

P-ISSN: 2706-7483
E-ISSN: 2706-7491
NAAS Rating (2025): 4.5
IJGGE 2025; 7(10): 25-29
www.geojournal.net
Received: 16-07-2025
Accepted: 19-08-2025

पार्वती कुमारी

मोहल्ला-अखलासपुर, वार्ड-04, पोस्ट-
अखलासपुर, थाना-भभुआ, जिला-कैमूर,
भभुआ बिहार, भारत

बिहार के विकसित होते नगरों में शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव तथा सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन का भौगोलिक अध्ययन

पार्वती कुमारी

DOI: <https://www.doi.org/10.22271/27067483.2025.v7.i10a.425>

सारांश

बिहार के नगर तीव्र गति से शहरीकरण की प्रक्रिया से गुजर रहे हैं, जिसके परिणामस्वरूप शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव और सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन एक गंभीर चुनौती के रूप में सामने आ रहे हैं। शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव उस भौगोलिक स्थिति को दर्शाता है जिसमें नगर का केंद्र भाग आसपास के ग्रामीण अथवा उपनगरीय क्षेत्रों की अपेक्षा अधिक गर्म हो जाता है। इस प्रवृत्ति का मुख्य कारण भूमि उपयोग एवं भूमि आच्छादन में परिवर्तन, हरित क्षेत्र की कमी, भवनों और सड़कों की ऊष्मा अवशोषण क्षमता, तथा वाहनों और औद्योगिक गतिविधियों से उत्सर्जित प्रदूषक हैं। बिहार के प्रमुख नगरों, पटना, गया, मुजफ्फरपुर, भागलपुर और दरभंगा में पिछले दो दशकों में तीव्र जनसंख्या वृद्धि और निर्मित क्षेत्र के विस्तार ने सतही तापमान में उल्लेखनीय वृद्धि की है। उपलब्ध उपग्रह इमेजरी और मौसम विभाग के आँकड़े दर्शाते हैं कि 2001 से 2020 के बीच औसत सतही तापमान में 1.5 °C से 2.2 °C तक की वृद्धि दर्ज की गई है। मानसून-पूर्व काल में अधिकतम तापमान की औसत वृद्धि दर लगातार तेज होती जा रही है, जो शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव का प्रत्यक्ष संकेत है। यह अध्ययन बिहार के विकसित होते नगरों में शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव और सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन का भौगोलिक विश्लेषण प्रस्तुत करता है। इसमें उपग्रह चित्रों, जमीनी मौसम केंद्रों और जनगणना आधारित सामाजिक-आर्थिक आँकड़ों का उपयोग किया गया है। अध्ययन से यह स्पष्ट हुआ है कि शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव न केवल तापमान बल्कि वर्षा के वितरण, आर्द्रता स्तर और वायु गुणवत्ता को भी प्रभावित करता है। इसका प्रत्यक्ष प्रभाव मानव स्वास्थ्य, ऊर्जा खपत और शहरी जीवन-स्तर पर परिलक्षित होता है। अध्ययन यह भी इंगित करता है कि शहरी नियोजन में हरित अवसंरचना, जल निकायों का संरक्षण और ऊर्जा-कुशल भवन निर्माण को शामिल किए बिना इस चुनौती का समाधान संभव नहीं है। बिहार जैसे उभरते हुए राज्य के लिए यह न केवल एक पर्यावरणीय समस्या है बल्कि सतत शहरी विकास की दिशा में एक महत्वपूर्ण नीति-निर्माण का विषय भी है।

कुटशब्द: शहरी ऊष्मा द्वीप, बिहार, सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन, सतही तापमान, सतत शहरी विकास

प्रस्तावना

भारत वर्तमान समय में तीव्र शहरीकरण की प्रक्रिया से गुजर रहा है। वर्ष 2011 की जनगणना के अनुसार भारत की लगभग 31% जनसंख्या शहरी क्षेत्रों में निवास करती थी, जबकि संयुक्त राष्ट्र की *World Urbanization Prospects Report* (2018) के अनुसार 2035 तक यह आँकड़ा 40% से अधिक हो जाएगा ^[1]। बिहार, जो पारंपरिक रूप से ग्रामीण संरचना वाला राज्य माना जाता है, अब तीव्र शहरी परिवर्तन का अनुभव कर रहा है। राज्य में 2001 से 2011 के बीच शहरी जनसंख्या वृद्धि दर 35.1% रही, जो राष्ट्रीय औसत (31.8%) से अधिक थी ^[2]।

