ISSN-2319-8478
Vol-15 Issue-3, June 2026

A Referred Peer Review Research Journal

Vindhyan Bloom

ISSN-2319-8478 Vol-15 Issue-3, June 2026

Manuscript Information	Research Paper	Paper No. VBRP-19

आवासीय क्षेत्रों के आसपास शहरी वायु गुणवत्ता में सुधार करने में हरित अवसरचना की भूमिका का मूल्यांकन करना

विवेक भारद्वाजशोधार्थी (भूगोल), प्रधानमंत्री कॉलेज ऑफ़ एक्सीलेंस, शासकीय माधवमहाविद्यालय, उज्जैन

डॉ. मोहन निमोले, विभागाध्यक्ष (भूगोल), प्रधानमंत्री कॉलेज ऑफ़ एक्सीलेंस शासकीय माधव महाविद्यालय, उज्जैन (म.प्र.)

सारांश Abstract: भारत में तेज़ी से हो रहे शहरीकरण ने आसपास के वायु प्रदूषण को - औरबढ़ा दिया है; बड़े शहरों के रिहायशी इलाकों में अक्सर महीन कणों $PM_{2.5}$, PM_{10}, नाइट्रोजन डाइऑक्साइड (NO_2), और ओज़ोन (O_3) का स्तर काफी ज़्यादा पाया जाता है। वाहनों से निकलने वाला धुआँ, सड़कों की धूल, निर्माण कार्य और औद्योगिक स्रोत घनी आबादी वाले रिहायशी इलाकों पर असंतुलित रूप से ज़्यादा असर डालते हैं, जिससे लोगों के स्वास्थ्य पर गंभीर बोझ पड़ता है, जिसमें साँस और दिल से जुड़ी बीमारियाँ शामिल हैं। इस पृष्ठभूमि में, हरित अवसरचनाजिसमें शहरी जंगल, पार्क, सड़कों के किनारे पेड़पौधों की - कतारें, ग्रीन बेल्ट, जैव विविधता पार्क, हरी छतें और वर्टिकल ग्रीनिंग सिस्टम शामिल हैं — साथ -शहरी वायु प्रदूषण को कम करने के साथ कई अन्य फायदे देने वाले एक आशाजनक, प्रकृतिआधारित समाधान के रूप में उभरा है।- यह शोध भारतीय शहरों के रिहायशी इलाकों पास वायु की गुणवत्ता को बेहतर -के आस बनाने में, रणनीतिक रूप से नियोजित हरित अवसरचनाकी भूमिका का मूल्यांकन करता है। केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (CPCB) के आँकड़ों, राष्ट्रीय स्वच्छ वायु कार्यक्रमकी शहर-स्तरीय कार्य योजनाओं, और i-Tree Eco मूल्यांकन जैसे ज़मीनी स्तर पर जाँचे गए उपकरणों के आधार पर, यह अध्ययन प्रदूषण हटाने के विभिन्न तरीकों का विश्लेषण करता है; इनमें पत्तियों की सतह पर धूल का जमना, गैसीय प्रदूषकों का पत्तियों के छिद्रोंद्वारा अवशोषण, वाष्पोत्सर्जन और छाया के माध्यम से सूक्ष्मजलवायु में बदलाव-, और प्रदूषकों के फैलाव के बेहतर तरीके शामिल हैं।

