

## जल संसाधन के क्षेत्र में समस्थानिक तकनीकों का प्रयोग — एक नवीन युक्ति

डॉ. भीष्म कुमार, वैज्ञा. एफ

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

### परिचय

समस्थानिक ऐसे तत्वों के परमाणु होते हैं जिनकी परमाणु संख्या समान होती है लेकिन परमाणु भार भिन्न होते हैं। समस्थानिक रेडियोएक्टिव एवं स्थायी प्रकृति के हो सकते हैं। आजकल, पर्यावरणीय समस्थानिक (स्थायी एवं रेडियोएक्टिव) का जलविज्ञानीय अन्वेषणों के लिए काफी उपयोग हो रहा है। समस्थानिक जलविज्ञान जल संसाधन विकास एवं प्रबन्धन में ट्रेसर्स के अनुप्रयोग का विज्ञान है। जलविज्ञान एवं जलसंसाधनों में समस्थानिकों का अनुप्रयोग एक नवीन विषय है लेकिन पिछले कुछ दशकों से ही इसके महत्व को समझा गया है। इसका कारण जल क्षेत्र में समस्याओं में बहुत ज्यादा वृद्धि होना है, विशेषकर भूजल मात्रा में कमी आना, जल गुणता में ह्रास तथा अन्य बहुत से पूर्वानुमान न हो पाने वाली प्राकृतिक घटनाएँ जो जलविज्ञानीय चक्र को प्रभावित करती हैं। पारम्परिक विधियाँ इस समस्याओं के कारण बताने में असमर्थ हैं जबकि समस्थानिक तकनीकें इनकी स्पष्ट तस्वीर बताती हैं तथा उपयुक्त हल ढूँढने में सहायक हैं।

जल विज्ञान में समस्थानिकों का अनुप्रयोग सामान्य तौर पर "ट्रेसर्स" के रूप में किया जाता है जिसमें कृत्रिम समस्थानिकों का प्रयोग किया जाता है अथवा प्रकृतिक रूप में उपलब्ध (पर्यावरणीय) समस्थानिकों का अनुप्रयोग किया जाता है। पर्यावरणीय समस्थानिकों (रेडियोएक्टिव अथवा स्थायी) का अप्राकृतिक समस्थानिकों (कृत्रिम)/ट्रेसर्स की तुलना में विशेष लाभ है क्योंकि वह जलविज्ञानीय तन्त्र में अपने प्राकृतिक वितरण के कारण बहुत अधिक अवधि एवं स्थलिक पैमाने पर विभिन्न जलविज्ञानीय अध्ययनों में सहायक होते हैं इसलिए समय एवं स्थान समेकित अभिलक्षणों की प्राप्ति के लिए जल संसाधनों के क्षेत्रीय अध्ययनों में पर्यावरणीय समस्थानिकों का प्रयोग एक सर्वोत्तम तकनीक है। फिर भी स्थल-विशेष एवं स्थानीय अनुप्रयोगों के लिए कृत्रिम ट्रेसर्स का प्रयोग ही एक प्रभावी तकनीक है। सामान्यतया, समस्थानिक ट्रेसर्स का स्वतन्त्र रूप से उपयोग नहीं किया जाता है अपितु जलविज्ञानीय तन्त्र में हो रही प्रक्रियाओं को समझने के लिए यह जलविज्ञानीय, भू-अन्वेषणों एवं भू-रासायनिक सूचनाओं का पूरक है। इसलिए, जलविज्ञानीय अन्वेषणों में जल-रासायनिक एवं जल-भूगर्भीय तकनीकों के साथ-साथ समस्थानिक तकनीकों का उपयोग करना चाहिए क्योंकि सभी समस्थानिक, जल-भौतिकीय, जल-रासायनिक एवं जल गतीकीय प्रक्रियाएँ समय एवं काल से सम्बन्धित हैं इसलिए अध्ययन क्षेत्र में जल के नमूनों एवं जलविज्ञानीय अवस्थाओं के सभी पहलुओं पर विचार किया जाना चाहिए।

जलविज्ञानीय अध्ययनों के लिए बहुत प्रकार के पर्यावरणीय स्थायी एवं रेडियोएक्टिव समस्थानिकों का अनुप्रयोग किया जाता है। (जैसा कि पर्यावरणीय समस्थानिक  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ ,  $^6\text{Li}$ ,  $^{11}\text{B}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{34}\text{S}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{37}\text{Cl}$ ,  $^{81}\text{Br}$ ,  $^{87}\text{Sr}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  इत्यादि।  $^3\text{H}$ ,  $^{46}\text{SC}$ ,  $^{60}\text{CO}$ ,  $^{82}\text{Br}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{198}\text{Au}$  इत्यादि पूर्व में कृत्रिम रूप से उत्पादित रेडियोएक्टिव समस्थानिकों का प्रयोग केवल ट्रेसर्स के रूप में सीमित उपयोग किया जाता था परन्तु अब पर्यावरणीय समस्थानिकों रेडियोएक्टिव एवं स्थायी दोनों समस्थानिक का उपयोग विभिन्न प्रयोगों के लिए उपयोग किया जाता है तथा इससे स्वास्थ्य को कोई खतरा भी नहीं होता।

