भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 33 अंक (2) दिसम्बर 2025 पृ. 83-96
DOI: 10.56042/bvaap.v33i2.22076

भारतीय नगरों की वर्षाजल व्यवस्थापन प्रणालीः भारतीय सिद्धांतों और दर्शनों के साथ सिंगापुर की एबीसी वॉटर योजना के दृष्टिकोण से

सुदर्शन सरवनन एवं शिवा जी*
जलवायु परिवर्तन विभाग, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, हैदराबाद, तेलंगाना 502 285 (भारत)
*डिज़ाइन विभाग, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, हैदराबाद, तेलंगान 502 285 (भारत)
[ई-मेलः shivaji@des.iith.ac.in]

सारांश

भारत के नगर अब जलवायु परिवर्तन से उत्पन्न जटिल और परस्पर जुड़े जल संकटों का तेजी से सामना कर रहे हैं, जिनमें लंबे समय तक चलने वाले सूखे, तीव्र वर्षा की घटनाएँ, नगरीय बाढ़ और जल की गुणवत्ता में गिरावट प्रमुख हैं। इन समस्याओं को अर्बन हीट आइलैंड इफेक्ट, परिवर्तित वर्षा ऋतु प्रवृत्ति और तेज़ी से बढ़ते नगरीकरण के दबाव और अधिक गहरा रहे हैं। वर्तमान नगरीय बुनियादी ढांचा और नियोजन ढाँचे, जो अक्सर बाहरी मॉडल्स पर आधारित हैं, भारत की विविध पारिस्थितिकीय, जलवायु और सांस्कृतिक स्थितियों के लिए उपयुक्त नहीं हैं। यह अध्ययन इन बढ़ती चुनौतियों के समाधान हेतु एक लचीला और संदर्भ-विशिष्ट दृष्टिकोण के रूप में जल-संवेदनशील नगरीय डिजाइन (Water Sensitive Urban Design - WSUD) की संभावनाओं की जाँच करता है। केस स्टडी आधारित समीक्षा पद्धति का उपयोग करते हुए, यह शोध सिंगापुर की ABC वॉटर योजना का विश्लेषण करता है। यह शोध सिंगापुर में प्रकृति-आधारित समाधानों और इंजीनियरिंग प्रणालियों के सफल संयोजन को रेखांकित करता है, जिसके माध्यम से बहु-उद्देश्यीय और सतत शहरी जल प्रबंधन प्राप्त किया गया है। यह अध्ययन भारत की पारंपरिक जल ज्ञान प्रणालियों की प्रासंगिकता को भी उजागर करता है, जो वर्षाजल प्रबंधन और जल शुद्धिकरण में सहायक रही हैं। और जो आयुर्वेदिक सिद्धांतों, जैव विविधता संरक्षण, और समग्र जल प्रबंधन की परंपराओं में गहराई से निहित हैं। सिंगापुर जैसे उष्णकटिबंधीय देशों के अनुभवों और स्थानीय भारतीय ज्ञान दोनों से सीख लेकर यह शोध भारत में शहरी जल सुरक्षा के लिए एक बहुविषयक और सांस्कृतिक रूप से अनुकूल दृष्टिकोण अपनाने की वकालत करता है।

मुख्य शब्दः जल-संवेदनशील नगरी अभिकल्पन, नगरीय नियोजन, भारतीय ज्ञान परम्परा, सिंगापुर, जीवनमय नगरीय नियोजन, जल केंद्रीय नगर

Water Sensitive Urban Design for India: Review of Indian Knowledge Systems and Singapore's ABC Waters Programme

S. Saravanan & Shiva Ji*
Department of Climate Change, Indian Institute of Technology, Hyderabad, Telegana 502 285 (India)
*Department of Design, Indian Institute of Technology, Hyderabad, Telegana 502 285 (India)
[E-mail: shivaji@des.iith.ac.in]

Abstract

Indian cities are increasingly confronting complex and interrelated water challenges driven by climate change, including prolonged droughts, high-intensity rainfall events, urban flooding, and deteriorating water quality. These issues are further compounded by the urban heat island effect, shifting monsoon patterns, and the accelerating pace of urbanization. Existing urban infrastructure, often based on externally imported planning models, remains poorly adapted to India's diverse ecological, climatic, and cultural realities. This study explores the potential of Water-Sensitive Urban Design (WSUD) as a resilient, context-sensitive framework to address these mounting challenges. Through a case study-based review of Singapore's Active, Beautiful, Clean (ABC) Waters Programme, the research highlights the successful integration of nature-based solutions with engineered systems to achieve multi-functional, sustainable urban water management. The study also underscores the relevance of India's indigenous knowledge systems in stormwater management and water purification, traditions deeply embedded in Ayurvedic principles, biodiversity conservation, and holistic water stewardship. Drawing from both tropical international examples and local wisdom, the paper advocates for a multidisciplinary, culturally rooted approach to urban water resilience in India.

Keywords: Water- Sensitive Urban Design, Urban Planning, Indian Knowledge systems, Singapore ABC Water Programme, Biophilic Urban Planning, Water-Centric City.

प्रस्तावना

जलवायु परिवर्तन परिवर्तित कर रहा है ऋतु संबंधी मौसमीय प्रतिरूपों को।[1] यह वायुमंडल में तापीय ऊर्जा की वृद्धि के कारण है, जो वाष्पीकरण को तीव्र करता है। यह नमी की मात्रा को बढ़ा देता है, जिसे बादल और वायु वहन कर सकते हैं। नगरों को ग्रीष्म ऋतु में तीन से चारमासों तक वर्षा के अभाव की स्थिति का सामना करना पड़ता है, तथा वर्षा ऋतु में, जब अधिकांश वृष्टि होती है, उस समय वर्षा जल का सम्यक् प्रबंधन भी आवश्यक होता है। भारत के नगरों को ग्रीष्म ऋतु में जल संकट का सामना करना पड़ता है और वर्षा ऋतु में भीषण बाढ़ आती है। 2-4 परंपरागत अभियांत्रिकीय दृष्टिकोण सामान्यतः तूफ़ानी जल निकासी पाइपों को बड़ा करने और बड़े भूमिगत जल भंडारण टैंकों के निर्माण पर केंद्रित होते हैं, जिनमें नगरीय अभियांत्रिकी आधारित समाधानों को प्रमुखता दी जाती है। हालांकि, यह शोध पत्र जल-संवेदनशील नगरी (वॉटर सेंसिटिव अर्बन डिज़ाइन) विन्यास की अवधारणा का अन्वेषण करता है, जो भौतिक अवरोधों के माध्यम से प्रकृति से संघर्ष करने के बजाय, जल के साथ सामंजस्यपूर्ण रूप से रहने और उसमें अनुकूलन करने की वकालत करता है। वॉटर-सेंसिटिव अर्बन डिज़ाइन (जल-संवेदनशील नगरीय विन्यास) का मुख्य उद्देश्य सतही अपवाह की मात्रा को कम करना और सतही जल की गुणवत्ता में सुधार करना है। यह अवधारणा प्रकृति-आधारित समाधानों (नेचर-बेस्ड सॉल्यूशंस) के व्यापक दृष्टिकोण का हिस्सा है, जो वैश्विक स्तर पर तेजी से लोकप्रिय हो रहा है। सन् 2047 तक एक विकसित भारत की परिकल्पना करते हुए, हमारा उद्देश्य ऐसे नगरीय विन्यास और नियोजन रणनीतियों की अवधारणा करना है जो नगरों को प्रकृति-संवेद्य कौशलयुक्त और स्थायित्वशील बना सकें। यह शोधपत्र भारत में शहरी डिज़ाइन और जल अपवाह प्रबंधन से जुड़े मूलभूत सिद्धांतों की समीक्षा से आरंभ होता है, जिसके बाद पवित्र वनों की भूमिका को पारंपरिक जल शुद्धिकरण प्रणालियों के रूप में प्रस्तुत किया गया है। इसके पश्चात सिंगापुर के ABC वॉटर प्रोग्राम की समीक्षा की गई है, जिसमें तीन विशिष्ट परियोजनाओं का विश्लेषण किया गया है और उनके भारतीय संदर्भ में संभावित उपयोग पर विचार किया गया है। शोधपत्र का समापन प्रमुख निष्कर्षों के साथ एक ऋग्वेद मंत्र द्वारा किया गया है, जो दार्शनिक और मानसिक दृष्टिकोण प्रदान करता है एक ऐसे दृष्टिकोण की आवश्यकता को रेखांकित करते हुए जो जल प्रबंधन की दिशा में एक स्थायी, लचीली और सांस्कृतिक रूप से जुड़ी शहरी भविष्य की कल्पना संभव बना सके।

शोध पद्धति

यह शोध भारतीय नगर नियोजन एवं वर्षाजल प्रबंधन की जटिल समस्याओं के समाधान हेतु एक नव दृष्टिकोण अपनाता है, जो वर्तमान प्रणालियों का पुनरावलोकन भारत के विशेष सांस्कृतिक एवं पारिस्थितिक परिप्रेक्ष्य में करता है। यह अध्ययन भारतीय देशज ज्ञान परंपराओं तथा सिंगापुर जैसे उष्णकटिबंधीय देशों के अनुभवों से प्रेरणा ग्रहण करता है, जिससे व्यावहारिक एवं अनुकूलनशील समाधान विकसित किए जा सकें। शोध की पद्धति गुणात्मक "bricolage" है, जो एक बहुलतावादी दृष्टिकोण को अपनाती है यह न तो केवल पारंपरिक ज्ञान को प्रधानता देती है, और न ही मात्र आधुनिक अभियंत्रण कोय अपितु, जो भारत की विशिष्ट पारिस्थितिकी एवं सांस्कृतिक विरासत के लिए उपयुक्त हो, उसी का समन्वय करती है। भारत में सफलता की सर्वोच्च संभावनाओं वाले अध्ययन प्रकरण (केस स्टडीज़) चयनित किए गए हैं, क्योंकि उनकी जलवायु और सांस्कृतिक संदर्भों में भारत से समानता है। शोध के मुख्य उद्देश्य हैं पृष्ठीय अपवाह प्रबंधन में सुधार लाना तथा पृष्ठीय जल की गुणवत्ता में वृद्धि करना। यह एक गुणात्मक समीक्षात्मक शोधपत्र है, जो समकालीन भारत में नगर नियोजन के लिए उत्कृष्ट उदाहरणों एवं पूर्ववृत्तों (precedents) का विश्लेषण करता है। जबकि यह अध्ययन बाहरी मॉडलों पर निर्भर करता है क्योंकि उपलब्ध भारतीय पांडुलिपियों में विस्तृत तकनीकी दिशा-निर्देशों की कमी है जिनमें से कई नष्ट हो चुकी हैं या उनमें अभियांत्रिकी संबंधी विवरण नहीं हैं फिर भी यह भारत की विशिष्ट सांस्कृतिक और पारिस्थितिक प्रणालियों को अपरिहार्य मानता है। पारंपरिक ज्ञान की पुनर्प्राप्ति और पुनर्निर्माण अत्यंत आवश्यक है, और संदर्भ-विशिष्ट तकनीकी मार्गदर्शन को पुनर्स्थापित करने के लिए सभी उपलब्ध सुरागों को एकीकृत करना अनिवार्य है।