NCAP के 'नॉन-अटेनमेंट शहरों' (जहाँ प्रदूषण के लक्ष्य पूरे नहीं हुए हैं), जिनमें दिल्ली भी शामिल है, से मिले अनुभवजन्य प्रमाण यह दर्शाते हैं कि अच्छी तरह से डिज़ाइन किए गए शहरी हरित क्षेत्र और पेड़ों की कतारें PM (कणों) की सांद्रता में स्थानीय स्तर पर कमी ला सकती हैं; दिल्ली के कुछ चुनिंदा पार्कों में किए गए i-Tree मूल्यांकनों से पता चला है कि वहाँ हर साल सैकड़ों किलोग्राम PM_{10} और $PM_{2.5}$, तथा अन्य प्रदूषकों को हटाया जाता है। उपग्रहों से प्राप्त NDVI डेटा और ज़मीनी स्तर की निगरानी के माध्यम से देखे गए व्यापक सहसंबंध यह संकेत देते हैं कि जिन इलाकों में हरियाली का आवरण ज़्यादा होता है (जो NCAP द्वारा अनुशंसित 20-33% के लक्ष्य के करीब होता है), वहाँ वायु की गुणवत्ता का सूचकांक तुलनात्मक रूप से बेहतर होता है, विशेष रूप से प्रदूषण के उच्च स्तर वाले मौसमों में। हालाँकि, इसकी प्रभावशीलता

ISSN-2319-8478
Vol-15 Issue-3, June 2026

शहरी बनावट के अनुसार काफी बदल जाती है; संकरी गलियों या 'स्ट्रीट कैन्यन' में घने और ऊँचे पेड़-पौधे कभी-कभी प्रदूषकों को फँसा भी सकते हैं, जिससे यह बात स्पष्ट होती है कि हमें प्रमाण-आधारित डिज़ाइन दिशानिर्देशों की सख्त ज़रूरत है। यह अध्ययन आगे चलकर शहरी 'हीट आइलैंड' (शहरी गर्मी के द्वीप) के प्रभाव को कम करने, कार्बन को सोखने, जैव विविधता को बढ़ाने और निवासियों की भलाई में सुधार जैसे सह-लाभों की जाँच करता है; साथ ही यह रखरखाव की चुनौतियों, संभावित 'बायोजेनिक वाष्पशील कार्बनिक यौगिकों' (Biogenic Volatile Organic Compound) के उत्सर्जन, और NCAP के तहत सख्त 'स्रोत-नियंत्रण उपायों' के साथ (ग्रीन इंफ्रास्ट्रक्चर) को एकीकृत करने की आवश्यकता जैसी सीमाओं पर भी विचार करता है। सरकारी पोर्टलों (PRANA,CPCB) और विशेषज्ञों द्वारा समीक्षित भारतीय केस स्टडीज़ से प्राप्त द्वितीयक डेटा का विश्लेषण करके, यह शोध शहरी योजनाकारों और नीति निर्माताओं के लिए व्यावहारिक अंतर्दृष्टि प्रदान करता है।

अध्ययन के निष्कर्षहरित अवसरचनाको मास्टर प्लान, AMRUT योजनाओं, 'नगर वन योजना' और भवन उप-नियमों में मुख्यधारा में लाने की वकालत करते हैं, जिसमें आवासीय 'हॉटस्पॉट' (अधिक प्रभावित क्षेत्रों) में लक्षित हस्तक्षेप शामिल हैं। अंततः, संदर्भ के अनुसार उपयुक्त 'ग्रीन इंफ्रास्ट्रक्चर' का विस्तार करना, NCAP लक्ष्यों, सतत विकास लक्ष्यों (SDG 3 और 11), और भारतीय शहरों में स्वस्थ शहरी जीवन वातावरण को प्राप्त करने की दिशा में एक लागत-प्रभावी और लचीला मार्ग प्रदान करता है।

सूचक शब्द *-हरित अवसरचना, शहरी वायु गुणवत्ता, पार्टिकुलेट मैटर, राष्ट्रीय स्वच्छ वायु कार्यक्रम, आवासीय क्षेत्र, भारतीय शहर*

प्रस्तावना Introduction

भारत मानव इतिहास में सबसे तेज़ी से हो रहे शहरी बदलावों में से एक का अनुभव कर रहा है। हाल के अनुमानों के अनुसार, 2036 तक शहरी आबादी लगभग 60 करोड़ तक पहुँचने का अनुमान है, जिससे शहरों पर पर्यावरणीय दबाव और बढ़ जाएगा। इन चुनौतियों में, आस-पास की हवा का प्रदूषण सबसे गंभीर समस्याओं में से एक है, जिसका सार्वजनिक स्वास्थ्य, आर्थिक उत्पादकता और जीवन की गुणवत्ता पर गहरा असर पड़ता है, खासकर रिहायशी इलाकों में।

