

राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली के जल पदचिह्न की मात्रा का आकलन

दीपा चालीसगांवकर, एस के जैन, एम के नेमा एवं पी के मिश्रा

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की 247 667 (उत्तराखण्ड)

सारांश : पिछले कुछ दशकों में शहरीकरण और बढ़ती हुई जनसंख्या की वजह से स्वच्छ जल के अत्यधिक दोहन से राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में जल की उपलब्धता में कमी हुई है। बेहतर एवं आधुनिक जीवनशैली और विभिन्न मानवीय गतिविधियों के कारण स्वच्छ जल के संसाधनों पर दिन प्रतिदिन बढ़ते दबाव को समझने के लिए जल पदचिह्न (WF) एक उपयोगी तकनीक है। यह व्यक्ति या समुदाय या भौगोलिक क्षेत्र के प्रत्यक्ष और परोक्ष रूप (आभासी जल) से सभी वस्तुओं और सेवाओं के उत्पादन के लिए आवश्यक जल की मात्रा को इंगित करता है। यह समय की प्रति इकाई में प्रयुक्त, वाष्पीकृत और प्रदूषित जल की मात्रा के संदर्भ में मापा जाता है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली की जल की आवश्यकता से संबंधित कई अध्ययन किए गए हैं। वर्तमान अध्ययन में राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के WF के आकलन पर ध्यान केंद्रित किया है। वर्ष 2010 के लिए राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली का कुल WF 15926 एमसीएम प्रतिवर्ष अभिकलित किया गया है। इसमें से 6530, 780 और 865 एमसीएम प्रतिवर्ष क्रमशः घरेलू, कृषि और औद्योगिक क्षेत्र से और बाकी (प्रति वर्ष 7751 एमसीएम) आभासी जल आयात के रूप में योगदान देता है। इस अध्ययन में कुछ आंकड़ों की अनुपलब्धता के कारण कुछ मान्यताओं को ले लिया गया है। अधिक आंकड़ों की उपलब्धता के साथ, मूल्यांकन में सुधार आ सकता है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के WF की मात्रा इंगित करती है कि घरेलू क्षेत्र यहाँ का प्रमुख जल उपभोक्ता है। क्षेत्र आधारित परिणाम संबद्धित विभागों को स्वच्छ जल के संसाधनों के बेहतर प्रबंधन के लिए बेहतर प्रबंधन नीतियों, कार्य योजना और रणनीति विकसित करने के लिए मदद कर सकते हैं।

Quantification of water footprint of National Capital Territory (NCT) of Delhi

Deepa Chalisgaonkar, Sharad K Jain, M K Nema & P K Mishra

National Institute of Hydrology, Roorkee 247 667 (Uttarakhand)

Abstract

Over, exploitation of fresh water caused by the increasing population and urbanization over the past few decades has resulted in water scarcity in National Capital Territory (NCT) of Delhi. Water footprint (WF) is a useful tool to better understand the linkages between humanity's activities and their growing pressure on the freshwater resources. It indicates the amount of water required to produce all the goods and services by the individual or community, or geographic area directly and indirectly (virtual water). It is measured in terms of water volumes consumed (evaporated) and/or polluted per unit of time. Many studies have been carried out pertaining to the water requirement of NCT of Delhi. The present study is focused on the assessment of the WF of NCT of Delhi. The total WF of NCT of Delhi for the year 2010 has been assessed as 15,926 MCM per annum. Out of this 6530, 780 and 865 MCM per annum has been contributed from domestic, agriculture and industrial sector, respectively and rest (7751 MCM per annum) is as virtual water import. Certain assumptions were made due to non-availability of some of the data. With the availability of more data, the assessment can be improved. Quantification of WF of NCT of Delhi indicates that domestic sector is the major water consumer. Sector wise results can facilitate authorities to develop improved management policies, action plans and strategies for better management of fresh water resources.

प्रस्तावना

पिछले कुछ दशकों में बढ़ती हुई जनसंख्या तथा सतही और भूजल के अत्यधिक दोहन से राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में जल की कमी हुई है। विभिन्न संगठनों द्वारा जल की इस कमी को पूरा करने की रणनीतियों का विकास करने के लिए लगातार

प्रयास किए जा रहे हैं। इसमें जनता के साथ-साथ निजी क्षेत्रों ने अलग से पहल की है। उदाहरण के लिए जल का पुनः उपयोग, वर्षा जल संचयन, स्वचालित सिंचाई प्रणाली, भू-जल निकासी, जल का मूल्य निर्धारण, बोरिंग विरोधी कानून आदि। हाल ही में कुछ जल संकेतक भी इस संबंध में विकसित किये गए हैं।

आभासी जल, जल तटस्थता, जल मार्क, जल ऋण, जल लेखा परीक्षा और जल पदचिह्न आदि कुछ संकेतक हैं जो एक क्षेत्र के जल संसाधनों की समग्र स्थिति का प्रतिनिधित्व करने के लिए जाने जाते हैं। इन संकेतकों में से आभासी जल और जल पदचिह्न पर इस अध्ययन में काम किया गया है।