पृष्ठभूमिः ब्रिटिश राज में जल निकासी प्रणाली

भारत की आज की नगरीय जल चुनौतियों को समझने के लिए, हमें उपनिवेशकालीन युग की ओर लौटना होगा जब भारतीय नगरों की आधारशिला उन लोगों ने पुनः निर्मित की थी जो न तो यहाँ के निवासी थे और न ही यहाँ की भूमि से जुड़े हुए। यह संकट इक्कीसवीं सदी में नहीं आरंभ हुआ; इसकी शुरुआत 1857 में हुई। जब प्रथम स्वतंत्रता संग्राम के बाद ब्रिटिश क्राउन ने भारत पर सीधा शासन स्थापित किया। स्वच्छता (शुचिता) के नाम पर अंग्रेजों ने नगरों में ड्रेनेज प्रणाली स्थापित करना आरंभ किया पर यह जनस्वास्थ्य के लिए नहीं, बल्कि औपनिवेशिक अधिकारियों को रोगों से बचाने के लिए था।[5,6] बंबई (आज की मुंबई) में, 1860 के दशक के अंत तक, एक संयुक्त मल-जल निकासी प्रणाली (संचलन तंत्र) स्थापित की गई, जो सीधे ब्रिटेन के नगरों की नकल थी। इसमें वर्षा-जल (वृष्टि-जल) और मल-मूत्र (विष्ठा-जल) एक ही पाइप से बहते थे यह प्रणाली ब्रिटेन की मृदु व नियमित वर्षा के लिए उपयुक्त थी, परंतु भारत के तीव्र व भारी मानसून के लिए सर्वथा अनुपयुक्त। स्थिति को और भी अधिक दुष्कर

इस कारण से हुई कि ये पाइपें, जो लोह धातु से निर्मित थीं, लवणीय तटीय मृदा में गहराई तक प्रतिष्ठापित थीं। विदेशी अभियंताओं को स्थानीय भू-परिस्थितियों का ज्ञान न था, और उन्होंने यह अनुमान नहीं लगाया कि यह लवणयुक्त मृदा लोहे को शीघ्रता से क्षय (क्षरण) कर देगी। पाइपें बार-बार फटतीं, संपूर्ण प्रणाली ध्वस्त होती और रख-रखाव एक स्थायी समस्या बन गया। अधिकांश ब्रिटिश इंजीनियरों ने भारत, विशेष रूप से बॉम्बे और कलकत्ता में सीवेज सिस्टम बनाने से पहले कभी भारत की धरती पर कदम भी नहीं रखा था। उन्हें न केवल स्थानीय परिस्थितियों की समझ की कमी थी, बल्कि प्रभावी सीवेज प्रणाली डिजाइन करने के लिए आवश्यक तकनीकी ज्ञान भी नहीं था।[7,8] अंग्रेजों ने 'विलयनही समाधान है' जैसा एक घातक मिथक फैलाया, जिसका अर्थ था कि मल-जल को बिना शुद्ध किए नदियों में बहा दो और बहता जल उसे अपने आप शुद्ध कर देगा। दिल्ली में इसका परिणाम 1955 में एक विषाणुजनित (हेपेटाइटिस) महामारी के रूप में सामने आया। नदियाँ शुद्धिकरण का साधन नहीं बनीं; वे रोग फैलाने का माध्यम बन गईं। यह स्पष्ट रूप से दर्शाता है कि ब्रिटिशों ने एक बेहद दोषपूर्ण और अव्यवस्थित ढांचा छोड़ा, जो भारत में सतत शहरी जीवन की आवश्यकताओं के लिए पूरी तरह से अनुपयुक्त था। नगरों के जल तंत्र खंडित (विखंडित) हो गए और एक तरह से सैन्य नियंत्रण (सैन्यीकृत) की भांति बना दिए गए। न कि पारिस्थितिकीय संतुलन या जनकल्याण के लिए। प्रवाहित जलधाराओं के स्थान पर स्थिर जलाशय (स्थग्न सरोवर) बनाए गए, जिससे पारिस्थितिकी और जनस्वास्थ्य दोनों को क्षति पहुँची। यह विरासत आज भी भारतीय नगरों का पीछा कर रही है। औपनिवेशिक हस्तक्षेप ने केवल प्रगति को पीछे नहीं धकेला, बल्कि सदियों से चली आ रही सतत जल परंपराओं को उखाड़ फेंका।[5,9] यह भी भली-भांति प्रलेखित है कि बॉम्बे (अब मुंबई) के स्थानीय निवासियों ने ब्रिटिश हस्तक्षेपों का तीव्र विरोध किया, क्योंकि उनके पास पहले से ही पारंपरिक भारतीय ज्ञान पर आधारित विश्वसनीय पेयजल स्रोत उपलब्ध थे।[5] औपनिवेशिक काल में स्वच्छता व्यवस्था यूरोपियनों की सुरक्षा के लिए थी, भारतीयों को अलग रखा गया। बॉम्बे जैसी योजनाएँ भारतीयों की भलाई नहीं, बल्कि यूरोपियनों को रोगों से बचाने के लिए थीं।[10-12] नागरी भारत आज भी उस प्रमाद का दण्ड भुगत रहा है।[13]

ननगरीय वर्षाजलः भारतीय दृष्टिकोण

जल, भारतीय संस्कृति और सनातन धर्म के सबसे महत्वपूर्ण तत्वों में से एक है। इस प्रकार, यह नदियों द्वारा सिंचित सम्पूर्ण भूमि को पवित्र भूमि मानता है। भारत की सभी प्रमुख नदियाँ पूजी जाती हैं और उन्हें जीवित प्राणी के रूप में देखा जाता है। आज नदी या प्राकृतिक परिदृश्य को देखने की जो अवधारणा है, उसे पश्चिमी शैक्षणिक जगत द्वारा एक आधुनिक हस्तक्षेप के रूप में पुनर्परिभाषित किया जा रहा है, जबकि यह भारत में चौदह हज़ार वर्षों से सामान्य परंपरा रही है।[9] जल को केवल एक उपयोगी संसाधन नहीं, बल्कि एक जीवंत आत्मा और एक आध्यात्मिक सत्ता के रूप में देखने का दृष्टिकोण ही वह आधार था जिसने भारत की जल प्रबंधन रणनीतियों को आकार दिया। अब हम प्राचीन भारत में हजारों वर्षों से चली आ रही नगरीय रचना और योजना की मूल भावना और व्यवहार में गहराई से प्रवेश करेंगे। भारत के सबसे महत्वपूर्ण इतिहासों में से एक है रामायण। रामायण में बालकांड एक अत्यंत महत्वपूर्ण अंश है, जिसमें अयोध्या नगरी की समृद्धि, संस्कृति और व्यवस्था का विस्तृत वर्णन मिलता है। बालकांड में नगर की नगरीय योजना, उद्यानों, समृद्धि, वास्तुकला और जल प्रबंधन का वर्णन एक आगंतुक के दृष्टिकोण से किया गया है। हिंदी में अनुवाद है 'इसके आवास समतल भूमि पर बनाए गए थे जहाँ कोई स्थान अनुपयोगी नहीं छोड़ा गया था। यह उत्तम किस्म के महीन चावल और गन्ने के रस जैसे मीठे स्वाद वाले जल से प्रचुर मात्रा में भरा हुआ था।' वर्तमान भारतीय दृष्टिकोण से जो सबसे आश्चर्यजनक बात है, वह यह है कि नगर का जल इतना मीठा और शुद्ध था, जबकि वहां निर्माण इतनी सघनता से हुआ था।[14]

गृहगाढामविच्छिद्रां समभूमौ निवेशिताम्।
शालितण्डुलसम्पूर्णामिक्षुकाण्डरसोदकाम्।
Valmiki Ramayana, Balakanda, Sarga 5, Shloka 11-12 [19]

चित्र 1 — प्राचीन अयोध्या (AI. generated using Google Gemini, July 2025)

अधिकांश समकालीन भारतीय नगरों में उनके ग्रामीण क्षेत्रों की तुलना में जल अधिक कठोर होता है। नागरिकों को स्वच्छ पेयजल प्राप्त करने के लिए महंगे फिल्ट्रेशन उपकरणों में निवेश करना पड़ता है। घने नगरीय क्षेत्रों में रहते हुए मीठा जल पीने की कल्पना आज भारतीय नगरवासियों के सपनों में भी नहीं आती।[15,16] रामायण में यह भी वर्णन मिलता है कि नगर की सड़कों पर जल का छिड़काव किया जाता था और सड़कों के दोनों ओर फूलों से साज-सज्जा की जाती थी।[14] एक और महत्वपूर्ण ग्रंथ है महाभारत, और महाभारत में भी हमें संकेत मिलते हैं कि कैसे नगर रचना और योजना प्राचीन भारत में की जाती थी। इंद्रप्रस्थ के निर्माण से पहले, भीष्म युधिष्ठिर को पशुओं और वन्य जीवों के लिए जलाशय (तारक-स्रोत) बनाने का निर्देश देते हैं। यह निर्देश महाभारत के अनुशासन पर्व (पुस्तक 13) के दानधर्म पर्व खंड में मिलता है।[17]

ततदा यथाभूमौ श्रेयोद्भावाय ताटका-सरित् निर्माय।

पशु-पक्षि-उरग-जन्तूनां तीरस्थाः सर्वभ्यः कल्याणकम्।।

Mahabharata, Anushasana Parva, (Book 13, Chapter 58) [22]