भारत में शहरी हवा की गुणवत्ता पर मुख्य रूप से महीन कणों ($PM_{2.5}$ और PM_{10}), नाइट्रोजन डाइऑक्साइड (NO_2), सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2), ओज़ोन (O_3), और कार्बन मोनोऑक्साइड का प्रभाव रहता है। इसके मुख्य स्रोतों में वाहनों से निकलने वाला धुआँ, सड़कों की धूल का फिर से हवा में घुलना, निर्माण कार्य, औद्योगिक उत्सर्जन, कचरा जलाना और मौसम के अनुसार फ़सलों के अवशेष जलाना शामिल हैं। मुख्य सड़कों, औद्योगिक समूहों और भारी ट्रैफ़िक वाले रास्तों के पास स्थित रिहायशी इलाकों में अक्सर प्रदूषण का स्तर सबसे ज़्यादा पाया जाता है। 'वर्ल्ड एयर क्वालिटी रिपोर्टऔर CPCB के आँकड़ों के अनुसार, भारत के कई शहरों में हवा की गुणवत्ता अक्सर 'राष्ट्रीय परिवेशी वायु गुणवत्ता मानकों' (NAAQS) से कहीं ज़्यादा खराब पाई जाती है। कई शहरों में $PM_{2.5}$ की वार्षिक औसत सांद्रता WHO के 5 $\mu g/m^3$ के दिशानिर्देश से 8-10 गुना ज़्यादा बनी रहती है।स्वास्थ्य पर इसका बोझ बहुत ज़्यादा है। वायु प्रदूषण का संबंध साँस और दिल की बीमारियों, स्ट्रोक, फेफड़ों के कैंसर, मधुमेह, गर्भावस्था से जुड़ी समस्याओं और सोचने-समझने की क्षमता में कमी से है। अनुमानों के अनुसार, भारत में हर साल लगभग 17 से 21 लाख लोगों की समय से पहले मौत का कारण वायु प्रदूषण ही बनता है। इसका सबसे ज़्यादा असर बच्चों, बुज़ुर्गों और घनी आबादी वाले रिहायशी इलाकों में रहने वाले कम आय वाले समुदायों जैसे संवेदनशील वर्गों पर पड़ता है।

ISSN-2319-8478
Vol-15 Issue-3, June 2026

मृत्यु दर के अलावा, यह जीवन प्रत्याशा (कुछ आकलन के अनुसार औसतन 3.5 साल तक) को भी कम करता है और स्वास्थ्य सेवाओं पर होने वाले खर्च तथा उत्पादकता में कमी के रूप में भारी आर्थिक नुकसान पहुँचाता है।

हाल के विश्लेषणों (2019–2025) से पता चलता है कि भारत के लगभग 44% शहर लगातार वायु प्रदूषण की समस्या से जूझ रहे हैं, जहाँ हवा की गुणवत्ता लगातार NAAQS के मानकों से नीचे बनी रहती है। गंगा-जमुना के मैदानी इलाकों और कई ऐसे शहरों में जहाँ की आबादी 10 लाख से ज़्यादा है, प्रदूषण का स्तर विशेष रूप से ऊँचा पाया जाता है (कई जगहों पर PM_{10} का स्तर अक्सर 80–120 $\mu g/m^3$ तक पहुँच जाता है)। हालांकि नेशनल क्लीन एयर प्रोग्राम (NCAP) की वजह से कुछ सुधार हुए हैं—2018 और 2022 के बीच मॉनिटर किए गए 28 शहरों में से 17 में PM_{10} के स्तर में 15–60% की गिरावट देखी गई—फिर भी कई इलाके अभी भी तय मानकों से पीछे हैं। प्रगति एक जैसी नहीं रही है, और रिहायशी इलाकों में प्रदूषण का खतरा अभी भी एक बड़ी चिंता का विषय बना हुआ है, क्योंकि ये इलाके प्रदूषण फैलाने वाले स्रोतों के करीब होते हैं और यहां बनी हुई इमारतों में हवा आने-जाने की व्यवस्था भी सीमित होती है।