आभासी जल : वस्तुओं या सेवाओं के लिए आवश्यक जल को आभासी जल कहा जाता है। आभासी जल की अवधारणा का मुख्य रूप से राज्यों/क्षेत्रों/देशों के बीच व्यापार के माध्यम से जल का वितरण/ यातायात को मापने के लिए प्रयोग किया जाता है। एक उत्पाद की आभासी जल की मात्रा विभिन्न स्थानों पर विभिन्न जलवायु की वजह से भिन्न हो सकती है। आभासी जल की अवधारणा हमें विभिन्न वस्तुओं के उत्पादन और सेवाओं के लिये जल की आवश्यकता जानने में मदद करती है। आभासी जल की मात्रा को जानने से अर्द्ध शुष्क और शुष्क क्षेत्रों में, एक वस्तु या सेवा के लिए उपलब्ध दुर्लभ जल की मात्रा निर्धारण करने की दिशा में उपयोगी है। इसकी गणना निम्न प्रकार से की जा सकती है :

$$VW \text{ वस्तु} = \text{प्रत्यक्ष } VW + \text{आयातित } VW - \text{निर्यात } VW \dots 1$$

जल पदचिह्न (WF) : WF जल की खपत पर आधारित सूचक है जो एक उपभोक्ता या निर्माता या एक क्षेत्र के प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से जल के उपयोग पर आधारित है। एक व्यक्ति, समुदाय या व्यापार का WF व्यक्ति या समुदाय की वस्तुओं और सेवाओं से वाष्पीकृत हो रहे या व्यापार द्वारा उत्पादन करने के लिए प्रयोग किये जाने वाले जल के सभी प्रकार के कुल मात्रा के रूप में परिभाषित किया गया है। यह जल की वाष्पीकृत और/या प्रदूषित मात्रा में मापा जाता है। यह उपभोक्ताओं की किसी भी अच्छी तरह से परिभाषित समूह (उदाहरण के लिए एक व्यक्ति, परिवार, शहर या राष्ट्र) या उत्पादकों (उदाहरण के लिए एक संगठन) के लिए आंकलित किया जाता है। उदाहरण के लिए एक सूती टी शर्ट की WF 2600 लीटर है और इसमें कपास की खेती से लेकर टी शर्ट के भंडार में जाने तक उपयोग में लिया गया जल शामिल है। उत्पादों, देशों और कंपनियों के WF के बारे में जानकारी को समझने से स्वच्छ जल के अधिक न्यायसंगत उपयोग में मदद मिलती है। प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से जल की खपत पर विचार करके एक क्षेत्र का WF मुख्य रूप से तीन महत्वपूर्ण क्षेत्रों अर्थात् घरेलू, कृषि और औद्योगिक में आकलित किया जाता है।

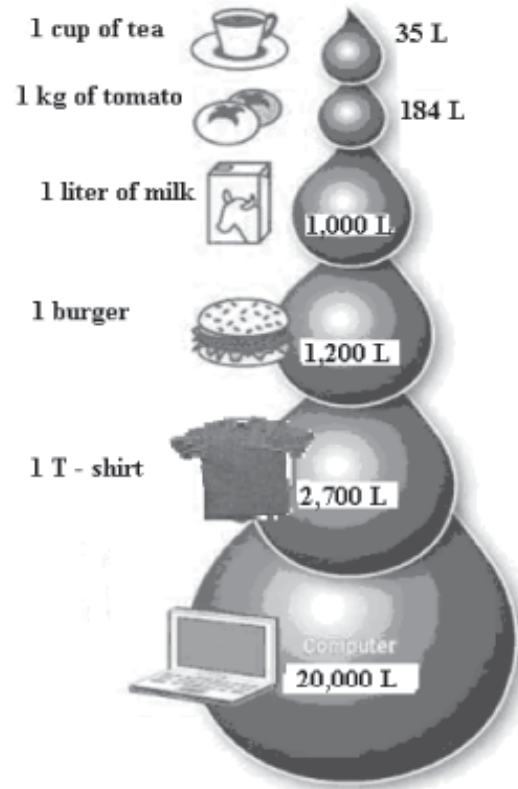
घरेलू जल पदचिह्न : एक व्यक्ति के घरेलू WF की मात्रा उसके घर के आसपास दिन भर में उपयोग में लाए जाने वाले जल की मात्रा होती है। इस जल को वह सीधे उपयोग करता है या वह

परोक्ष रूप से उपयोग करता है (खाद्य पदार्थों के रूप में और उसके द्वारा प्रदूषित हुए जल को स्वच्छ करने के लिए)।

आम उपभोक्ता वस्तुओं को बनाने के लिए जल की आवश्यकता को चित्र 1 में दर्शाया गया है।

कृषि जल पदचिह्न : कृषि क्षेत्र (वन और झाड़ी क्षेत्र सहित) जल का उपयोग वाला एक प्रमुख क्षेत्र है। कृषि क्षेत्र में जल का उपयोग (फसल के लिए या प्रदूषित जल को स्वच्छ करने के लिए) कृषि जल पदचिह्न कहलाता है। कृषि के क्षेत्र में विभिन्न प्रबंधन के तरीकों के जल पदचिह्न की तुलना सूखे सहिष्णुता, जल उपयोग दक्षता, वर्षा के प्रभावी उपयोग और सिंचाई के महत्व के मूल्यांकन में मदद कर सकते हैं।

औद्योगिक जल पदचिह्न : औद्योगिक क्षेत्र में विभिन्न प्रक्रियाओं और संचालन के लिए एक प्राथमिक घटक के रूप में एक उचित मात्रा और गुणवत्ता के जल की आवश्यकता होती है। औद्योगिक WF प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से इस्तेमाल किये जाने वाला स्वच्छ जल वह मात्रा है जो एक व्यापार (बल्कि औद्योगिक या वाणिज्यिक) को चलाने के लिए आवश्यक होती है।



चित्र 1 — आम उपभोक्ता वस्तुओं को बनाने के लिए पानी की आवश्यकता

WF स्वच्छ जल की वह मात्रा है जो किसी उत्पाद के उत्पादन की पूर्ण आपूर्ति शृंखला में प्रयोग होती है। सभी तीन WF अर्थात् घरेलू, कृषि और औद्योगिक तीन घटकों में उप-विभाजित किये गए हैं :