फिर से, यह श्लोक इस बात को दर्शाता है कि नगरी विकास और निर्माण के पीछे की पूरी मानसिकता प्रकृति के साथ सामंजस्य और सहयोग स्थापित करने पर केंद्रित थी। आज के भारत में कितने रियल एस्टेट डेवलपर्स आस-पास की जैव विविधता, जल प्रवाह, वन्यजीव संरक्षण और संसाधनों की बर्बादी की परवाह करते हैं? 18,19 अर्थशास्त्र में भी जल प्रबंधन और जल विज्ञान का उल्लेख किया गया है। यह जल स्रोतों को प्रदूषित करने वालों के लिए दंड का प्रावधान करता है, और जल स्रोतों का निर्माण करने वालों को कर में छूट देने की व्यवस्था करता है।[20] भारतीय ज्ञान परंपराओं में वर्षा जल प्रबंधन (स्टॉर्मवॉटर मैनेजमेंट) के संबंध में बहुत स्पष्ट दृष्टिकोण हैं। ये परंपराएँ स्पष्ट रूप से गंदे जल (मलजल) को वर्षा जल से अलग रखने की व्यवस्था का निर्देश देती हैं। इस प्रकार, आधुनिक परिप्रेक्ष्य में वे अलग सीवर प्रणाली की वकालत करती हैं। दूसरे, ये ग्रंथ जलनिधारों (जल की धाराएं), जल चैनलों, आपस में जुड़े जलाशयों, टैंकों और कुण्डों के निर्माण का निर्देश देते हैं ताकि जल का सतत प्रवाह बना रहे। जल प्रवाह को नियंत्रित करने के लिए स्लूइस (जल निकासी द्वार) होने चाहिए, जो वर्षा ऋतु के दौरान जल प्रवाह को नियमित करने में सहायक होते हैं। प्राचीन भारतीय नगरों की योजना कभी भी अन्य विज्ञानों, जैसे ज्योतिष या आयुर्वेद, से अलग नहीं थी। उदाहरण के लिए, उद्यानों और जलाशयों ने विभिन्न रोगों के उपचार के लिए पौधों की खेती में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाई। पुष्पवाटिकाएं फूलों के उद्यान होती हैं, जिन्हें नगरी पड़ोसों में स्थापित किया जाना चाहिए। इसी प्रकार, बड़े नगरों में पवित्र उपवनों को उनके नगरी ढांचे में सम्मिलित किया गया था। प्राचीन और शास्त्रीय भारत में, परिदृश्य और उद्यान निर्माण नगरी नियोजन का अभिन्न हिस्सा था। नगरों और गाँवों में सार्वजनिक उद्यान, पवित्र उपवन, जल निकाय और जैव-विविध उद्यान आध्यात्मिक और मनोरंजनात्मक दोनों उद्देश्यों के लिए समाहित किए जाते थे।[20-22]

अर्थशास्त्र में विभिन्न प्रकार के उद्यानों का वर्णन करने के लिए तीन शब्दों का उल्लेख किया गया है। वन, आराम और पुष्पफलवाटन। 'वन' एक ऐसा नियंत्रित वन क्षेत्र होता है जो राज्य के अधीक्षण में होता है, लेकिन जिसमें प्राकृतिक जंगलीपन की अधिकता रहती है। आराम शब्द से तात्पर्य उन उद्यानों और पार्कों से है जो नगरीय आवासीय क्षेत्रों के निकट स्थित होते हैं और जिन्हें विश्राम व मनोरंजन के उद्देश्य से बनाया जाता है। 'पुष्पफलवाटन' ऐसे बाग होते हैं जो नगरीय परिवेश में स्थित होते हैं, और जिनमें फल या फूलों के पौधे उगाए जाते हैं। मानसार ग्रंथ के अध्याय 9 'ग्राम-विन्यास', श्लोक 15 में कहा गया है: 'फूलों और फलदार वृक्षों से सुसज्जित उद्यानों की स्थापना निवास स्थानों के समीप सौंदर्य वृद्धि हेतु की जानी चाहिए'।[20,23]

प्राचीन तमिल नगरों ने, विशेष रूप से संगम युग के दौरान, उन्नत वर्षाजल प्रबंधन प्रणालियाँ विकसित की थीं जो जल संग्रहण

चित्र 2 — प्राचीन भारतीय शहर (AI generated using Google Gemini, July 2025)

और वितरण की दक्षता पर केंद्रित थीं। बड़े जलाशय और झीलें, जिन्हें एरी (eri) कहा जाता था, अर्धचंद्राकार बांधों के साथ बनाई जाती थीं ताकि मौसमी वर्षा जल को एकत्रित कर अपवाह को रोका जा सके। जल को नहरों, स्लुइस (पधावु) और माडु (तालाब) तथा कुदम (छोटे टैंक) जैसी छोटी संरचनाओं के नेटवर्क के माध्यम से सिंचाई और घरेलू आवश्यकताओं के लिए पहुँचाया जाता था। कलींगु (स्पिलवे) जैसी अतिरिक्त जल निकासी प्रणालियाँ यह सुनिश्चित करती थीं कि अतिरिक्त वर्षाजल सुरक्षित रूप से मोड़ दिया जाए, जिससे बाढ़ और बांधों की क्षति का जोखिम कम हो। चेक डैम (मरम) और पत्थर के बांध (कल सिरै) धाराओं के ऊपर बनाए जाते थे ताकि जल प्रवाह को नियंत्रित किया जा सके, भूजल पुनर्भरण हो और मिट्टी का कटाव रोका जा सके। कीलाड़ी जैसे नगर वर्षाजल संचयन और निकासी प्रणालियों से सुसज्जित थे, जो जल विज्ञान और सतत शहरी डिज़ाइन की गहरी समझ को दर्शाते हैं। संगम साहित्य जल के सांस्कृतिक और आध्यात्मिक महत्व को रेखांकित करता है, और इसके संरक्षण तथा सही प्रबंधन की आवश्यकता पर जोर देता है। थूम्पु नामक बांस जैसी जल खींचने और मापने वाली यंत्रों का उपयोग जलाशयों और नहरों से पानी निकालने में किया जाता था। भूमिगत नलिकाएँ (सुरुंगल) भी जल परिवहन के लिए बनाई जाती थीं, जो संभवतः मिट्टी या टेराकोटा से बनी होती थीं, हालांकि पाठों में टेराकोटा पाइपलाइन का स्पष्ट उल्लेख नहीं है। ये तकनीकें तमिल लोगों की इंजीनियरिंग कौशल को उजागर करती हैं और आधुनिक जल प्रबंधन और बाढ़ नियंत्रण के लिए मूल्यवान सबक प्रदान करती हैं।[24] माया (2003) ने केरल के मंदिर तालाबों का व्यापक अध्ययन किया, जिसमें उन्होंने इन्हें प्राचीन जल-संभर प्रणालियों के रूप में रेखांकित किया जो राज्य के अनेक मंदिर परिसरों से गहराई से जुड़े हुए हैं। ये तालाब सावधानीपूर्वक अभियांत्रिकीय रूप से निर्मित होते हैं। ये अकेले नहीं होते, बल्कि नहरों और जलनिकास मार्गों के जाल से आपस में जुड़े होते हैं। जो निरंतर जल परिसंचरण, अधिकतम वर्षा जल संचयन और प्रदूषकों के निष्कासन को प्रोत्साहित करते हैं। यह परस्पर जुड़ी प्रणाली सतत और विकेन्द्रीकृत जल प्रबंधन को बनाए रखती है, जिसे समुदाय की पारंपरिक, मौखिक नियमावली द्वारा संचालित किया जाता है, जो जल उपयोग और तालाबों के रखरखाव को नियंत्रित करती है। केरल की मंदिर परंपरा का एक विशेष पहलू मंदिर तालाबों और पवित्र उपवनों (कावु) का घनिष्ठ संबंध है। प्रत्येक मंदिर में प्रायः एक पवित्र तालाब (कुलमध्तीर्थम) और एक पवित्र उपवन होता है। पवित्र उपवन घनी देशी वनस्पतियों के संरक्षित टुकड़े होते हैं जो अक्सर मंदिर तालाबों के चारों ओर या उनसे सटे होते हैं। ये उपवन और तालाब मिलकर एक जुड़े हुए पारिस्थितिक तंत्र का निर्माण करते हैंः उपवन जैव विविधता को संरक्षित करते हैं, छाया प्रदान करते हैं और एक नम सूक्ष्म जलवायु बनाए रखते हैं, जिससे मंदिर तालाब के पौधों और जलीय जीवन दोनों को लाभ मिलता है। इन स्थलों की पवित्रता और समुदाय का सम्मान इनके निरंतर संरक्षण को सुनिश्चित करता है तथा इन्हें शहरी या औद्योगिक अतिक्रमण से बचाता है। इस युग्मित प्रणाली में जैव विविधता प्रचुरता से पनपती हैः 325 से अधिक पुष्पीय पौधों की प्रजातियाँ, साथ ही फ़र्न और 20 से अधिक जलीय पौधों की प्रजातियाँ मंदिर तालाबों के नम तटों और पवित्र उपवनों में फलती-फूलती हैं। इन पौधों में से कई औषधीय महत्व रखते हैं और पारंपरिक प्राथमिक स्वास्थ्य देखभाल और आयुर्वेदिक प्रथाओं में उपयोग किए जाते हैं। चूंकि तालाब और उपवन सामान्यतः औद्योगिक प्रदूषण से मुक्त होते हैं, यहाँ की औषधीय वनस्पतियाँ उच्च गुणवत्ता की होती हैं, जो सुरक्षित रूप से स्थानीय समुदाय को पोषण प्रदान करती हैं। संक्षेप में, मंदिर तालाबों और पवित्र उपवनों की यह द्वैध प्रणाली केरल में पर्यावरण संरक्षण का एक अद्वितीय और सतत मॉडल प्रस्तुत करती है। इनकी परस्पर जुड़ाव न केवल जल सुरक्षा और जैव विविधता को सुदृढ़ करता है, बल्कि पारंपरिक औषधीय ज्ञान और सामुदायिक कल्याण का भी भंडार है, जिसमें संस्कृति और पारिस्थितिकी का अद्भुत समन्वय है।[25]

पवित्र वन और जल शुद्धि

अब हम भारत में पवित्र वनों पर किए गए कुछ प्रमुख अध्ययनों की संक्षिप्त समीक्षा प्रस्तुत करते हैं, विशेष रूप से उनकी सतही जल

चित्र 3 — केरल का एक मंदिर, उपवन, तालाब और आयुर्वेदिक उद्यान का चित्र (AI generated using Google Gemini, July 2025)

