता विश्लेषण — से होता है। भौगोलिक सूचना तंत्र (जीआईएस) वह स्थानिक ढाँचा प्रदान करता है जिसमें इन दोनों को जोड़ा जा सकता है, उदाहरणार्थ प्रत्येक जिले की वर्षा को उसके बेसिन में स्थित भाग के अनुपात में भारित करके। महानदी प्रायद्वीपीय भारत की प्रमुख अंतर्राज्यीय, पूर्व-वाहिनी नदियों में से एक है और सेवनाथ (शिवनाथ) इसकी सबसे बड़ी सहायक नदी है (CWC, 2007)। इब एवं तेल नदियों के साथ सेवनाथ महानदी जलग्रहण क्षेत्र का लगभग 46.63% भाग बनाती है (CWC, 2007)। शिवनाथ उप-बेसिन में राज्य की राजधानी क्षेत्र, भिलाई इस्पात संयंत्र, छत्तीसगढ़ के मैदान का "धान का कटोरा" तथा अनेक जलाशय, बैराज एवं एनीकट स्थित हैं। जल की माँग इतनी बढ़ी कि 1998 में दुर्ग के निकट नदी के 23.5 किमी खंड के अधिकार एक निजी कंपनी को औद्योगिक आपूर्ति हेतु दे दिए गए, जिससे तटवर्ती किसान एवं मछुआरे प्रभावित हुए (इंडिया वाटर पोर्टल, 2013)। पूर्ववर्ती अध्ययनों ने इस बेसिन का विश्लेषण या तो आकारमितीय दृष्टि से (निगम एवं अन्य, 2020) या जल-विज्ञानीय मॉडलिंग की दृष्टि से (त्रिपाठी एवं अन्य, SWAT अध्ययन) किया है। अपवाह विशेषताओं को दीर्घकालीन वर्षा व्यवहार तथा जिला स्तरीय प्रशासनिक इकाइयों से जोड़ने वाला समेकित भौगोलिक आकलन अब तक उपलब्ध नहीं है। प्रस्तुत आलेख इसी कमी को दूर करता है।

उद्देश्य

(1) जीआईएस द्वारा शिवनाथ उप-बेसिन की अवस्थिति, प्रशासनिक विस्तार एवं अपवाह जाल का मानचित्रण;

(2) रैखिक, क्षेत्रीय एवं उच्चावच आकारमितीय प्राचलों का विश्लेषण तथा अन्य भारतीय बेसिनों से तुलना;

(3) जिला सामान्य वर्षा से बेसिन की क्षेत्र-भारित वर्षा एवं जल आयतन का आकलन;

(4) सांख्यिकीय तकनीकों द्वारा 117 वर्षों की वर्षा की परिवर्तनशीलता, प्रवृत्ति, परिवर्तन-बिंदु एवं निर्भरता का परीक्षण; तथा

(5) क्षेत्रवार जल संसाधन प्रबंधन रूपरेखा का निर्माण।

परिकल्पनाएँ

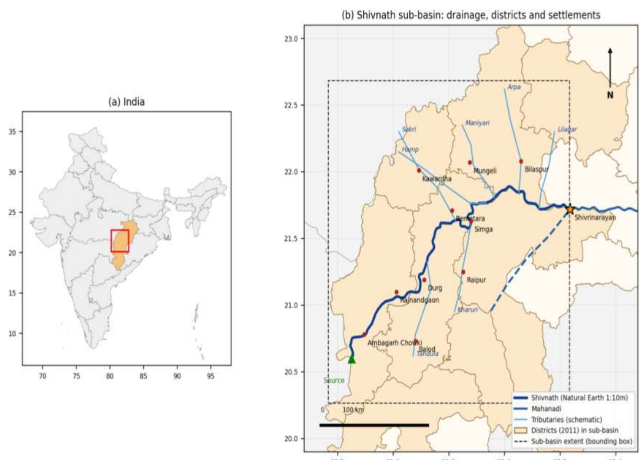
(1) छत्तीसगढ़ उप-मंडल की वार्षिक वर्षा (1901-2017) में कोई एकदिष्ट प्रवृत्ति नहीं है।

(2) पहचाने गए परिवर्तन-बिंदु के पूर्व एवं पश्चात माध्य वार्षिक वर्षा में सार्थक अंतर नहीं है।

(3) वार्षिक वर्षा की अंतर-वार्षिक भिन्नता का अधिकांश भाग मानसूनी (जून-सितंबर) वर्षा द्वारा स्पष्ट होता है।

2. अध्ययन क्षेत्र

शिवनाथ उप-बेसिन ऊपरी महानदी बेसिन में लगभग 80°25*-82°35* पूर्वी देशांतर तथा 20°16*-22°41* उत्तरी अक्षांश के मध्य स्थित है। नदी बेसिन के दक्षिण-पश्चिमी पहाड़ी भाग में छत्तीसगढ़-महाराष्ट्र सीमा के निकट से उद्गमित होकर राजनांदगाँव, दुर्ग एवं सिमगा होते हुए उत्तर-पूर्व दिशा में छत्तीसगढ़ के मैदान को पार करती है और शिवरीनारायण के निकट महानदी के बाएँ तट पर मिलती है (चित्र 1)। ऊँचाई लगभग 201 मीटर से 1,140 मीटर तक है। उत्तर-पश्चिम में मैकल श्रेणी से उतरने वाली सहायक नदियाँ (हाँप-सकरी, आगर-मनियारी, अरपा) दक्षिणी मैदान की सहायक नदियों (तांदुला, खारुन) की तुलना में लंबी एवं बड़ी हैं। क्षेत्र की जलवायु उप-आर्द्र उष्णकटिबंधीय मानसूनी है।



चित्र 1. शिवनाथ उप-बेसिन की अवस्थिति: (अ) भारत में छत्तीसगढ़; (ब) मुख्य धारा, सहायक नदियाँ, उप-बेसिन को स्पर्श करने वाले 2011 के जिले एवं प्रमुख बस्तियाँ। स्रोत: नेचुरल अर्थ 1:10 मिलियन, डेटामीट जनगणना-2011 जिला सीमाएँ; सहायक नदियाँ योजनाबद्ध रूप से अंकित।

नदी के उद्गम, लंबाई एवं क्षेत्रफल के प्रकाशित मानों में भिन्नता है (तालिका 1)। नियोजन की दृष्टि से यह महत्त्वपूर्ण है क्योंकि अपवाह गहराई एवं प्रति हेक्टेयर जल उपलब्धता जैसे सभी प्रति-क्षेत्र आँकड़े अपनाई गई सीमा पर निर्भर करते हैं।

तालिका 1. विभिन्न स्रोतों के अनुसार शिवनाथ नदी एवं उप-बेसिन की प्रमुख विशेषताएँ

विशेषता	**प्रकाशित मान**	**स्रोत**
उद्गम	पानाबरस पहाड़ियाँ (~625 मी), अंबागढ़ चौकी क्षेत्र, राजनांदगाँव	म.प्र. शासन (इंडिया वाटर पोर्टल, 2013 में उद्धृत)
उद्गम	ग्राम कोटगई/कोटगल, पूर्ववर्ती दुर्ग जिला	CWC (2007)
उद्गम	चंद्रपुर जिला, महाराष्ट्र (~532 मी)	IMD (DIAS/AWCI मेटाडेटा)
लंबाई	383 किमी / 345 किमी / उप-बेसिन लंबाई 380 किमी	IMD; इंडिया वाटर पोर्टल; त्रिपाठी एवं अन्य
जलग्रहण क्षेत्र	29,638.9 / 30,761 / 30,868 वर्ग किमी	त्रिपाठी एवं अन्य; इंडिया-WRIS; निगम एवं अन्य (2020)
महानदी बेसिन में हिस्सा	~25%	इंडिया-WRIS; त्रिपाठी एवं अन्य
ऊँचाई परास	201-1,140 मी	त्रिपाठी एवं अन्य
वर्षा (बेसिन)	1,005-1,255 मिमी	त्रिपाठी एवं अन्य
प्रेक्षण तंत्र	15 जल-वैज्ञानिक एवं 6 अवसाद केंद्र	त्रिपाठी एवं अन्य

3. आँकड़ा स्रोत एवं शोध विधि

3.1 आँकड़ा स्रोत

तालिका 2. अध्ययन में प्रयुक्त आँकड़ा स्रोत

आँकड़े	**अवधि / मापनी**	**स्रोत**	**अध्ययन में उपयोग**
छत्तीसगढ़ उप-मंडल की	1901-2017 (117	भारत मौसम विज्ञान विभाग (मुक्त शासकीय	प्रवृत्ति, परिवर्तन-बिंदु,