- 1. ब्लू जल पदचिह्न :** यह सतही जल और भूजल की वह मात्रा (अर्थात् वाष्पीकृत या उत्पाद में शामिल) है जो उत्पादन प्रक्रियाओं (फसलों के विकास के लिए इस्तेमाल सिंचाई का पानी भी शामिल है) के दौरान उपयोग में लायी जाती है।
- 2. ग्रीन जल पदचिह्न :** यह उत्पाद की वर्षा जल द्वारा उपयोग में लायी गई मात्रा (अर्थात् वाष्पीकृत या उत्पाद में शामिल) है। दूसरे शब्दों में यह फसल के विकास के लिए वर्षा जल की मात्रा है।
- 3. ग्रे जल पदचिह्न :** यह स्वच्छ जल की वह मात्रा है जो पानी की गुणवत्ता मानकों के अनुसार प्रदूषकों मिश्रण और जल की गुणवत्ता बनाए रखने के लिए आवश्यक है। दूसरे शब्दों में, यह वस्तु के उत्पादन के कारण प्रदूषित हुए जल को स्वीकार्य स्तर तक लाने के लिए आवश्यक जल की मात्रा है।

वर्तमान अध्ययन राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के भीतर सभी प्रमुख जल खपत वाले क्षेत्रों के लिए ग्रीन, ब्लू और ग्रे जल पदचिह्न (घरेलू, कृषि और औद्योगिक) के साथ संपूर्ण जल पदचिह्न को अनुमानित करता है। अध्ययन के परिणाम राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली के जल के समग्र परिदृश्य अध्ययन में उपयोगी हो सकता है।

अध्ययन क्षेत्र : राष्ट्रीय राजधानी दिल्ली की भारत में एक विशिष्ट स्थिति है। दिल्ली के कुल भौगोलिक क्षेत्र (1483 km²) में से 75% शहरी क्षेत्र है। दिल्ली अपनी राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र की सीमा से गुड़गांव, नोएडा, फरीदाबाद और गाजियाबाद जैसे आसपास के पड़ोसी शहरों के साथ हरियाणा और उत्तर प्रदेश राज्यों से मिलती है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली की स्थिति चित्र 2 में दर्शाई गई है।

राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली की जलवायु अर्ध शुष्क है। 87% वार्षिक वर्षा मानसून के महीनों (जून-सितंबर) में होती है। यहाँ की औसत वार्षिक वर्षा लगभग 800 मिमी. है। पिछले एक दशक के दौरान यहाँ की आबादी 4% से अधिक वार्षिक दर से बढ़ी है। यहाँ 75% क्षेत्र शहरी होने के बावजूद 25% ग्रामीण क्षेत्र पशुधन के लिए योगदान देता है। जनसंख्या और आर्थिक गतिविधियों के विकास के साथ राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली की यात्रा और परिवहन की मांग दिन प्रतिदिन बढ़ रही है।



चित्र 2 — राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली की भौगोलिक स्थिति और प्रशासनिक सीमाएं

राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली में कृषि गतिविधियों में (1) फसलों, फल, बीज और सब्जियों का उत्पादन और (2) हरित क्षेत्र और वन वृक्षारोपण प्रबंधन शामिल हैं। वन विभाग के अनुसार यहाँ पेड़ों का क्षेत्रफल 229.6 km² हैं जिसमें 85 km² का वन क्षेत्र सम्मिलित हैं। यहाँ विभिन्न स्थानों में लगभग 8000 हेक्टेयर में 18000 से अधिक उद्यान हैं एवं 29 नियोजित औद्योगिक क्षेत्र और 5 बहुमजिला कारखाना परिसर है। इसके अलावा 22 औद्योगिक समूहों के विकास के लिए गैर अधिसूचित किया गया है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में सभी प्रमुख गतिविधियाँ बिजली पर आधारित हैं।

ग्रामीण क्षेत्रों और कृषि गतिविधियों के घटने से दिल्ली में निर्बाध विद्युत आपूर्ति के लिए ऊर्जा और बढ़ती बिजली की मांग की देखभाल के लिए जल पर मुख्य रूप से जोर है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली की बिजली की इस मांग को पूरा करने के लिए पड़ोसी राज्यों से भी बिजली आयात की जाती है।

राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में जल प्रबंधन : राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के लिए आवंटित जल की खरीदी और शुद्धिकरण के लिए दिल्ली जल बोर्ड (डीजेबी) जिम्मेदार है। राष्ट्रीय राजधानी

क्षेत्र के छोटे आकार की वजह से दिल्ली जल बोर्ड क्षेत्र के बाहर से जुटाए सतही जल सतह संसाधनों पर काफी निर्भर करता है। सारणी 1 के अनुसार तीन प्रमुख हिमालयी नदियाँ अर्थात् गंगा, यमुना और सतलुज यहाँ के सतही जल के प्राथमिक स्रोत हैं जो कुल जल आपूर्ति का 85% स्रोत हैं। बाकी 15% जलापूर्ति भूजल से दिल्ली जल बोर्ड के नलकूपों के माध्यम से की जाती है।