को शुद्ध करने की क्षमता पर ध्यान केंद्रित करते हुए। आज पवित्र वन मुख्यतः ग्रामीण क्षेत्रों में ही शेष बचे हैं, लेकिन कई प्राचीन ग्रंथों में उल्लेख मिलता है कि प्राचीन भारतीय नगरों में भी पवित्र वन होते थे और वे नगर नियोजन की संरचना में समाहित और योजनाबद्ध रूप से शामिल थे। 20-22 भारत की सबसे उल्लेखनीय परिदृश्य नियोजन प्रथाओं में से एक है पवित्र वनों की स्थापना और संरक्षण। यह प्रथा पूरे भारत में उत्तर से दक्षिण तक प्रलेखित है। पवित्र वन जल को शुद्ध करने, वर्षा जल के प्रबंधन और स्थानीय जैव विविधता की रक्षा करने में बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। ये वन कई प्रकार की आयुर्वेदिक औषधियों का भी घर होते हैं, जो साथ ही सतही जल को शुद्ध करने में भी सहायक होती हैं। रे एट अल. (2008) द्वारा किए गए एक अध्ययन में एक पवित्र वन युक्त जलग्रहण क्षेत्र और एक पवित्र वन रहित जलग्रहण क्षेत्र की तुलना की गई। कर्नाटक में किए गए इस अध्ययन में पाया गया कि पवित्र वन (कारिकन) से आच्छादित जलग्रहण क्षेत्र में सूखे मौसम के दौरान मिट्टी की नमी अधिक थी (17-22%), जबकि गैर-पवित्र क्षेत्र (संबेगड्डे) में यह कम (13-17%) थी। कारिकन जलग्रहण क्षेत्र में जल संचयन की क्षमता अधिक थी, जिससे वर्षा जल संचयन में सुधार हुआ। इसके परिणामस्वरूप, नीचे स्थित गाँवों जैसे बंगरमक्की में भूजल स्तर की गिरावट धीरे-धीरे हुई, जो इस क्षेत्र में भूजल संरक्षण में सुधार का संकेत है। इसके विपरीत, गैर-पवित्र जलग्रहण क्षेत्र (संबेगड्डे) में सूखे महीनों में जल संकट उत्पन्न हो जाता है, जिससे खेती केवल वर्षा-आधारित धान जैसी फसलों तक सीमित रह जाती है।[26] जना एट अल. (2020) द्वारा उत्तराखंड के पवित्र वनों पर किए गए एक अन्य अध्ययन में पाया गया कि पवित्र वनों के भीतर का जल गुणवत्ता की दृष्टि से लगातार बेहतर था, जब इसकी तुलना पास के गैर-पवित्र क्षेत्रों से की गई। यह बेहतर गुणवत्ता नाइट्रेट की कम मात्रा (जो मानव और पशु अपशिष्ट से कम संदूषण को दर्शाती है), घुले हुए ऑक्सीजन (DO) का उच्च स्तर (जो जलीय जीवन के लिए बेहतर स्वास्थ्य का संकेत है), और जल गुणवत्ता सूचकांक (WQI) के समग्र रूप से उच्च मानों के रूप में प्रकट हुई।[27] वर्षा ऋतु के दौरान पवित्र वनों ने पास के गैर-पवित्र क्षेत्रों की तुलना में बेहतर जल गुणवत्ता बनाए रखी। जो कम नाइट्रेट स्तर, अधिक घुले हुए ऑक्सीजन (DO), और कम घुलित ठोस पदार्थ (TDS) में परिलक्षित होती है। यह दर्शाते हुए कि ये वन मौसमी प्रदूषण को नियंत्रित करने और उन समुदायों का समर्थन करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं जो इन पर निर्भर हैं। इन सभी तथ्यों के पश्चात भी, पवित्र वनों पर जलविज्ञान संबंधी अनुसंधान अत्यंत अल्प है, तथा इन वनों से प्राप्त होने वाले लाभों का अभी तक सम्यक् परीक्षण नहीं किया गया है।

चित्र 4 — कर्नाटक का वन (AI generated using Google Gemini, July 2025)

आयुर्वेदिक पौधों से जल की शुद्धि

पवित्र वनों में औषधीय पौधों की पारंपरिक रूप से मंदिर तालाब के पास खेती की जाती है ताकि मंदिर परिसर में स्वास्थ्य सेवाओं का समर्थन किया जा सके।[21-23] भारतीय शोधकर्ताओं द्वारा अमेरिका में किए गए अध्ययनों के अनुसार, औषधीय पौधों ने प्राकृतिक और सतत् तरीकों से प्रदूषित जल को शुद्ध करने में उल्लेखनीय क्षमता दिखाई है। इस अध्ययन में शोधकर्ताओं ने चार औषधीय पौधों नीम (Azadirachta indica), तुलसी (Ocimum tenuiflorum), सहजन (Moringa oleifera) और धनिया (Coriandrum sativum) की जल शुद्धिकरण क्षमता का मूल्यांकन किया। इसके लिए प्रदूषित तालाब के जल और स्वच्छ कुएँ के जल (नियंत्रण के रूप में) का उपयोग किया गया। प्रत्येक पौधे की ताज़ी पत्तियों को धोकर, धूप में सुखाया गया और पीसकर चूर्ण बनाया गया। फिर प्रत्येक पत्तियों के 5 ग्राम चूर्ण को 1000 मिलीलीटर प्रदूषित जल में मिलाया गया और उसे कुछ घंटों तक बिना छेड़े रहने दिया गया, तत्पश्चात छानकर परीक्षण किया गया। जल के भौतिक (धुंधलापन), रासायनिक (pH, COD, BOD) तथा जीवाणु संबंधी (कोलीफॉर्म गणना) मापदंडों का परीक्षण किया गया। नीम से उपचारित जल का pH नियंत्रण जल (~7) के समीप आ गया, जो अम्लता के न्यूनीकरण को दर्शाता है। COD और BOD स्तरों में उपचार के बाद उल्लेखनीय गिरावट देखी

गई, जिसमें नीम ने सर्वाधिक कमी दिखाई, उसके बाद तुलसी का स्थान रहा। कोलीफॉर्म जीवाणु, विशेषकर ई. कोलाई, नीम से उपचारित जल में लगभग पूर्णतः समाप्त हो गए, जिससे सूक्ष्मजीवी शुद्धिकरण की प्रभावशीलता सिद्ध हुई। सभी उपचारों में जल की धुंधलापन (turbidity) में थोड़ी वृद्धि हुई, संभवतः पौध अवशेषों के कारण, किंतु इससे शुद्धिकरण की प्रभावकारिता पर कोई विशेष प्रभाव नहीं पड़ा। इन निष्कर्षों से स्पष्ट हुआ कि इन चारों में नीम सर्वाधिक प्रभावी प्राकृतिक शोधक है।[28,29] ये आयुर्वेदिक पौधे भारी धातुएँ, रोगाणु और कार्बनिक प्रदूषकों जैसे तत्वों को हटाने में सक्षम हैं, जिससे ये पारंपरिक, ऊर्जा-प्रधान जल शुद्धिकरण विधियों का एक आशाजनक विकल्प बनते हैं। इस प्रक्रिया के पीछे का मूल सिद्धांत 'फाइटोरिमेडिएशन' (पादप उपचार) है, जिसमें विशेष पौध प्रजातियाँ जल में उपस्थित हानिकारक तत्वों को या तो अवशोषित करती हैं, विघटित करती हैं, या स्थिर रूप में परिवर्तित कर देती हैं। औषधीय पौधे जैसे नीम (Azadirachta indica), तुलसी (Ocimum tenuiflorum), सहजन (Moringa oleifera), और धनिया (Coriandrum sativum) ने जैविक ऑक्सीजन मांग (BOD), रासायनिक ऑक्सीजन मांग (COD), धुंधलापन (turbidity), और सूक्ष्मजीव भार, विशेषकर कोलीफॉर्म जीवाणुओं जैसे ई. कोलाई को कम करने में प्रभावशीलता दर्शाई है। विशेष रूप से नीम की पत्तियों ने प्रदूषित जल को शुद्ध करने में सबसे प्रभावी प्रदर्शन किया, संभवतः उनकी रोगाणुनाशक, प्रतिऑक्सीकरण (एंटीऑक्सिडेंट) और जैव-सक्रिय पादप रसायनों (फाइटोकैमिकल्स) के कारण। तुलसी ने भी लगभग समान प्रभाव दिखाया, जबकि सहजन और धनिया ने जल की धुंधलापन (टर्बिडिटी) और रोगाणुओं को हटाने में संतोषजनक परिणाम दिए।[30,31] यद्यपि पद्म पुराण का रचनाकाल न्यूनतम तीन हज़ार वर्ष पूर्व का माना जाता है, उस समय भी भारतीय महान विद्वानों को इन प्रक्रियाओं का ज्ञान था। पद्म पुराण के सृष्टि-खण्ड, अध्याय 58 - 'वृक्षारोपण के महत्व की स्तुति' में कहा गया हैः 'पर्व-दिनों में नीम के पत्ते जब जल में गिरते हैं, तो वे पिण्डदान के समान पुण्य देने वाले होते हैं और अनन्त फल प्रदान करते हैं। यह आदरणीय देशपांडे सर द्वारा 1989 में अनूदित पद्म पुराण के सृष्टि-खण्ड (खंड 1) के श्लोक 6 में लिखा है। श्लोक 12-13 में कहा गया है (जो बड़े हृदय वाला व्यक्ति पवित्र नीम जैसे वृक्षों को जलाशयों के रमणीय निकट, पेय पदार्थों की खरीद-बिक्री के स्थान पर, मार्ग में या (कुएँ/तालाब) के पास लगाता है, वह इन्हें लगाने के बाद सुंदर स्वर्ग को प्राप्त होता है)। पद्म पुराण में सृष्टि खंड अध्याय 28 के श्लोक 4 में कहा गया हैः 'अन्य स्थानों पर वृक्षारोपण करने से जो पुण्य प्राप्त होता है, वह पुण्य जल के समीप लगाने पर लाख-करोड़ गुना बढ़ जाता है'। और श्लोक 5 में कहा गया हैः ष्पुष्करिणी (तालाब) के तट पर वृक्षारोपण करने से अविनाशी (अक्षय) पुण्य की प्राप्ति होती है'।[32]

जोजो व्यक्ति सुंदर जलाशयों, तालाबों या मार्गों के किनारे पवित्र पीपल जैसे वृक्ष लगाता है, वह स्वर्ग प्राप्त करता है।

Padma Pura - i-khaa (Section I), Chapter 58, and 12-13[32]

