पी.के. मिश्रा, पी.के. सिंह एवं पी.के. अग्रवाल

जल लेखा प्लस (WA+) तंत्र के प्रयोग द्वारा नहर सिंचित क्षेत्र के लिए भूमि और जल उत्पादकता का आंकलन

जल लेखा प्लस (WA+) ओपन एक्सेस डेटासेट और मानक शब्दावली के आधार पर जल संसाधनों की स्थिति का आंकलन, रिपोर्टिंग, संचार और विश्लेषण करने के लिए, जल लेखांकन का एक संशोधित और उन्नत संस्करण है, जिसे IWMI ने विकसित किया है। उपयोगकर्ताओं के लिए एक भौगोलिक डोमेन में उपभोग्य उपयोग से प्राप्त जल संसाधनों से संबंधित जानकारी और सेवाओं को संप्रेषित करने के लिए, जल लेखा (WA) सबसे अच्छी प्रक्रिया है।

बढ़ती जनसंख्या और शहरीकरण के परिणामस्वरूप ग्रामीण और शहरी दोनों क्षेत्रों में जल की मांग में उल्लेखनीय वृद्धि हो रही है। भविष्य में खाद्यान्न की बढ़ती माँगों और जलवायु परिवर्तन के परिणामस्वरूप बदलती उत्पादन स्थितियों के कारण यह वृद्धि और अधिक अपेक्षित है। कई क्षेत्रों में जल की मांग में वृद्धि के कारण सिंचाई के लिए इसकी उपलब्धता कम हो जाती है। अतः विशेष रूप से कृषि हेतु जल का स्थायी प्रभावी प्रबंधन आवश्यक है। कुशल और प्रभावी जल उपयोग प्राप्त करने के लिए, फसल जल उत्पादकता (WP) और भूमि उत्पादकता (LP) में वृद्धि किए जाने की आवश्यकता है। बढ़ती खाद्य मांग और जलवायु परिवर्तन को पूर्ण करने के लिए फसल जल उत्पादकता (WP) और भूमि उत्पादकता (LP) में वृद्धि सबसे श्रेष्ठ समाधानों में से एक है। इस प्रकार, वर्तमान विश्लेषण में, पहले वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन का अनुमान लगाया गया था, उसके पश्चात महानदी बेसिन में स्थित हीराकुंड नहर सिंचित क्षेत्र के लिए UNESCO–IHE, IWMI और FAO द्वारा संयुक्त रूप से विकसित एक पायथन आधारित जल लेखा प्लस (WA+) तंत्र के उपयोग द्वारा वर्ष 2003-2014 तक की कुल 12 वर्षों की अवधि के लिए, कुल जल उपयोग, कृषि जल उपयोग तथा भूमि और जल उत्पादकता का आंकलन किया गया। विश्लेषण में पूर्णतः ओपन एक्सेस आंकड़ों का उपयोग किया गया है।

भूमि एवं जल उत्पादकता

उत्पादकता, परिणामी उत्पाद (output) की एक इकाई और निवेश (input) की एक इकाई के मध्य अनुपात है। यहां, जल की उत्पादकता का उपयोग विशेष रूप से उत्पाद (जल) की मात्रा/जल की मात्रा में कमी/मार्गाभिगमित जल के मूल्य को प्रदर्शित करने के लिए किया जाता है। उत्पाद के मूल्य को विभिन्न पदों (बायोमास, अनाज, धन) के रूप में व्यक्त किया जा सकता है। उदाहरणार्थ, तथाकथित ''फसल प्रति बूंद'' पद्धति, जल की प्रति इकाई उत्पाद की मात्रा पर आधारित है। हालांकि, जल की उत्पादकता को किलोग्राम प्रति बूंद (किग्रा/मी॰) के रूप में परिभाषित किया गया है, तथापि एक ही प्रणाली या नदी बेसिन के विभिन्न भागों में उत्पादकता की तुलना करने और अन्य संभावित जल उपयोगों के साथ कृषि में पानी की उत्पादकता की तुलना एक उपयोगी अवधारणा है। भूमि उत्पादकता, भूमि की प्रति इकाई उत्पादन की मात्रा (किग्रा/हेक्टेयर) को भी प्रदर्शित करती है। उपरोक्त पदों को परिभाषित करने का उद्देश्य इन संसाधनों के वर्तमान प्रदर्शन को आमापित करना है।

भूमि एवं जल उत्पादकता मूल्यांकन की आवश्यकता

खाद्य एवं जैवीय-ऊर्जा उत्पादन, जैव विविधता संरक्षण, और जलवायु परिवर्तन के कारण परिवर्तनीय उत्पादन स्थितियों के कारण भविष्य में भूमि और

जल संसाधनों के लिए प्रतिस्पर्धा में संभावित वृद्धि, अनेकों क्षेत्रों में जल के लिए बढ़ती प्रतिस्पर्धा तथा सिंचाई के लिए इसकी उपलब्धता को कम कर रही है। इस प्रकार, जल के प्रत्येक क्षेत्र में प्रभावी प्रबंधन के लिए कुशल पद्धति की आवश्यकता है। कुशल एवं प्रभावी जल उपयोग प्राप्त करने के लिए, आनुवांशिक सुधार और शारीरिक विनियमन द्वारा फसल जल उत्पादकता (WP) एवं सूखा सहिष्णुता में वृद्धि की आवश्यकता है। उच्च (या मध्यम) उत्पादकता मूल्यों के उच्च (या मध्यम) पैदावार के साथ सम्बद्धता का जल के प्रभावी उपयोग पर विशिष्ट प्रभाव पड़ता है। बढ़ती खाद्य मांग और जलवायु परिवर्तन को पूर्ण करने के लिए भूमि उत्पादकता और जल उत्पादकता वृद्धि सर्वाधिक महत्वपूर्ण समाधान है। जल का उपयोग (वाष्पोत्सर्जन (ET)) एक बेसिन में उत्पादकता आंकलन के लिए एक प्रभावशाली कारक है। इस प्रकार, उत्पादकता मूल्यांकन के लिए ET अनुमान की गणना पहले की जानी चाहिए।

