

## भविष्य का जल प्रबंधन: अवसर, तकनीक और चुनौतियाँ



**डा० शैलेन्द्र प्रताप सिंह<sup>1\*</sup>,  
योगेश कुमार<sup>2</sup>,  
डा० रजत मिश्रा<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>टीचिंग एसोसिएट,  
भूमि संरक्षण एवं जल प्रबन्ध  
विभाग, चंद्रशेखर आज़ाद कृषि  
एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय  
कानपुर

\*अनुरूपी लेखक

**डा० शैलेन्द्र प्रताप सिंह\***

जल मानव जीवन, कृषि उत्पादकता, औद्योगिक विकास और पारिस्थितिकी तंत्र की स्थिरता के लिए एक महत्वपूर्ण संसाधन है। बढ़ती वैश्विक जनसंख्या, शहरीकरण, जलवायु परिवर्तन और प्रदूषण ताजे पानी के संसाधनों पर अभूतपूर्व दबाव डाल रहे हैं। भविष्य में जल प्रबंधन में आपूर्ति और मांग दोनों को संबोधित करने की आवश्यकता है, जिसमें नवोन्मेषी तकनीकें, सतत नीतियाँ और कुशल प्रशासन शामिल हैं। यह लेख 21वीं सदी में जल संसाधनों के सतत प्रबंधन से संबंधित अवसरों, उभरती तकनीकों और चुनौतियों का विश्लेषण करता है।

नोट-: जल प्रबंधन, सतत जल उपयोग, सिंचाई तकनीकें, जल संरक्षण, जलवायु परिवर्तन, जल नीति

### 1. परिचय

जल एक आवश्यक प्राकृतिक संसाधन है जो कृषि, उद्योग और घरेलू जीवन का आधार है। वैश्विक जल की मांग 2050 तक 40% तक बढ़ने की संभावना है, जो जनसंख्या वृद्धि, आर्थिक विकास और बदलते उपभोग पैटर्न के कारण है। साथ ही, जलवायु परिवर्तन वर्षा के पैटर्न को बदल रहा है, जिससे सूखे, बाढ़ और जल संकट जैसी घटनाओं की आवृत्ति बढ़ रही है। पारंपरिक जल प्रबंधन पद्धतियाँ, जो मुख्यतः जल आपूर्ति बढ़ाने पर केंद्रित थीं, अब पर्याप्त नहीं हैं। भविष्य में जल प्रबंधन के लिए एक समग्र दृष्टिकोण आवश्यक है, जिसमें संसाधन संरक्षण, उन्नत तकनीक, नीतिगत हस्तक्षेप और समुदाय की भागीदारी शामिल हो।

एकीकृत जल संसाधन प्रबंधन (IWRM) का सिद्धांत सतत और न्यायसंगत जल उपयोग पर जोर देता है, साथ ही पारिस्थितिकी तंत्र की स्वास्थ्य को बनाए रखता है। प्रभावी भविष्य जल प्रबंधन के लिए वैज्ञानिक नवाचारों को स्थानीय ज्ञान और अनुकूलन योग्य रणनीतियों के साथ जोड़ना आवश्यक है, ताकि उभरती चुनौतियों का समाधान किया जा सके।

### 2. भविष्य के जल प्रबंधन में अवसर

भविष्य के जल प्रबंधन में कृषि, शहरी प्रणाली, पारिस्थितिकी तंत्र और शासन के विभिन्न क्षेत्रों में कई अवसर मौजूद हैं। इन अवसरों का कुशल उपयोग करके जल का अधिकतम उपयोग, सतत प्रबंधन और जलवायु परिवर्तन तथा जनसंख्या दबाव के प्रति लचीलापन बढ़ाया जा सकता है।

#### 2.1 सतत कृषि और सिंचाई

कृषि विश्व के लगभग 70% ताजे पानी का उपयोग करती है, इसलिए यह जल संरक्षण के लिए महत्वपूर्ण क्षेत्र है। कृषि में कुशल

जल प्रबंधन से उत्पादन बढ़ाने के साथ-साथ पानी के कीमती संसाधनों को भी बचाया जा सकता है। इसके प्रमुख अवसरों में ड्रिप और स्प्रिंकलर सिंचाई प्रणाली शामिल हैं, जो पारंपरिक बाढ़ सिंचाई की तुलना में जल की हानि को कम करती हैं और फसल की जल उपयोग दक्षता को बढ़ाती हैं, जिससे उपज में वृद्धि होती है। वृष्टि जल संचयन भी एक समाधान है, जिससे वर्षा के पानी को संग्रहित करके सूखे के दौरान सिंचाई के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है,