सिंगापुर एबीसी जल कार्यक्रम का परिचय

आने वाले भाग में हम सिंगापुर की एबीसी वॉटर योजना (ABC Water Plan) में गहराई से उतरेंगे और समझेंगे कि यह सरकारी पहल भारत के लिए-विशेष रूप से उष्णकटिबंधीय नगरों में शहरी जल प्रबंधन के संदर्भ में एक अध्ययन के रूप में क्यों अत्यंत महत्वपूर्ण है। सिंगापुर ने अपने लंबे इतिहास से सीखा है और प्रयासों और त्रुटियों के माध्यम से अपनी जल प्रबंधन प्रथाओं का मूल्यांकन किया है।[33] नागरी विन्यास प्रथाओं का विवरण देने से पहले यह उल्लेख करना महत्वपूर्ण है कि सिंगापुर में एक पृथक सीवरेज प्रणाली उपयोग की जाती है। वर्षा जल निकासी प्रणाली का प्रबंधन SLA (सिंगापुर लैंड अथॉरिटी) द्वारा किया जाता है, और यह कार्य NParks (नेशनल पार्क्स अथॉरिटी) के सहयोग से किया जाता है, जो सिंगापुर के राष्ट्रीय उद्यानों की देखरेख करती है। सीवेज जल का प्रबंधन पब्लिक यूटिलिटीज बोर्ड (PUB) द्वारा किया जाता है और इसे एक अत्याधुनिक प्रक्रिया के माध्यम से पुनर्चक्रित कर पीने योग्य जल में परिवर्तित किया जाता है। हालाँकि पुनर्चक्रण संयंत्रों से प्राप्त जल को अभी भी नगर के जलाशयों में प्रवाहित किया जाता है, जहाँ से उसे पीने योग्य जल में परिवर्तित करने हेतु शुद्ध किया जाता है, ताकि उसे नगर भर के घरों तक पाइपलाइन के माध्यम से पहुँचाया जा सके।[34,35] 20वीं सदी के उत्तरार्ध में सिंगापुर तेजी से विस्तार कर रहा था। सरकार समाज के गरीब तबकों को औपचारिक आवास देने के लिए नए टाउनशिप विकसित कर रही थी। इस प्रकार प्राकृतिक परिदृश्य, जंगल और जल स्रोत शहरी विस्तार के कारण बदल गए। इस नागरी विस्तार ने बाढ़ का खतरा बढ़ा दिया, और नगरी ने एक इंजीनियरिंग-केंद्रित दृष्टिकोण अपनाया। जिसमें बड़े कंक्रीट नालों का निर्माण किया गया ताकि बारिश के पानी को तेजी से घनी आबादी वाले इलाकों से समुद्र की ओर भेजा जा सके। हालाँकि, ये वर्षा जल नाले अक्सर पानी के बहाव को तेज कर देते हैं, जिससे सतही जल प्रदूषण और नीचे की ओर संरचनात्मक क्षति हो सकती है। 1990 और 2000 के दशक तक सिंगापुर ने जल प्रबंधन के अपने दृष्टिकोण पर पुनर्विचार करना शुरू कर दिया।

सरकार ने नील क्षेत्रों जैसे नदियों, जलाशयों और नहरों को केवल कार्यात्मक जल निकासी चैनलों के रूप में नहीं, बल्कि एक रहने योग्य

चित्र 5 — जल निकासी चैनल (AI generated using Google Gemini, July 2025)

चित्र 6 — फिर से डिजाइन किया गया घुमावदार जल चैनल (AI generated using Google Gemini, July 2025)

शहरी वातावरण के महत्वपूर्ण घटकों के रूप में देखना शुरू किया। इस परिवर्तन की दिशा में उठाए गए पहले प्रमुख कदमों में से एक था तूफानी जल निकासी नालों की कंक्रीट दीवारों को जैव-प्रविधिक तटबंधों से बदलना। इन तटबंधों को घास और झाड़ियों से आच्छादित किया गया, जो प्राकृतिक अवरोधों के रूप में कार्य करते थे। अर्ध-जलीय वनस्पतियों ने प्रदूषकों को अवशोषित करने में मदद की, जबकि तटों के किनारे तलछट जमने की प्रक्रियाओं ने समग्र जल गुणवत्ता में सुधार किया। 2000 के दशक में, सिंगापुर ने जल प्रबंधन के केवल कार्यात्मक दृष्टिकोण से हटकर एक अधिक समग्र और टिकाऊ दृष्टि अपनाई। जल की गुणवत्ता को प्राकृतिक रूप से सुधारने के लिए वेटलैंड वनस्पति और तलछट जमा होने की प्रक्रियाओं का उपयोग किया गया। एक प्रमुख संस्थागत सुधार था मिनिस्ट्री ऑफ ट्रेड (उप-विभाग) और ड्रेनेज डिपार्टमेंट का विलय, जिसे पब्लिक यूटिलिटीज़ बोर्ड (PUB) में शामिल किया गया। इससे यह एक स्वतंत्र एजेंसी बन गई, जो जल संसाधनों के समग्र प्रबंधन में सक्षम थी। 2006 में 'एक्टिव, ब्यूटीफुल, क्लीन वॉटर्स (ABC वॉटर्स)' कार्यक्रम की शुरुआत एक महत्वपूर्ण बदलाव साबित हुई। इसका उद्देश्य उपयोगितावादी जल संरचनाओं को जीवंत, स्वच्छ और समुदाय-मित्रतापूर्ण स्थानों में बदलना और नगर-राष्ट्र के लिए जल आपूर्ति को बढ़ाना था।[36,37] कई अभियन्ता इस बात को लेकर चिंतित थे कि जल निकायों को सार्वजनिक उपयोग के लिए खोलने से जल प्रदूषण बढ़ सकता है। इसलिए सरकार को पायलट परियोजनाएं शुरू करनी पड़ीं ताकि न केवल जनता को, बल्कि अपने ही सरकारी अधिकारियों और अभियन्ताओं को अपनी क्षमताएं दिखा सके। ऐसी ही दो प्रमुख परियोजनाएं थीं, कोलम आयर परियोजना और बिशन-आंग मो किओ पार्क परियोजना।[34] आसपास के निवासियों का समर्थन और विश्वास प्राप्त करनाए कोई सरल कार्य नहीं था, और इसके लिए सरकार को काफी व्यापक जनसंपर्क प्रयास करने पड़े। इसके अंतर्गत एक exhibition, एक magazine, एक game show और एक official mascot का आयोजन किया गया, ताकि विशेष रूप से स्कूली बच्चों और उनके माता-पिता के बीच एबीसी वॉटर योजना के प्रति जागरूकता और रुचि उत्पन्न की जा सके। "ABC" संक्षेप को इसलिए भी अपनाया गया क्योंकि यह आसानी से याद रखा जा सकता है और इसने योजना के उद्देश्यों को सरल रूप में प्रस्तुत किया Active, Beautiful, और Clean। सिंगापुर की ABC वॉटर योजना के तीन प्रमुख घटक हैं। पहला है A यानी Active, जिसका उद्देश्य जल निकायों के चारों ओर ऐसे स्थान बनाना है जो समुदाय को जोड़ें और सामाजिक सहभागिता को बढ़ावा दें। दूसरा है B यानी Beautiful, जिसके तहत शहर में नीले जल-स्थलों को सौंदर्यपूर्ण दृश्यों के रूप में विकसित किया जाता है। अंतिम है C यानी Clean, जो दर्शाता है कि शहर का जल 'स्वच्छ' हो, और यह सुनिश्चित किया जाता है कि जल प्रदूषण के प्रति जनसंवेदनशीलता के लिए उचित शिक्षा भी दी जाए। एक तथाकथित '3P नेटवर्क' को एक इंटर-एजेंसी समिति के रूप में गठित किया

गया। यह '3P' का अर्थ है। पब्लिक (सार्वजनिक), प्राइवेट (निजी), और पीपल (जनता), और इस समिति का उद्देश्य इस आपसी समन्वय को समर्थन देना है। कई ऐसी एजेंसियाँ थीं जिनकी जिम्मेदारियाँ अलग-अलग थीं, जिन्हें साथ मिलकर कार्य करना पड़ा जैसे कि नेशनल पार्क बोर्ड (National Park Board), हाउसिंग डेवलपमेंट बोर्ड (Housing Development Board), पब्लिक यूटिलिटीज बोर्ड (Public Utilities Board), और अर्बन री-डेवलपमेंट अथॉरिटी (Urban Redevelopment Authority)। प्रत्येक एजेंसी की विशेषज्ञता और तकनीकी अनुभव एबीसी वॉटर योजना को लागू करने और जल-संवेदनशील नगरी विन्यास तथा 'प्रकृति में शहर' की अवधारणा को साकार करने के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण था।[35,38]

सिंगापुर विशान-एंग मो कियो पार्क

आगामी अनुच्छेद में, हम सिंगापुर की एबीसी वॉटर योजना की सबसे प्रसिद्ध पायलट परियोजनाओं में से एक 'बिशनआंग मो कियो पार्क' पर विस्तार से दृष्टि डालेंगे। कल्लांग नदी आंग मो-कियो नगरखण्ड से होकर प्रवाहित होती है। पूर्व में यह एक उपयोगितावादी तूफ़ानी जल-नाली थी, जिसमें कंक्रीट की तली और तटबंध थे। सिंगापुर सरकार द्वारा नियुक्त एक परिदृश्य स्थापत्य संस्था ने देशज पौधों और मृदा की स्थिति का सर्वेक्षण किया। उस आधार पर और विस्तृत स्थल विश्लेषण के बाद, उन्होंने 2.7 किलोमीटर लंबे पक्के नाले को 3.2 किलोमीटर लंबी घुमावदार नदी में बदल दिया। पुनः रूपरेखा तैयार किए जाने के बाद, इस उद्यान की जल धारण क्षमता में 40% की वृद्धि हुई और जैवविविधता में 30% की बढ़ोतरी हुई। मृदा जैव अभियांत्रिकी, सस्ययुक्त नालियाँ व आर्द्रभूमियाँ जैसी तकनीकों से प्राकृतिक सामग्री व वनस्पति द्वारा तटों का स्थिरीकरण, अपरदन नियंत्रण, वर्षा जल प्रबंधन और जैव विविधता का संवर्धन किया जाता है।[38] यह बलखाती (घुमावदार) नदी अब कई जानवरों, जैसे ऊदबिलावों, का निवास स्थान बन गई है, और यह क्षेत्र में मनोरंजनात्मक गतिविधियों का एक मुख्य स्थल बन चुकी है।