मासिक वर्षा	वर्ष)	आँकड़े)	परिवर्तनशीलता, प्रायिकता
जिला सामान्य वर्षा (मासिक, मौसमी, वार्षिक)	1951-2000 सामान्य	IMD, data.gov.in	वर्णमात्री मानचित्र, बेसिन क्षेत्र-भारण
उप-बेसिन में जिलों का क्षेत्रफल	वर्तमान जिले	त्रिपाठी एवं अन्य (SWAT/ArcGIS)	भार, जिला हिस्सा
जिला सीमाएँ	जनगणना 2011	डेटामीट (मुक्त आँकड़े)	जीआईएस अध्यारोपण, क्षेत्रफल गणना
नदी मध्य-रेखा, राज्य सीमाएँ	1:10 मिलियन	नेचुरल अर्थ	आधार मानचित्र
आकारमितीय प्राचल	सुदूर संवेदन एवं जीआईएस अध्ययन	निगम एवं अन्य (2020)	अपवाह विश्लेषण
बेसिन विवरण, सहायक नदियाँ, गेज	2006-2018	CWC डेटा बुक; महानदी जल वर्ष पुस्तिका	जल-वैज्ञानिक संदर्भ

3.2 जीआईएस प्रक्रिया

जनगणना-2011 सीमा फ़ाइल से छत्तीसगढ़ के जिला बहुभुज निकाले गए तथा उनका क्षेत्रफल गोलीय पृष्ठ (WGS-84 माध्य त्रिज्या) पर परिकलित किया गया। चूँकि बेसिन क्षेत्रफल वर्तमान (2012 के बाद के) जिलों के लिए प्रकाशित है, अतः इन्हें उनके 2011 के मूल जिलों में समेकित किया गया (जैसे बालोद एवं बेमेतरा → दुर्ग; मुंगेली → बिलासपुर; बलौदाबाजार → रायपुर), ताकि प्रत्येक 2011 जिले का बेसिन में स्थित प्रतिशत मानचित्रित किया जा सके। IMD जिला सामान्य वर्षा को इन्हीं बहुभुजों से जोड़कर वर्णमात्री (choropleth) मानचित्र बनाए गए तथा प्रत्येक जिले के बेसिन-भाग पर होने वाली वर्षा के आयतन को आनुपातिक प्रतीकों द्वारा दर्शाया गया (चित्र 3 एवं 4)।

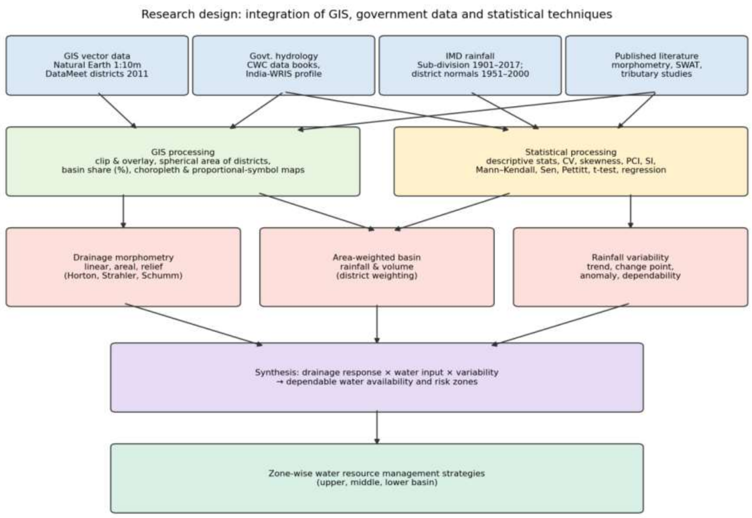
3.3 सांख्यिकीय तकनीकें

तालिका 3 में प्रयुक्त सांख्यिकीय तकनीकों की सूची दी गई है। सभी परीक्षण 5% सार्थकता स्तर ($\alpha = 0.05$) पर पायथन (SciPy, pyMannKendall) द्वारा किए गए।

तालिका 3. प्रयुक्त सांख्यिकीय तकनीकें

तकनीक	सूत्र / सिद्धांत	उद्देश्य
माध्य, मानक विचलन, विचरण गुणांक	CV = (σ / माध्य) × 100	केंद्रीय प्रवृत्ति एवं सापेक्ष परिवर्तनशीलता
विषमता एवं ककुदता	तृतीय एवं चतुर्थ मानकीकृत आधूर्ण	वितरण का आकार
वर्षा संकेंद्रण सूचकांक (PCI)	$PCI = 100\ \Sigma pi^2 / (\Sigma pi)^2$ (ओलिवर, 1980)	वर्षा का कालिक संकेंद्रण
मौसमीयता सूचकांक (SI)	SI = (1/R) Σ|xn − R/12| (वाल्श एवं लॉलर, 1981)	मौसमी विषमता
मान-केंडल परीक्षण	S = ΣΣ sgn(xj − xi); Var(S) से Z	एकदिष्ट प्रवृत्ति (अप्राचलिक)
संशोधित मान-केंडल	हमद एवं राव (1998) प्रसरण संशोधन	स्वसहसंबंध के प्रति दृढ़ता
सेन ढाल	β = माध्यिका[(xj − xi)/(j − i)]	प्रवृत्ति का परिमाण
पेटिट परीक्षण	Ut = ΣΣ sgn(xi − xj); K = max|Ut|	आकस्मिक परिवर्तन-बिंदु
वेल्च t-परीक्षण, लेवीन परीक्षण	असमान प्रसरण के साथ दो माध्यों की तुलना; प्रसरण समानता	दो अवधियों की तुलना
शापिरो-विल्क, कोल्मोगोरोव-स्मिर्नोव	सामान्य वितरण से अनुरूपता	प्रायिकता विश्लेषण की वैधता
मानकीकृत विचलन (z)	z = (x − माध्य)/σ; मैकी एवं अन्य (1993) वर्ग	आर्द्र एवं शुष्क वर्षों का वर्गीकरण
वीबुल आलेखन स्थिति	P = m/(n + 1) × 100	निर्भर वर्षा (P50, P75, P90)
पियर्सन r;	r = cov(x,y)/(σxσy); y = a + bx	मासिक संबंध; मानसून नियंत्रण

साधारण न्यूनतम वर्ग प्रतिगमन		
क्षेत्र-भारित माध्य	Pबेसिन = Σ(PiAi)/ΣAi	जिला सामान्य से बेसिन वर्षा



चित्र 2. शोध अभिकल्प: जीआईएस, शासकीय आँकड़ों एवं सांख्यिकीय विश्लेषण का समन्वय।

4. परिणाम एवं विवेचना

4.1 उप-बेसिन की प्रशासनिक एवं स्थानिक संरचना

उप-बेसिन छत्तीसगढ़ के बारह जिलों एवं महाराष्ट्र के गोंदिया जिले के छोटे भाग में विस्तृत है (तालिका 4)। राजनांदगाँव (19.2%), बिलासपुर (12.3%), कवर्धा (12.1%) एवं बालोद (11.3%) मिलकर बेसिन के आधे से अधिक भाग को समाहित करते हैं। 2011 के जिलों के स्तर पर दुर्ग लगभग पूर्णतः उप-बेसिन में है (98%), इसके बाद कबीरधाम (85%), बिलासपुर (77%) एवं राजनांदगाँव (71%) हैं, जबकि रायपुर जिले का केवल लगभग 30% भाग शिवनाथ में अपवाहित होता है (तालिका 5, चित्र 3अ)। अतः बेसिन का जल शासन मुख्यतः चार जिला प्रशासनों पर निर्भर है, जिससे अंतर-जिला समन्वय अनिवार्य हो जाता है।

तालिका 4. शिवनाथ उप-बेसिन का जिलावार क्षेत्रफल, सामान्य वर्षा एवं वर्षा आयतन (क्षेत्रफल: त्रिपाठी एवं अन्य; वर्षा: IMD जिला सामान्य 1951-2000; आयतन परिकलित)

जिला	मूल जिला (2011)	बेसिन में क्षेत्रफल (वर्ग किमी)	बेसिन का %	सामान्य वर्षा (मिमी)	वर्षा आयतन (घन किमी)