पर्यावरणीय समस्थानिक स्वतः ही वायुमण्डल में पहुँचते रहते हैं तथा जलविज्ञानीय चक्र में स्वतः ही शामिल हाते रहते हैं इसलिए उपयोगकर्ताओं को न तो इनको खरीदना पड़ता है तथा न ही जलविज्ञानीय चक्र में इनजैक्ट करना पड़ता है।

### जल संसाधनों के बेहतर रखरखाव में समस्थानिकों का प्रयोग

समस्थानिक तकनीक में जल के एक अवस्था से दूसरी अवस्था में परिवर्तित होने तथा मिश्रित करने के दौरान घटने वाली सभी जलविज्ञानीय चक्र एवं प्रक्रियाओं को ट्रेस करने की सामर्थ्य है। इसीलिए समस्थानिक जलविज्ञान बहु-विषयक विज्ञान क्षेत्र के रूप में विकसित हुई है। अधिक समर्थ समस्थानिक मापन के लिए संगणक आधारित एवं स्वचालित मापयन्त्रों के विकास के साथ, नवीन उपागमों का विकास हुआ है जिससे समस्थानिक तकनीकों में नये-नये अनुप्रयोग तथा युक्तियाँ जुड़ गयी हैं। अब विभिन्न जलविज्ञानीय अध्ययनों को करने में समस्थानिक तकनीकों का प्रभावी उपयोग हो सकता है। जल संसाधन के

क्षेत्र में विभिन्न जलविज्ञानीय अन्वेषणों के लिए तथा समस्याओं के संभावित हल के लिए समस्थानिकों के महत्वपूर्ण अनुप्रयोग की सूची नीचे दिये गयी हैं। परन्तु यह पूर्ण सूची नहीं है तथा इसके और भी बहुत से अनुप्रयोग भी हो सकते हैं।

### सतही जल

- झीलों और जलाशयों की गतिशीलता और जल सन्तुलन।
- सतही जल और भूजल अन्तः क्रिया।
- जल निकायों से रिसाव और टपकना।
- पहाड़ी नदियों का निस्सरण मापन।
- झीलों और जलाशयों में अवसादन।
- जलविभाजक/जल ग्रहण क्षेत्र से मृदा अपरदन।
- गलित हिम अपवाह और जलालेख विघटन।
- निलम्बित एवं तटीय अवसादन परिवहन।
- प्रदूषण के स्रोत एवं अन्वेषण।
- पेलियो (बहुत पुराना) जलविज्ञानीय अन्वेषण।
- जल विभाजक प्रबन्धन।

### भूजल

- मृदा आर्द्रता विविधता एवं इसकी गतिशीलता।
- सिंचाई/मानसून वर्षा के कारण भूजल पुनः पूरण।
- पुनः पूरण स्रोत तथा गहरे जलदायी क्षेत्रों का अभिनिर्धारण।
- भूजल वेग एवं प्रवाह दिशा।
- अन्तर्देशीय/तटीय जलदायी क्षेत्रों में भूजल का लवणीकरण तथा अन्य प्रदूषण अनुरेखण एवं स्रोत।
- भूजल के कृत्रिम पुनः पूरण की प्रभाविकता।
- भूजल एवं सतही जल सह-सम्बन्ध।
- जलदायी क्षेत्र जलदायी क्षेत्र सह-सम्बन्ध।
- जल निकायों की अन्तः क्रिया।
- $^3\text{H}$  एवं  $^{14}\text{C}$  डेटिंग का उपयोग कर भूजल आयु आंकलन।
- हिम गलन सतही अपवाह एवं भूजल घटकों का जलालेख में विभाजन।

### पर्यावरणीय

- वैश्विक और क्षेत्रीय जलवायु परिवर्तन।
- वर्षा के स्रोतों और मानसून की शुरुआत।
- प्रेक्षण में स्थानीय वाष्पीकरण का योगदान।
- जल विज्ञानीय चक्र का अनुरेखन।
- प्रेक्षण पर ऊँचाई, अक्षांश और महाद्वीपीय प्रभाव।
- पर्यावरणीय अनुरेखन प्रदूषण।
- वायुमण्डल में मात्रा स्थानान्तरण की वैश्विक प्रवृत्ति।
- वर्षा में स्थलीय और समय में समस्थानिक भिन्नता और अन्य जल आधार आंकडा उत्पादन।
- वन और परिस्थितिकी अध्ययन