सिंगापुरः बिदादरी पार्क

निम्नलिखित में हम जल-संवेदनशील नागरी विन्यास के दर्शन की इस अवधारणा के एक हालिया उदाहरण में गहराई से देखेंगे, जो इतनी सारी एजेंसियों के समन्वय की मांग करता है और यह आधुनिक नागरी विकास में कैसे एकीकृत होता है। बिदादरी पार्क क्षेत्र, जो नगर के मध्य-पूर्वी हिस्से में, वुडलिइह एमआरटी स्टेशन (Woodleigh MRT Station) के पूर्वी ओर स्थित है, को सम्प्रति विकसित किया गया है। सन् 2023 में, हाउसिंग डिवेलपमेंट बोर्ड (Housing Development Board) ने उस क्षेत्र में एक विकास का प्रस्ताव रखा, जिसमें 'उद्यान में एक समुदाय' की परिकल्पना की गई थी तिरानवे हेक्टेयर में फैला हुआ, जिसमें छह आवासीय क्षेत्रों अल्काफ़ (Alkaff), बार्टली हाइट्स (Bartley Heights), सेनेट (Sennett), पार्क्स एज (Park's Edge), वुडलिइह (Woodleigh)) में ग्यारह हज़ार आवासीय इकाइयाँ प्रस्तावित थीं। एक दस से तेरह हेक्टेयर का केंद्रीय उद्यान, जो सम्पूर्ण स्थल का लगभग दस प्रतिशत क्षेत्र घेरेगा, को इस संपदा का हृदय बनाकर डिज़ाइन किया गया था, जिसे पैदल यात्रियों और द्विचक्रिकाओं (साइकिलों) के लिए हरित मार्गों के माध्यम से निकेतनों से सहज रूप से जोड़ा जाना था। निकटवर्ती क्षेत्र में प्रथम आवासगृहों का निर्माण दो हज़ार पंद्रह में सम्पन्न हुआ था। केंद्रीय सरोवर की रूपरेखा इस विचार से बनाई गई थी कि यही स्थान पूर्व में एक प्राकृतिक झील था, जिसे उन्नीस सौ चौंसठ में सुखा दिया गया था। यह झील अल्काफ झील कहलाती है और यह लगभग 40,000 घन मीटर जल को 43.5 हेक्टेयर क्षेत्रफल में समाहित कर सकती है। यह झील एक बहुउद्देशीय जल-अवरोधक सरोवर है, जिसका विन्यास इस प्रकार किया गया है कि ग्रीष्म ऋतु में यह एक प्राकृतिक झील जैसी दिखाई दे, किन्तु इसके भीतर स्वेल्स (जल निकासी नालियाँ), आर्द्रभूमियाँ, स्थूल प्रदूषक अवरोधक प्रणाली (Gross Pollutant Traps), वायुवर्धक यंत्र (aerators), स्तरीकृत निस्पंदन प्रणाली (layered filtration systems), और गुप्त भंवर तंत्र (concealed vortex system) जैसे अभियांत्रिक तत्व समाहित हैं, जो जल के प्रवाह को संशोधित और नियंत्रित करने के लिए कार्य करते हैं। यह परियोजना पाँच विभिन्न एजेंसियों एवं सलाहकारों के सहयोग से संभव हुई, जिन्होंने इस झील की रूपरेखा इस प्रकार तैयार की कि यह एक वन-आधारित विन्यास में समाहित हो सके, जिसके अंतर्गत लगभग 84% परिपक्व वृक्षों को संरक्षित किया गया, 170 से अधिक देशज प्रजातियों को पुनः स्थापित किया गया, तथा इसमें आर्द्रभूमियाँ, जलधारा-मार्ग, रेन-ट्री 'द्वीप' (rain-tree islands), अवलोकन मंच, और वन्यजीवों के अनुकूल पथ जैसे पारिस्थितिकीय तत्व सम्मिलित किए गए। यह झील ग्रीष्म ऋतु में लगभग 1.5 मीटर गहरी होती है, और वर्षा ऋतु में इसका जलस्तर 4 मीटर तक बढ़ सकता है। अचानक जलस्तर बढ़ने की स्थिति में आगंतुकों की सुरक्षा सुनिश्चित करने हेतु चेतावनी प्रकाशों सहित एक सचेतक प्रणाली स्थापित की गई है। मनोरंजनात्मक सुविधाएँ जैसे तैरते हुए डेक, उत्कृष्ट दृष्टिकोण स्थल, पगडंडियाँ, खेल के मैदान, तथा हरित क्षेत्र इस झील को केवल एक बुनियादी ढाँचे से आगे बढ़ाकर एक दैनिक उपयोग की सुविधा में परिवलतत कर देती हैं।[39]

चित्र 7 — एक प्राकृतिक जल धारा और बायो-इंजीनियर्ड जल प्रतिधारण सुविधाओं वाला स्थान (AI generated using Google Gemini, July 2025)

अल्काफ़ झील का विकास विभिन्न एजेंसियों के सहयोग से किया गया था। जिसमें हाउसिंग एंड डिवेलपमेंट बोर्ड (HDB) द्वारा मुख्य योजना और समन्वय, पब्लिक यूटिलिटीज़ बोर्ड (PUB) द्वारा वर्षा जल प्रबंधन, नेशनल पार्क्स बोर्ड (NParks) द्वारा परिदृश्य और जैव-विविधता डिज़ाइन, तथा नेशनल हेरिटेज बोर्ड (NHB) द्वारा विरासत संरक्षण शामिल थे। इस परियोजना में CPG कंसल्टेंट्स ने इंजीनियरिंग और परियोजना प्रबंधन का कार्य संभाला, जबकि हेनिंग लार्सन ने लैंडस्केप आर्किटेक्चर फर्म का योगदान दिया। प्रत्येक एजेंसी ने अपनी विशेषज्ञता के माध्यम से एक बहुउद्देशीय झील का निर्माण किया, जो बिदादरी पार्क के भीतर बाढ़ नियंत्रण, पारिस्थितिकी, विरासत और सामुदायिक स्थानों को एकीकृत करती है। एबीसी वाटर प्लान (ABC Water Plan) अन्य उष्णप्रदेशीय और एशियाई नगरों के लिए एक महत्वपूर्ण मिसाल है। सिंगापुर की सफलता भारत के नगरों को उनकी पूर्व गौरवशाली स्थिति की ओर लौटने का मार्ग दिखाती है। सिंगापुर की भौगोलिक स्थिति अद्वितीय है, जिसने उसे अत्यधिक समृद्ध बनाया है। यह समृद्धि अपशिष्ट जल को पुनर्चक्रित कर उसे पीने योग्य जल में परिवर्तित करने के लिए आवश्यक वित्तीय संसाधन उपलब्ध कराती है। हालांकि, सिंगापुर के पब्लिक यूटिलिटीज़ बोर्ड (PUB) द्वारा तैयार की गई जलग्रहण क्षेत्र प्रबंधन रणनीतियाँ, भारतीय के नगरों के लिए भी आर्थिक रूप से व्यवहार्य हैं। यह योजना

चित्र 8 — घने शहरी इलाके में जल को रोकने वाला तालाब (AI generated using Google Gemini, July 2025)

भूजल के बजाय सतही जल को पेयजल के एक सक्रिय स्रोत के रूप में देखती है।[39-41]

सिंगापुरः पुंगगोल न्यू टाउन

हम सिंगापुर के पूर्वी क्षेत्र में एक अंतिम वृहद् स्तर की नागरी विकास परियोजना का परिचय कराएँगे। यह परियोजना विशेष रूप से महत्वपूर्ण है, क्योंकि यह दर्शाती है कि किस प्रकार वृहद्ध नागरी आयोजना में जल-संवेदनशील नागरी अभिकल्पन (WSUD) की विशेषताओं को सम्पूर्ण विन्यास तथा मार्ग-जाल संरचना में सफलतापूर्वक समाविष्ट किया जा सकता है। महाभारत स्पष्ट रूप से कहती है कि किसी नगर के निर्माण से पूर्व और उसके पश्चात भी प्राकृतिक पर्यावरण की आवश्यकताओं को ध्यान में रखा जाना चाहिए। कई दृष्टियों से, सिंगापुर का यह विकास इन सिद्धांतों का अनुपालन करता है।[17,37] जैसे-जैसे 1980 के दशक में सिंगापुर की जनसंख्या बढ़ी और स्थान की आवश्यकता भी बढ़ने लगी, सरकार ने पोंगोल क्षेत्र को विकास के लिए चुना। यह एक ऐसा अवसर था जिसमें सिंगापुर अपनी आधुनिक शहरी योजना और डिज़ाइन को प्रदर्शित कर सकता था, जिससे उसे दुनिया के सबसे अधिक रहने योग्य शहरों में स्थान दिलाया जा सके। यह क्षेत्र अंततः हाउसिंग एंड डेवलपमेंट बोर्ड (HDB), शोध और तकनीकी विशेषज्ञता के लिए सेंटर फॉर लिवेबल सिटीज़ (CLC), और JTC कॉरपोरेशन के संयुक्त प्रयासों से विकसित किया गया। हालांकि, यह स्थल कई चुनौतियों से भरा था क्योंकि यहां पहले सुअर फार्म होने के कारण भारी प्रदूषण था। पर्यावरणीय समस्याओं से निपटने के लिए लिया गया पहला महत्वपूर्ण निर्णय था

कि नए विकास क्षेत्र के माध्यम से एक स्टॉर्मवॉटर चैनल (वर्षा जल नाली) का निर्माण किया जाए। यह नहर सुंगी पोंगोल नदी को सुंगी सेरंगून नदी से जोड़ेगी। पोंगोल क्षेत्र नीचाई में स्थित था और बाढ़ की चपेट में आने की आशंका अधिक थी, इसलिए जलमार्ग का निर्माण एक महत्वपूर्ण कदम था जिससे बाढ़ की घटनाओं और तीव्र वर्षा की परिस्थितियों में क्षेत्र की क्षमता और लचीलापन सुनिश्चित किया जा सके। 2007 तक, योजनाकारों और विकासकर्ताओं ने महसूस किया कि पोंगोल को मार्केट और निवासियों दोनों के लिए अधिक आकर्षक बनाने की आवश्यकता है। परिणामस्वरूप, वर्षा जल निकासी नहर की प्रारंभिक योजना एक बहुआयामी परियोजना में बदल गई, जिसमें मनोरंजन, जल प्रबंधन, जैव विविधता संरक्षण और जीवन गुणवत्ता में सुधार जैसे तत्वों को एकीकृत किया गया। वॉटरवे टेरेसेज़ जैसे आवासीय क्षेत्रों को जलमार्ग की ओर उन्मुख करके डिज़ाइन किया गया, और दोनों किनारों पर पार्क, पैदल पथ और मनोरंजन स्थलों का निर्माण किया गया। डिज़ाइन प्रतियोगिताओं के माध्यम से आवासीय विकास को जलमार्ग से जोड़ा गयाए जिससे प्राकृतिक पारिस्थितिकी तंत्र की बहाली में भी मदद मिली।[42] एचडीबी (हाउसिंग एंड डेवलपमेंट बोर्ड) ने खुद को एक पारंपरिक आवास प्रदाता से एक मास्टर डेवलपर के रूप में बदल लिया, जो शहरी नवाचार, स्थिरता और विभिन्न सरकारी एजेंसियों के बीच समन्वय का नेतृत्व करता है। 2009 में, एचडीबी ने बिल्डिंग रिसर्च इंस्टीट्यूट (BRI) की स्थापना की ताकि अनुसंधान और विकास को केंद्रीकृत किया जा सके, पर्यावरण-अनुकूल समाधानों को वास्तविक वातावरण में परीक्षण किया जा सके, और स्मार्ट, प्रीफैब्रिकेटेड व स्थायी आवास की ओर बदलाव का समर्थन किया जा सके। एचडीबी के पेशेवरों को पर्यावरणीय इंजीनियरिंग, शहरी पारिस्थितिकी और यूज़र-सेंट्रिक डिज़ाइन जैसी नई क्षमताओं में प्रशिक्षित किया गया। पुंगगोल को एक 'लिविंग लैबोरेटरी' के रूप में प्रयोग किया गया, जहाँ ट्रीलॉज/पुंगगोल और वॉटरवे टेरेसेज़ जैसी पायलट परियोजनाओं में हरित तकनीक और शहरी डिज़ाइन अवधारणाओं का परीक्षण किया गया। वहीं, समुदायिक पहलों और नागरिक समूहों के ज़रिए निवासियों को सक्रिय भागीदार बनाया गया ताकि वे अपने विकसित होते शहर को आकार देने और उसकी देखभाल करने में सहयोग कर सकें।[42-45]