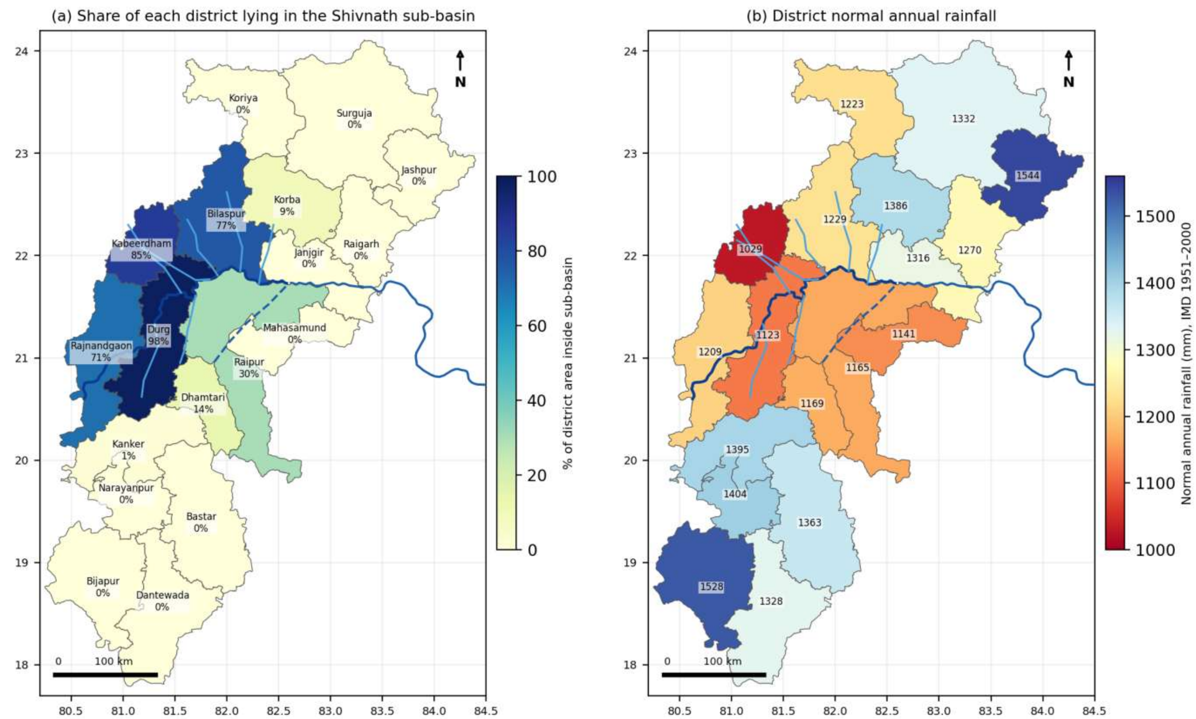
राजनांदगाँव	राजनांदगाँव	5,705.4	19.2	1,209.3	6.90
बिलासपुर	बिलासपुर	3,651.7	12.3	1,229.0	4.49
कवर्धा	कबीरधाम	3,590.5	12.1	1,029.3	3.70
बालोद	दुर्ग	3,342.5	11.3	1,122.9	3.75
बेमेतरा	दुर्ग	2,864.4	9.7	1,122.9	3.22
मुंगेली	बिलासपुर	2,775.8	9.4	1,229.0	3.41
दुर्ग	दुर्ग	2,271.4	7.7	1,122.9	2.55
रायपुर	रायपुर	2,006.5	6.8	1,164.6	2.34
बलौदाबाजार	रायपुर	1,794.6	6.1	1,164.6	2.09
कोरबा	कोरबा	620.3	2.1	1,385.5	0.86
धमतरी	धमतरी	554.0	1.9	1,168.6	0.65
गोंदिया (महाराष्ट्र)	गोंदिया (महाराष्ट्र)	375.9	1.3	1,370.7	0.52
कांकेर	कांकेर	85.9	0.3	1,395.2	0.12
योग / भारित माध्य		**29,638.9**	**100.0**	**1,166.8**	**34.58**

तालिका 5. 2011 के जिलों हेतु जीआईएस अध्यारोपण परिणाम (डेटामीट सीमाओं से गोलीय पृष्ठ पर परिकलित क्षेत्रफल)

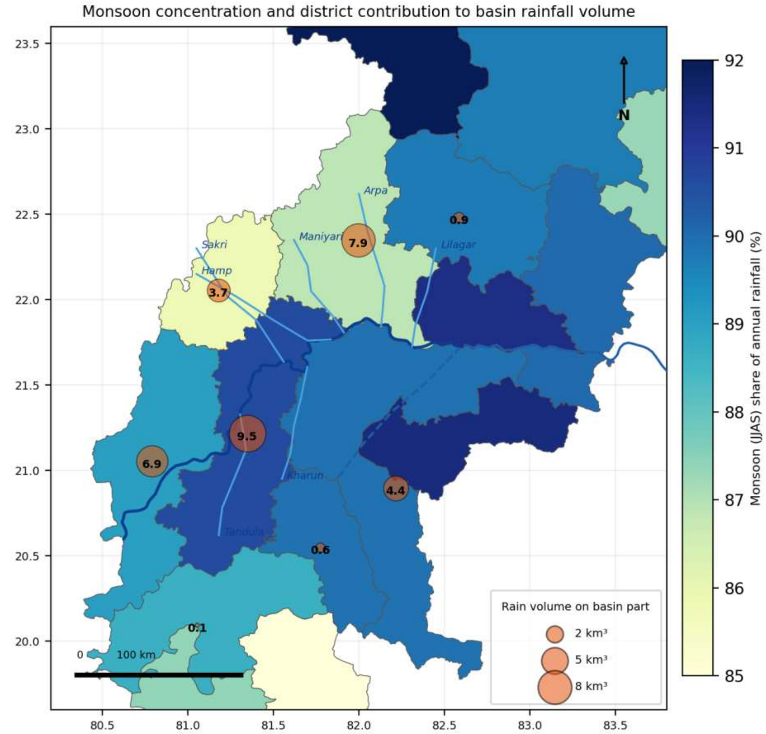
जिला (2011)	**GIS क्षेत्रफल (वर्ग किमी)**	**बेसिन क्षेत्रफल (वर्ग किमी)**	**बेसिन में %**	**वार्षिक सामान्य (मिमी)**	**मानसून सामान्य (मिमी)**	**मानसून %**
दुर्ग	8,625	8,478	98.3	1,122.9	1,018.0	90.7

बिलासपुर	8,359	6,427	76.9	1,229.0	1,067.8	86.9
राजनांदगाँव	8,076	5,705	70.6	1,209.3	1,076.6	89.0
रायपुर	12,478	3,801	30.5	1,164.6	1,047.0	89.9
कबीरधाम	4,231	3,590	84.9	1,029.3	882.9	85.8
कोरबा	6,606	620	9.4	1,385.5	1,243.5	89.8
धमतरी	4,067	554	13.6	1,168.6	1,050.6	89.9
कांकेर	6,820	86	1.3	1,395.2	1,236.7	88.6

चित्र 3ब बेसिन के भीतर स्पष्ट वर्षा प्रवणता दर्शाता है। मैकल श्रेणी के प्रतिपवन (वृष्टि-छाया) भाग में स्थित कबीरधाम जिले में केवल 1,029 मिमी वर्षा होती है, जो छत्तीसगढ़ में न्यूनतम है, जबकि बेसिन के किनारों पर स्थित कोरबा एवं कांकेर में 1,380 मिमी से अधिक वर्षा होती है। केंद्रीय मैदान (दुर्ग 1,123 मिमी, रायपुर 1,165 मिमी) अपेक्षाकृत शुष्क हैं। इस प्रकार 1,166.8 मिमी की क्षेत्र-भारित बेसिन सामान्य वर्षा सम्पूर्ण छत्तीसगढ़ उप-मंडल के 1901-2017 माध्य से लगभग 15% कम है (संदर्भ अवधियाँ भिन्न हैं), जो बेसिन के किसी भी जल संतुलन हेतु एक महत्वपूर्ण संशोधन है।



चित्र 3. जीआईएस वर्णमात्री मानचित्र: (अ) प्रत्येक 2011 जिले का शिवनाथ उप-बेसिन में स्थित प्रतिशत; (ब) अपवाह जाल सहित IMD सामान्य वार्षिक वर्षा (1951-2000)।



चित्र 4. जिलावार मानसूनी (जून-सितंबर) वर्षा का वार्षिक वर्षा में हिस्सा (वर्णमात्री) तथा प्रत्येक जिले के बेसिन-भाग पर वर्षा का आयतन (आनुपातिक वृत्त, घन किमी)।