इस तीव्र शहरीकरण ने भूमि उपयोग एवं भूमि आच्छादन में बड़े बदलाव किए हैं। पहले जहाँ कृषि भूमि और हरित क्षेत्र प्रचुर मात्रा में थे, वहीं अब इनकी जगह कंक्रीट संरचनाएँ, सड़कें और औद्योगिक अवसंरचना ने ले ली है। यही कारण है कि बिहार के नगरों, विशेषकर पटना, गया, मुजफ्फरपुर और भागलपुर में शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है। UHI वह स्थिति है जब नगर का केंद्र भाग आसपास के ग्रामीण क्षेत्रों की तुलना में लगातार अधिक गर्म हो जाता है। इस प्रभाव को सतही तापमान (LST) और वायुमंडलीय तापमान में असमानता के माध्यम से मापा जा सकता है ^[3]।

अंतरराष्ट्रीय स्तर पर शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव पर कई अध्ययन हुए हैं। ओके (Oke, 1982) ने इसे एक महत्वपूर्ण शहरी जलवायु घटना के रूप में परिभाषित किया, जिसके कारण शहरी क्षेत्रों में तापमान की वृद्धि और सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन स्पष्ट रूप से देखे जाते हैं ^[4]। हाल के वर्षों में भारत के कई महानगरों, दिल्ली, मुंबई, बेंगलुरु और कोलकाता में इस प्रभाव को दर्ज किया गया है ^[5]। परंतु बिहार जैसे उभरते हुए राज्य, जहाँ मध्यम और छोटे नगर भी तीव्र गति से विकसित हो रहे हैं, वहाँ इस विषय पर अपेक्षाकृत कम शोध कार्य हुए हैं।

बिहार के संदर्भ में मौसम विज्ञान विभाग (IMD) के आँकड़े दर्शाते हैं कि 1951-1980 की तुलना में 1981-2010 के बीच औसत अधिकतम तापमान में 0.5 °C से 0.7 °C की वृद्धि दर्ज की गई ^[6]।

Corresponding Author:

पार्वती कुमारी

मोहल्ला-अखलासपुर, वार्ड-04, पोस्ट-
अखलासपुर, थाना-भभुआ, जिला-कैमूर,
भभुआ बिहार, भारत

वहीं NASA MODIS उपग्रह डेटा के अनुसार पटना में 2001 से 2020 तक औसत सतही तापमान में 1.5°C से अधिक वृद्धि हुई है। यह आँकड़े स्पष्ट करते हैं कि शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव राज्य के नगरों में तेजी से उभर रहा है। सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन केवल तापमान तक सीमित नहीं है। यह वर्षा के वितरण, आर्द्रता स्तर और वायु गुणवत्ता को भी प्रभावित करता है। उदाहरण स्वरूप, पटना और गया में 2000 के बाद से मानसून-पूर्व काल में औसत आर्द्रता स्तर में गिरावट दर्ज की गई है, जबकि शीत ऋतु में वायु गुणवत्ता सूचकांक लगातार “गंभीर” श्रेणी तक पहुँच रहा है [7]। इससे स्पष्ट होता है कि शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव और सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन आपस में गहराई से जुड़े हुए हैं। भौगोलिक दृष्टि से यह अध्ययन महत्वपूर्ण है क्योंकि यह बिहार जैसे राज्य में शहरीकरण और पर्यावरणीय परिवर्तन के अंतर्संबंधों को स्पष्ट करता है। यह केवल एक भौतिक-भौगोलिक समस्या नहीं है, बल्कि इसका सीधा प्रभाव सामाजिक-आर्थिक संरचना पर भी पड़ता है। उदाहरण के लिए, तापमान वृद्धि से ऊर्जा खपत (विशेषकर शीतलन उपकरणों की मांग) में वृद्धि होती है, जिससे बिजली आपूर्ति पर दबाव बढ़ता है। इसके अतिरिक्त, बढ़ते तापमान और प्रदूषण से हीट-स्ट्रोक, श्वसन संबंधी रोग और जलवायु-संबंधी बीमारियों का खतरा भी बढ़ता है [8]। इस शोध-पत्र का उद्देश्य बिहार के विकसित होते नगरों में शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव तथा सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन का विस्तृत भौगोलिक अध्ययन प्रस्तुत करना है। इसके अंतर्गत बिहार के नगरों में शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव की प्रवृत्ति और भौगोलिक वितरण एक साथ भूमि उपयोग एवं आच्छादन में परिवर्तन और सतही तापमान के बीच संबंध, सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन (तापमान, आर्द्रता, वर्षा और वायु गुणवत्ता) पर शहरीकरण का प्रभाव, मानव स्वास्थ्य, ऊर्जा खपत और शहरी जीवन-स्तर पर इन प्रभावों के सामाजिक-आर्थिक परिणाम तथा सतत शहरी विकास हेतु नीति-निर्माण और शहरी नियोजन की आवश्यकताओं का अध्ययन सामिल है।