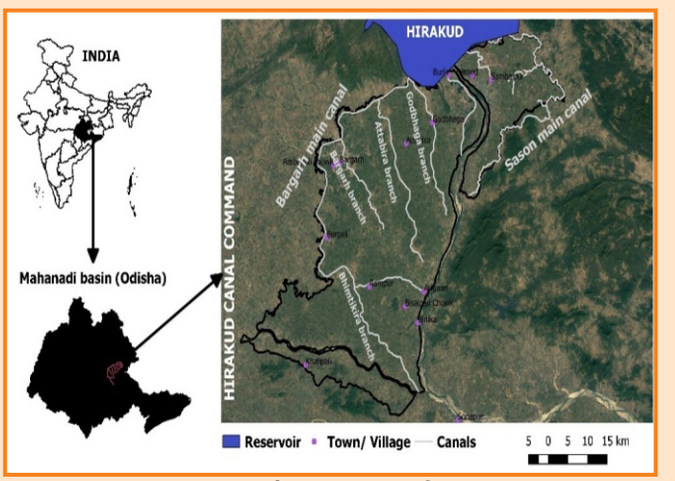
जल लेखा प्लस (WA+) क्या है?

जल लेखांकन एक व्यवस्थित अधिग्रहण, विश्लेषण तथा प्राकृतिक, एवं अशांत अभियांत्रिकी वातावरण में जल के स्टॉक एवं प्रवाह (स्रोतों से सिंक तक) से संबंधित जानकारी का संचार है। जबकि जल लेखा प्लस (WA+) ओपन एक्सेस डेटासेट और मानक शब्दावली के आधार पर जल संसाधनों की स्थिति का आंकलन, रिपोर्टिंग, संचार और विश्लेषण करने के लिए, जल लेखांकन का एक संशोधित और उन्नत संस्करण है, जिसे IWMI ने विकसित किया है। उपयोगकर्ताओं के लिए एक भौगोलिक डोमेन में उपभोग्य उपयोग से प्राप्त जल संसाधनों से संबंधित जानकारी और सेवाओं को संप्रेषित करने के लिए, जल लेखा (WA) सबसे अच्छी प्रक्रिया है। IWMI द्वारा WA+ संरचना को मूल रूप से एक बेसिन के अंतर्गत सिंचाई के लिए अभिकल्पित किया गया था, लेकिन बाद में इसका प्रयोग बेसिन के विश्लेषण के लिए किया गया। उदाहरण के लिए, सिंचाई सेवा पैमाने पर जल की कमी केवल फसल से होने वाले वाष्पीकरण को प्रदर्शित करती है, जबकि बेसिन पैमाने पर, इसमें नगरपालिकाएं, उद्योग, मत्स्य पालन, वानिकी आर्द्रभूमि और अन्य सभी उपयोग सम्मिलित हैं। परिणामस्वरुप, बेसिन के संदर्भ में महत्वपूर्ण जानकारी के कुछ भागों को मूल IWMI-WA+ संरचना में शामिल नहीं किया गया है।

जल लेखा प्लस (WA+) एक ऐसी संरचना है जिसे जल की कमी और नदी बेसिनों से शुद्ध निकासी प्रक्रिया पर स्पष्ट स्थानिक जानकारी प्रदान करने के लिए अभिकल्पित किया गया है। यह सामान्य प्रबंधन विशेषताओं के साथ भूमि उपयोग वर्ग को समूहीकृत करके इसे संशोधित करने के लिए जल संतुलन, भूमि उपयोग, जल उपयोग और प्रबंधन विकल्पों के बीच लिंक प्रदान करता है। WA+ गणना में जल निकासी के स्थान पर जल की कमी का प्रयोग करता है, तथा यह लेखांकन के लिए पूर्व प्रवाह एवं अपवाह का उपयोग करता है। वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन के द्वारा वाष्पीकृत होने, नालों में प्रवाहित होने, उत्पादों में प्रयोग होने तथा जल गुणवत्ता में हानि के कारण जल अंततः पुनः प्राप्ति के अयोग्य हो जाता है। WA+ के अंतर्गत जल की कमी को उपयोग के प्रकार और इच्छित उद्देश्य के अनुसार लाभकारी और गैर-लाभकारी वर्गों में विभाजित किया गया है। WA+ में आठ फैक्ट शीट हैं। शीट 2 और शीट 3 क्रमशः वाष्पीकरण और कृषि सेवाओं (भूमि उत्पादकता और जल उत्पादकता) मूल्यांकन का प्रतिनिधित्व करती है। WA+ फ्रेमवर्क को पायथन कोड का उपयोग करके विकसित किया गया है।

अध्ययन क्षेत्र

अध्ययन क्षेत्र 21°34' से 20°54' उत्तरी अक्षांश एवं 83°04' से 83°33' पूर्वी देशांतर के मध्य स्थित है। इसके बाएँ तट के आवाह क्षेत्र का कुल भौगोलिक क्षेत्र 3,95,000 हेक्टेयर एवं दाएं तट के आवाह क्षेत्र का कुल भौगोलिक क्षेत्र 1,98,000 हेक्टेयर है। हीराकुंड आवाह क्षेत्र ओडिशा राज्य के चार जिलों, संबलपुर, बरगढ़, सोनपुर और बोलांगीर में फैला हुआ है। हीराकुंड बांध से चार नहरें, बार-गढ़ नहर, हीराकुंड वितरिका, संबलपुर वितरिका और सासन नहर निकलती हैं। इन नहरों में बरगढ़ मुख्य नहर सबसे लंबी नहर (107 कि.मी.) है, जो बुर्ला के पास से निकलती है। इस मुख्य नहर से गोडभगा, अूट्टाबीरा और बरगढ़ नामक तीन वितरिकाएँ निकलती है। इस नहर के द्वारा संबलपुर, बरगढ़ और सोनपुर जिलों की लगभग 1,33,540 हेक्टेयर भूमि की सिंचाई होती है। मुख्य नहर और वितरिकाओं का यह तंत्र मुख्य रूप से दाएं तट के आवाह क्षेत्र में सिंचाई और विद्युत उत्पादन का कार्य करता है। तथा इनके जल का उपयोग घरेलू जल आपूर्ति और उद्योगों के लिए भी किया जाता है।