जल संसाधन में प्रमुख चुनौतियां जहां समस्थानिकों का इनको हल करने के लिए उपयोग किया जा सकता है :-

- महानगरों की जल समस्याओं के हल के लिए विकासशील उपागम।
- पर्यावरणीय प्रदूषण के जटिल एवं बढ़ते खतरे का हल ढूँढना।
- वैश्विक जलवायु परिवर्तन को समझने में योगदान देना।
- समस्थानिक तकनीकों के प्रायोगिक अनुप्रयोग में नवीन मापयन्त्रण।

- जल संसाधन एवं भूतापीय उर्जा संसाधन प्रबन्धन।
- जल विज्ञानीय प्रक्रियाओं की अच्छी समझ तथा जल संसाधनों को प्रबन्धन।
- कुछ विशिष्ट आवश्यकताओं जैसे कि आर्सेनिक प्रभावित क्षेत्रों में, की पूर्ति के लिए जल के वैकल्पिक स्रोतों की उपयुक्तता की जांच करना।
- ट्रांस बाउन्ड्री प्रबन्धन विषयों को हल करना।

क्या आप जानते हैं कि भूजल, सतही जल से काफी धीमी गति से बहता है अर्थात् भूजल की गति मिलीमीटर से मीटर/वर्ष तथा वह माह से हजारों वर्ष पुराना हो सकता है जबकि सतही जल की गति कई मीटर/सेकण्ड हो सकती हैं यहां तक कि सबसे लम्बी नदी का जल कुछ सप्ताह में पुनः नवीन हो जाता है। यदि भूजल पुराना है तो जलाशय अथवा जलदायी स्तर सम्भवतः पुनः भर नहीं सकता। क्या आपने सोचा है कि आपका पीने का जल कितना पुराना है अथवा यह कहाँ से आया है? आप इन प्रश्नों का उत्तर कैसे देंगे? क्या आप जानना चाहते हैं कि इन प्रश्नों का तथा जल संसाधनों के बारे में ऐसे अन्य कई प्रश्नों का उत्तर समस्थानिक द्वारा पाया जा सकता है।

### भारत में समस्थानिक मापन सुविधाएँ

वर्तमान में भारतवर्ष में समस्थानिक मापन की सुविधाएँ कई संगठनों में उपलब्ध हैं जैसे कि,

- भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद
- राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान (एन.आई.एच.), रुड़की
- माभा परमाणु अनुसंधान केंद्र (बी.ए.आर.सी.), मुंबई
- परमाणु अनुसंधान (एन.आर.एल.) प्रयोगशाला, आई.सी.ए.आर., दिल्ली
- राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान (एन.आई.ओ.), गोवा
- भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, खडगपुर (आई.आई.टी. खडगपुर)
- उष्णकटिबंधीय मौसम विज्ञान का भारतीय संस्थान (आई.आई.टी.एम.), पुणे
- जल संसाधन विकास और प्रबंधन केंद्र, कोझीकोट केरल (CWRDM),
- एनटार्टिक और समुद्री (एन.सी.ए.ओ.आर.) अनुसंधान के लिए राष्ट्रीय केंद्र, गोवा

### परमाणु जलविज्ञान प्रयोगशाला राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

न्यूक्लीयर हाइड्रोलॉजी प्रयोगशाला एवं न्यूक्लीयर जलविज्ञान प्रभाग वर्ष 1993 में यू.एन.डी.पी. सहायतित परियोजना के तहत संस्थान को सुहृद बनाने के दौरान स्थापित किये गये थे। इस प्रयोगशाला की क्षमताएँ एवं सुविधाएँ निम्न प्रकार से हैं :-

Radioactive Isotopes	Environmental/Stable Isotopes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Environmental Tritium (<math>^3\text{H}</math>)</li> <li>• Artificial Tritium (<math>^3\text{H}</math>)</li> <li>• Carbon-14 (<math>^{14}\text{C}</math>)</li> <li>• Caesium-137 (<math>^{137}\text{Cs}</math>)</li> <li>• Lead-210 (<math>^{210}\text{Pb}</math>)</li> <li>• Polonium-210 (<math>^{210}\text{Po}</math>)</li> <li>• Bismuth-210 (<math>^{210}\text{Bi}</math>)</li> <li>• Radium-226 (<math>^{226}\text{Ra}</math>)</li> <li>• Radon-222 (<math>^{222}\text{Rn}</math>)</li> <li>• Uranium-238 (<math>^{238}\text{U}</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydrogen-2 (<math>^2\text{H}</math>) or Deuterium</li> <li>• Carbon-13 (<math>^{13}\text{C}</math>)</li> <li>• Oxygen-18 (<math>^{18}\text{O}</math>)</li> <li>• Nitrogen-15 (<math>^{15}\text{N}</math>)</li> <li>• Sulphur-34 (<math>^{34}\text{S}</math>)</li> <li>• Chlorine-37 (<math>^{37}\text{Cl}</math>)</li> </ul>