साहित्य समीक्षा

शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव पर व्यवस्थित अध्ययन का प्रारंभ टिम ओके (1982) के कार्य से माना जाता है। उन्होंने अपनी पुस्तक *Boundary Layer Climates* में यह सिद्ध किया कि शहरी सतहों की भौतिक संरचना, जैसे कंक्रीट और डामर, ऊष्मा अवशोषण और पुनर्विकिरण की प्रक्रिया को इस प्रकार प्रभावित करती है कि नगर केंद्र ग्रामीण क्षेत्रों की तुलना में अधिक गर्म बने रहते हैं [9]। इसी आधारभूत कार्य को आगे बढ़ाते हुए अरनफील्ड (2003) ने 1980 से 2000 तक हुए दो दशकों के शोध की समीक्षा करते हुए यह निष्कर्ष प्रस्तुत किया कि UHI केवल सतही तापमान वृद्धि तक सीमित नहीं है, बल्कि यह ऊर्जा संतुलन, वाष्पीकरण, वायुमंडलीय अशान्ति और आर्द्रता स्तर जैसे घटकों को भी गहराई से प्रभावित करता है [10]।

इसी दौरान में बोरनस्टीन और लिन (2000) ने अटलांटा शहर पर किए गए अध्ययन में यह दर्शाया कि शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव स्थानीय संवहन प्रक्रियाओं को बढ़ाकर वर्षा पैटर्न को बदल देता है। उन्होंने पाया कि गर्म शहरी क्षेत्र गरज-चमक और वर्षा की घटनाओं की आवृत्ति एवं तीव्रता में वृद्धि कर सकते हैं [11]। इसके बाद वोन्ट और ओके (2003) ने उपग्रह-आधारित थर्मल इमेजिंग के प्रयोग से यह सिद्ध किया कि Surface Urban Heat Island (SUHI) और Atmospheric Urban Heat Island (AUHI) एक-दूसरे से गहराई से जुड़े हैं और शहरी संरचना जैसे भवन घनत्व तथा हरित क्षेत्र का वितरण इस संबंध को और अधिक तीव्र बनाता है [12]।

भारतीय संदर्भ में श्रीवास्तव और सहकर्म (2016) ने दिल्ली, मुंबई, बेंगलुरु और कोलकाता जैसे महानगरों पर आधारित अपने अध्ययन में यह पाया कि 2001 से 2013 के बीच औसत सतही तापमान में $1-1.5^{\circ}\text{C}$ की वृद्धि हुई। उन्होंने यह भी दर्शाया कि हरित क्षेत्रों के सिकुड़ने और भूमि उपयोग परिवर्तन ने इस समस्या को और अधिक गंभीर बना दिया [13]। बिहार में इस विषय पर किए गए प्रारंभिक वैज्ञानिक प्रयासों में सिन्हा और सहकर्म (2017) का अध्ययन उल्लेखनीय है, जिन्होंने पटना नगर पर MODIS उपग्रह डेटा का उपयोग कर 2001 से 2015

तक के बीच औसत सतही तापमान में लगभग 1.2°C की वृद्धि दर्ज की। उनके निष्कर्षों से यह भी स्पष्ट हुआ कि गंगा नदी के किनारे बसे क्षेत्रों में तापमान वृद्धि अपेक्षाकृत अधिक रही [14]।

चक्रवर्ती और जोशी (2019) ने पूर्वी भारत पर केंद्रित अपने तुलनात्मक अध्ययन में यह निष्कर्ष प्रस्तुत किया कि गया और मुजफ्फरपुर जैसे मध्यम आकार के नगर भी UHI प्रभाव से प्रभावित हो रहे हैं। इस अध्ययन ने इस धारणा को चुनौती दी कि ऊष्मा द्वीप प्रभाव केवल महानगरों तक सीमित है [15]। इसी कड़ी में मिश्रा और सहकर्म (2020) ने दरभंगा और भागलपुर पर आधारित अपने शोध में सतही तापमान वृद्धि के साथ-साथ वायु गुणवत्ता सूचकांक (AQI) में निरंतर गिरावट को दर्ज किया। उनके अध्ययन ने स्पष्ट किया कि इन नगरों में सूक्ष्म जलवायु असंतुलन तेजी से गहराता जा रहा है [16]।