दिल्ली जल बोर्ड के लगभग 1.48 लाख घरेलू जल आपूर्ति कनेक्शन है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली से संबंधित आंकड़े इंगित करते हैं कि यमुना नदी जल का सबसे प्रमुख स्रोत है जो पीने के जल की आपूर्ति करता है किन्तु विगत कुछ दशकों से यमुना नदी के जल में प्रदूषण के स्तर में वृद्धि हुई है। भविष्य में जल की आपूर्ति और अनुमानित क्षमता एक बड़ा अंतर दिखता है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के विभिन्न क्षेत्र में बाइस सीवरेज ट्रीटमेंट प्लांट (एसटीपी) और तेरह आम प्रवाह उपचार संयंत्रों (सीईटीपी) परिचालन कर रहे हैं।

सामग्री एवं विधि

इस अध्ययन में प्रयुक्त पद्धति काफी हद तक जल पदचिह्न नेटवर्क (www.water footprint.org) पद्धति पर आधारित है। आंकड़ों की उपलब्धता के अनुसार जल पदचिह्न नेटवर्क में प्रयुक्त विभिन्न विधियों को सम्मिलित करके राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के WF का आंकलन किया गया है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली की वर्तमान जल आपूर्ति और शुद्धिकरण योजनाओं के अध्ययन से पता चलता है कि जल के स्रोत, विभिन्न प्रयोजनों के लिए जल की खपत और शुद्धिकरण संयंत्र, राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में जल के उपयोग को प्रभावित करते हैं। जल पदचिह्न इस प्रकार दो घटकों से मिलकर बनता है : जल का

सारणी 1 — मार्च 2011 में दिल्ली जल बोर्ड के जल संसाधन आपूर्ति

संबद्धित आंकड़े

सं.	संसाधन मात्रा	(एमजीडी)
अ. सतही जल स्रोत		
1	यमुना नदी	310
2	गंगा नदी	240
3	सतलुज नदी (भाखड़ा स्टोरेज)	140
	योग (A)	690
ब. भूजल स्रोत		
1	कुओं/ट्यूबवेल	115
	महायोग (अ + ब)	805

स्रोत : दिल्ली जल बोर्ड (2010)

उपयोग और अपशिष्ट जल प्रदूषण। वर्तमान अध्ययन जल के उपयोग की मात्रा आकलन पर केंद्रित है। जल प्रदूषण के प्रभाव का आकलन करने के लिए प्रदूषित हुए जल को स्वीकार्य स्तर तक लाने के लिए आवश्यक जल की मात्रा का मूल्यांकन किया गया। इससे स्वच्छ जल की वह मात्रा प्राप्त हुई जो पानी की गुणवत्ता मानकों के अनुसार प्रदूषकों मिश्रण और पानी की गुणवत्ता बनाए रखने के लिए आवश्यक है।

राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के WF की गणना वर्ष 2006-2010 के प्रत्यक्ष (वास्तविक) एवं अप्रत्यक्ष (आभासी) जल की खपत के उपलब्ध आंकड़ों के आधार पर की गयी है। संबंधित आंकड़े विभिन्न स्रोतों से, राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली सरकार के विभिन्न विभागों, महत्वपूर्ण वेबसाइटों से, और अन्य प्रकाशित रिपोर्टों से एकत्र किये गए हैं। आभासी जल संबंधित आंकड़े राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के लिए उपलब्ध नहीं हैं अतः भारत देश के लिए उपलब्ध आभासी जल संबंधित आंकड़ों को ही राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के लिए इस्तेमाल किया गया है। जो आंकड़े उपलब्ध नहीं थे उन्हें तर्कसंगत रूप में मान लिया गया है।

घरेलू जल पदचिह्न का आकलन : अध्ययन क्षेत्र एक शहरी क्षेत्र है, इसलिए घरेलू क्षेत्र की ग्रीन घटक नगण्य होगा। घरेलू WF के ब्लू घटक का आकलन दिल्ली जल बोर्ड द्वारा आपूर्ति से मानव उपभोग के लिए उपलब्ध पानी की कुल मात्रा की गणना से किया गया है। यह दिल्ली जल बोर्ड द्वारा जल आपूर्ति की कुल मात्रा से राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में सभी जानवरों (पशुधन) और वाहन (परिवहन) की जल की आवश्यकताओं को घटाकर किया गया है। ग्रे जल पदचिह्न की गणना में जल की गुणवत्ता मानकों के अनुसार प्रदूषकों मिश्रण और जल की गुणवत्ता को बनाए रखने के लिए आवश्यक स्वच्छ जल की मात्रा भी शामिल है। अतः राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली के वर्ष 2010 के लिए सीवेज उपचार संयंत्र (एसटीपी) के जल गुणवत्ता के आंकड़ों का उपयोग किया गया। केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड के 'सी' क्लास जल की गुणवत्ता को जल गुणवत्ता मानकों के रूप में लिया गया है। गणना के विभिन्न चरण नीचे प्रस्तुत हैं :

सारणी 2 — मानव आवादी के लिए जल की खपत की गणना

कुल घरेलू जल आपूर्ति	37.68 लाख कि.ली. प्रतिदिन
पशुधन के लिए जल की खपत	0.22 लाख कि.ली. प्रतिदिन
घरेलू वाहन के लिए जल की खपत	0.48 लाख कि.ली. प्रतिदिन
मानव जनसंख्या के लिए उपलब्ध जल आपूर्ति	36.98 लाख कि.ली. प्रतिदिन