अध्ययन क्षेत्र का स्थल मानचित्र।

सासोन, बाएँ तट के आवाह क्षेत्र में प्रवाहित होने वाली एक मुख्य नहर है, जिसकी लम्बाई लगभग 86 किमी है। यह नहर संबलपुर जिले के बाएँ तट के आवाह क्षेत्र में प्रवाहित होती है। इस नहर का कृषि योग्य आवाह क्षेत्र (CCA) 24,487 हेक्टेयर है। इस नहर प्रणाली में मुख्य रूप से सिंचाई के प्रयोजनों के लिए कई वितरिकाएं सम्मिलित हैं। बाएँ तट के आवाह क्षेत्र में 3.40 क्यूमेक की निर्वहन क्षमता वाली समबलपुर वितरिका, हीराकुंड बांध से उद्गमित होती है, और संबलपुर शहर की ओर प्रवाहित होती है। यह वितरिका संबलपुर शहर के आस-पास लगभग 4,100 हेक्टेयर भूमि की सिंचाई करती है। संपूर्ण हीराकुंड बांध परियोजना द्वारा खरीफ ऋतु में 1,55,635 हेक्टेयर और रबी ऋतु में 1,08,385 हेक्टेयर भूमि की सिंचाई की जाती है। इसके अतिरिक्त, जलविद्युत उत्पादन के पश्चात छोड़ा गया जल महानदी डेल्टा क्षेत्र में 4,36,000 हेक्टेयर भूमि की सिंचाई करता है। हीराकुंड नहर आवाह क्षेत्र के अंतर्गत सीमित अध्ययन किए गए हैं। हीराकुंड आवाह क्षेत्र का स्थल मानचित्र उपरोक्त चित्र में दर्शाया गया है।

उपयोग किए गए आंकड़े

प्रभावी जल प्रबंधन योजना तैयार करने के लिए विभिन्न प्रकार के आंकड़ों की आवश्यकता होती है। लेकिन अपर्याप्त एवं निकृष्ट गुणवत्ता वाले आंकड़ों की उपलब्धता बेसिन में अप्रभावी जल प्रबंधन का प्रमुख कारण है। सामान्यतः शोधकर्ताओं, योजनाकारों, नीति निर्माताओं के लिए जल से संबंधित आंकड़ों की व्याख्या और संचार अपर्याप्त होते हैं। विभिन्न उपग्रह आंकड़ा उत्पादों के अनुप्रयोग से समय एवं लागत में बचत होती है तथा इनके प्रयोग से प्रभावी और श्रेष्ठ जल

विभाजक मूल्यांकन किया जा सकता है। इस मूल्यांकन के लिए उपयोग किए जाने वाले आंकड़े स्वतंत्र रूप से उपलब्ध हैं।

भूमि उपयोग एवं भू-आच्छादन

भूमि उपयोग और भूमि आच्छादन (LULC), जलविज्ञानीय चक्र तथा समाज और पर्यावरण के लिए सेवाओं और लाभों को प्रभावित करने वाले मुख्य प्राचल हैं। WA+ के प्रयोग के लिए LULC पर स्थानिक रूप से वितरित जानकारी आवश्यक है। सुदूर संवेदी आंकड़ों एवं विभिन्न प्रमेय की सहायता से, WA+ आधारित LULC तैयार करने के लिए, सिंचाई क्षेत्र का वैश्विक मानचित्र (GMIA), अंतर्राष्ट्रीय जल प्रबंधन संस्थान (IWMI) द्वारा तैयार किये गए फसल मानचित्र, मासिक सिंचित और वर्षा आधारित फसल क्षेत्र (MIRCA), संरक्षित क्षेत्र (WDPA) पर विश्व आंकड़ा बेस, विश्व जनसंख्या आंकड़े इत्यादि अध्ययन में उपयोग किये गए विभिन्न क्षेत्रीय और वैश्विक भूमि आच्छादन आंकड़े हैं (देखें सारणी 1)। जल प्रबंधन के संदर्भ में, LULC वर्गों को चार प्रमुख समूहों संरक्षित भूमि उपयोग (PLU), उपयोग भूमि उपयोग (ULU), संशोधित भूमि उपयोग (MLU), प्रबंधित जल उपयोग (MWU), में वर्गीकृत किया गया है।

सकल अवक्षेपण

सकल अवक्षेपण WA+ के लिए एक प्राथमिक अंतर्वेश है। जलवायु आपदा समूहों के अवरक्त अवक्षेपण सहित स्थल आंकड़े (CHIRPS), उष्णकटिबंधीय वर्षा मापन मिशन (TRMM) के सुदूर संवेदी वर्षा उत्पाद इस लेखा प्रक्रिया के लिए उपलब्ध हैं।

वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन (ET)

विगत दशकों में, वास्तविक वाष्पन वाष्पोत्सर्जन (ET) की गणना करने के लिए विभिन्न पद्धतियाँ एवं प्रमेय उपलब्ध थे। वाष्पन वाष्पोत्सर्जन (ET) उत्पाद समूह एक शुद्ध उत्पाद है, जिसे सात स्वतंत्र वाष्पन वाष्पोत्सर्जन (ET) के रैखिक माध्यों: (1) मोडीस वैश्विक स्थलीय वाष्पोत्सर्जन प्रमेय (MOD16), (2) वायुमंडल-भूमि विनिमय व्युत्क्रम निदर्श (MOD16), (3) वैश्विक भूमि वाष्पीकरण एम्स्टर्डम निदर्श (GLEAM), (4) संचालनात्मक सरलीकृत भूतल ऊर्जा संतुलन (SSEBop), (5) CSIRO मोडीस परावर्तन-आधारित वाष्पन वापोत्सर्जन (CMRSET), (6) भूतल ऊर्जा संतुलन प्रणाली (SEBS), तथा (7) वाष्पन वाष्पोत्सर्जन प्रबोधक, की सहायता से तैयार किया गया तथा तथा मोडीस आधारित सामान्यीकृत अंतर वनस्पति सूचकांक (NDVI) आकड़ों का उपयोग करके इसके मान को 0.0025° (लगभग 250 मीटर) तक डाउनस्केल किया गया। विश्लेषण की अवधि 01 जनवरी 2003 से 31 दिसम्बर 2014 तक थी। जलवायु पूर्वानुमान प्रणाली पुनर्विश्लेषण (CFSR) आंकडा समूहों की सहायता से संभावित वाष्पन वाष्पोत्सर्जन (ET Ref) भी उपलब्ध है।