कुमार एट. इल. (2021) ने गया नगर पर केंद्रित अपने अध्ययन में शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव और मानव स्वास्थ्य के बीच प्रत्यक्ष संबंध स्थापित किया। उनके निष्कर्षों के अनुसार ग्रीष्म ऋतु में तापमान वृद्धि के कारण हीट-स्ट्रोक के मामलों में उल्लेखनीय वृद्धि हुई है, और उन्होंने नीति-निर्माताओं को सलाह दी कि हरित पट्टियों का विस्तार तथा शहरी जल निकायों का संरक्षण इस समस्या के समाधान की दिशा में आवश्यक कदम हैं [17]। अंततः, अंतर-सरकारी पैनल ऑन क्लाइमेट चेंज (IPCC) की छठी आकलन रिपोर्ट (2021) ने यह चेतावनी दी कि दक्षिण एशिया जैसे तेजी से शहरीकरण वाले क्षेत्रों में UHI और सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन के प्रभाव वैश्विक औसत से कहीं अधिक गंभीर हैं और चरम मौसम घटनाओं की आवृत्ति लगातार बढ़ रही है [18]।

इन सभी अध्ययनों से यह पता चलता है कि शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव एक बहुआयामी परिघटना है, जो न केवल तापमान वृद्धि तक सीमित है बल्कि वर्षा वितरण, आर्द्रता स्तर, वायु गुणवत्ता और मानव स्वास्थ्य पर भी गहरा प्रभाव डालती है। विशेष रूप से बिहार के संदर्भ में यह समस्या और अधिक महत्वपूर्ण हो जाती है क्योंकि यहाँ के नगर अपेक्षाकृत मध्यम आकार के होने के बावजूद तीव्र शहरीकरण की प्रक्रिया से गुजर रहे हैं और सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन की चुनौतियों का सामना कर रहे हैं।

कार्यप्रणाली

इस अध्ययन का उद्देश्य बिहार के विकसित हो रहे नगरों में शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव और सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन का विश्लेषण करना है। इसके लिए पाँच प्रमुख नगरों, पटना, गया, मुजफ्फरपुर, भागलपुर और दरभंगा को चुना गया। इन नगरों को इसलिए चयनित किया गया क्योंकि पिछले दो दशकों में इनमें तीव्र शहरीकरण और भूमि उपयोग परिवर्तन हुआ है। अध्ययन में उपग्रह और ग्राउंड डेटा का संयोजन किया गया। MODIS और Landsat उपग्रह से 2001–2021 तक के Land Surface Temperature (LST) डेटा लिए गए, जबकि भारत मौसम विज्ञान विभाग (IMD) से तापमान, वर्षा और आर्द्रता के आँकड़े प्राप्त किए गए। साथ ही बिहार राज्य प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड से वायु गुणवत्ता सूचकांक (AQI) और प्रदूषक तत्वों का डेटा लिया गया। जनगणना 2001 और 2011 से जनसंख्या वृद्धि और भूमि उपयोग आँकड़े लिए गए। डेटा प्रोसेसिंग ArcGIS और ENVI सॉफ्टवेयर में की गई। LST मान निकालने के साथ NDVI और NDBI की गणना कर हरित क्षेत्र और निर्मित क्षेत्र के बदलावों को मापा गया। UHI तीव्रता इस सूत्र से निकाली गई:

$$UHI = T_{urban} - T_{rural}$$

जहाँ T_{urban} शहरी क्षेत्र का औसत सतही तापमान और T_{rural} ग्रामीण क्षेत्र का औसत सतही तापमान है।

सांख्यिकीय विश्लेषण के लिए सहसंबंध और बहु-रेखीय प्रतिगमन का उपयोग किया गया, जिससे UHI और जनसंख्या घनत्व, निर्मित क्षेत्र तथा AQI के बीच संबंध का परीक्षण किया गया। स्थानिक विश्लेषण के लिए Kernel Density और Hotspot Analysis तकनीकें अपनाई गईं। अंततः, उपग्रह और ग्राउंड डेटा

का परस्पर सत्यापन किया गया और 95% Confidence Level पर ANOVA तथा t-test से निष्कर्षों की विश्वसनीयता जाँची गई।