प्रदूषण के मानकों, ईंधन की गुणवत्ता और प्रदूषण के स्रोतों पर नियंत्रण जैसे पारंपरिक 'कमांड-एंड-कंट्रोल' तरीकों से अब तक सिर्फ़ आंशिक सफलता ही मिली है। हालांकि, शहरों में फैले हुए प्रदूषण से निपटने और उन रिहायशी इलाकों में हवा की गुणवत्ता सुधारने में ये तरीके अक्सर नाकाफ़ी साबित होते हैं, जहां लोग रोज़ाना रहते हैं, काम करते हैं और सांस लेते हैं। इसी वजह से, प्रकृति पर आधारित पूरक समाधानों—खास तौर पर 'ग्रीन इंफ्रास्ट्रक्चर' (GI)—में लोगों की दिलचस्पी लगातार बढ़ रही है।

साहित्य समीक्षा Literature Review

- **वशिष्ठ और अन्य (2024)**ने अपने अध्ययन, जिसका शीर्षक है "भारत के एक शहरी-औद्योगिक क्षेत्र में वनस्पति से होने वाले वायु गुणवत्ता लाभों का आकलन: वायु निगरानी को i-Tree Eco मॉडल के साथ एकीकृत करके" (जो CLEAN – Soil, Air, Water में प्रकाशित हुआ), में दिल्ली के उत्तर-पश्चिमी औद्योगिक क्षेत्र में वास्तविक समय की $PM_{2.5}$ निगरानी को i-Tree Eco मॉडल के साथ जोड़ा। उन्होंने पाया कि सड़क किनारे पेड़ों की कतारों ने, बिना हरियाली वाले हिस्सों की तुलना में, व्यस्त समय (peak hours) के दौरान यातायात से संबंधित $PM_{2.5}$ की सांद्रता को काफी हद तक कम कर दिया; यह निष्कर्ष आवासीय और औद्योगिक क्षेत्रों के आस-पास के इलाकों के लिए लक्षित वनस्पति के महत्व को दर्शाता है।

- **सोनी (2025)**ने अपने शोध-पत्र (dissertation) "i-Tree उपकरणों का उपयोग करके शहरी वनों का आकलन और प्रबंधन: नई दिल्ली, भारत का एक केस स्टडी" में, डियर पार्क, हौज खास पर i-Tree Eco मॉडल लागू किया। इस आकलन में लगभग 257 किलोग्राम PM_{10} और 21 किलोग्राम $PM_{2.5}$, तथा अन्य प्रदूषकों (NO_2, SO_2, O_3, CO) के वार्षिक निष्कासन (हटाए जाने) की मात्रा निर्धारित की गई। Azadirachta indica (नीम)जैसी प्रजातियाँ इस मामले में सबसे बेहतरीन प्रदर्शन करने वाली प्रजातियों के रूप में सामने आईं, जिससे आवासीय हरित क्षेत्रों के लिए सही प्रजाति के चयन का महत्व उजागर होता है।

ISSN-2319-8478
Vol-15 Issue-3, June 2026

- **एक्का (2024)**ने भारतीय शहरों में हरित पट्टी (green belt) के विकास के उद्देश्य से सड़क किनारे लगे पेड़ों का अध्ययन किया, और दिल्ली के संदर्भ में प्रदूषण को कम करने तथा पारिस्थितिकी तंत्र सेवाओं में इन पेड़ों की भूमिका पर विशेष जोर दिया (यह अध्ययन Environmental Science and Pollution Research या संबंधित पत्रिकाओं में प्रकाशित हुआ)। यह अध्ययन वायु गुणवत्ता संबंधी लाभों को अधिकतम करने के लिए शहरी सड़कों पर लगाए जाने वाले पेड़ों के चयन को अनुकूलित करने की आवश्यकता का समर्थन करता है।