लीफ (Leaf) क्षेत्र सूचकांक (LAI), शुद्ध शुष्क पदार्थ (बायोमास उत्पादन) (NDM)

लीफ (Leaf) क्षेत्र सूचकांक (LAI), और शुद्ध शुष्क पदार्थ (बायोमास उत्पादन) (NDM), जो प्रति इकाई भू-सतही क्षेत्र में लीफ क्षेत्र और प्रति इकाई क्षेत्र कार्बन के द्रव्यमान के बारे में जानकारी प्रदान करते हैं, का उपयोग इस शीट की तैयारी के लिए किया गया, ताकि कृषि से वनस्पति आच्छादन और उत्पादन की मात्रा का निर्धारण किया जा सके। शुद्ध शुष्क पदार्थ (बायोमास उत्पादन) को MODIS के सकल प्राथमिक उत्पादन (GPP) और शुद्ध प्राथमिक उत्पादन (NPP) आंकड़ा समूहों की सहायता से तैयार किया गया था। अवक्षेपण, वाष्पोत्सर्जन और मौसम संबंधी आंकडा उत्पादों का विवरण सारणी 2 में प्रस्तुत किया गया है।

सारणी 1 : भूमि उपयोग/भूमि आच्छादन आंकड़ा उत्पादों का विवरण

क्र.सं.	आंकड़ा उत्पादक का नाम	उपलब्धता की अवधि	स्थानिक संकल्प	फाइल फारमैट	टिप्पणियां
1.	ग्लोबकवर	दिसंबर 4, जून 6, जनवरी-दिसंबर, 2009	300 मी	tiff	एनविसैट मेरिस पर आधारित, 22 शैली कक्षाएं।
2.	GMIA (सिंचित क्षेत्रों का वैश्विक मानचित्र)	01-10-2023 से	10 किमी.	shp	प्रति पिक्सेल % सिंचित क्षेत्र या हेक्टेअर के बारे में जानकारी देता है।
3.	MIRCA (मासिक सिंचित एवं वर्षा आधारित फसल क्षेत्र)	1998-2002	10 किमी.	Shp	26 सिंचित या वर्षा आधारित फसलों में से प्रत्येक द्वारा मासिक रूप से आच्छादित किए गए प्रत्येक सेल का %।
4.	WDPA (संयुक्त राष्ट्र पर्यावरण कार्यक्रम द्वारा संरक्षित क्षेत्रों पर विश्व डेटाबेस)	2010-2016	-	Shp	29 डिस्क्रिप्टर, जिन्हे डेटा विशेषताएं कहा जाता है; स्थलीय और समुद्री संरक्षित क्षेत्रों पर वैश्विक स्थानिक डेटासेट।
5.	जे.आर.सी (संयुक्त अनुसंधान केंद्र डेटा कैटलॉग)	2000-2016	1 किमी.	जियो tiff	बाढ़ के खतरे के मानचित्रः अलग-अलग वापसी अवधि आवृत्ति के साथ कुल 13 डेटासेट उपलब्ध है।
6.	अंतर्राष्ट्रीय जल प्रबंधन संस्थान (वैश्विक जलाशय और बांध डेटाबेस)	2000-2010	230 मी.	tiff	इसमें 0.1 किमी^{3} से अधिक क्षमता के 6862 जलाशय/बांध शामिल हैं।
7.	MODIS (मध्यम रिज़ॉल्यूशन इमेजिंग स्पेक्ट्रोरेडियोमीटर)-MCD12Q1	2001-2013	500 मी (0.05 डिग्री)	tiff	17 कक्षाएं
8.	विश्व पॉप	2010; 2015; 2020	100 मीटर (0.000833 डिग्री)		आबादी प्रति हेक्टेअर (PPH) आंकडा समूह

सारणी 2 : अवक्षेपण, वाष्पन वाष्पोत्सर्जन और मौसम संबंधी आंकड़ा उत्पाद का विवरण

क्र.	आँकड़ा उत्पादक का नाम	उपलब्धता की अवधि	स्थानिक संकल्प	अस्थायी समाधान	फाइल का प्रकार	टिप्पणियां
a	**वर्षा**					
1.	उष्णकटिबंधीय वर्षा मापन	1998 से अप्रैल 2015 तक	27 कि.मी. (0.25 डिग्री)	प्रत्येक 3 घंटे पर दैनिक, मासिक	tiff	NASA और JAXA मिशन (TRMM)
2.	स्टेशन टेटा के साथ जलवायु खतरे समूह इन्फ्रारेड वर्षा (CHIRPS)	1981 से आगे	5 कि.मी.	दैनिक, मासिक	tiff	USGS और USAID द्वारा वित्त पोषित
b	**वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन**					
1.	MOD 16	2000 से आगे	1 कि.मी.	8 दिवसीय, मासिक, वार्षिक	tiff	MODIS उत्पाद
2.	वैश्विक भूमि वाष्पीकरण एम्स्टर्डम (GLEAM) निदर्श	2003-2012	27 किमी (0.25°)	दैनिक, मासिक	tiff	
3.	Etensemble (ETTensV1.0)	जनवरी 2003 से दिसंबर 2014 तक	250 मी. से (0.0025 डिग्री)	मासिक	tiff	वैश्विक
C	**मौसमविज्ञानीय**					
1.	सार्वभौम आँकड़े एसिमिलेशन सिस्टम (GLDAS)	1948 से आगे	110 कि.मी. (1 दिन)	प्रत्येक 3 घंटे पर, मासिक	tiff	वायुमंडलीय दबाव, विकिरण तापमान आदि जैसे मौसम संबंधी मापदंडों को मापता है।
2.	जलवायु पूर्वानुमान प्रणाली पुनर्विश्लेषण (CFSR)	1979-2009	0.5 डिग्री	प्रति घंटा	tiff	वायुमंडलीय, समुद्री और भूमि की सतह पर आउटपुट प्रदान करता है (10 आँकड़ा उत्पाद)
3.	एमओडी 15-17 वनस्पति	2000 से आगे	1 किमी	8 दिवसीय, मासिक	tiff	NDVI, LAI, FPAR, GPP, NPP