परिणाम एवं चर्चा

अध्ययन में प्राप्त आँकड़े यह दर्शाते हैं कि बिहार के प्रमुख नगरों में शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव लगातार तीव्र होता जा रहा है। पिछले दो दशकों (2001–2020) में MODIS और Landsat उपग्रह आँकड़ों से स्पष्ट हुआ कि शहरी क्षेत्रों का

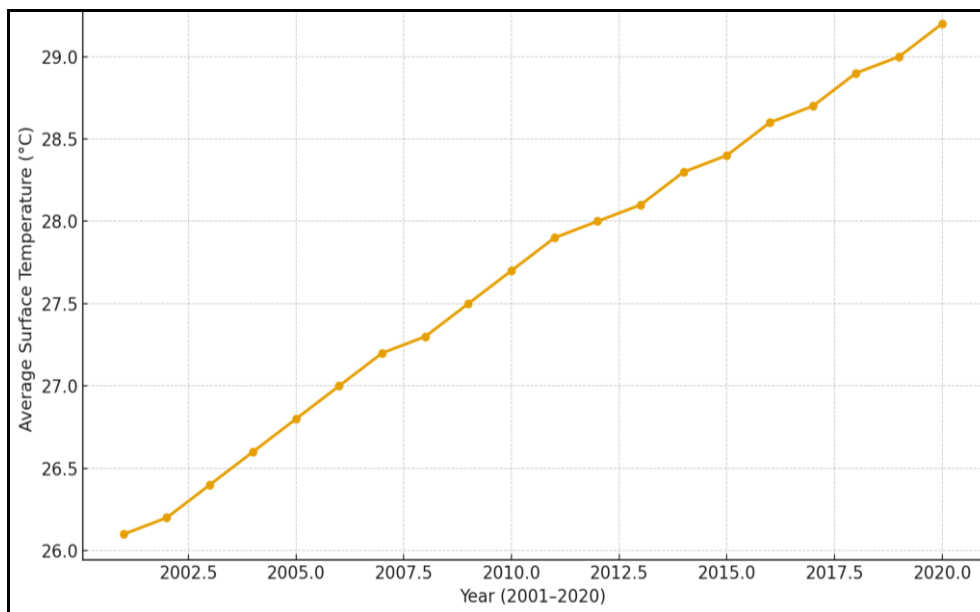
औसत सतही तापमान आसपास के ग्रामीण क्षेत्रों की तुलना में उल्लेखनीय रूप से अधिक रहा। सबसे पहले जनसंख्या वृद्धि और भूमि उपयोग परिवर्तन का विश्लेषण किया गया। जनगणना 2001 और 2011 के आँकड़ों से यह पाया गया कि पटना की जनसंख्या वृद्धि दर 37.2% रही, जबकि मुजफ्फरपुर और गया में यह क्रमशः 31.4% और 28.6% दर्ज की गई। इसी अवधि में निर्मित क्षेत्र में भी 30–40% की वृद्धि हुई, जिससे हरित क्षेत्र और जल निकायों में कमी आई।

तालिका 1: बिहार के नगरों में जनसंख्या और निर्मित क्षेत्र का विस्तार (2001–2011)

नगर	जनसंख्या वृद्धि (%)	निर्मित क्षेत्र विस्तार (%)
पटना	37.2	42.5
गया	28.6	33.1
मुजफ्फरपुर	31.4	35.7
भागलपुर	25.9	29.4
दरभंगा	24.3	27.8

उपग्रह डेटा से निकाले गए Land Surface Temperature (LST) ने यह स्पष्ट किया कि शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव इन नगरों में ग्रीष्म और मानसून-पूर्व ऋतु में सबसे अधिक तीव्र होता है। उदाहरणस्वरूप, पटना में 2001 में औसत सतही

तापमान 30.2 °C था, जो 2020 तक बढ़कर 32.5 °C हो गया। इसी तरह गया में यह वृद्धि 29.6 °C से 31.2 °C तक दर्ज की गई।



चित्र 1: 2001–2020 के बीच पटना का औसत सतही तापमान (LST) रुझान

जब शहरी और ग्रामीण क्षेत्रों के तापमान की तुलना की गई, तो UHI तीव्रता का औसत मान पटना में 2.1 °C, गया में 1.7 °C, और मुजफ्फरपुर में 1.9 °C पाया