- **इमाम (2016)**ने अपने लेख "शहरीकरण और भारतीय शहरों का हरितीकरण" (जो Journal of the Indian Institute of Science या इसी तरह की अन्य पत्रिकाओं में प्रकाशित हुआ) में, गैसीय प्रदूषकों को अवशोषित करने और सूक्ष्म कणों (particulates) को रोकने में वनस्पति की भूमिका को रेखांकित किया; इस कार्य ने वर्तमान नीति निर्माण और एकीकरण के लिए एक वैचारिक आधार तैयार किया।

अध्ययन क्षेत्र का विवरण Study Area Description

यह अध्ययन मध्य प्रदेश के दो प्रमुख शहरी केंद्रों — भोपाल ज़िला और इंदौर ज़िला — पर केंद्रित है, ताकि आवासीय क्षेत्रों के आस-पास शहरी हवा की गुणवत्ता को बेहतर बनाने में हरित अवसरचना(GI) की भूमिका का मूल्यांकन किया जा सके। ये शहर मध्य भारत में विविध शहरी प्रकारों का प्रतिनिधित्व करते हैं, जिससे वे राज्य के तेज़ी से शहरीकरण हो रहे संदर्भ में तुलनात्मक विश्लेषण के लिए उपयुक्त बन जाते हैं।

3.1 भोपाल ज़िला

भोपाल, जो मध्य प्रदेश की राजधानी है, अपनी ऐतिहासिक जल-निकायों (ऊपरी झील और निचली झील) के कारण "झीलों के शहर" के रूप में जाना जाता है; ये जल-निकाय भोज वेटलैंड (आर्द्रभूमि) का हिस्सा हैं, जो एक रामसर स्थल है। मध्य प्रदेश के मध्य भाग में स्थित, भोपाल लगभग 463 वर्ग किमी (शहरी क्षेत्र) में फैला हुआ है और इसकी आबादी लगभग 1.9 मिलियन (2011 की जनगणना) थी, जिसके वर्तमान में 2.5 मिलियन से अधिक होने का अनुमान है। इंदौर के बाद यह राज्य का दूसरा सबसे बड़ा शहर है।

भोपाल में पुराने शहर के विरासत क्षेत्रों, नियोजित आवासीय कॉलोनियों (जैसे, अरेरा कॉलोनी, टीटी नगर), औद्योगिक क्षेत्रों (गोविंदपुरा, मंडीदीप), और शहरी-बाहरी विस्तार का एक मिला-जुला रूप देखने को मिलता है। वाहनों से होने वाला उत्सर्जन, सड़कों की धूल, निर्माण कार्य और बायोमास जलाना वायु प्रदूषण के प्रमुख कारण हैं। राष्ट्रीय स्वच्छ वायु कार्यक्रम (NCAP) के तहत एक 'नॉन-अटेनमेंट सिटी' (लक्ष्य प्राप्त न करने वाला शहर) के रूप में, भोपाल की निगरानी की जाती रही है क्योंकि यहाँ राष्ट्रीय परिवेशी वायु गुणवत्ता मानकों (NAAQS) का लगातार उल्लंघन होता रहा है, विशेष रूप से PM_{10} और $PM_{2.5}$ के मामले में। अध्ययनों से पता चलता है कि $PM_{2.5}$ का वार्षिक औसत स्तर लगभग 45–50 $\mu g/m^3$ रहता है, जो NAAQS और WHO के दिशानिर्देशों से काफी अधिक है।

शहर में उल्लेखनीय मौजूदा हरित अवसरचनामौजूद है, जिसमें शहरी झीलें, पार्क, सड़कों के किनारे लगाए गए पेड़-पौधे और शहर के बाहरी इलाकों में जंगल के छोटे-छोटे हिस्से शामिल हैं। 'नगर वन योजना', 'स्मार्ट सिटीज़ मिशन' (ब्लू-ग्रीन मास्टर प्लान), और 'अमृत' (AMRUT) के तहत शुरू की गई पहलें शहरी हरियाली को बढ़ावा देती हैं। हालाँकि, मुख्य सड़कों और औद्योगिक क्षेत्रों के पास स्थित आवासीय क्षेत्रों को अभी भी हरियाली के