2011 की जनगणना और दिल्ली जल बोर्ड के आंकड़ों के अनुसार, शहरी और ग्रामीण दोनों क्षेत्रों के लिए घरेलू जल की खपत प्रति व्यक्ति प्रति दिन (एलपीसीडी) 220.79 प्रति लीटर आंकी गई है लेकिन जल अपव्यय (UFW) के कारण प्रति व्यक्ति प्रतिदिन पानी की खपत 99.35 एलपीसीडी है जो केंद्रीय लोक स्वास्थ्य एवं पर्यावरण इंजीनियरिंग संगठन (सीपीएचईईओ) द्वारा निर्धारित मानक (220 एलपीसीडी) से तथा भारतीय मानक ब्यूरो (बी आई एस) के मानक (135 एलपीसीडी) से काफी कम है। इसका विवरण सारणी 3 में दिखाया गया है।

कृषि जल पदचिह्न का आकलन

राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र एक शहरी बहुल क्षेत्र है इसलिए इसके कृषि WF का नीला घटक नगण्य है। कृषि जल के उपयोग में हरी घटक (CWU, एम³/हेक्टेयर) का आकलन पूरा फसल उत्पादन काल में होने वाले दैनिक वाष्पोत्सर्जन (वाष्पीकरण + संवेदन) (ET, मिमी./दिन) से गणना की गई है।

$$CWU_{green} = 10x \sum_{d=1}^{lp} ET_{green}, \text{ volume/ area} \dots(2)$$

जहाँ, lp = फसल उत्पादन काल

कृषि WF के हरे घटक के आकलन के लिए राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में विभिन्न फसलों के लिए जल की आवश्यकता (CWR), एक विशिष्ट फसल के लिए ET दरों का आकलन, दिल्ली की विशेष जलवायु द्वारा आंकलित किया गया है। इस गणना के लिए संयुक्त राष्ट्र के खाद्य और कृषि संगठन (FAO) के CROPWAT 8.0 और CLIMWAT 2.0 सॉफ्टवेयर का उपयोग किया गया है। CROPWAT वर्षा, फसल विकास आदानों और सामान्य मिट्टी के आंकड़ों का उपयोग फसल की पानी की आवश्यकता की गणना करने के लिए करता है। विभिन्न फसलों की पानी की आवश्यकताओं और राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली की सभी फसलों के लिए सिंचाई की आवश्यकताओं को एक साथ सारणी 4 में प्रस्तुत किया गया है।

ग्रे जल पदचिह्न का आकलन जल संसाधन प्रबंधन में एक नई अवधारणा है। कृषि क्षेत्र के कुल जल पदचिह्न के अध्ययन में ग्रे जल को शामिल करने की आवश्यकता है क्योंकि कृषि क्षेत्र में तरह-तरह के उर्वरकों और कीटनाशकों के रूप में गैर-बिंदु प्रदूषक का जल की मांग पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। अक्सर बार, लागू जलगुणवत्ता मानकों के निश्चित स्तर को पाने के लिए प्रदूषित जल में स्वच्छ जल को मिलाने की आवश्यकता होती है। एक

सारणी 3 — जल की खपत प्रति व्यक्ति प्रतिदिन

वर्ष	जनसंख्या (लाख)	आंकलित एलपीसीडी	वास्तविक एलपीसीडी'	बीआईएस अनुशंसित एलपीसीडी
2011	167.53	220.78	99.35135	

*जल अपव्यय को 40-50 % मानते हुए

सारणी 4 — विभिन्न फसल के प्रकार, पानी की आवश्यकता और सिंचाई की आवश्यकता

फसल के प्रकार	ETc (मिमी./प्रतिवर्ष)	Eff rain (मिमी./प्रतिवर्ष)	Irr Req. (मिमी./प्रतिवर्ष)	क्षेत्र (हेक्टेयर में)	CWR (Million litre) प्रतिवर्ष
गेहूँ	303.7	34.8	269.5	20135	61150
चावल	807.1	470.2	608.5	6848	55270
जौ	345.8	107	292.5	70	242
बाजरा	351.4	348	143.1	1531	5380
मक्का	470.5	426.1	187.8	40	188
चारा/ज्वार	414.4	426.1	160.9	3341	13845
दलहन	250.4	35.6	213.2	8	20
आलू	354.3	36.8	315.9	51	181
गन्ना	2031.4	515.3	1522	3	61
बारहमासी घास	1192	515.3	750.1	8000	95360
बारहमासी झाड़ियों	1182.6	515.3	858.7	29958	354283
जंगल	1771.5	515.3	1302.2	8500	150578

फसल या पेड़ से बढ़ रही जल की पदचिह्न में ग्रे घटक की मात्रा नीचे दिए गए सूत्र का उपयोग करके आंकलित की गयी है :

$$WF_{proc, grey} = [(axAR)/(C_{max}-C_{nat})]/Y, m^3/ton \quad \dots(3)$$

जहाँ

AR = उर्वरक या कीटनाशक/हेक्टेयर (kg/ha)

= लीचिंग प्रवाह अंश

C_{max} = अधिकतम स्वीकार्य सांद्रता (kg/m³)

C_{nat} = प्रदूषण की प्राकृतिक सांद्रता (kg/m³)

Y = फसल उत्पादन (ton per hectare)

राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के ग्रे जल पदचिह्न की गणना खेतों में नाइट्रोजन उर्वरक के प्रयोग के आधार पर की गई है। दिल्ली से संबद्धित आंकड़ों के अभाव में, उर्वरक उपयोग और परिवहन के बारे में Hoekstra के मैनुअल के आधार कुछ तथ्यों को तर्कसंगत रूप में मान लिया गया है। लीचिंग अंश (नाइट्रोजन की मात्रा जो जल निकायों तक पहुँच जाती है) लागू उर्वरक दर के 10% मान लिया गया है। अनुपलब्ध स्थानीय परिवेश नाइट्रोजन पानी की गुणवत्ता मानकों के कारण, संयुक्त राज्य अमेरिका पर्यावरण संरक्षण एजेंसी (USEPA) के मानक (अधिकतम 10 मिलीग्राम नाइट्रेट जल के प्रति लीटर में) का इस्तेमाल किया गया है (Hoekstra, 2009)। नाइट्रोजन की प्रति लीटर पानी में प्राकृतिक सांद्रता को शून्य मान लिया गया है। ग्रे जल पदचिह्न के आंकलन में केवल नाइट्रोजन उर्वरक का प्रयोग ही शामिल किया गया है। कुल फसल जल की आवश्यकता और ग्रे घटक को जोड़कर कुल कृषि WF की गणना की गई है।