और भूजल पर निर्भरता कम होती है। इसके अलावा, जलवायु-सहिष्णु फसल योजना जैसे सूखा-

प्रतिरोधी या कम जल-आवश्यकता वाली फसलों का चयन और अनुकूल फसल चक्र एवं बुवाई

कार्यक्रम सुनिश्चित करता है कि कम पानी की स्थिति में भी उत्पादन स्थिर रहे।



Source: <https://www.drishtiiias.com>

## 2.2 शहरी जल प्रबंधन

तेजी से शहरीकरण ने जल की मांग बढ़ा दी है और नगर पालिका की आपूर्ति पर दबाव डाला है। शहरी जल प्रबंधन में अवसरों में जल पुनर्चक्रण और पुनः उपयोग शामिल है, जिसमें उपचारित अपशिष्ट जल का औद्योगिक, भू-भागीय और सिंचाई उद्देश्यों के लिए उपयोग किया जा सकता है, जिससे ताजे पानी की मांग कम होती है। तूफानी जल संचयन छतों, सड़कों और पार्कों से वर्षा जल एकत्र करके शहरी बाढ़ को रोकने और भूजल पुनर्भरण में योगदान देता है। इसके अलावा, लीकेज कम करना और स्मार्ट मीटरिंग तकनीकें वास्तविक समय में जल प्रणाली की निगरानी, हानि का पता लगाने, खपत का अनुकूलन और पानी की बर्बादी को कम करने में मदद करती हैं।

## 2.3 पारिस्थितिकी तंत्र सेवाएँ

नदी, झील और जल-जीव जैसे प्राकृतिक जल स्रोत पारिस्थितिकी संतुलन बनाए रखने में महत्वपूर्ण हैं। इन प्रणालियों की सुरक्षा और पुनर्स्थापना कई लाभ प्रदान करती है, जैसे जल धारण क्षमता बढ़ाना, बाढ़ नियंत्रण और जैव विविधता का संरक्षण। जलाधार पुनर्स्थापना क्षतिग्रस्त क्षेत्रों को पुनर्जीवित करके मृदा अपरदन को कम करती है और जल गुणवत्ता में सुधार करती है। सतत जलाशय प्रबंधन प्राकृतिक बफर की तरह काम करता है, बाढ़ का पानी संग्रह करता है, जल शुद्ध करता है और जैव विविधता का समर्थन करता है। हरित अवसंरचना जैसे बायो-स्वेल, वर्षा उद्यान और निर्मित जलाशय शहरी जल निकासी को नियंत्रित करते हैं और

पारिस्थितिक स्वास्थ्य का समर्थन करते हैं।

## 2.4 नीति और शासन

समान और सतत जल उपयोग के लिए मजबूत नीतियाँ और शासन ढांचा आवश्यक हैं। इसमें जल मूल्य निर्धारण और प्रोत्साहन शामिल हैं, जो कुशल जल उपयोग और जल-संरक्षण तकनीकों को अपनाने के लिए प्रोत्साहित करते हैं। सहभागी शासन में स्थानीय समुदायों को योजना और प्रबंधन में शामिल करना सुनिश्चित करता है कि स्थानीय आवश्यकताओं और ज्ञान को प्रभावी ढंग से शामिल किया जाए। अंतर-सांप्रदायिक जल सहयोग साझा नदियों और भूजल स्रोतों के संयुक्त प्रबंधन को सक्षम बनाता है, जिससे संभावित संघर्ष कम होते हैं और सतत उपयोग सुनिश्चित होता है।



Source: <https://www.researchgate.net>

### 3. जल प्रबंधन में उभरती तकनीकें

जल संकट, जलवायु परिवर्तन और बढ़ती जनसंख्या की मांग ने जल प्रबंधन में नवोन्मेषी तकनीकों के विकास और अपनाने को प्रेरित किया है। ये उभरती तकनीकें जल की निगरानी, वितरण और उपयोग के तरीके को बदल रही हैं, जिससे सिस्टम अधिक कुशल, सतत और जलवायु-सहिष्णु बन रहे हैं। ये तकनीकें कृषि, शहरी अवसंरचना और जल उपचार क्षेत्रों में लागू की जा सकती हैं।