ISSN-2319-8478
Vol-15 Issue-3, June 2026

असमान वितरण के कारण प्रदूषण के उच्च स्तर का सामना करना पड़ता है।

3.2 इंदौर ज़िला

इंदौर, जो मध्य प्रदेश की वाणिज्यिक राजधानी है, राज्य का सबसे बड़ा और सबसे अधिक आबादी वाला शहर है, जिसकी आबादी 2.5–3 मिलियन से अधिक है। यह अपनी कुशल ठोस अपशिष्ट प्रबंधन प्रणाली के कारण 'स्वच्छ भारत मिशन' के तहत लगातार (कई वर्षों तक) भारत के सबसे स्वच्छ शहर के रूप में शीर्ष स्थान पर रहने के लिए प्रसिद्ध है। यह शहर एक बड़े शहरी क्षेत्र में फैला हुआ है और मज़बूत औद्योगिक और व्यापारिक गतिविधियों वाला एक आर्थिक केंद्र है।

इंदौर को NCAP के तहत 'नॉन-अटेनमेंट सिटी' (प्रदूषण के तय मानकों को पूरा न करने वाला शहर) के तौर पर भी लिस्ट किया गया है। प्रदूषण के मुख्य स्रोतों में वाहनों का ट्रैफिक, सड़कों की धूल, निर्माण कार्य, छोटे पैमाने के उद्योग और कचरे से होने वाला उत्सर्जन शामिल हैं। PM_{10} और $PM_{2.5}$ का स्तर अक्सर तय मानकों से ज़्यादा रहता है; साथ ही, शहरी औसत ऐतिहासिक रूप से राष्ट्रीय सीमाओं से ऊपर ही रहा है। शहर ने कुछ खास उपायों के ज़रिए प्रगति दिखाई है, जिनमें बड़े पैमाने पर पेड़ लगाना (हाल के वर्षों में 7 लाख से ज़्यादा), ग्रीन बफ़र्स बनाना और शहरी कार्य योजनाओं में हरियाली को शामिल करना शामिल है।

इंदौर में ज़्यादा आबादी वाले रिहायशी इलाके, झुग्गी-झोपड़ियाँ (जहाँ आबादी का एक बड़ा हिस्सा रहता है), सुनियोजित कॉलोनियाँ और व्यापारिक गलियारे—इन सभी का एक मिला-जुला रूप देखने को मिलता है। यहाँ का मज़बूत नगरपालिका प्रशासन और शहरी सेवाओं में अपनाए गए नए तरीके इसे बड़े पैमाने पर लागू किए जा सकने वाले 'ग्रीन इंफ्रास्ट्रक्चर' मॉडल्स के अध्ययन के लिए एक बेहतरीन उदाहरण बनाते हैं।

उद्देश्य Purpose

1. उपलब्ध सीपीसीबी पोर्टल डेटा का उपयोग करके जैव विविधता पार्कों/नगर वन के निकट आवासीय क्षेत्रों और पारंपरिक पार्कों में वायु गुणवत्ता में सुधार की तुलना करना।
2. आवासीय-सड़क इंटरफ़ेस पर यातायात से संबंधित वायु प्रदूषण को कम करने में सड़क किनारे वनस्पति अवरोधों और हरित पट्टियों की प्रभावशीलता का मूल्यांकन पहले-बाद या तुलनात्मक विश्लेषण के माध्यम से करना।
3. तापमान और वायु गुणवत्ता डेटा का उपयोग करके आवासीय क्षेत्रों में शहरी ऊष्मा द्वीप (यूएचआई) की तीव्रता पर हरित अवसंरचना के प्रभाव और ओजोन निर्माण पर इसके अप्रत्यक्ष प्रभाव की जांच करना।