औद्योगिक जल पदचिह्न का आकलन : एक शहरी क्षेत्र होने के नाते, औद्योगिक WF की हरी घटक को लगभग नगण्य माना गया है। औद्योगिक WF के नीले घटक का आंकलन दिल्ली जल बोर्ड द्वारा वाणिज्यिक और औद्योगिक उद्देश्यों के लिए आपूर्ति के आधार पर किया गया है। दिल्ली विद्युत नियामक प्राधिकरण के अनुसार स्थानीय स्तर पर दिल्ली में विभिन्न बिजली संयंत्रों में 70,000 लाख विद्युत इकाइयों द्वारा उत्पादन किया जा रहा है। कुछ औद्योगिक रिपोर्टों में बताया गया है कि थर्मल पावर की एक यूनिट के उत्पादन में लगभग 3 लीटर जल की आवश्यकता होती है और पनबिजली के मामले में प्रति इकाई 17 लीटर जल की आवश्यकता होती है। बिजली उत्पादन के लिए जल की खपत को भी औद्योगिक जल पदचिह्न की गणना में शामिल किया गया है।

राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के आम अपशिष्ट जल उपचार संयंत्र (सीईटीपी) के जल की गुणवत्ता के आंकड़ों को ग्रे पानी पदचिह्न की गणना के लिए घरेलू ग्रे पानी पदचिह्न के आंकलन की तरह ही इस्तेमाल किया गया है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के औद्योगिक जल पदचिह्न के अंतिम मूल्य पाने के लिए ब्लू और ग्रे WF को जोड़ दिया गया है।

आभासी जल का आकलन : वर्तमान अध्ययन में, पशुधन आधारित उत्पादों सहित कृषि उत्पादों के आयात से संबंधित आंकड़े दिल्ली कृषि विपणन बोर्ड से प्राप्त किये गए हैं। जल पदचिह्न नेटवर्क से फसलों के लिए आभासी जल आयात की गणना के लिए विचार किया गया है।

राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली में भारी बिजली जरूरतों को पूरा करने के लिए पड़ोसी राज्यों पर निर्भर करता है। यह अन्य राज्यों से अपनी कुल बिजली की आवश्यकताओं के लगभग 17764 मिलियन यूनिट/ वर्ष (66%) आयात करता है। इसलिए बिजली के मामले में आभासी जल आयात का आकलन भी अध्ययन में शामिल किया गया है। कच्चे तेल किसी भी क्षेत्र की गतिविधियों में एक महत्वपूर्ण योगदान होता है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में कच्चे तेल का आयात रसोई गैस, पेट्रोल, डीजल, विमानन ईंधन आदि जैसे विभिन्न रूपों में, अन्य राज्यों से किया जाता है। कच्चे तेल को भी आभासी जल आयात के आकलन के अध्ययन में शामिल किया गया है।

परिणाम एवं विवेचना

वर्तमान अध्ययन में राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली की प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से जल की खपत सहित समग्र जल पदचिह्नों के आंकलन का एक प्रयास किया गया है। WF का आकलन घरेलू उपयोग (ब्लू और ग्रे), कृषि उपयोग (ग्रीन और ग्रे) और औद्योगिक उपयोग (ब्लू और ग्रे) के लिए किया गया है। अप्रत्यक्ष जल का आंकलन करने लिए आभासी जल के आयात और ग्रे जल की अवधारणाओं को भी सम्मिलित किया गया है। अध्ययन के विभिन्न परिणामों को सारणी 5 से 8 में दर्शाया गया है।

घरेलू जल पदचिह्न : राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली के घरेलू जल पदचिह्न के विश्लेषण से संबंधित परिणाम सारणी 5 में दिए गए हैं। यह देखा जा सकता है कि दिल्ली जल बोर्ड 220.78 एलपीसीडी जल की आपूर्ति करती है जो बीआईएस के 135 एलपीसीडी जल की आपूर्ति के मानदंडों की सिफारिश से 163% अधिक है। लेकिन जल अपव्यय की मात्रा 40-50% होने के कारण राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के एक नागरिक के हिस्से

में अंत में 99.35 एलपीसीडी जल आता है जो बीआईएस के जल की आपूर्ति के मानदंडों की सिफारिश का 74% है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली के घरेलू WF का आंकलन 6,530.51 एमसीएम प्रतिवर्ष (4.4 एमसीएम/km²/वर्ष) किया गया जिसमें 5155.11 एमसीएम अप्रत्यक्ष रूप में प्रयोग किया गया जल (एसटीपी द्वारा निष्कासित जल को एक स्वीकार्य स्तर तक लाने के लिए आवश्यक) भी शामिल है। ग्रे जल पदचिह्न राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के कुल घरेलू जल पदचिह्न का 78% है।