WA+ पर आधारित भूमि उपयोग और भूमि आवरण

जल प्रबंधन के संदर्भ में, भूमि उपयोग एवं भूमि आच्छादन वर्गों को चार प्रमुख समूहों में वर्गीकृत किया गया हैः संरक्षित भूमि उपयोग (PLU), उपयोग में लाये गए भूमि उपयोग (ULU), संशोधित भूमि उपयोग (MLU), प्रबंधित जल उपयोग (MWU), (देखे चित्र)। संरक्षित भूमि उपयोग उन क्षेत्रों का प्रतिनिधित्व करता है जो जनमानस के हस्तक्षेप व आबादी से उत्पन्न कोलाहल से दूर हैं। इसमें संरक्षण और तटीय सुरक्षा के लिए निर्धारित प्राकृतिक पारिस्थितिक तंत्र, उदाहरणतः राष्ट्रीय उद्यान, तटीय टीले, खेल भंडार, हिमनद सम्मिलित हैं। समूह ''उपयोगिता भूमि उपयोग'' पारिस्थितिकी तंत्र सेवाओं की एक श्रृंखला प्रदान करता है, जिसमें मनुष्य द्वारा बहुत कम हस्तक्षेप किया गया है। हालांकि, लोग अक्सर अपने व्यक्तिगत उपयोगों के लिए ऐसी भूमि का उपयोग करते हैं। चरागाह या सवाना (चराई या लकड़ी के लिए) और वन भूमि (लकड़ी के लिए) आदि इसके प्रमुख उदाहरण हैं। समूह ''संशोधित भूमि उपयोग'' उस भूमि को संदर्भित करता है जिसका उपयोग भोजन, ईंधन और मछली उत्पादन इत्यादि के लिए जन मानस द्वारा किया जाता है। इसमें बढ़ती आबादी को जोड़ने के लिए बेहतर सड़क नेटवर्क, डंप साइट एवं सामाजिक-आर्थिक विकास के स्थल सम्मिलित है। ''संशोधित भूमि उपयोग'' समूह में जल का विचलन और जल निकासी नहीं होती है, लेकिन वनस्पति-घनत्व को संशोधित करके, ET, जल निकासी, अंतःस्रवण और पुनर्भरण जैसी जलविज्ञानीय प्रक्रियाएं प्रभावित होती हैं। ''संशोधित भूमि उपयोग'' वर्ग में ET में परिवर्तन का भूजल स्तर, धारा प्रवाह और अनुप्रवाह जल उपलब्धता पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ सकता है। वर्षा आधारित फसल प्रणाली, वनों की कटाई, वृक्षारोपण, वनों का निर्माण, गलियों और पार्कों की स्थापना, घरेलू उद्यान और पवन आश्रय आमतौर पर ''संशोधित भूमि उपयोग'' वर्ग में आते हैं। समूह ''प्रबंधित जल उपयोग'' भूमि उपयोग वर्गों का प्रतिनिधित्व करता है, जिसमें भौतिक बुनियादी ढांचे द्वारा प्राकृतिक जल चक्र में परिवर्तन किया जाता है। पेयजल आपूर्ति योजनाएं, सिंचाई प्रणाली, जल विद्युत भंडारण, नौकायन के लिए जल स्तर बनाए रखना, आर्द्रभूमि में बाढ़ भंडारण आदि इसके प्रमुख उदाहरण हैं। प्रबंधित जल उपयोग में शहरी क्षेत्रों और गांवों में घरेलू जल उपयोग, सिंचित कृषि, आर्थिक विकास के लिए उद्योगों का विस्तार और गोल्फ कोर्स शामिल हैं।

ET पृथक्करण

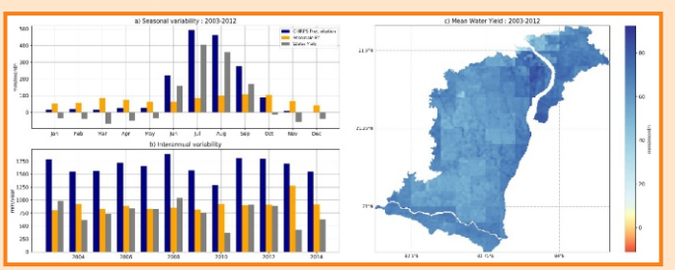
विभिन्न भूमि उपयोगों से प्राप्त वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन (ET) की मात्रा को ज्ञात करके विभिन्न जल उपयोगों से प्राप्त होने वाले लाभों का अनुमान लगाना महत्वपूर्ण है, अर्थात प्रत्येक भूमि उपयोग/भूमि आच्छादन के अंतर्गत वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन के लाभकारी और गैर-लाभकारी दोनों पहलुओं का वर्णन करने के लिए एक मूल्य की आवश्यकता होती है। सामान्य तौर पर, वाष्पीकरण (E) को गैर-लाभकारी माना जाता है, क्योंकि वाष्पन की काफी मात्रा गीली मिट्टी से उत्पन्न होती है जल निकायों से वाष्पन के साथ-2, मत्स्य पालन एवं मनोरंजन के लिए जल क्रीडा को लाभकारी माना जाता है। इस तरह, प्रत्येक भूमि उपयोग और भूमि आवरण वर्ग ने अपने इच्छित उद्देश्य के आधार पर जल के लाभकारी और गैर-लाभकारी उपयोग का प्रतिशत निर्धारित किया है। कृषि, पर्यावरण, आर्थिक, ऊर्जा को लाभकारी वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन के रूप में