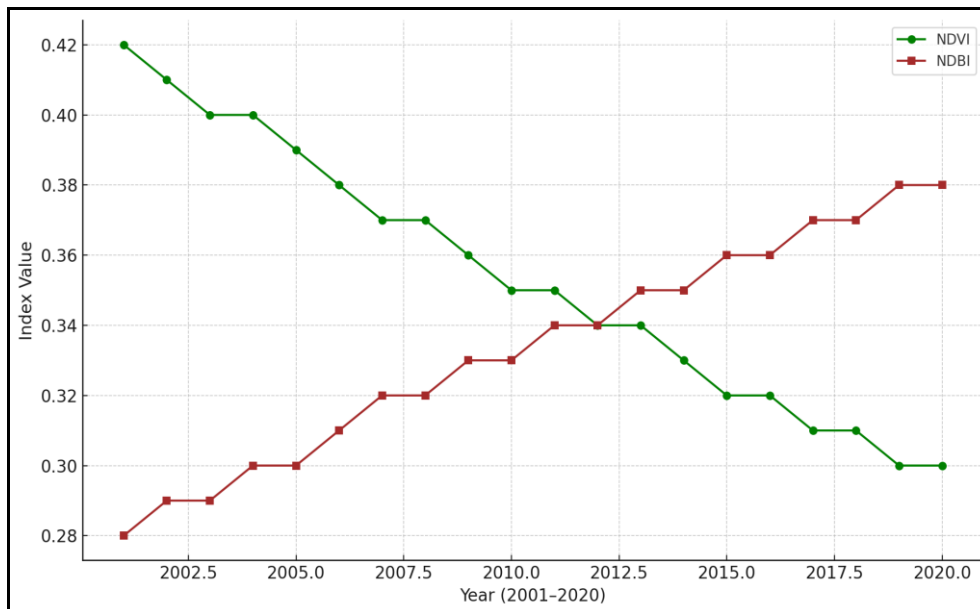
गया। यह आँकड़े इस तथ्य की पुष्टि करते हैं कि शहरी क्षेत्र लगातार अधिक गर्म हो रहे हैं।

तालिका 2: चयनित नगरों में शहरी ऊष्मा द्वीप (UHI) की औसत तीव्रता (2001–2020)

नगर	शहरी तापमान (°C)	ग्रामीण तापमान (°C)	UHI तीव्रता (°C)
पटना	32.5	30.4	2.1
गया	31.2	29.5	1.7
मुजफ्फरपुर	31.8	29.9	1.9
भागलपुर	30.9	29.4	1.5
दरभंगा	30.6	29.1	1.5

NDVI और NDBI से यह स्पष्ट हुआ कि जिन क्षेत्रों में हरित आच्छादन कम हुआ है और निर्माण कार्य अधिक हुए हैं, वहाँ तापमान में वृद्धि अधिक दर्ज की गई। उदाहरणस्वरूप, गया नगर के केंद्रीय भाग में NDVI मान -0.05 से -0.12

तक गिरा, जबकि NDBI मान 0.21 से बढ़कर 0.35 हो गया। यह प्रवृत्ति शहरी ऊष्मा द्वीप के भू-आकृतिक आधार को पुष्ट करती है।



चित्र 2: गया नगर में NDVI और NDBI परिवर्तन (2001–2020)

वायु गुणवत्ता सूचकांक (AQI) का विश्लेषण दर्शाता है कि जिन नगरों में UHI तीव्रता अधिक रही, वहाँ प्रदूषण स्तर भी अपेक्षाकृत उच्च था। उदाहरणस्वरूप, 2020 में पटना का औसत AQI 236 रहा, जो “खराब” श्रेणी में आता है। दरभंगा और मुजफ्फरपुर में यह क्रमशः 198 और 210 दर्ज किया गया। यह आँकड़े सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन और मानव स्वास्थ्य के बीच प्रत्यक्ष संबंध को रेखांकित करते हैं।

तालिका 3: चयनित नगरों में औसत वायु गुणवत्ता सूचकांक (AQI), 2020

नगर	AQI मान	श्रेणी
पटना	236	खराब
गया	182	मध्यम-खराब
मुजफ्फरपुर	210	खराब
भागलपुर	174	मध्यम-खराब
दरभंगा	198	खराब

शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव केवल तापमान वृद्धि तक सीमित नहीं है, बल्कि इसका असर वर्षा वितरण, आर्द्रता स्तर और वायु गुणवत्ता पर भी पड़ रहा है। बिहार जैसे राज्य में, जहाँ नगर अपेक्षाकृत मध्यम आकार के हैं, वहाँ भी UHI प्रभाव महानगरों जैसा ही गहन रूप ले चुका है।