कृषि जल पदचिह्न : सामान्यतः कृषि क्षेत्र में सर्वाधिक जल का प्रयोग होता है लेकिन राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली अपनी कृषि पद्धतियों के लिए जल का ज्यादा उपयोग करता है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के कृषि जल पदचिह्न को प्रतिवर्ष 779.72 एमसीएम आँका गया है। सारणी 6 में दर्शाएनुसार इसका ग्रे जल पदचिह्न 5% है। यह भी पता चलता है कि राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली की कृषि जल घटक का एक महत्वपूर्ण हिस्सा (76%) बारहमासी घास, बारहमासी झाड़ियों और जंगलों और

सारणी 5 — राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली के घरेलू जल पदचिह्न

ब्यौरा	मात्रा	MCM
दिल्ली जल बोर्ड के जल की आपूर्ति	13754.00 लाख कि.ली./प्रतिवर्ष	1375.40
पशुधन के लिए जल की आवश्यकता	79.43 लाख कि.ली./प्रतिवर्ष	7.94
घरेलू वाहनों के लिए जल की आवश्यकता	173.68 लाख कि.ली./प्रतिवर्ष	17.36
मानव जनसंख्या के लिए जल की आपूर्ति	13500.89 लाख कि.ली./प्रतिवर्ष	1350.09
BIS अनुमोदित जल की आपूर्ति (LPCD)	135.00 LPCD	-
आंकलित LPCD	220.78 LPCD	-
वास्तविक LPCD (जल अपव्यय को 45% मान कर)	99.35 LPCD	-
तनु जल की आवश्यकता	51551.17 लाख कि.ली./प्रतिवर्ष	5155.11
ग्रे जल पदचिह्न	843.00	LPCD
	घरेलू जल पदचिह्न (MCM/प्रतिवर्ष)	6530.51

सारणी 6 — मौसम के अनुसार राष्ट्रीय राजधानी, क्षेत्र दिल्ली के कृषि जल पदचिह्न

फसल के प्रकार	CWR (मिलियन लीटर)	CWR एमसीएम	ग्रे जल पदचिह्न (m ³ /ton)	ग्रे जल पदचिह्न एमसीएम	जल पदचिह्न एमसीएम
गेहूँ	61150	61.15	329.49	30.47	91.62
चावल	55270	55.27	354.07	10.10	65.36
जौ	242	0.242	177.3	0.04	0.28
बाजरा	5380	5.38	265.96	0.79	6.17
मक्का	188	0.19	56.92	0.06	0.25
चारा/ज्वार	13845	13.85	51.12	1.62	15.46
दलहन	20	0.02	568.18	0.04	0.06
आलू	181	0.19	2	0.04	0.23
गन्ना	61	0.06	11.28	0.003	0.06
बारहमासी घास	95360	95.36	NA	NA	95.36
बारहमासी झाड़ियों	354283	354.28	NA	NA	354.28
जंगल	150578	150.58	NA	NA	150.568
कृषि जल पदचिह्न	736.56	43.161	779.72		

बहुत कम हिस्सा भोजन, अनाज और सब्जियों के उत्पादन के लिए जाता है।

औद्योगिक जल पदचिह्न : एक शहरी आवासीय क्षेत्र होने के नाते, राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली में बहुत कम उद्योग हैं। दिल्ली के औद्योगिक जल पदचिह्न का आंकलन 864.83 एमसीएम प्रतिवर्ष (सारणी 7) किया गया जिसमें 718.21 एमसीएम अप्रत्यक्ष रूप में प्रयोग किया गया जल (सीईटीपी द्वारा निष्काशित जल को एक स्वीकार्य स्तर तक लाने के लिए आवश्यक) भी शामिल है। यह भी आकलन किया गया है कि यहाँ 20.7 एमसीएम/सालाना जल विभिन्न ताप विद्युत संयंत्रों में विद्युत उत्पादन के लिए प्रयोग किया जाता है। ग्रे जल पदचिह्न राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली के कुल औद्योगिक जल पदचिह्न का 83% है। घरेलू, कृषि और राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली के औद्योगिक WF का योग ग्रे घटक सहित 8175 एमसीएम प्रतिवर्ष है।

आभासी जल : जल की खपत के अलावा आभासी जल की एक बड़ी मात्रा भी राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में/से विभिन्न वस्तुओं, वस्तुओं और उत्पादों आदि के रूप में स्थानांतरित हो रही हैं। उपलब्ध आंकड़ों के आधार पर कृषि उत्पादों (फसल आधारित), पशु आधारित उत्पादों, पेट्रोलियम उत्पादों और बिजली के लिए आभासी जल के हस्तांतरण से अप्रत्यक्ष WF का सारणी 8 के अनुसार 7,750.78 एमसीएम प्रतिवर्ष आकलन किया गया है।

कुल जल पदचिह्न : राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली का कुल WF 15926 एमसीएम प्रतिवर्ष आकलित किया गया जिसमें घरेलू क्षेत्र में 41%, कृषि क्षेत्र में 5%, औद्योगिक क्षेत्र में 5% और आभासी जल के हस्तांतरण की वजह से 49% पानी की खपत पायी गयी।