Yau और सहयोगियों (2017) ने सिंगापुर के पंगगोल क्षेत्र में स्थित वॉटरवे रिजेस नामक 4-हेक्टेयर के सार्वजनिक आवासीय परिसर में वर्षा जल प्रबंधन के लिए ABC वॉटर्स (Active, Beautiful, Clean Waters) विन्यास विशेषताओं की प्रभावशीलता का मूल्यांकन किया। यह परियोजना देश में पहली बार इस प्रकार के प्रकृति-आधारित समाधानों को एक संपूर्ण आवासीय क्षेत्र स्तर पर लागू

चित्र 9 — पुंगगोल जलमार्ग, सिंगापुर की एक एआई इमेज (AI generated using Google Gemini, July? 2025)

करने का प्रयास थी, जिसका उद्देश्य घने, उष्णकटिबंधीय नगरी वातावरण में एकीकृत, जल-संवेदनशील नगरी विन्यास को प्रदर्शित करना था। इस विकास में बायोरिटेंशन बेसिन (रेन गार्डन), वनस्पति-आवृत स्वेल, ग्रैवल स्वेल और बायोरिटेंशन लॉन शामिल थे। प्रत्येक को गहरे ग्रैवल भंडारण परतों (400-750mm) और छिद्रित आउटलेट्स से सुसज्जित किया गया था ताकि वर्षा जल को रोका और धीरे-धीरे छोड़ा जा सके। ये विकेन्द्रीकृत प्रणालियाँ विशेष रूप से सिंगापुर की तीव्र उष्णकटिबंधीय वर्षाओं के प्रति प्रतिक्रिया देने के लिए विन्यस्त की गई थीं, और पूरे स्थल के लगभग 60% वर्षा जल को नियंत्रित करने में सक्षम थीं। इन प्रणालियों का प्रदर्शन 95वें परसेंटाइल के वर्षा घटनाक्रम के सिमुलेशन के माध्यम से मूल्यांकित किया गया, जिसमें 30 मिनट की अवधि में 90.6mm वर्षा दर्ज की गई। जो उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों की तीव्र, अल्पकालिक वर्षाओं के लिए एक प्रतिनिधि परिदृश्य है। यह परियोजना कई सरकारी एजेंसियों के बीच एक सहयोगी प्रयास थीः सिंगापुर की राष्ट्रीय जल एजेंसी, पब्लिक यूटिलिटीज़ बोर्ड (PUB); सार्वजनिक आवास विकास के लिए उत्तरदायी हाउसिंग एंड डेवलपमेंट बोर्ड (HDB); और अनुसंधान भागीदार IHE Delft व नेशनल यूनिवर्सिटी ऑफ सिंगापुर। इन संस्थानों ने मिलकर नीतियों, इंजीनियरिंग और अनुसंधान को एकीकृत करते हुए इस पायलट परियोजना को साकार किया, जो PUB की ABC Waters विन्यास दिशानिर्देशों के अनुरूप थी और टिकाऊ

नगरी विकास में बहु-एजेंसी सहयोग का एक मील का पत्थर साबित हुई। अध्ययन में यह पाया गया कि चरम बहाव (peak runoff) में 32.6% की कमी आई, और रनऑफ गुणांक (runoff coefficient) 0.89 से घटकर 0.60 हो गया। जो उन्नत विन्यासों में और घटकर 0.53 तक पहुँच गया। रेन गार्डन सबसे प्रभावशाली साबित हुए, जिन्होंने 39% तक बहाव में कमी हासिल की। ये निष्कर्ष दर्शाते हैं कि ABC Waters रणनीतियाँ उष्णकटिबंधीय नगरों में जलवायु लचीलापन और सतत जल प्रबंधन को सफलतापूर्वक बढ़ावा दे सकती हैं।[46]

लिम और लू (2016) के अध्ययन ने सिंगापुर के एबीसी वाटर्स प्रोग्राम का वैज्ञानिक मूल्यांकन किया। लिम और लू के अनुसार, यह कार्यक्रम कणों (टीएसएस) को हटाने, शहरी सौंदर्य और सामुदायिक स्थानों को बेहतर बनाने में प्रभावी रहा है, लेकिन पोषक तत्वों (न्यूट्रिएंट्स) को हटाने में यह कमजोर और असंगत है, और कुछ फीचर्स तूफान के दौरान फॉस्फोरस भी छोड़ते हैं। लिम और लू का निष्कर्ष है कि जल गुणवत्ता में सुधार के लिए निरंतर निगरानी, साइट-विशिष्ट डिज़ाइन का अनुकूलन और चरम मौसम स्थितियों पर शोध की आवश्यकता है।[38,47] स्थानीय परिस्थितियों के अनुरूप डिजाइन मार्गदर्शन की अनुपस्थिति कई प्रमुख चुनौतियाँ उत्पन्न करती है। उदाहरणस्वरूप, उष्णकटिबंधीय सिंगापुर में वर्षा सामान्यतः तीव्र होती है और अल्पकालिक होती है, जिससे तीव्र प्रवाह (रनऑफ) उत्पन्न होता है। ऐसे में, वे स्थायी जल निकासी प्रणालियाँ (SuDS), जिन्हें समशीतोष्ण जलवायु के लिए आकारित और संरचित किया गया है, उष्णकटिबंधीय परिस्थितियों में अपेक्षित रूप से कार्य नहीं कर पातीं। वर्षा के स्वरूप के अनुसार विशेष आकार निर्धारण सूत्रों, अवशोषण दर के मापदंडों, तथा प्रदूषक भार न्यूनकरण के अनुमान की अनुपलब्धता से योजना निर्माण और निष्पादन दोनों में अनिश्चितता उत्पन्न होती है। इसके अतिरिक्त, उष्णकटिबंधीय परिस्थितियों में SuDS की प्रभावशीलता पर आधारित दीर्घकालिक और अनुभवजन्य अनुसंधान एवं प्रेक्षण (मॉनिटरिंग) का अभाव भी एक महत्वपूर्ण समस्या है। यदि सशक्त शोध और निरीक्षण उपलब्ध न हो, तो वर्तमान ABC वॉटर डिज़ाइनों की पुष्टि करना अथवा उन्हें जल-प्रवाह दक्षता, प्रदूषक शमन और जलवायु परिवर्तन के प्रति स्थायित्व के लिए अनुकूलित करना अत्यंत कठिन हो जाता है। साथ ही, सिंगापुर की अत्यधिक संकुचित (कठोर) शहरी मृदा तथा बारंबार होने वाली तीव्र वर्षा अवशोषण-आधारित प्रणालियों की कार्यप्रणाली को पूर्वानुमानित करना जटिल बनाती है। इस दिशा में मृदा-जल की पारस्परिक क्रिया तथा उष्णकटिबंधीय शहरी परितंत्र में वनस्पति की प्रतिक्रियाओं की सम्यक् समझ की आवश्यकता है, किंतु इस विषय में शोध अभी आरंभिक अवस्था में ही है।[48] यह दर्शाता है कि उष्णकटिबंधीय जलवायु के लिए अपनी प्रथाओं को विकसित और अनुकूलित करने में सिंगापुर को अभी भी कुछ दूरी तय करनी है।

निष्कर्ष

इस शोधपत्र का समापन प्रमुख निष्कर्षों के सारांश के साथ किया गया है। सर्वप्रथम, यह स्पष्ट होता है कि भारत में शहरी जल प्रबंधन से संबंधित ज्ञान प्रणाली (ज्ञान परंपरा) अभी पर्याप्त रूप से शोधित नहीं हुई है, और इस विषय पर उपलब्ध शैक्षणिक साहित्य सीमित एवं गुणवत्ता में अपेक्षाकृत निम्न स्तर का है। द्वितीय, यद्यपि सिंगापुर को जल-संवेदनशील शहरी नियोजन का एक सफल उदाहरण माना जाता है, वहाँ की कई डिज़ाइन विशेषताएँ समशीतोष्ण (temperate) जलवायु पर आधारित हैं, जो उष्णकटिबंधीय (tropical) परिस्थितियों के लिए उपयुक्त नहीं मानी जा सकतीं। साथ ही, सिंगापुर एक द्वीपीय (island-based) नगरी है, जहाँ व्यापक बाढ़ की घटनाएँ अपेक्षाकृत कम होती हैं। इसके विपरीत, भारत के महानगर आकार में बड़े हैं और ऐसी सुविधाजनक द्वीपीय भौगोलिक स्थिति नहीं रखते, जिससे वे अधिक जटिल पर्यावरणीय चुनौतियों का सामना करते हैं। भविष्य में हम चीन के 'स्पंज सिटी कार्यक्रम' (Sponge City Programme) का विस्तृत अध्ययन करेंगे तथा भारत में जल-संवेदनशील शहरी डिज़ाइन के विकासशील उदाहरणों का विश्लेषण करेंगे। यह शोधपत्र भारत में जल-संवेदनशील नगरों के निर्माण हेतु आवश्यक ज्ञान का संचयन (knowledge compilation) करने की दिशा में एक प्रारंभिक प्रयास है। दशकों से हमारे भीतर यह विचार गहराई से बैठा दिया गया है कि भारत में ब्रिटिशों द्वारा बसाए गए शहर आधुनिक भारत के सर्वश्रेष्ठ और सबसे गौरवशाली उदाहरण हैं। यह शोध पत्र इस धारणा को गंभीर रूप से चुनौती देता है (यद्यपि यह अभी केवल विषय की सतही परत को ही छूता है) और इस दिशा में आगे गहराई से विश्लेषण करने का आग्रह करता है। यह धारणा कि जल स्रोतों के पास किए गए आध्यात्मिक या सांस्कृतिक क्रियाकलाप अनिवार्य रूप से प्रदूषण को जन्म देते हैं इसे चुनौती देने की आवश्यकता है। जल को एक पवित्र तत्व के रूप में सम्मानित किया जाना चाहिए और उसे हमारे निर्मित परिवेश में सोच-समझकर समाहित किया जाना चाहिए, ताकि वह सदैव प्रवाहित, स्वच्छ और संरक्षित बना रहे। झीलें, नदियाँ और जलाशय नगरीय नियोजन की आधारशिला बनें।