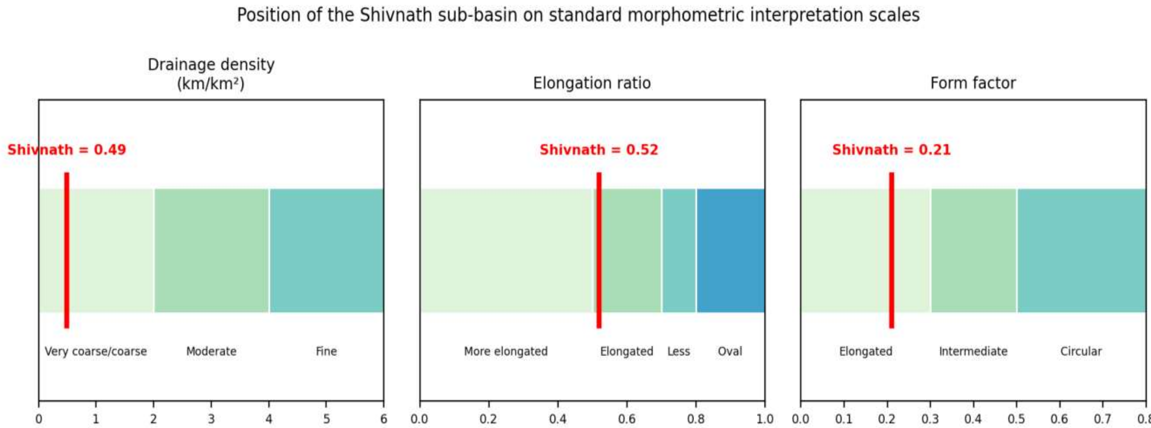
दुर्ग (9.5 घन किमी), बिलासपुर (7.9 घन किमी) एवं राजनांदगाँव (6.9 घन किमी) बेसिन के लगभग 34.6 घन किमी (= अरब घन मीटर) वार्षिक वर्षा आयतन का लगभग 70% योगदान करते हैं। मानसूनी संकेंद्रण दुर्ग में सर्वाधिक (90.7%) एवं कबीरधाम में न्यूनतम (85.8%) है, जिससे स्पष्ट है कि मैदानी भाग मानसून विफलता के प्रति सर्वाधिक संवेदनशील हैं।

4.2 अपवाह प्रतिरूप एवं आकारमिति

शिवनाथ सातवीं कोटि का बेसिन है जिसका अपवाह प्रतिरूप मुख्यतः वृक्षाकार है तथा द्विशाखन अनुपात निम्न है (निगम एवं अन्य, 2020)। यह लगभग समान प्रतिरोध वाली चट्टानों पर, सशक्त संरचनात्मक नियंत्रण के अभाव में विकसित एक प्रौढ़ एवं सुसंगठित जाल को दर्शाता है। प्रमुख सहायक नदियाँ तांदुला, खारुन, अरपा, हाँप, आगर एवं मनियारी हैं (त्रिपाठी एवं अन्य)। उदाहरणार्थ अरपा नदी 147 किमी लंबी है, इसका जलग्रहण क्षेत्र लगभग 2,022 वर्ग किमी है तथा इस पर दस से अधिक स्टॉप डैम निर्मित हैं (NEPT, 2013)। तालिका 6 में आकारमितीय प्राचल दिए गए हैं; "प्र" प्रकाशित मान तथा "प" इस अध्ययन में परिकलित मान दर्शाता है।

तालिका 6. शिवनाथ उप-बेसिन के आकारमितीय प्राचल

प्राचल	सूत्र	मान	प्रकार	व्याख्या
बेसिन क्षेत्रफल (A)	जीआईएस	30,868 वर्ग किमी	प्र	विशाल उप-बेसिन
सरिता कोटि	स्ट्रालर (1957)	7	प्र	प्रौढ़ जाल
द्विशाखन अनुपात (Rb)	Nu/Nu+1	निम्न	प्र	अल्प संरचनात्मक विक्षोभ
बेसिन लंबाई (Lb)	जीआईएस	380 किमी	प्र	लंबा, संकरा बेसिन
उच्चावच (H)	Hअधि – Hन्यून	939 मी	प	1,140 मी – 201 मी
अपवाह घनत्व (Dd)	ΣLu/A	0.49 किमी/वर्ग किमी	प्र	अत्यंत मोटा; पारगम्य
कुल सरिता लंबाई	Dd × A	≈ 15,125 किमी	प	व्युत्पन्न
वाहिका अनुरक्षण स्थिरांक (C)	1/Dd	2.04 वर्ग किमी/किमी	प	प्रति किमी वाहिका हेतु अधिक क्षेत्र
स्थलीय प्रवाह की लंबाई	1/(2Dd)	1.02 किमी (प्रकाशित 0.25)	प/प्र	लंबा स्थलीय प्रवाह; सत्यापन आवश्यक
आकृति कारक (Ff)	A/Lb^2	0.21	प	लम्बाकार
दीर्घीकरण अनुपात (Re)	1.128√A/Lb	0.52	प	लम्बाकार
उच्चावच अनुपात (Rh)	H/Lb	0.0025	प	अत्यंत मंद ढाल
ऊबड़-खाबड़पन संख्या (Rn)	H(किमी) × Dd	0.46	प	निम्न अपरदन संवेदनशीलता
विसर्पण सूचकांक	383 किमी / 238.7 किमी	1.60	प	विसर्पी मुख्य धारा



चित्र 5. मानक व्याख्या पैमानों पर शिवनाथ उप-बेसिन की स्थिति (अपवाह घनत्व, दीर्घीकरण अनुपात एवं आकृति कारक)।

अत्यंत कम अपवाह घनत्व का अर्थ है कि प्रत्येक किलोमीटर वाहिका के अनुरक्षण हेतु लगभग 2 वर्ग किमी क्षेत्र आवश्यक है — यह पारगम्य उप-मृदा एवं अच्छे अंतःस्यंदन का संकेत है। आकृति कारक (0.21) एवं दीर्घीकरण अनुपात (0.52) लम्बाकार बेसिन को दर्शाते हैं, जिसमें सहायक नदियों की बाढ़ तरंगें निर्गम बिंदु पर लंबी अवधि में पहुँचती हैं; अतः समान आकार के वृत्ताकार बेसिन की तुलना में शिखर निम्न किंतु अधिक दीर्घकालीन होते हैं। अत्यंत कम उच्चावच अनुपात पुष्टि करता है कि बेसिन का अधिकांश भाग मंद ढाल वाला मैदान है। तालिका 7 शिवनाथ की तुलना समान विधियों से अध्ययन किए गए अन्य भारतीय बेसिनों से करती है; कर्मनाशा को छोड़कर इसका अपवाह घनत्व सबसे कम है तथा आकार में यह सबसे बड़ा है।

तालिका 7. अन्य भारतीय अपवाह बेसिनों से शिवनाथ उप-बेसिन की तुलना

बेसिन (राज्य)	क्षेत्रफल (वर्ग किमी)	कोटि	Dd (किमी/वर्ग किमी)	अन्य सूचक	स्रोत
शिवनाथ (छ.ग.)	30,868	7	0.49	वृक्षाकार; लम्बाकार; निम्न Rb	निगम एवं अन्य (2020)
पैरी (छ.ग., महानदी)	1,305.8	-	-	वृक्षाकार; Ff = 0.38	बघमार एवं मुश्ताक (2011)
कर्मनाशा (उ.प्र/बिहार)	7,926	-	0.34-0.44	ऊपरी भाग जालायित, निचला वृक्षाकार	एप्लाइड वाटर साइंस (2019)
कन्हर (सोन बेसिन)	5,654	7	1.72	उप-वृक्षाकार से वृक्षाकार	राय एवं अन्य (2014)

चालाकुडी (केरल)	1,448.7	7	2.54	वृक्षाकार एवं जालायित	एप्लाइड वाटर साइंस (2014)
कडवनार (तमिलनाडु)	-	6	0.91	माध्य Rb = 3.80	AJET (DBU)
करंजा (कर्नाटक)	-	-	0.8-1.0	Ff 0.27-0.57; Rh 0.003- 0.004	JGSR (गोंडवाना)

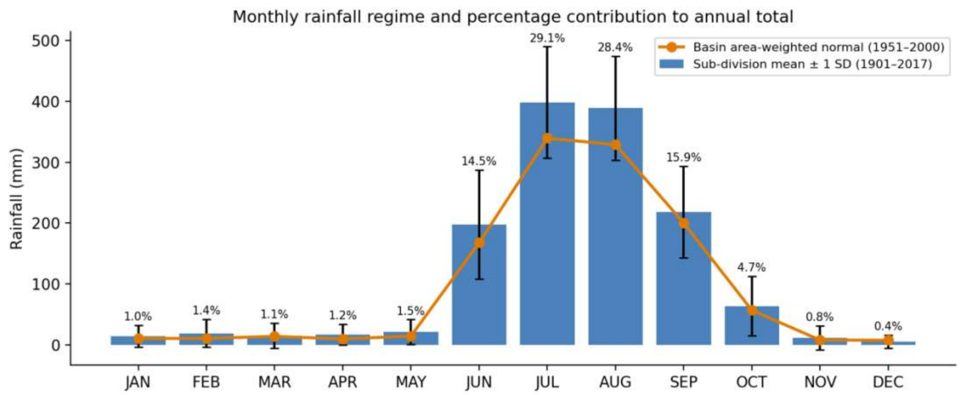
4.3 वर्षा प्रणाली एवं परिवर्तनशीलता

छत्तीसगढ़ उप-मंडल के 117 वर्षों के IMD वर्षा आँकड़ों की वर्णनात्मक सांख्यिकी तालिका 8 में दी गई है। माध्य वार्षिक वर्षा 1,369.1 मिमी, मानक विचलन 210.2 मिमी तथा विचरण गुणांक 15.4% है, जो वार्षिक योग की अपेक्षाकृत विश्वसनीयता दर्शाता है। सर्वाधिक वर्षा वर्ष 1961 (1,974 मिमी) में तथा न्यूनतम वर्ष 1979 (905 मिमी) में हुई। मानसून ऋतु (जून-सितंबर) वार्षिक योग का 87.9% प्रदान करती है, जबकि शुष्क ऋतु के घटक अल्प, अत्यधिक अनियमित (CV 65-96%) एवं धनात्मक विषम हैं।