#### 3.1 स्मार्ट सिंचाई प्रणाली

स्मार्ट सिंचाई तकनीकें कृषि जल उपयोग में क्रांति ला रही हैं, जो स्वचालन, सेंसर और वास्तविक समय डेटा विश्लेषण को एकीकृत करती हैं। IoT आधारित मिट्टी नमी सेंसर लगातार मिट्टी में पानी की मात्रा, मौसम की स्थिति और फसल की जल आवश्यकताओं की निगरानी करते हैं, जिससे सिंचाई योजना के लिए सटीक जानकारी मिलती है। स्वचालित सिंचाई नियंत्रक इस डेटा के आधार पर पानी का वितरण समायोजित करते

हैं, ताकि फसल को सही समय पर सही मात्रा में पानी मिले और जल की बर्बादी कम हो। इसके अलावा, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) और मशीन लर्निंग एल्गोरिदम जलवायु रुझानों, मिट्टी के प्रकार और फसल की जल मांग का विश्लेषण करके भविष्यसूचक सिंचाई अनुसूची तैयार करते हैं। यह दृष्टिकोण फसल उत्पादकता बढ़ाता है, पानी बचाता है और संचालन लागत कम करता है, जिससे कृषि सूखा और असमान वर्षा के प्रति अधिक लचीली बनती है।



Source: <https://www.sanskritiias.com>

### 3.2 जल अपशोधन तकनीकें

जल अपशोधन उन क्षेत्रों के लिए विश्वसनीय समाधान प्रदान करता है जहाँ ताजे पानी की कमी है, समुद्र या खारा पानी को पीने योग्य पानी में बदलता है। रिवर्स ऑस्मोसिस और मेम्ब्रेन फिल्ट्रेशन जैसी तकनीकें बड़े पैमाने पर पानी उत्पादन के लिए उपयोग की जाती हैं। भविष्य में इन तकनीकों को ऊर्जा-कुशल और लागत प्रभावी बनाने का लक्ष्य है, जिसमें सौर और पवन ऊर्जा जैसी नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का उपयोग किया जाएगा। यह पर्यावरणीय प्रभाव को कम करता है और शुष्क तटीय क्षेत्रों और पानी-संकट वाले क्षेत्रों में सतत जल आपूर्ति सुनिश्चित करता है।

### 3.3 जल पुनर्चक्रण और उपचार

जल पुनर्चक्रण शहरी और औद्योगिक जल प्रबंधन दोनों के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण होता जा रहा है। उन्नत अपशिष्ट जल उपचार से पानी को सुरक्षित रूप से कृषि, औद्योगिक प्रक्रियाओं या पीने योग्य उद्देश्यों के लिए पुनः उपयोग किया जा सकता है। शहरी घरों में ग्रे वाटर पुनर्चक्रण प्रणाली सिंक, शॉवर और कपड़े धोने से निकले गैर-पीने योग्य पानी को सिंचाई और स्वच्छता के लिए पुनः उपयोग करने की अनुमति देती है, जिससे ताजे पानी की मांग कम होती है और सतत जल उपयोग को बढ़ावा मिलता है।

### 3.4 रिमोट सेंसिंग और GIS

रिमोट सेंसिंग और भौगोलिक सूचना प्रणाली (GIS) तकनीकें जल

संसाधनों की व्यापक निगरानी प्रदान करती हैं। उपग्रह चित्र और GIS मैपिंग बड़े क्षेत्रों में भूजल स्तर, नदी प्रवाह, जलाधार की स्थिति और जल गुणवत्ता का पता लगाने में मदद करते हैं। यह डेटा-संचालित दृष्टिकोण सूखा शमन, बाढ़ प्रबंधन और सिंचाई योजना के लिए प्रभावी योजना बनाने में सहायता करता है और सक्रिय एवं अनुकूल जल प्रबंधन रणनीतियों को सक्षम बनाता है।

### 3.5 नैनोप्रौद्योगिकी और फिल्ट्रेशन

नैनोप्रौद्योगिकी उन्नत जल शुद्धिकरण समाधान प्रदान करती है। नैनोफिल्टर और मेम्ब्रेन रासायनिक प्रदूषक, भारी धातु और रोगजनकों को प्रभावी ढंग से हटा सकते हैं, जिससे संसाधन-सीमित या आपदा प्रभावित क्षेत्रों में भी स्वच्छ और सुरक्षित जल उपलब्ध होता है। ये तकनीकें विशेष रूप से स्थानीय स्तर पर जल शुद्धिकरण के लिए महत्वपूर्ण हैं, जो केंद्रीय उपचार संयंत्रों पर निर्भरता के बिना घरेलू या सामुदायिक स्तर पर सुरक्षित पेयजल सुनिश्चित करती हैं।