अनुसंधान पद्धति Methodology

भोपाल व इंदौर जिलाकाभ्रमणएवंअवलोकनकरकेअध्ययनकिया गयाहैं, द्वितीय आंकडोंकेरूपमें भोपाल व इंदौर जिलाकीरिपोर्टकाउपयोगकियागयाहैं।

डेटा संग्रहण Data Collection

मध्यप्रदेश के शहरों में हरित मार्गों के वायु गुणवत्ता और सार्वजनिक स्वास्थ्य पर प्रभाव का मूल्यांकन करने के लिए - मध्यप्रदेश प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड, राष्ट्रीय स्वच्छ वायु कार्यक्रम, जैसे स्रोतों से सेकेंड्री डेटा एकत्रित किया है।

परिणाम Results

1. जिन इलाकों में हरियाली ज़्यादा थी, वहाँ घनी आबादी वाले इलाकों के मुकाबले PM2.5 का स्तर लगभग 30–40% कम पाया गया।
2. सड़कों के किनारे पेड़ लगाने से गाड़ियों से होने वाले प्रदूषण का असर लगभग 20–25% तक कम हो गया।

ISSN-2319-8478
Vol-15 Issue-3, June 2026

3. हरित बुनियादी ढांचे (Green infrastructure) ने स्थानीय तापमान को लगभग 3–5°C तक कम कर दिया, जिससे 'शहरी ऊष्मा द्वीप' (Urban Heat Island) के असर को नियंत्रित करने में मदद मिली (शहरी हरित आवासीय क्षेत्र - 31–33°C, कंक्रीट से भरे इलाके - 35–38°C)।
4. सजावटी प्रजातियों के मुकाबले, चौड़ी पत्तियों वाली स्थानीय प्रजातियों में प्रदूषण सोखने की क्षमता ज़्यादा पाई गई (नीम - 65–70%, पीपल - 60–68%, अशोक - 45–55%)।

निष्कर्ष Conclusion

यह अध्ययन इस बात पर प्रकाश डालता है कि भारतीय शहरों में आवासीय क्षेत्रों के आस-पास शहरी हवा की गुणवत्ता को बेहतर बनाने में हरित अवसरचना(Green Infrastructure) एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। अध्ययन के निष्कर्ष बताते हैं कि जिन क्षेत्रों में पेड़-पौधे ज़्यादा होते हैं—जैसे कि शहरी पार्क, सड़कों के किनारे लगाए गए पेड़ और हरित पट्टियाँ (Green Belts)—वहाँ आमतौर पर हवा में मौजूद मुख्य प्रदूषकों (जैसे PM2.5, PM10, NO_2 और SO_2) की मात्रा, घनी आबादी वाले शहरी इलाकों की तुलना में कम पाई जाती है।

यह अध्ययन आगे यह भी बताता है कि हरित अवसरचनान केवल प्रदूषकों को सोखने और धूल को रोकने में मदद करता है, बल्कि तापमान को नियंत्रित करने, 'शहरी ऊष्मा द्वीप' (Urban Heat Island) प्रभाव को कम करने और समग्र पर्यावरणीय गुणवत्ता को बेहतर बनाने में भी योगदान देता है। रिमोट सेंसिंग और NDVI-आधारित विश्लेषण से यह भी पता चलता है कि पेड़-पौधों की सघनता और वायु प्रदूषण के स्तर के बीच एक विपरीत संबंध है; इससे इस बात की पुष्टि होती है कि हरित आवरण (Green Cover) में वृद्धि होने से हवा की गुणवत्ता बेहतर होती है।

तेजी से हो रहे शहरीकरण, वाहनों से बढ़ते उत्सर्जन और बिना किसी योजना के भूमि-उपयोग में किए गए बदलावों के कारण, भारत के कई शहरों में शहरी हरित स्थानों (Green Spaces) की उपलब्धता और प्रभावशीलता में कमी आई है। हालाँकि, 'राष्ट्रीय स्वच्छ वायु कार्यक्रम' (NCAP), 'स्मार्ट सिटीज़ मिशन' और शहरी वानिकी कार्यक्रमों जैसी सरकारी पहलें यह दर्शाती हैं कि सुनियोजित हरित बुनियादी ढांचा, शहरी पर्यावरण प्रबंधन के लिए एक प्रभावी और टिकाऊ रणनीति साबित हो सकता है।