निष्कर्ष

वर्तमान अध्ययन में राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में जल के घरेलू, कृषि और औद्योगिक उपयोग के लिए जल पदचिह्न (WF) का मूल्यांकन किया गया है। इसमें फसलों, घास, झाड़ियों और वनों के रख-रखाव, विभिन्न प्रकार के रूप में अन्य विभिन्न गतिविधियों से वाष्पीकृत जल तथा प्रतिवर्ष आभासी जल आयात का भी आकलन किया गया है। राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली का कुल WF 15926 एमसीएम प्रतिवर्ष आकलित किया गया, जिसमें घरेलू क्षेत्र में 41%, कृषि क्षेत्र में 5%, औद्योगिक क्षेत्र में 5% और आभासी जल के हस्तांतरण की वजह से 49% जल की खपत पायी गयी। यहाँ का WF लगभग 950 M³/व्यक्ति/सालाना है, जो राष्ट्रीय औसत WF के लगभग बराबर है। इसके अलावा जल के टैंकरों के माध्यम से अनधिकृत जल दिल्ली में लाया जाता है। औसत वैश्विक उपभोक्ता की WF 1385 M³/व्यक्ति/वर्ष है। संयुक्त राज्य अमेरिका में औसत उपभोक्ता का WF 2,842 M³/व्यक्ति/वर्ष है जबकि चीन और भारत में औसत नागरिकों का WF 1,071 और 1,089 M³/व्यक्ति/वर्ष है।

सारणी 7 — राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली के औद्योगिक जल पदचिह्न की गणना

विवरण	मात्रा	मात्रा/प्रतिवर्ष
दिल्ली जल बोर्ड के पानी की आपूर्ति	3.45 लाख कि.ली./दिन	125.92 एमसीएम
बिजली के उत्पादन के लिए पानी की खपत	-	20.7 एमसीएम
ग्रे पानी पदचिह्न	19.87 लाख कि.ली./दिन	718.21 एमसीएम
औद्योगिक जल पदचिह्न	5.51 लाख कि.ली./दिन	864.83 एमसीएम

सारणी 8 — आभासी जल का आयात

अन्य राज्यों से प्रतिवर्ष बिजली की खरीद	258230 लाख इकाई
बिजली आयात के कारण प्रतिवर्ष आभासी जल का आयात	387.35 एमसीएम
मुख्य स्रोत के रूप में पनबिजली (15 लीटर प्रति किलोवाट)	
कच्चे तेल (4080 हजार टन) के कारण प्रतिवर्ष	326.30 एमसीएम
आभासी जल का आयात	
सालाना फसल आधारित उत्पादों के आयात के कारण	5138.7 एमसीएम
प्रतिवर्ष आभासी जल का आयात	
पशु उत्पादों के आयात के कारण प्रतिवर्ष आभासी	1898.43 एमसीएम
जल का आयात	
प्रतिवर्ष कुल आभासी जल का आयात	7750.78 एमसीएम

आभासी जल के हस्तांतरण से संबंधित सभी वस्तुओं के आंकड़े उपलब्ध नहीं थे इसलिये इस अध्ययन में सर्वोत्तम संभव उपलब्ध आंकड़े लिए गए हैं। इसके अलावा भारी मात्रा में जल राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में टैंकों के माध्यम से लाया जाता है, लेकिन इन टैंकों का कोई पूरा रिकॉर्ड नहीं है। अधिक आंकड़े की उपलब्धता के साथ, राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में WF वृद्धि की संभावना है। अध्ययन के परिणामों से सभी तीन प्रमुख क्षेत्रों अर्थात् घरेलू, कृषि और औद्योगिक के लिए अधिकारियों को स्वच्छ जल के संसाधनों के बेहतर प्रबंधन के लिए बेहतर प्रबंधन नीतियों, कार्य योजना और रणनीति विकसित करने के लिए मदद कर सकते हैं। अध्ययन से पता चलता है कि सभी क्षेत्रों में ग्रे जल पदचिह्न प्रमुख शेरधारक है अर्थात् राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली में भारी पर्यावरणीय समस्याओं का सामना करना पड़ रहा है और ग्रे जल पदचिह्न को कम करने के लिए प्रयास किये जाने चाहिए।

सीमाएँ : अभी भी WF के मानकीकृत आकलन के संबंध में कोई आम सहमति नहीं है। इस अध्ययन के लिए गहन आंकड़ों की आवश्यकता होती है और कई बार सभी आवश्यक आंकड़े उपलब्ध नहीं होते हैं इसलिए अपेक्षित आंकड़े की कमी को ध्यान में रखकर WF का आकलन एक प्रमुख मुद्दा है।

संदर्भ

1. Annual report of Directorate of Animal Husbandry. GNCT of Delhi, (2007).
2. Delhi Statistical Hand Book, Directorate of Economics and Statistics, Government of NCT of Delhi, (2012).
3. Economic Survey of Delhi 2012-2013, Planning Commission of NCT, Delhi.
4. Hoekstra A Y, A comprehensive introduction to water footprints (2008).
5. Hoekstra A Y & Chapagain A K, "Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern", *Water Resources Management*, **21**(1), (2007) 35-48.
6. Hoekstra A Y, Chapagain A K, Globalization of Water : Sharing the Planet's Freshwater Resources. Wiley, (2008).
7. Hoekstra A Y & Mesfin M M, The water footprint of humanity, *PNAS*, **109** (9) (2012) 3232-3237.
8. Kampman D A, The water footprint of India, University of Twente, Enschede, The Netherlands (2007).
9. Kumar Vijay and Jain S K, Status of virtual water trade from India, *Current Science*, **93** (8) (2007) 1093-1099.
10. Megan K. Holcomb, Quantifying the Water Footprint: Growing Crops Sustainably in Northwest India, School of Environment and Natural Resources, The Ohio State University, (2010).
11. Shaban A & Sharma R N, "Water consumption patterns in domestic households in major cities", *Economic and political weekly*, (2007) 2190-2197.
12. Statistical Abstract of Delhi, Directorate of Economics and Statistics, Government of NCT of Delhi (2012).
13. www.dpcc.delhigovt.nic.in accessed on Jan 30, 2014