### 4. भविष्य के जल प्रबंधन में चुनौतियाँ

भविष्य के जल प्रबंधन को पर्यावरणीय परिवर्तन, जनसंख्या दबाव, तकनीकी सीमाओं और शासन संबंधी समस्याओं जैसी कई चुनौतियों का सामना करना पड़ रहा है। ये चुनौतियाँ न केवल ताजे पानी की उपलब्धता और गुणवत्ता को प्रभावित करती हैं, बल्कि कृषि

उत्पादकता, औद्योगिक विकास, शहरी जीवनशैली और पारिस्थितिकी तंत्र के स्वास्थ्य को भी खतरे में डालती हैं। सतत और समान जल प्रबंधन के लिए इन बाधाओं का समाधान करना अत्यंत आवश्यक है।

### 4.1 जलवायु परिवर्तन के प्रभाव

जलवायु परिवर्तन वैश्विक जल संसाधनों के लिए सबसे बड़ा खतरा है। तापमान और वर्षा पैटर्न में बदलाव के कारण वर्षा असंगत और अप्रत्याशित हो गई है, जिससे लंबी सूखे की अवधि और अचानक बाढ़ जैसी घटनाएँ बढ़ गई हैं। ये चरम परिस्थितियाँ ताजे पानी की उपलब्धता को बाधित करती हैं, नदियों के प्रवाह को कम करती हैं और मौजूदा जल अवसंरचना पर दबाव डालती हैं। साथ ही, हिमनदों के तेज़ी से पिघलने और पर्वतीय क्षेत्रों में बर्फ की कम मात्रा नदी प्रवाह की समयबद्धता और मात्रा को प्रभावित करती है, जो सिंचाई, जलविद्युत उत्पादन और नीचे स्थित क्षेत्रों में पेयजल आपूर्ति को सीधे प्रभावित करता है। इस अस्थिरता के कारण जल प्रबंधन जटिल हो जाता है और विशेषकर जलवायु-संवेदनशील क्षेत्रों में जोखिम बढ़ जाता है।

### 4.2 जनसंख्या वृद्धि और शहरीकरण

तेजी से बढ़ती जनसंख्या और विस्तारित शहरी क्षेत्र जल संसाधनों पर अत्यधिक दबाव डालते हैं। शहरी केंद्र अक्सर घरेलू, औद्योगिक और नगरपालिका आवश्यकताओं को पूरा करने के

लिए अत्यधिक भूजल का उपयोग करते हैं, जिससे भूजलस्तर घटता है और पानी की गुणवत्ता कम होती है। असंगठित शहरी विकास इन समस्याओं को और बढ़ाता है, जैसे जल प्रदूषण, असंगठित वितरण नेटवर्क और स्थानीय जल संकट। जैसे-जैसे शहर बढ़ते हैं, पर्याप्त और स्वच्छ जल उपलब्ध कराने की चुनौती जटिल होती जाती है, जबकि पारिस्थितिक संतुलन बनाए रखना भी आवश्यक होता है।

#### 4.3 जल प्रदूषण

जल प्रदूषण उपलब्ध जल की उपयोगिता को काफी हद तक घटा देता है। औद्योगिक अपशिष्ट, उर्वरक और कीटनाशक युक्त कृषि जल प्रवाह और अप्रशोधित सीवेज नदियों, झीलों और भूजल को प्रदूषित करते हैं। प्रदूषित जल सार्वजनिक स्वास्थ्य के लिए खतरा बनता है, पीने योग्य पानी की उपलब्धता कम करता है और उपयोग से पहले महंगी उपचार प्रक्रियाओं की आवश्यकता होती है। प्रभावी प्रबंधन के बिना जल गुणवत्ता में गिरावट मानव कल्याण और कृषि उत्पादकता दोनों को प्रभावित कर सकती है।

#### 4.4 अवसंरचना और वित्तीय सीमाएँ

कई विकासशील क्षेत्रों में पर्याप्त जल अवसंरचना नहीं है, जैसे भंडारण सुविधाएँ, जल उपचार संयंत्र और कुशल वितरण नेटवर्क। जल अपशोधन, स्मार्ट सिंचाई और अपशिष्ट जल उपचार जैसी उन्नत तकनीकों की उच्च लागत उनके

व्यापक उपयोग को रोकती है, विशेषकर कम आय वाले और ग्रामीण क्षेत्रों में। सीमित वित्तीय संसाधन और पुरानी अवसंरचना जल संकट को बढ़ाते हैं और समुदायों की जलवायु और पर्यावरणीय दबावों के प्रति सहनशीलता को कम करते हैं।