तालिका 8. वर्षा की वर्णनात्मक सांख्यिकी, छत्तीसगढ़ उप-मंडल, 1901-2017 (IMD)

अवधि	माध्य (मिमी)	मानक विचलन (मिमी)	CV (%)	विषमता	ककुदता	न्यूनतम	अधिकतम	वार्षिक का %
वार्षिक	1,369.1	210.2	15.4	0.11	0.17	904.6	1,974.0	100.0
मानसून (जून-सित)	1,202.9	176.9	14.7	0.21	0.55	808.8	1,779.5	87.9
मानसून-पश्चात (अक्टू-दिस)	80.5	52.5	65.2	0.60	-0.25	4.6	225.3	5.9
मानसून-पूर्व (मार्च-मई)	52.8	36.4	68.9	1.69	3.97	6.2	208.3	3.9
शीत (जन-फर)	33.0	31.6	95.9	1.77	4.07	0.1	165.4	2.4
जून	197.9	89.4	45.2	0.62	-0.12	37.2	431.2	14.5
जुलाई	398.1	91.7	23.0	0.06	0.17	138.4	630.6	29.1
अगस्त	388.8	85.4	22.0	-0.12	-0.56	208.3	590.0	28.4

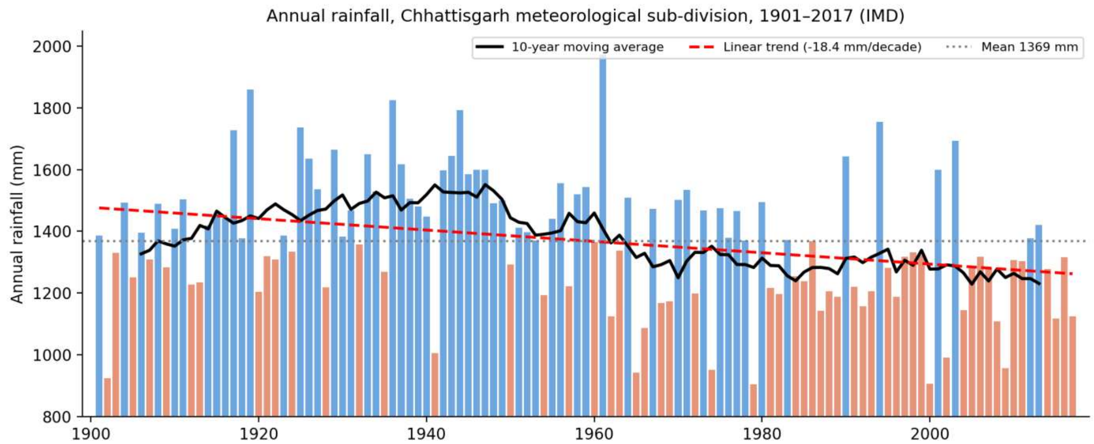
सितंबर	218.1	75.0	34.4	0.35	-0.41	72.8	401.2	15.9



चित्र 6. मासिक वर्षा प्रणाली: उप-मंडलीय माध्य ± 1 मानक विचलन, प्रतिशत योगदान सहित, तथा क्षेत्र-भारित बेसिन सामान्य वर्षा।

जुलाई एवं अगस्त मिलकर वार्षिक वर्षा का 57.5% प्रदान करते हैं। माध्य मासिक प्रणाली का वर्षा संकेंद्रण सूचकांक 21.5 (बेसिन सामान्य 21.7) है; 20 से अधिक मान प्रबल मौसमी एवं अत्यधिक संकेंद्रित वर्षा को दर्शाते हैं (ओलिवर, 1980)। वार्षिक PCI 17.8 से 32.3 (माध्य 23.0) के मध्य है तथा इसमें कोई सार्थक प्रवृत्ति नहीं है ($Z = 1.19$, $p = 0.23$)। 1.09 का मौसमीयता सूचकांक क्षेत्र को "अधिकांश वर्षा तीन माह या उससे कम में" वर्ग (SI 1.00-1.19) में रखता है। अपवाह की दृष्टि से, आठ माह वार्षिक आगम का 10% से भी कम प्रदान करते हैं, अतः शिवनाथ का निम्न-घनत्व एवं धीमी निकासी वाला जाल वर्ष में प्रभावतः एक ही बार पुनर्भरित होता है; इसलिए जल भंडारण अपरिहार्य है।

4.4 प्रवृत्ति विश्लेषण



चित्र 7. वार्षिक वर्षा, 10-वर्षीय चल माध्य एवं रैखिक प्रवृत्ति, छत्तीसगढ़ उप-मंडल, 1901-2017।

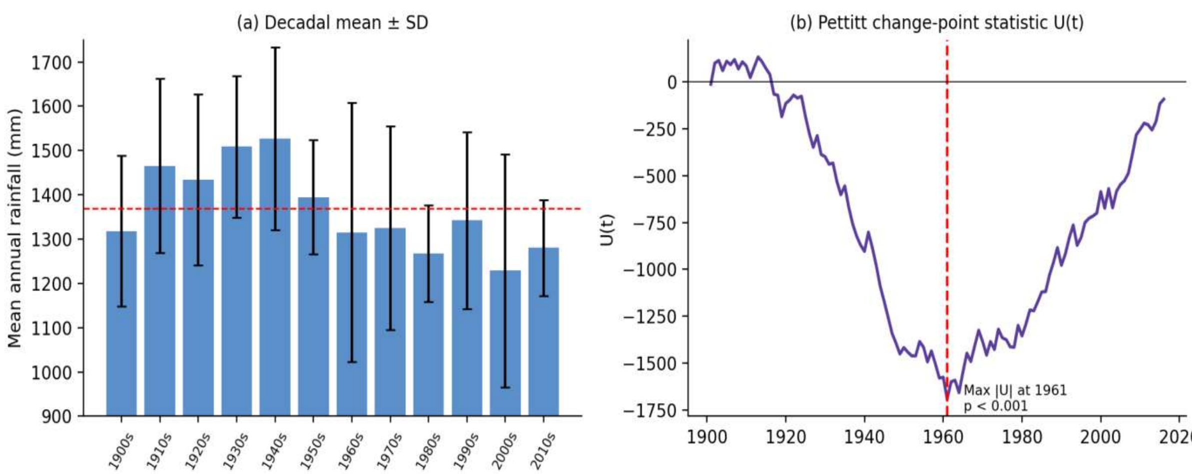
तालिका 9. मान-केंडल प्रवृत्ति परीक्षण, सेन ढाल एवं रैखिक प्रतिगमन के परिणाम (1901-2017)

श्रृंखला	केंडल τ	MK Z	p-मान	प्रवृत्ति (α = 0.05)	सेन ढाल (मिमी/दशक)	रैखिक ढाल (मिमी/दशक)	R^2
वार्षिक	-0.218	-3.48	< 0.001	सार्थक ↓	-18.99	-18.40	0.088
मानसून (जून-सित)	-0.150	-2.39	0.017	सार्थक ↓	-11.15	-11.01	0.045
मानसून-पश्चात (अक्टू-दिस)	-0.036	-0.57	0.572	असार्थक	-0.85	-1.16	0.006
मानसून-पूर्व (मार्च-मई)	-0.194	-3.10	0.002	सार्थक ↓	-2.36	-2.93	0.075
शीत (जन-फर)	-0.215	-3.44	< 0.001	सार्थक ↓	-2.21	-3.30	0.125
जून	-0.040	-0.64	0.522	असार्थक	-1.65	-2.39	0.008
जुलाई	-0.082	-1.31	0.192	असार्थक	-3.30	-2.88	0.011
अगस्त	-0.175	-2.79	0.005	सार्थक ↓	-6.98	-5.70	0.051

सितंबर	-0.006	-0.09	0.931	असार्थक	-0.23	-0.04	0.000
फरवरी	-0.240	-3.83	< 0.001	सार्थक ↓	-1.31	-2.85	0.177