WA+ पर आधारित भूमि उपयोग और भूमि आवरण में 4 प्रमुख वर्गों का प्रतिनिधित्व

व्यक्त किया गया है। इसके अतिरिक्त, मृदा एवं जल से वाष्पोत्सर्जन (T), अवरोधन (I) और वाष्पन (E) का स्वतंत्र मूल्यांकन, प्रभावी जल प्रबंधन नीतियों और तकनीकों को तैयार करने में सहायता करता है।

ET मानचित्रण (ET शीट)

ET शीट (शीट 2) प्रचलित वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन और जल के कुल उपयोग के अनुसार लाभकारी और गैर-लाभकारी वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन के बारे में विवरण प्रदान करती है। जल लेखा ET शीट के लिए प्रमुख अंतर्वेश उपग्रह-आधारित वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन (ET), शुद्ध प्राथमिक उत्पादन (NPP), सकल प्राथमिक उत्पादन (GPP), दैनिक वर्षा और भूमि उपयोग और भूमि आवरण मानचित्र हैं। ET शीट, प्रत्येक भूमि उपयोग और भूमि आवरण वर्ग के लिए ET के वाष्पन (E), वाष्पोत्सर्जन (T), अवरोधन (I) में पृथक्करण को भी दर्शाती है। वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन के दोनों पहलुओं की गणना करने के लिए, प्रत्येक भूमि उपयोग और भूमि आवरण वर्ग को उनके इच्छित उद्देश्य के आधार पर लाभकारी और गैर-लाभकारी उपयोगों का प्रतिशत सौंपा गया है।



हीराकुंड नहर आवाह क्षेत्र में CHIRPS वर्षा आंकड़ों की मौसमी और अंतर-वार्षिक परिवर्तनशीलता।

3.4 भूमि और जल उत्पादकता मानचित्रण (शीट 3)

वर्षा और सिंचाई के वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन को ज्ञात करने के लिए, वर्षा आधारित और सिंचित जल से वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन (ET) की गणना ET (हरे) और ET (नीले) जल के रूप में की गई थी। जल उत्पादकता और भूमि उत्पादकता के मूल्यांकन में BUDYKO संरचना का उपयोग करके हरे जल (वर्षा आधारित) और नीले जल (सिंचित) की अवधारणाओं का उपयोग भी शामिल है। अन्य जल लेखांकन संरचनाओं के विपरीत, WA+ ढाँचा नीले और हरे जल के बीच आवश्यक अंतर को पहचानता है। भूमि और जल उत्पादकता के स्थानिक मानचित्र एक बड़े आवाह क्षेत्र में श्रेष्ठ प्रदर्शन करने वाले प्रगतिशील किसान के बारे में जानकारी प्रदान करते हैं। यह समृद्ध जानकारी जल प्रबंधकों को प्रगतिशील और कम प्रगतिशील किसानों द्वारा स्थानीय स्तर पर हस्तक्षेप को समझने में सक्षम बनाती है। उपज और जल उत्पादकता की गणना नीचे दिए गए सूत्र के अनुसार की जाती है।

$$\text{ताजा लब्धि (Fresh Yield)} = \frac{\text{फसल सूचकांक X बायोमास शुष्क भार (किग्रा/हेक्टअर)}}{\text{आर्द्रता की मात्रा}} = \text{जल उपभोग (किग्रा/मी}^3\text{)}$$

CHIRPS वर्षा और ET संयोजन के आधार पर औसत जल उपज की गणना

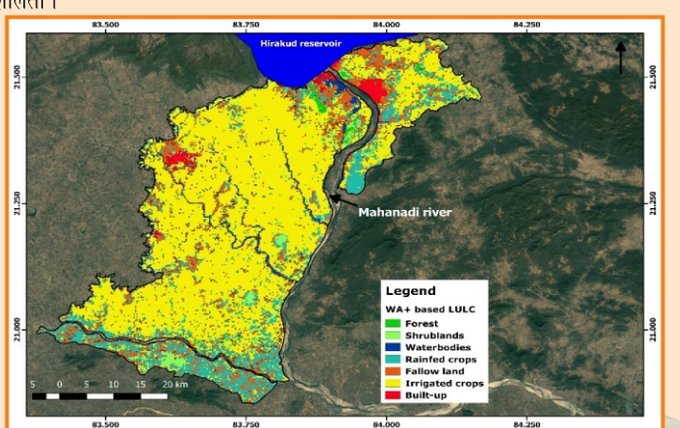
प्रारंभ में, 2003-2014 की अवधि के लिए CHIRPS वर्षा आंकड़ों और ET समेकन आंकड़ों का विश्लेषण नहर सिंचित क्षेत्र में माध्य जल उपज के लिए किया गया था। वर्षा की मौसमी परिवर्तनशीलता चार मानसून महीनों को दर्शाती है, जिसके दौरान क्षेत्र में खरीफ फसलों के उत्पादन हेतु महत्वपूर्ण वर्षा होती है (चित्र)। क्षेत्र में शीतकाल में होने वाली वर्षा नगण्य है। वर्षा विश्लेषण दर्शाता है कि वर्ष 2008 एक आर्द्र वर्ष था, जिसके बाद और पूर्व के वर्ष 2010 और 2007 क्रमशः शुष्क एवं माध्य वर्ष थे।

WA+ आधारित भूमि उपयोग और भूमि आवरण

चित्र में WA+ आधारित भूमि उपयोग और भूमि आवरण दर्शाता है कि सिंचित क्षेत्र में 79.6% फसलों के तहत क्षेत्र (मुख्यतः धान), 15.7% निर्मित क्षेत्र और अन्य भूमि, 2.7% झाड़ियाँ और 2% जल निकायों का क्षेत्र सम्मिलित है।