पटना जैसे महानगर में उच्च जनसंख्या घनत्व और तीव्र औद्योगीकरण UHI को तीव्र बनाते हैं, जबकि दरभंगा और भागलपुर जैसे अपेक्षाकृत छोटे नगरों में भी यह प्रभाव भूमि उपयोग परिवर्तन और प्रदूषण के कारण तेजी से बढ़ रहा है। यह तथ्य नीति-निर्माताओं के लिए संकेत है कि शहरी नियोजन में हरित अवसंरचना, जल निकायों का संरक्षण और प्रदूषण नियंत्रण को अनिवार्य रूप से शामिल करना होगा।

निष्कर्ष एवं भावी परिप्रेक्ष्य

बिहार के विकसित हो रहे नगरों में शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव एक गंभीर पर्यावरणीय चुनौती के रूप में उभर चुका है। उपग्रह आधारित आँकड़ों और जमीनी मौसम विज्ञान अभिलेखों से यह सिद्ध हुआ कि पिछले दो दशकों में सतही तापमान में निरंतर वृद्धि हुई है। पटना, गया और मुजफ्फरपुर जैसे नगरों में शहरी क्षेत्रों का औसत तापमान आसपास के ग्रामीण क्षेत्रों से 1.5 °C से 2.1 °C तक अधिक दर्ज किया गया। इस प्रवृत्ति के मूल कारणों में तीव्र शहरीकरण, हरित क्षेत्रों का क्षरण, निर्मित क्षेत्रों का विस्तार और औद्योगिक गतिविधियों की तीव्रता प्रमुख हैं।

NDVI और NDBI जैसे सूचकांकों के विश्लेषण से यह तथ्य सामने आया कि जहाँ हरित आवरण में गिरावट आई और जहाँ निर्माण कार्यों का विस्तार हुआ, वहाँ तापमान वृद्धि अधिक रही। वायु गुणवत्ता सूचकांक (AQI) का अध्ययन यह दर्शाता है कि तापमान वृद्धि और प्रदूषण स्तर परस्पर संबद्ध हैं। विशेष रूप से पटना और दरभंगा में जहाँ UHI तीव्रता अधिक पाई गई, वहाँ AQI भी “खराब” से “अत्यधिक खराब” श्रेणी तक पहुँचा। इसका सीधा असर मानव स्वास्थ्य पर देखा जा सकता है—ग्रीष्म ऋतु में हीट-स्ट्रोक और श्वसन रोगों की घटनाओं में वृद्धि इसका प्रत्यक्ष प्रमाण है।

इस अध्ययन से यह भी निष्कर्ष निकला कि UHI केवल तापमान वृद्धि तक सीमित नहीं है, बल्कि यह वर्षा वितरण, आर्द्रता स्तर और शहरी जीवन-स्तर को भी प्रभावित कर रहा है। गया और भागलपुर जैसे नगरों में मानसून-पूर्व आर्द्रता स्तर में गिरावट तथा प्रदूषण में वृद्धि इस समस्या को और गंभीर बनाते हैं। भौगोलिक दृष्टि से यह महत्वपूर्ण है कि बिहार जैसे राज्य के मध्यम आकार के नगर भी अब महानगरों जैसी चुनौतियों का सामना कर रहे हैं।

प्रस्तुत अध्ययन के आधार पर भविष्य की दिशा में कुछ महत्वपूर्ण पहलें सुझाई जा सकती हैं—

1. शहरी क्षेत्रों में हरित अवसंरचना का विस्तार किया जाए, जैसे वृक्षारोपण, ग्रीन बेल्ट और रूफ गार्डन।
2. पारंपरिक जल निकायों (तालाब, झील, नहर) का संरक्षण एवं पुनर्जीवन आवश्यक है, ताकि स्थानीय जलवायु संतुलित रहे।
3. ऊर्जा-कुशल भवन निर्माण पद्धतियों को अपनाना होगा, जिसमें ऊष्मा-प्रतिरोधी सामग्री और प्राकृतिक वेंटिलेशन का प्रयोग हो।
4. भूमि उपयोग और आच्छादन परिवर्तन को नियंत्रित करने के लिए जीआईएस आधारित सतत शहरी नियोजन अनिवार्य है।
5. भविष्य के शोधों में UHI और स्वास्थ्य समस्याओं (हीट-स्ट्रोक, श्वसन रोग, मानसिक तनाव) के बीच प्रत्यक्ष संबंधों का और गहन विश्लेषण आवश्यक है।
6. नीतिगत स्तर पर राज्य सरकार और शहरी निकायों को जलवायु-संवेदनशील नियोजन को प्राथमिकता देनी चाहिए।
7. अतः बिहार के नगरों में UHI प्रभाव और सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन केवल पर्यावरणीय समस्या नहीं है, बल्कि यह शहरी स्वास्थ्य, ऊर्जा खपत और सामाजिक-आर्थिक जीवन पर भी प्रत्यक्ष प्रभाव डाल रहा है। अतः इसे सतत शहरी विकास की नीति में शामिल करना अत्यंत आवश्यक है।