प्रवृत्ति-रहित होने की शून्य परिकल्पना H_1 अस्वीकृत होती है। वार्षिक वर्षा में सार्थक गिरावट हुई है (Z = -3.48, p < 0.001); सेन ढाल -19.0 मिमी प्रति दशक है, अर्थात 117 वर्षों में लगभग 222 मिमी की कमी। प्रथम-अंतराल स्वसहसंबंध नगण्य है (r_1 = -0.002) तथा हमद-राव संशोधित परीक्षण भी परिणाम की पुष्टि करता है (Z = -3.48, p < 0.001)। गिरावट मानसून में केंद्रित है (सेन ढाल -11.1 मिमी/दशक) और उसमें भी अगस्त माह में (-7.0 मिमी/दशक), जो सामान्यतः तालाबों एवं जलाशयों को भरने वाला माह है। शीत एवं मानसून-पूर्व वर्षा में भी सार्थक कमी आई है, यद्यपि इनकी निरपेक्ष मात्रा अल्प है। बेसिन क्षेत्र पर लागू करने पर प्रति दशक लगभग 19 मिमी की कमी का अर्थ है प्रति दशक लगभग 0.56 अरब घन मीटर वर्षा आगम की हानि।

4.5 परिवर्तन-बिंदु की पहचान एवं अवधियों की तुलना



चित्र 8. (अ) दशकीय माध्य वार्षिक वर्षा ± 1 मानक विचलन एवं दीर्घकालीन माध्य (खंडित रेखा); (ब) पेटिट परीक्षण सांख्यिकी।

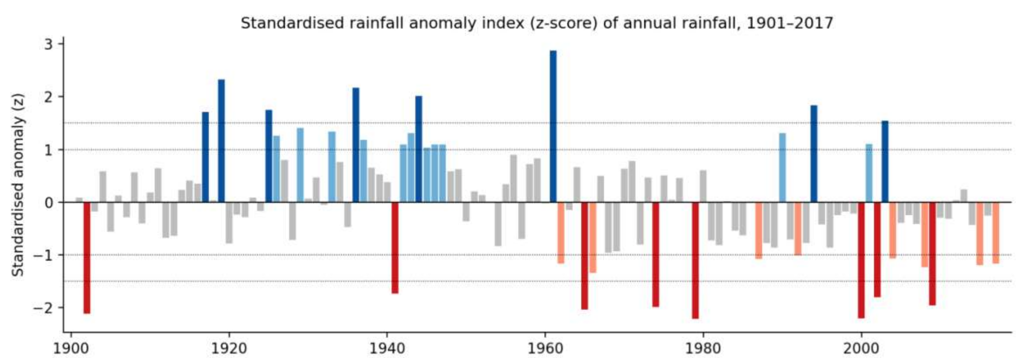
पेटिट परीक्षण वर्ष 1961 में सार्थक परिवर्तन-बिंदु की पहचान करता है (K = 1690, p < 0.001)। 1961 तक माध्य वार्षिक वर्षा 1,450.8 मिमी थी तथा उसके पश्चात 1,280.2 मिमी रह गई — 11.8% की कमी। दशकीय माध्य (चित्र 8अ) दर्शाते हैं कि 1930 एवं 1940 के दशक सर्वाधिक आर्द्र तथा 2000 का दशक सर्वाधिक शुष्क रहा। तालिका 10 में अभिलेख के दोनों अर्धभागों एवं क्रमिक 30-वर्षीय जलवायु सामान्यों की तुलना दी गई है।

तालिका 10. परिवर्तन-बिंदु, द्वि-प्रतिदर्श परीक्षण एवं जलवायु सामान्य

परीक्षण / सांख्यिकी	परिणाम	व्याख्या

पेटिट परिवर्तन-बिंदु	1961; K = 1690; p < 0.001	सार्थक आकस्मिक परिवर्तन
परिवर्तन-बिंदु के पूर्व / पश्चात माध्य	1,450.8 मिमी / 1,280.2 मिमी	11.8% की कमी
वेल्च t-परीक्षण (1901-59 बनाम 1960-2017)	1,443.4 बनाम 1,293.6 मिमी; t = 4.11; p < 0.001	H2 अस्वीकृत: माध्य भिन्न
मानक विचलन, दोनों अर्धभाग	184.0 मिमी बनाम 209.6 मिमी	हाल में परिवर्तनशीलता थोड़ी अधिक
लेवीन परीक्षण (प्रसरण समानता)	W = 0.41; p = 0.52	प्रसरण में सार्थक अंतर नहीं
30-वर्षीय सामान्य 1901-1930	1,408.1 मिमी	
30-वर्षीय सामान्य 1931-1960	1,476.0 मिमी	सर्वाधिक आर्द्र सामान्य
30-वर्षीय सामान्य 1961-1990	1,311.9 मिमी	WMO संदर्भ सामान्य
30-वर्षीय सामान्य 1981-2010	1,273.2 मिमी	
30-वर्षीय सामान्य 1988-2017	1,278.1 मिमी	1931-60 की तुलना में -13.4%

4.6 आर्द्र एवं शुष्क वर्ष



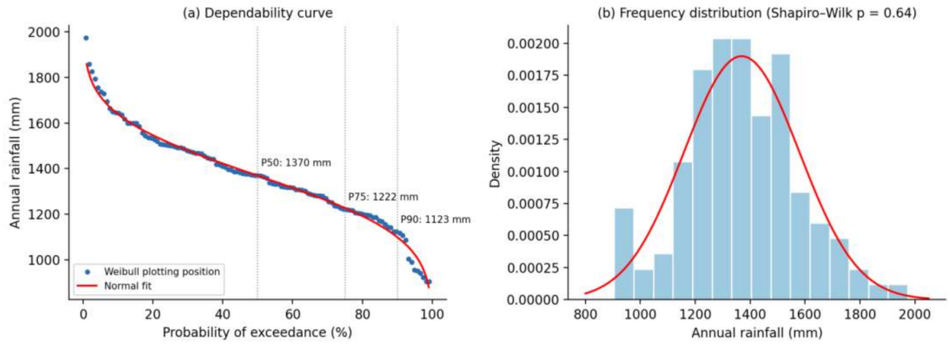
चित्र 9. वार्षिक वर्षा का मानकीकृत विचलन (z); नीला = आर्द्र, लाल = शुष्क, धूसर = सामान्य के निकट।

तालिका 11. वार्षिक वर्षा के मानकीकृत विचलन के आधार पर वर्षों का वर्गीकरण, 1901-2017

वर्ग (मैकी एवं अन्य, 1993)	वर्षों की संख्या	वर्ष
अत्यधिक आर्द्र (z ≥ 2.0)	4	1919, 1936, 1944, 1961
अति आर्द्र (1.5 से 1.99)	4	1917, 1925, 1994, 2003
मध्यम आर्द्र (1.0 से 1.49)	11	1926, 1929, 1933, 1937, 1942, 1943, 1945, 1946, 1947, 1990, 2001
सामान्य के निकट (−0.99 से 0.99)	82	82 वर्ष
मध्यम शुष्क (−1.0 से −1.49)	8	1962, 1966, 1987, 1992, 2004, 2008, 2015, 2017
गंभीर शुष्क (−1.5 से −1.99)	4	1941, 1974, 2002, 2009
अत्यधिक शुष्क (z ≤ −2.0)	4	1902, 1965, 1979, 2000

सोलह वर्ष मध्यम से अत्यधिक शुष्क रहे, जिनमें से 14 वर्ष 1960 के बाद के हैं, जिनमें चार "अत्यधिक शुष्क" में से तीन तथा चार "गंभीर शुष्क" में से तीन वर्ष सम्मिलित हैं। IMD के प्रतिशत-विचलन मानदंड के अनुसार 9 वर्ष अल्प वर्षा वाले (≤ −20%: 1902, 1941, 1965, 1966, 1974, 1979, 2000, 2002, 2009) तथा 12 वर्ष अधिक वर्षा वाले (≥ +20%: 1917, 1919, 1925, 1929, 1933, 1936, 1943, 1944, 1961, 1990, 1994, 2003) रहे। बारह अधिक वर्षा वाले वर्षों में से नौ 1961 तक के हैं, जबकि नौ अल्प वर्षा वाले वर्षों में से सात 1962 के बाद के हैं — यह पेटिट परीक्षण द्वारा पहचाने गए अधोमुखी परिवर्तन के अनुरूप है। हाल के सूखों (2000, 2002, 2009) का समूहन उस बेसिन में जलाशय संचालन हेतु महत्वपूर्ण है जिसका निम्न अपवाह घनत्व पहले से ही अपवाह को विलंबित एवं क्षीण करता है।