ET पृथक्करण

WA+ संरचना, वाष्पीकरण, वाष्पोत्सर्जन और अवरोधन के कारण होने वाली कुल क्षयकारी हानियों का विवरण प्रदान करता है। यह जानकारी एक बेसिन में लाभकारी और गैर-लाभकारी जल की खपत की योजना और प्रबंधन हेतु महत्वपूर्ण है। सारणी 3 से देखा जा सकता है कि नहर सिंचित क्षेत्र में पानी का उपयोग मुख्य रूप से प्रबंधित (प्रबंधित जल उपयोग/सिंचित जल उपयोग -63.3%; संशोधित भूमि उपयोग/अवक्षेपण जल उपयोग-28.3%) है। वाष्पोत्सर्जन प्रतिशत, जो कुल वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन खपत (23.45 किमी³/वर्ष) का 58.8% है, को कृषि के लिए जल की खपत के लाभकारी उपयोग के रूप में माना जाता है।



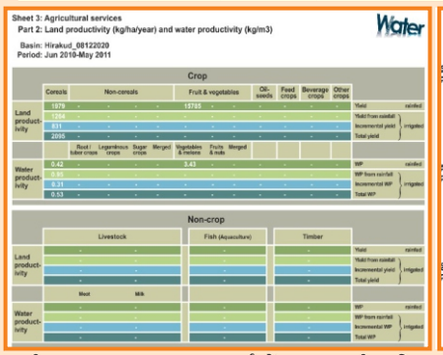
WA+ आधारित भूमि उपयोग और भूमि आवरण

कुल जल उपयोग, भूमि उत्पादकता और जल उत्पादकता की गणना

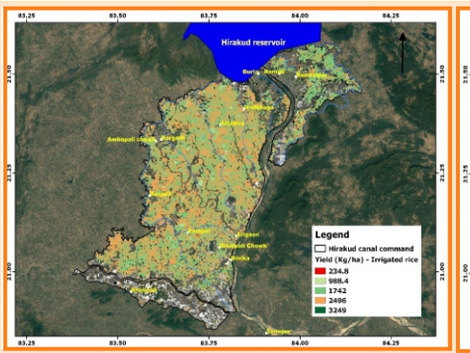
बेसिन की भूमि और जल उत्पादकता की गणना करने से पहले, शीट 2 (कुल जल खपत) का अनुमान लगाया गया। शीट 2 से पता चलता है कि विभिन्न WA+ आधारित भूमि उपयोग और भूमि आवरण से आर्द्र वर्ष के लिए बेसिन में कुल जल की खपत 23.45 किमी³/वर्ष थी। हीराकुंड नहर सिंचित क्षेत्र में औसत गैर-लाभकारी खपत 11.5 किमी³/वर्ष है, जबकि लाभकारी खपत 12.0 किमी³/वर्ष है। परिणाम गैर-लाभकारी खपत को कम करने के लिए बेसिन में जल संरक्षण पद्धतियों को स्वीकार करने की आवश्यकता को दर्शाते हैं। जल की गैर-लाभकारी खपत वह जल है जो इच्छित उद्देश्यों के अतिरिक्त अन्य उद्देश्यों के लिए उपयोग किया जाता है। उदाहरण के लिए एक सिंचित कृषि में, पानी की खपत का एकमात्र उद्देश्य (इच्छित उद्देश्य) केवल फसल की उपज में वृद्धि करना है। मृदा के वाष्पीकरण के कारण होने वाली हानि गैर-लाभकारी खपत है। अंत में, कृषि जल की खपत और भूमि उत्पादकता और नहर सिंचित क्षेत्र में विभिन्न फसलों की जल उत्पादकता का आंकलन हरे जल और नीले जल की अवधारणाओं का उपयोग करके किया गया। निम्न चित्र (शीट 3) शुष्क वर्षा वाले वर्ष (2010-11) के दौरान वर्षण (हरा पानी) और सिंचित (नीला पानी) अनाज (मुख्य रूप से चावल) के लिए भूमि उत्पादकता (किग्रा/हेक्टेयर/वर्ष) और जल उत्पादकता (किग्रा/मी³) के अनुमानों को अलग-अलग दर्शाता है। उपरोक्त चित्र

सारणी 3 : WA+ आधारित भूमि उपयोग और भूमि आवरण की विभिन्न श्रेणियों के लिए उपभोग्य उपयोग (किमी^{3}/वर्ष)

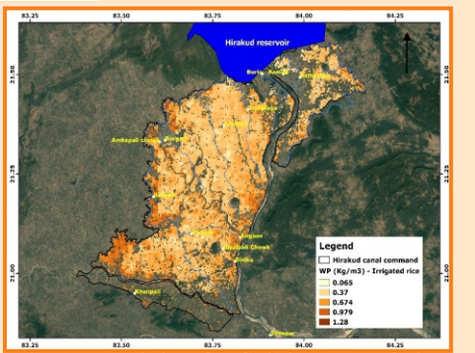
वर्ष	कुल	प्रबन्धन के अयोग्य/ संरक्षित भूमि उपयोग		प्रबंधन योग्य/ उपयोगी भूमि उपयोग		प्रबंधित			
						संशोधित भूमि उपयोग		प्रबंधित भूमि उपयोग	
	ET	**ET**	**T**	**ET**	**T**	**ET**	**T**	**ET**	**T**
2003-04	23.9	0.0	0.0	2.0	1.1	6.8	4.1	15.1	9.1
2004-05	21.5	0.0	0.0	1.8	1.0	6.2	3.8	13.6	8.4
2005-06	22.1	0.0	0.0	1.8	1.0	6.3	3.8	13.9	8.3
2006-07	21.4	0.0	0.0	1.8	1.0	6.0	3.7	13.7	8.6
2007-08	21.8	0.0	0.0	1.8	1.1	6.3	4.0	13.7	8.7
2008-09	20.9	0.0	0.0	1.7	0.8	5.8	3.2	13.4	7.1
2009-10	22.7	0.0	0.0	1.8	0.7	6.3	2.8	14.5	6.1
2010-11	23.7	0.0	0.0	2.0	1.1	6.7	4.3	15.0	9.2
2011-12	23.5	0.0	0.0	1.9	1.0	6.5	3.9	15.0	9.0
2012-13	30.1	0.0	0.0	2.5	1.3	8.6	4.9	19.0	11.5
2013-14	26.3	0.0	0.0	2.2	1.3	7.7	5.1	16.4	10.8
Annavg.	**23.45**	**0.00**	**0.00**	**1.94**	**1.04**	**6.65**	**3.96**	**14.85**	**8.80**