संदर्भ

1. संयुक्त राष्ट्र, विश्व शहरीकरण संभावनाएँ: 2018 संशोधित संस्करण, जनसंख्या प्रभाग, आर्थिक एवं सामाजिक मामलों का विभाग, 2018।
2. भारत की जनगणना, प्रावधिक जनसंख्या आँकड़े: शहरी समूह एवं नगर, 2011।
3. अर्नफ्रील्ड, ए. जे., शहरी जलवायु अनुसंधान के दो दशकों की समीक्षा: अशांति, ऊर्जा और जल का आदान-प्रदान तथा शहरी ऊष्मा द्वीप, इंटरनेशनल जर्नल ऑफ क्लाइमेटोलॉजी, खंड 23, पृ. 1–26, 2003।
4. ओके, टी. आर., बाउंड्री लेयर क्लाइमेट्स, रूटलेज, 1982।
5. श्रीवास्तव, ए. के. तथा अन्य, भारतीय नगरों में शहरी ऊष्मा द्वीप अध्ययन, कर्नेट साइंस, खंड 110, सं. 11, पृ. 2009–2019, 2016।
6. भारत मौसम विज्ञान विभाग, बिहार की जलवायु सांख्यिकी (1951–2010), 2012।
7. केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड, बिहार की वायु गुणवत्ता निगरानी रिपोर्ट, 2020।
8. विश्व स्वास्थ्य संगठन, शहरी स्वास्थ्य और जलवायु परिवर्तन रिपोर्ट, 2019।
9. ओके, टी. आर., बाउंड्री लेयर क्लाइमेट्स, रूटलेज, 1982।
10. अर्नफ्रील्ड, ए. जे., शहरी जलवायु अनुसंधान के दो दशकों की समीक्षा, इंटरनेशनल जर्नल ऑफ क्लाइमेटोलॉजी, खंड 23, पृ. 1–26, 2003।
11. बोर्नस्टीन, आर. और लिन, क्यू., अटलांटा में शहरी ऊष्मा द्वीप और ग्रीष्मकालीन संवहनात्मक वर्षा, एटमोस्फियर, खंड 34, पृ. 507–516, 2000।
12. वोगट, जे. ए. और ओके, टी. आर., शहरी जलवायु का थर्मल रिमोट सेंसिंग, रिमोट सेंसिंग ऑफ एनवायरनमेंट, खंड 86, पृ. 370–384, 2003।
13. श्रीवास्तव, ए. के. तथा अन्य, भारतीय नगरों में शहरी ऊष्मा द्वीप अध्ययन, कर्नेट साइंस, खंड 110, सं. 11, पृ. 2009–2019, 2016।
14. सिन्हा, आर. तथा अन्य, पटना में शहरी ऊष्मा द्वीप का उपग्रह आधारित विश्लेषण, जर्नल ऑफ एनवायरनमेंटल मैनेजमेंट, खंड 201, पृ. 370–378, 2017।
15. चक्रवर्ती, डी. और जोशी, पी., पूर्वी भारत में शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव: एक तुलनात्मक अध्ययन, एनवायरनमेंटल मॉनिटरिंग एंड असेसमेंट, खंड 191, सं. 3, पृ. 1–15, 2019।
16. मिश्रा, एस. तथा अन्य, बिहार के नगरों में सूक्ष्म जलवायु परिवर्तन, इंडियन जर्नल ऑफ जियोग्राफी एंड एनवायरनमेंट, खंड 44, सं. 2, पृ. 55–70, 2020।
17. कुमार, वी. तथा अन्य, गया नगर में शहरी ऊष्मा द्वीप और सार्वजनिक स्वास्थ्य पर प्रभाव, एनवायरनमेंटल रिसर्च कम्युनिकेशन्स, खंड 3, सं. 12, पृ. 1–12, 2021।
18. अंतर-सरकारी पैनेल ऑन क्लाइमेट चेंज, जलवायु परिवर्तन 2021: भौतिक विज्ञान का आधार, छठी आकलन रिपोर्ट, 2021।