4.7 प्रायिकता एवं निर्भरता विश्लेषण



चित्र 10. (अ) वार्षिक वर्षा का अतिक्रमण प्रायिकता (निर्भरता) वक्र एवं सामान्य वितरण; (ब) आयतचित्र एवं आसंजित सामान्य घनत्व।

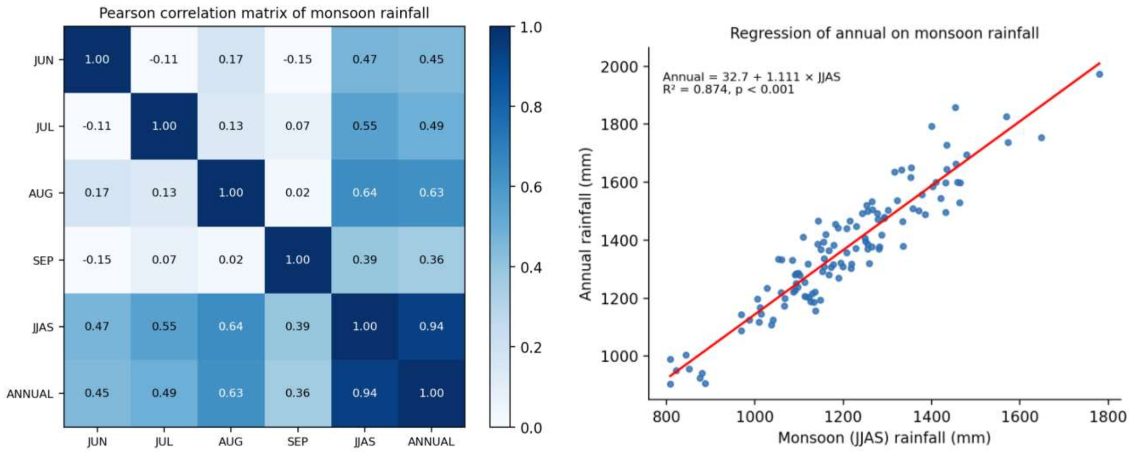
वार्षिक वर्षा लगभग सामान्य रूप से वितरित है (विषमता 0.11; शापिरो-विल्क W = 0.991, p = 0.64; K-S D = 0.039, p = 0.99), अतः निर्भर वर्षा के आनुभविक (वीबुल) एवं सामान्य-वितरण आधारित दोनों अनुमान वैध हैं तथा निकटता से मेल खाते हैं (तालिका 12)। किसी वर्ष वार्षिक वर्षा के माध्य के 80% से कम होने की प्रायिकता लगभग 9.6% है (लगभग दस वर्ष में एक बार)। निर्भरता अनुपातों को क्षेत्र-भारित बेसिन सामान्य पर लागू कर उप-बेसिन पर अपेक्षित वर्षा आयतन ज्ञात किए गए।

तालिका 12. निर्भर वर्षा एवं सांकेतिक बेसिन जल आयतन (अपवाह गुणांक नियोजन परिदृश्य हैं, प्रेक्षित मान नहीं)

निर्भरता	उप-मंडल, आनुभविक (मिमी)	उप-मंडल, सामान्य वितरण (मिमी)	माध्य से अनुपात	बेसिन वर्षा (मिमी)	बेसिन आयतन (अरब घन मी)	अपवाह, C = 0.25	अपवाह, C = 0.35
P50 (50%)	1,370	1,369	1.001	1,168	34.6	8.7	12.1
P75 (75%)	1,222	1,227	0.892	1,041	30.9	7.7	10.8
P90 (90%)	1,123	1,100	0.820	957	28.4	7.1	9.9

भारत में सिंचाई नियोजन हेतु 75% निर्भर उपज पारंपरिक अभिकल्प मानक है। इस स्तर पर शिवनाथ उप-बेसिन को लगभग 1,041 मिमी, अर्थात लगभग 30.9 अरब घन मीटर वर्षा प्राप्त होती है। अपवाह स्तंभ केवल सांकेतिक हैं तथा इन्हें सिमगा एवं जोंधरा पर CWC के प्रेक्षित प्रवाह से अंशांकित किया जाना चाहिए।

4.8 सहसंबंध एवं प्रतिगमन



चित्र 11. (अ) मानसूनी महीनों, जून-सितंबर एवं वार्षिक वर्षा का पियर्सन सहसंबंध आव्यूह; (ब) मानसूनी वर्षा पर वार्षिक वर्षा का प्रतिगमन।

मानसूनी महीनों में अगस्त का वार्षिक वर्षा से सबसे प्रबल सहसंबंध है ($r = 0.63$), उसके बाद जुलाई ($r = 0.49$)। अंतर-मासिक सहसंबंध दुर्बल हैं ($|r| \leq 0.17$), अर्थात एक माह की कमी की पूर्ति दूसरे माह में विश्वसनीय रूप से नहीं होती। मानसूनी वर्षा वार्षिक वर्षा के प्रसरण का 87.4% स्पष्ट करती है (वार्षिक = 32.7 + 1.111 × मानसून, $p < 0.001$), अतः H_3 स्वीकृत होती है। चूँकि अगस्त सर्वाधिक प्रभावी माह होने के साथ-साथ सर्वाधिक गिरावट वाला माह भी है, अतः अगस्त की वर्षा में अधोमुखी प्रवृत्ति बेसिन में जल उपलब्धता के लिए सबसे बड़ा जलवायवीय जोखिम है।

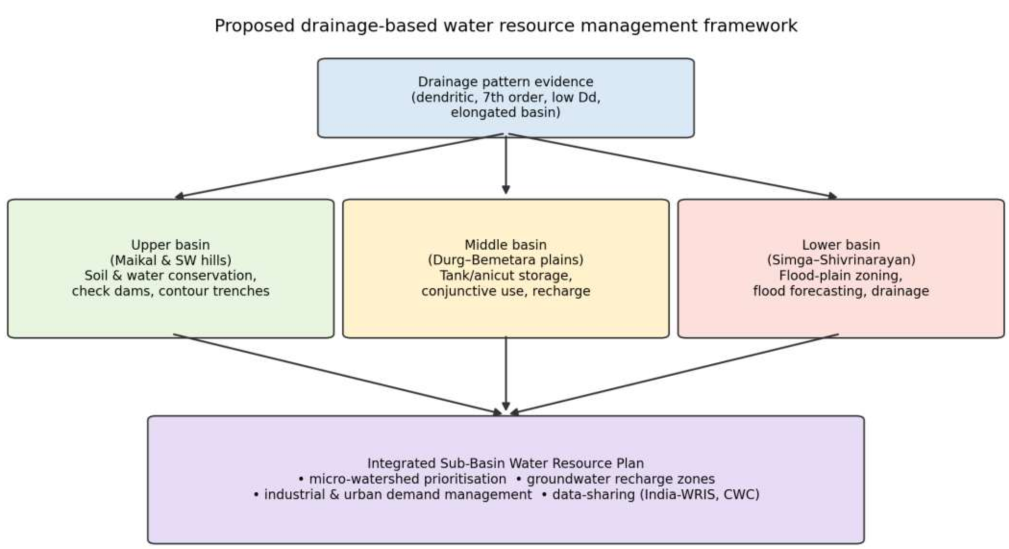
5. संश्लेषण: अपवाह प्रतिक्रिया, वर्षा आगम एवं जल संसाधन प्रबंधन

दोनों प्रकार के साक्ष्य एक-दूसरे की पुष्टि करते हैं। अपवाह जाल मोटा, लम्बाकार एवं मंद ढाल वाला है, अतः यह अपवाह को विलंबित करता है, अंतःस्यंदन को बढ़ावा देता है तथा अचानक के स्थान पर दीर्घकालीन बाढ़ें उत्पन्न करता है। जलवायवीय आगम चार महीनों में, विशेषकर जुलाई-अगस्त में केंद्रित है तथा 1960 के दशक के आरंभ से इसमें सार्थक गिरावट आई है। अतः सतही जल को एक छोटी अवधि में संग्रहित कर आठ शुष्क महीनों तक उपयोग हेतु रखना होगा, तथा सूखे वर्षों में सहारे हेतु मैदानों की प्राकृतिक उच्च पुनर्भरण क्षमता का सुविचारित उपयोग करना होगा। तालिका 13 एवं चित्र 12 इसे क्षेत्रवार रणनीति में परिवर्तित करते हैं।