शीट 3 (भाग II), शुष्क वर्ष में अनाज की भूमि और जल उत्पादकता



हीराकुंड नहर सिंचित क्षेत्र में सिंचित चावल के लिए भूमि उत्पादकता की स्थानिक परिवर्तनशीलता



हीराकुंड नहर सिंचित क्षेत्र में सिंचित चावल के लिए जल उत्पादकता की स्थानिक परिवर्तनशीलता

से यह देखा जा सकता है कि वर्षण और सिंचित अनाजों के लिए सिंचित क्षेत्र की भूमि उत्पादकता क्रमशः 1979 किग्रा/हेक्टेयर/वर्ष और 2095 किग्रा/हेक्टेयर/वर्ष है। वर्ष 2003-04 से 2013-14 के दौरान वर्षा आधारित और सिंचित अनाजों के लिए कुल मिलाकर भूमि उत्पादकता क्रमशः 1778 से 2524 किलोग्राम/हेक्टेयर/वर्ष और 1158 से 2254 किलोग्राम/हेक्टेयर/वर्ष के मध्य पाई गई है। ओडिशा के लिए सिंचित चावल की भूमि उत्पादकता 2200 किग्रा/हेक्टेयर/वर्ष है।

वर्ष 2010-11 के लिए भूमि उत्पादकता की स्थानिक परिवर्तनशीलता को निम्न चित्र में दिखाया गया है। यह देखा जा सकता है कि बेसिन के कुछ भागों में भूमि उत्पादकता 3249 किग्रा/हेक्टेयर/वर्ष है। शीट 3 सूखे वर्ष यानी 2010-11 के दौरान वर्षा आधारित (हरा पानी) और सिंचित (नीला पानी) अनाज के लिए जल उत्पादकता (किग्रा/मीटर^3) के अनुमानों को भी दर्शाती है। सिंचित क्षेत्र में वर्षा और सिंचित अनाज के लिए जल उत्पादकता की मात्रा क्रमशः 0.42 किग्रा/मीटर^3 एवं 0.53 किग्रा/ मीटर^3 है। वर्षा आधारित और सिंचित अनाज के लिए कुल मिलाकर, जल उत्पादकता का मान 2003-04 से 2013-14 के दौरान क्रमशः 0.39 से 0.55 किग्रा/मी^{3} और 0.28 से 0.57 किग्रा/मी^{3} पाया गया है। ओडिशा राज्य में चावल की जल उत्पादकता का मान 0.35 किग्रा/मी^{3} पाया गया है।

निम्न चित्र से देखा जा सकता है कि जल उत्पादकता मुख्य और शाखा नहरों की परिधि या पुच्छ छोर पर अधिक है। जल उत्पादकता के उच्च मूल्यों के कई कारण संभव है, जिसमें उन्नत और उन्नत सिंचाई प्रणाली और संरक्षण कार्य पद्धतियां सम्मिलित हैं। परन्तु यह स्पष्ट है कि इन कारणों से पुच्छ छोर पर खेतों तक पहुँचने वाला सिंचाई का जल वितरिकाओं की ऊपरी पहुँच की तुलना में कम है। यह जल के कम उपयोग के साथ उच्च उपज के मामले में समग्र उत्पादकता में वृद्धि कर रहा है। ये स्थानिक मानचित्र हमें सर्वश्रेष्ठ प्रदर्शन करने वाले किसानों की पहचान करने में मदद करते हैं, जिससे उनकी कार्यपद्धतियों को भूमि उत्पादकता और जल उत्पादकता बढ़ाने के लिए सिंचित क्षेत्र के अन्य भागों में भी उपयोग किया जा सकता है।

निष्कर्ष

आजकल, उपग्रह-आधारित ओपन एक्सेस आंकड़ों की उपयोगिता, जल संसाधनों (विशेष रूप से नहर सिंचित क्षेत्र में) के आंकलन और नियोजन हेतु, आकड़ों की कमी और उच्च लागत से जुड़े होने के कारण महत्व प्राप्त कर रही है। इस अध्ययन में भूमि उत्पादकता और जल उत्पादकता की स्थानिक और अस्थायी परिवर्तनशीलता का अनुमान लगाने के लिए हीराकुंड नहर सिंचित क्षेत्र में WA+ तंत्र का उपयोग किया गया। इसके अतिरिक्त, कृषि जल (हरे जल और नीले जल) के उपयोग द्वारा, वाष्पीकरण, वाष्पोत्सर्जन, अन्तःस्यन्दन से वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन (ET) को पृथक किया गया तथा WA+ तंत्र के प्रयोग द्वारा भूमि उपयोग/भूमि आच्छादन के लिए लाभकारी और गैर-लाभकारी वाष्पन-वाष्पोत्सर्जन का वर्ष 2003-2014 तक कुल 12 साल की अवधि के लिए आंकलन भी किया गया। हीराकुंड नहर सिंचित आवाह क्षेत्र में, यद्यपि लाभकारी जल का उपयोग गैर-लाभकारी जल के उपयोग से अधिक है, तथापि इस क्षेत्र में सिंचित चावल की उपज बढ़ाने में जल के उपयोग को कम करने की पर्याप्त सम्भावनाएं उपलब्ध हैं। यह भी पाया गया है कि नहर के पुच्छ छोर तक जल की उत्पादकता ऊपरी छोर से अधिक है, जिसका अर्थ है कि अन्य क्षेत्र भी मौजूदा उपज के लिए कम जल का उपयोग कर सकते हैं। वर्ष 2003-04 से 2013-14 के दौरान वर्षा आधारित और सिंचित अनाज के लिए कुल भूमि उत्पादकता क्रमशः 1778 से 2524 किलोग्राम/हेक्टेयर/वर्ष और 1158 से 2254 किलोग्राम/हेक्टेयर/वर्ष के बीच पाई गई है।

संपर्क करें:
पी.के. मिश्रा, पी.के. सिंह एवं पी.के. अग्रवाल
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की