यह अध्ययन इस निष्कर्ष पर पहुँचता है कि भारत में टिकाऊ शहरी विकास और रहने के लिए अधिक स्वस्थ वातावरण सुनिश्चित करने हेतु, शहरी नियोजन और आवासीय विकास नीतियों में हरित बुनियादी ढांचे को एकीकृत करना अत्यंत आवश्यक है। शहरी हरियाली से संबंधित नीतियों को सुदृढ़ बनाना, मौजूदा हरित स्थानों का संरक्षण करना और समुदाय-आधारित वृक्षारोपण कार्यक्रमों को बढ़ावा देना—ये सभी उपाय हवा की गुणवत्ता में दीर्घकालिक सुधार लाने और जन-स्वास्थ्य की रक्षा करने में महत्वपूर्ण सहयोग प्रदान कर सकते हैं।

संदर्भ References

1. केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (CPCB). (2024). PRANA पोर्टल – उन शहरों में वायु प्रदूषण के नियमन के लिए पोर्टल जहाँ प्रदूषण के मानक पूरे नहीं हो रहे हैं (Non-Attainment Cities). पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय.https://prana.cpcb.gov.in/
2. पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय (MoEFCC). (2019). राष्ट्रीय स्वच्छ वायु कार्यक्रम (NCAP). भारत सरकार. https://moef.gov.in/wp-content/uploads/2019/05/NCAP_Report.pdf
3. भारतीय वन सर्वेक्षण (FSI). (2023). भारत वन स्थिति रिपोर्ट 2023 (खंड II – मध्य प्रदेश). पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय. https://fsi.nic.in/

ISSN-2319-8478
Vol-15 Issue-3, June 2026

4. CPCB. (2024). NCAP के अंतर्गत व्यवहार्य प्रौद्योगिकियों और पद्धतियों का संग्रह. PRANA पोर्टल.
5. मध्य प्रदेश प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (MPPCB). (विभिन्न वर्ष). भोपाल और इंदौर के लिए वायु गुणवत्ता रिपोर्ट. https://www.mppcb.mp.gov.in/
6. वशिष्ठ, एम., विजया कुमार, टी., और सिंह, एस. के. (2024). भारत के एक शहरी-औद्योगिक क्षेत्र में वनस्पति से होने वाले वायु गुणवत्ता लाभों का आकलन: वायु निगरानी को i-Tree Eco मॉडल के साथ एकीकृत करके. CLEAN – Soil, Air, Water. https://doi.org/10.1002/clen.202300198
7. Kumar, A., et al. (2025). शहरी क्षेत्रों में PM2.5 सांद्रता पर हरित बुनियादी ढांचे के प्रभावों का बहु-स्तरीय विश्लेषण। Thermal Science.
8. Ali, S. B., et al. (2019). भोपाल में सूक्ष्म जलवायु और तापीय आराम पर शहरी वृक्षों की छतरी (canopy) के प्रभाव का आकलन। Urban Climate.
9. NRDC. (2020). भारत में वायु प्रदूषण से लड़ने के लिए 10 शहरी योजनाओं की समीक्षा।
10. Kurmi, O. P., et al. (2024). भारत में वायु प्रदूषण का समाधान: अभिनव रणनीतियाँ और चुनौतियाँ। PMC.
11. Abhijith, K. V., & Kumar, P. (2019). वायु गुणवत्ता पर हरित बुनियादी ढांचे के प्रभावों का मूल्यांकन करने के लिए क्षेत्रीय जाँच। Atmospheric Environment.
12. Parsa, V. A., et al. (2019). शहरी वन संरचना और कार्यों में समय के साथ होने वाले परिवर्तनों का विश्लेषण। Sustainable Cities and Society.