तालिका 13. शिवनाथ उप-बेसिन हेतु क्षेत्रवार जल संसाधन प्रबंधन रूपरेखा

क्षेत्र	प्रमुख जिले	अपवाह एवं वर्षा विशेषताएँ	प्रमुख	अनुशंसित रणनीतियाँ

			समस्याएँ	
ऊपरी बेसिन (मैकल श्रेणी एवं दक्षिण-पश्चिमी पहाड़ियाँ)	कबीरधाम, ऊपरी राजनांदगाँव, ऊपरी बिलासपुर	निम्न कोटि की तीव्र ढाल वाली सरिताएँ; कबीरधाम में वृष्टि-छाया (~1,029 मिमी)	अपरदन, त्वरित अपवाह, गाद जमाव, कम वर्षा	कंटूर खाइयाँ, गली प्लग, स्टॉप डैम, वनीकरण, सूक्ष्म-जलग्रहण प्राथमिकीकरण
मध्य बेसिन (दुर्ग-राजनांदगाँव-बेमेतरा-रायपुर मैदान)	दुर्ग (98% बेसिन में), राजनांदगाँव, रायपुर	अत्यंत कम Dd, उच्च अंतःस्यंदन; मानसूनी हिस्सा > 90%; सबसे शुष्क मैदान (~1,120-1,170 मिमी)	औद्योगिक एवं नगरीय माँग, भूजल दबाव, प्रदूषण	तालाब एवं एनीकट पुनरुद्धार, प्रबंधित भूजल पुनर्भरण, संयुक्त उपयोग, औद्योगिक पुनर्चक्रण, सूखा आकस्मिक योजना
निचला बेसिन (सिमगा-बिलासपुर-शिवरीनारायण)	बिलासपुर, मुंगेली, बलौदाबाजार	सर्वोच्च कोटि की विसर्पी वाहिका (SI 1.6), चौड़ा बाढ़ मैदान	दीर्घ जलप्लावन, तट अपरदन	बाढ़ मैदान क्षेत्रीकरण, तटबंध रखरखाव, CWC गेज द्वारा वास्तविक-समय पूर्वानुमान



चित्र 12. प्रस्तावित अपवाह-आधारित जल संसाधन प्रबंधन रूपरेखा (ऊपरी, मध्य एवं निचला बेसिन)।

बेसिन-स्तरीय अनुशंसाएँ: (i) एक आधिकारिक बेसिन सीमा एवं नदी लंबाई का निर्धारण; (ii) सिंचाई एवं जल आवंटन का नियोजन सम्पूर्ण अवधि के माध्य के स्थान पर 1961 के बाद के अभिलेख से परिकलित 75% निर्भर वर्षा पर करना; (iii) जलाशय संचालन नियम-वक्रों में संशोधन द्वारा अगस्त-निर्भर भंडारण की सुरक्षा; (iv) दुर्ग, राजनांदगाँव, बिलासपुर एवं कबीरधाम हेतु अंतर-जिला शिवनाथ बेसिन समिति का गठन; तथा (v) दुर्ग के निकट निजीकरण विवाद से सीख लेते हुए नदी को सामुदायिक संसाधन के रूप में बनाए रखना।

6. सीमाएँ एवं भावी शोध की संभावनाएँ

वर्षा श्रृंखला उप-मंडलीय (राज्य स्तरीय) है, अतः बेसिन-विशिष्ट प्रवृत्तियाँ कुछ भिन्न हो सकती हैं; IMD के 0.25° ग्रिड आँकड़े विश्लेषण को और परिष्कृत करेंगे। आकारमितीय मान एक प्रकाशित अध्ययन एवं व्युत्पन्न गणनाओं पर आधारित हैं; कोटिवार सरिता संख्या उपलब्ध नहीं थी तथा मानचित्रों में सहायक नदियाँ योजनाबद्ध हैं। भावी शोध में 30 मीटर SRTM अथवा CartoDEM से अपवाह जाल निकालना, प्राथमिकीकरण हेतु प्रमुख घटक विश्लेषण सहित उप-जलग्रहण प्राचलों की गणना, ढाल, भूमि उपयोग एवं भूविज्ञान मानचित्रों का अध्यारोपण तथा CWC प्रवाह अभिलेखों से अपवाह परिदृश्यों का अंशांकन किया जाना चाहिए।

7. निष्कर्ष

शिवनाथ उप-बेसिन सातवीं कोटि का, वृक्षाकार एवं लम्बाकार तंत्र है जिसका अपवाह घनत्व अत्यंत कम है; इससे इसकी जल-वैज्ञानिक प्रतिक्रिया धीमी एवं क्षीण होती है तथा भूजल पुनर्भरण क्षमता उच्च होती है। जीआईएस अध्यारोपण से स्पष्ट होता है कि चार जिले (दुर्ग, बिलासपुर, राजनांदगाँव एवं कबीरधाम) बेसिन के अधिकांश भाग को धारण करते हैं तथा बेसिन की क्षेत्र-भारित सामान्य वर्षा (1,167 मिमी) राज्य औसत से लगभग 15% कम है, जिसका वृष्टि-छाया केंद्र कबीरधाम है। 117 वर्षों के IMD आँकड़ों का सांख्यिकीय विश्लेषण वार्षिक एवं मानसूनी वर्षा में सार्थक गिरावट, 1961 के आसपास आकस्मिक परिवर्तन, परिवर्तन के बाद 11.8% कम माध्य, प्रबल मासिक संकेंद्रण (PCI > 20) तथा अगस्त-प्रधान परिवर्तनशीलता को सिद्ध करता है। अतः बेसिन में जल संसाधन प्रबंधन हेतु ऊपरी बेसिन में संरक्षण, मध्य बेसिन में भंडारण एवं पुनर्भरण, तथा निचले बेसिन में बाढ़ मैदान प्रबंधन का समन्वय आवश्यक है, और सम्पूर्ण नियोजन औसत के स्थान पर निर्भर वर्षा पर आधारित होना चाहिए।

संदर्भ ग्रंथ सूची

Baghmar, N. K., & Mustak, Sk. (2011). Morphometric analysis of Pairi river basin using remote sensing and GIS. *Proceedings of the Asian Conference on Remote Sensing (ACRS)*.

Central Water Commission (2006, 2007). *Integrated Hydrological Data Book*. New Delhi: CWC, Ministry of Water Resources.

Central Water Commission (2018). *Mahanadi Basin Water Year Book 2017-18*. Bhubaneswar: Mahanadi & Eastern Rivers Organisation.

DataMeet (n.d.). *Census 2011 district boundaries of India* [Open data]. https://github.com/datameet/maps

Hamed, K. H., & Rao, A. R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204, 182-196.

Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *Transactions, American Geophysical Union*, 13, 350-361.

Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins. *GSA Bulletin*, 56, 275-370.

India Meteorological Department (2017). *Sub-division-wise monthly rainfall, 1901-2017*; *District-wise rainfall normals, 1951-2000*. Open Government Data Platform India, https://data.gov.in

India Water Portal (2013). The 15-year old battle for the Shivnath river still rages. https://www.indiawaterportal.org

India-WRIS / Vikaspedia (n.d.). *Mahanadi Basin* (basin profile). https://en.vikaspedia.in

Kendall, M. G. (1975). *Rank Correlation Methods*. London: Charles Griffin.

Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245-259.

McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *8th Conference on Applied Climatology*, AMS, 179-184.

Miller, V. C. (1953). *A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area*. Tech. Rep. 3, Columbia University.

Natural Earth (n.d.). *1:10m cultural and physical vectors*. https://www.naturalearthdata.com

Nature Environment and Pollution Technology (2013). Studies on impact of Arpa river check dams, Bilaspur, Chhattisgarh. *NEPT*.

Nigam, G. K., Tripathi, M. P., Ambast, S. K., Kumar, L., & Khalkho, D. (2020). Morphometric analysis of Seonath river of Chhattisgarh using remote sensing and GIS technique. *Journal of Soil and Water Conservation*. https://epubs.icar.org.in/ index.php/JSWC/article/view/108132

Oliver, J. E. (1980). Monthly precipitation distribution: a comparative index. *The Professional Geographer*, 32, 300-309.

Pettitt, A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*, 28, 126-135.

Rai, P. K., Mohan, K., Mishra, S., Ahmad, A., & Mishra, V. N. (2014). A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India. *Applied Water Science*. doi:10.1007/s13201-014-0238-y

Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *GSA Bulletin*, 67, 597-646.

Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63, 1379-1389.

Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions, AGU*, 38, 913-920.

Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In V. T. Chow (Ed.), *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill.

Tripathi, M. P., et al. (n.d.). Hydrological modelling of the Seonath sub-basin using ArcSWAT [Conference presentation]. https://swat.tamu.edu

Walsh, R. P. D., & Lawler, D. M. (1981). Rainfall seasonality: description, spatial patterns and change through time. *Weather*, 36, 201-208.

Karmanasa, Chalakudi, Kadavanar and Karanja basin studies: *Applied Water Science* (2014, 2019); *Asian Journal of Engineering and Technology* (DBU); *Journal of Geosciences Research* (Gondwana Geological Society).