भारतीय संस्थाएँ तथा इस क्षेत्र में कार्य करने वाला कोई भी व्यक्ति विभिन्न प्रकार के समस्थानिक घटकों/सान्द्रण का भुगतान आधार पर अथवा मूल्य रहित, यदि संयुक्त समन्वयन गतिविधि है, आधार पर जल/अवसाद नमूनों में विश्लेषण करा सकते हैं।

समस्थानिकों के जलसंसाधन के क्षेत्र में उपयोगिता को ध्यान में रखते हुए विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग ने निम्नलिखित उद्देश्यों के साथ एक बड़ी परियोजना को स्वीकृति दी। विभिन्न जल स्रोतों से जल नमूना एकत्रीकरण के लिए इस परियोजना के अन्तर्गत कुल चौदह भिन्न संस्थाओं को शामिल किया गया।

1. स्थानीय वायुमण्डल में क्षेत्रीय/स्थानीय जल वाष्प घटक का अभिनिर्धारण।
2. वर्षा की जल वाष्प में हिस्सेदारी एवं मात्रात्मककरण तथा वर्षा का विभिन्न घटकों जैसे की वाष्पों उत्सर्जन, मृदा 3.3 3. आर्द्रता, सरित प्रवाह एवं भूजल में पुनः हिस्सेदारी।
4. भिन्न अन्तर्देशीय जलविज्ञानीय ईकाइयों में वाष्प/जल का ठहराव समय का निर्धारण।
5. मौसमीय एवं स्थलीय आधार पर वायुमण्डलीय/सतही जल/भूजल अन्तः क्रिया से सम्बन्धित अन्वेषण।
6. भारतीय उपमहाद्वीप के समस्थानिक जलविज्ञान आंकड़ा आधार के लिए वैश्व संसाधन का विभाग।

### सन्दर्भ

- अन्तराष्ट्रीय परमाणु उर्जा संस्था (1968), "जलविज्ञान में ब्यवलीयर तकनीक पर दिग्दर्शिका" तक. प्रति. रू0 91,
- "स्थायी समस्थानिक भू रसायन," तृतीय संस्करण, होटस, जे (1987), स्पिन्नजर, वरलैग, बरलिन, 24
- सी. केन्काल एवं जे.जे. मैकडोलन 1938, "आवाह क्षेत्र जलविज्ञान में समस्थानिक ट्रेंसर", एलिसवियर विज्ञान, एमस्टरडम, पृष्ठ 839
- एच जी ऐटनडोरन एवं आ एन सी बोवन (1997), "रेडियोएक्टिव एवं स्थायी समस्थानिक भूविज्ञान", पैपमैन एवं हाल लन्दन, पृष्ठ 522
- आर एन सी बोवन (1991), "भूविज्ञान में समस्थानिक", एलिसवियर अनुप्रयुक्त विज्ञान, लन्दन, पृष्ठ 647
- आर एन सी बोवन (1991), "समस्थानिक एवं जलवायु", एलिसवियर अनुप्रयुक्त विज्ञान, लन्दन, पृष्ठ 483
- पी फ्रिब्ज एवं जे सी फोन्टस (1986), "पर्यावरणीय समस्थानिक भू रासायनिकी पर दिग्दर्शिका", खण्ड-2, एमसटर्डम, पृष्ठ 557
- जे आर गैट एवं आर गोनफियानटिनी 1981, "स्थायी समस्थानिक जलविज्ञान जल चक्र में ड्यूट्रियम एवं आक्सीजन 18", IAEA तकनीकी प्रतिवेदन, विज्ञान रू0 210, पृष्ठ 337
- जे. होप्स (1997), "स्थायी समस्थानिक भू रासायनिकी" चतुर्थ संस्करण, स्पिन्नजर वर लैग बर्लिन, पृष्ठ 214
- पीर डी गूट, "स्थायी समस्थानिक विश्लेषण तकनीक के लिए दिग्दर्शिका" खण्ड एक एवं दो

श्री टी.आर.सपरा  
अनुवादकर्ता  
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की