हे सुखदायिनी आपः! तुम हमारी ऊर्जाओं की वृद्धि करो, हमारे उत्तम दृश्य के लिए सहायक बनो।

तुम वहाँ राज्य करती हो जहाँ देवता निवास करते हैं और जहाँ देवताओं की स्वधाएँ हैं।

तुम हमें अपनी औषधि स्वरूप शक्ति प्रदान करो और हमें सुरक्षा प्रदान करो।

Rigveda 10.9.3 (Apa Sukta)[41]

जैसा कि रामायण में कल्पना की गई है, हमारे नगरों में जल इतना शुद्ध और मधुर होना चाहिए कि उसका स्वाद गन्ने के रस जैसा लगे। हम इस शोध पत्र का समापन ऋग्वेद के एक श्लोक के साथ करेंगे।[9 49] जब हम जल का सम्मान करेंगे तभी वह हमें प्रकाशित करेगा।

संदर्भ

1. Rajeevan, M. N. South Asian Summer Monsoon: Processes, Prediction, and Societal Impacts. (Elsevier, Chantilly, 2025).
2. Bellanova, L. et al. Contemporary Contamination of Urban Floodplains in Chennai (India). Water. Air. Soil Pollut. 233, 311 (2022).
3. Ali, H., Mishra, V. & Pai, D. S. Observed and projected urban extreme rainfall events in India. J. Geophys. Res. Atmospheres 119, (2014).
4. Bisht, D. S., Chatterjee, C., Raghuwanshi, N. S. & Sridhar, V. An analysis of precipitation climatology over Indian urban agglomeration. Theor. Appl. Climatol. 133, 421-436 (2018).
5. Broich, J. Engineering the Empire: British Water Supply Systems and Colonial Societies, 1850-1900. J. Br. Stud. 46, 346-365 (2007).
6. Chopra, P. A Joint Enterprise: Indian Elites and the Making of British Bombay. (University of Minnesota Press, Minneapolis, 2011).
7. Kishore, R. Urban 'Failures': Municipal Governance, Planning and Power in Colonial Delhi, 1863-1910. Indian Econ. Soc. Hist. Rev. 52, 439-461 (2015).
8. Murmu, S. K., Islam, N. & Sen, D. The heritage sewer networks of Kolkata (Calcutta) and ascertaining their coping potential under growing urban pressures. ISH J. Hydraul. Eng. 28, 325-335 (2022).
9. Susheel Kumar Sharma & Debajyoti. The Environment in Hindu Consciousness: Revisiting the Sacred Texts. in Environmental Humanities in India (Springer Nature Singapore, 2024).
10. Ramesh, A. & Raveendranathan, V. Infrastructure and public works in colonial India: Towards a conceptual history. Hist. Compass 18, (2020).
11. Cannistra, J. The Sanitary Lens: A Study of 19th Century Public Health in British Colonial India and Australia. (Portland State University, 2023). doi:10.15760/honors.1423.
12. D'Souza, R. Water in British India: The Making of a 'Colonial Hydrology'. Hist. Compass 4, 621-628 (2006).
13. Kidambi, P. The Making of an Indian Metropolis. (Routledge, 2016). doi:10.4324/9781315238500.
14. Maharishi Valmiki. ?r?mad V?lm?ki R?m?ya?a. vol. Code 452 (Vol. 1), Code 453 (Vol. 2) (Gita Press, 2022).
15. Kumar, R. R., Vanjinathan, M., Muniraj, S. & Tamizhdurai, P. Comparative study on groundwater quality assessment of Chennai District, Tamil Nadu during 2019-2020. South Afr. J. Chem. Eng. 50, 235-244 (2024).
16. Shaikh, H., Gaikwad, H., Kadam, A. & Umrikar, B. Hydrogeochemical characterization of groundwater from semiarid region of western India for drinking and agricultural purposes with special reference to water quality index and potential health risks assessment. Appl. Water Sci. 10, (2020).
17. Maharshi Ved Vysa. Mahabharata (in Six Volumes, Sanskrit Text with Hindi Translation). vol. Volume codes 32-37, SKU?728 (G?t??Press, Gorakhpur, 2018).
18. Nix, E. et al. Evaluating Housing Health Hazards: Prevalence, Practices and Priorities in Delhi's Informal Settlements. J. Urban Health 97, 502-518 (2020).
19. Waldman, L. *et al*. Peri-Urbanism in Globalizing India: A Study of Pollution, Health and Community Awareness. Int. J. Environ. Res. Public. Health 14, 980 (2017).
20. Kautialya. Kautilya's Arthashstra: an introduction, Sanskrit text, English translation & notes. (Parimal Publications, Delhi, 2019).
21. Surapala., E. and T. by N. S. and Y. L. N. Vrikshyurveda: The Science of Plant Life by Surapala. (Secunderabad: Asian Agri-History Foundation, 2003).
22. Suresh, G., Haridasan, K. & Krishnamurthy, K. Relevance of Vrikshayurveda and other traditional methods for organic production of

nursery seedlings of useful plants. Anc. Sci. Life 33, 60 (2013).
23. PRASANNA KUMAR ACHARYA,. MANASARA ON ARCHITECTURE AND SCULPTURE SANSKRIT TEXT WITH CRITICAL NOTES. (Dean of the Faculty of Arts, Head of the Oriental Departments, Professor of Sanskrit. University of Allahabad, 1933).
24. M. Murali. Use of Water in Sangam Literature. Int. Res. J. Tamil 4, 57-61 (2022).
25. Maya.S, S. Temple tanks - the ancient water harvesting systems of Kerala and their multifarious roles. Indian J. Tradit. Knowl. Vol. 2(3), July 2003, pp. 224-229, (2003).
26. Ray, R. Importance of sacred grove in watershed management system. (2008).
27. Jana, P., Dasgupta, S. & Todaria, N. P. Valuation of Water as Forest Ecosystem Service in a Sacred Grove of Garhwal Himalaya, India. (2020).
28. Kafle, A. et al. Phytoremediation: Mechanisms, plant selection and enhancement by natural and synthetic agents. Environ. Adv. 8, 100203 (2022).
29. Delgado-González, C. R. et al. Advances and Applications of Water Phytoremediation: A Potential Biotechnological Approach for the Treatment of Heavy Metals from Contaminated Water. Int. J. Environ. Res. Public. Health 18, 5215 (2021).
30. Bindhu .K .B, T.P, K., P S Rekha, K.P, B. & Adya Shibu. Water Purification Potential of Selected Medicinal Plants. J. Chem. Health Risks JCHR (2023), (2023).
31. Golia, E. E., Barbieri, E., Papadimou, S. G. & Alexiadis, D. Energy, Aromatic, and Medicinal Plants' Potential and Prospects for the Remediation of Potentially Toxic Element-Contaminated Agricultural Soils: A Critical Meta-Analysis. Toxics 12, 914 (2024).
32. Dr. N.A. DESHPANDE. THE PADMA-PURANA o PART II. (1989).
33. Yau, W., Radhakrishnan, M., Liong, S.-Y., Zevenbergen, C. & Pathirana, A. Effectiveness of ABC Waters Design Features for Runoff Quantity Control in Urban Singapore. Water 9, 577 (2017).
34. Tortajada, C. Water Management in Singapore. Int. J. Water Resour. Dev. 22, 227-240 (2006).
35. Tortajada, C. & Joshi, Y. K. Water Demand Management in Singapore: Involving the Public. Water Resour. Manag. 27, 2729-2746 (2013).
36. Yau, W., Radhakrishnan, M., Liong, S.-Y., Zevenbergen, C. & Pathirana, A. Effectiveness of ABC Waters Design Features for Runoff Quantity Control in Urban Singapore. Water 9, 577 (2017).
37. Ludher, E. Punggol: From Farmland to Smart Eco-Town. (Centre for Liveable Cities, Singapore, Singapore, 2021).
38. Lim, H. S. & Lu, X. X. Sustainable urban stormwater management in the tropics: An evaluation of Singapore's ABC Waters Program. J. Hydrol. 538, 842-862 (2016).
39. Henning Larsen Architects. Bidadari Park. Website Architecture Firm 1 (2025).
40. Koh Wan Ting. New Bidadari Park inspired by Winnie the Pooh forest, features recreational lake, trails and treehouse playground. CNA Singapore (2024).
41. Henning Larsen Architects. Bidadari Park. Website (2025).
42. Ludher, E. Punggol: From Farmland to Smart Eco-Town. (Centre for Liveable Cities, Singapore, Singapore, 2021).
43. Ming, L. J., Suan, T. P. & Toh, W. HDB's next generation of eco-districts at Punggol and eco-modernisation of existing towns. IES J. Part Civ. Struct. Eng. 3, 203-209 (2010).
44. Yuen, B. Eco-city Planning: Pure Hype or Achievable Concept. City Plan. (2013).
45. Wong, L. H. et al. Floating wetlands at Punggol. IES J. Part Civ. Struct. Eng. 6, 249-257 (2013).
46. Yau, W., Radhakrishnan, M., Liong, S.-Y., Zevenbergen, C. & Pathirana, A. Effectiveness of ABC Waters Design Features for Runoff Quantity Control in Urban Singapore. Water 9, 577 (2017).
47. Li, Q. et al. Comprehensive performance evaluation of LID practices for the sponge city construction: A case study in Guangxi, China. J. Environ. Manage. 231, 10-20 (2019).
48. Season S. Chen et al. Designing sustainable drainage systems in subtropical cities: Challenges and opportunities. J. Clean. Prod. Volume 280, (2020).
49. Acharya Baldev Upadhyay & Dr. Ganga Sahay Sharma. Rigveda with Hindi Commentary by Acharya Baldev Upadhyay & Dr. Ganga Sahay Sharma. (Chowkhamba Vidya Bhavan, 1979).