#### 4.5 शासन और नीति संबंधी अंतराल

सतत जल प्रबंधन में संस्थागत और शासन संबंधी चुनौतियाँ एक बड़ी बाधा हैं। विभिन्न एजेंसियों में जिम्मेदारियों का विभाजन अक्सर समन्वय और दक्षता को कम करता है। नियमों का कमजोर पालन, सीमित जन जागरूकता और समुदाय की अपर्याप्त भागीदारी समान और सतत जल वितरण एवं संरक्षण को रोकती है। मजबूत नीतियों, पारदर्शी शासन और हितधारक सहभागिता के बिना जल प्रबंधन पहल दीर्घकालिक स्थिरता प्राप्त नहीं कर सकती।

#### 5. भविष्य के जल प्रबंधन के लिए समेकित रणनीतियाँ

भविष्य में प्रभावी जल प्रबंधन के लिए एक समग्र दृष्टिकोण आवश्यक है, जो संरक्षण, तकनीकी नवाचार, शासन, और जलवायु-संवेदनशील योजना को जोड़ता हो। केवल आंशिक या खंडित रणनीतियाँ पर्याप्त नहीं हैं। इसके बजाय, जल आपूर्ति और मांग दोनों को ध्यान में रखते हुए सामाजिक, आर्थिक और पर्यावरणीय पहलुओं को शामिल करने वाली समेकित रणनीतियाँ

सतत जल सुरक्षा सुनिश्चित करने में महत्वपूर्ण हैं।

#### 5.1 मांग-साइड प्रबंधन

जल खपत को कम करना और दक्षता बढ़ाना मांग-साइड प्रबंधन का केंद्र है। व्यवहार में बदलाव महत्वपूर्ण है और जागरूकता अभियान इसमें अहम भूमिका निभाते हैं। घरेलू कृषि और औद्योगिक क्षेत्रों में पानी की बचत के तरीकों के बारे में लोगों को शिक्षित करना आवश्यक है। उदाहरण के लिए:

- कृषि में ड्रिप सिंचाई और स्मार्ट सिंचाई तकनीकें अपनाना।
- शहरी क्षेत्रों में लो-फ्लो नल और कम पानी वाले शौचालयों का उपयोग।
- सूखा-सहनशील फसलें उगाना और मौसमी वर्षा पैटर्न के अनुसार बुआई का समय समायोजित करना।
- सटीक सिंचाई तकनीकें अपनाना।

ये उपाय ताजे पानी पर दबाव कम करते हैं, लागत बचत सुनिश्चित करते हैं और दीर्घकालिक स्थायित्व को बढ़ावा देते हैं।

#### 5.2 आपूर्ति-साइड प्रबंधन

मांग को कम करना महत्वपूर्ण है, लेकिन पर्याप्त जल आपूर्ति सुनिश्चित करना भी उतना ही आवश्यक है। इसके उपाय हैं:

- वृष्टि जल संचयन: वर्षा जल को संग्रहित करके शुष्क और अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में आपूर्ति बढ़ाना।

- अपशिष्ट जल उपचार और पुनः उपयोग: सिंचाई और औद्योगिक उपयोग के लिए पुनः उपयोग करके ताजे पानी पर निर्भरता कम करना।
- भूजल पुनर्भरण: चेक डैम, रिचार्ज वेल और प्राकृतिक जलाशयों की सुरक्षा।
- जलग्रहण क्षेत्र प्रबंधन: वनीकरण और मिट्टी संरक्षण के माध्यम से जल स्रोतों को मौसमीय उतार-चढ़ाव और कमी के प्रति सक्षम बनाना।

### 5.3 तकनीकी समेकन:

आधुनिक तकनीकें जल प्रबंधन को प्रभावी बना रही हैं:

- IoT सेंसर: मिट्टी की नमी, जल स्तर और मौसम की निगरानी।
- AI और मशीन लर्निंग: जल मांग का पूर्वानुमान और उपयोग पैटर्न का अनुकूलन।
- रिमोट सेंसिंग और GIS: भूजल स्तर, नदी प्रवाह और जलग्रहण क्षेत्र की स्थिति का आकलन।

### 5.4 नीति, शासन और सामुदायिक सहभागिता

सतत जल प्रबंधन के लिए नीति और शासन ढाँचा महत्वपूर्ण हैं:

- समेकित जल नीति: क्षेत्र और क्षेत्रीय स्तर पर समान वितरण।
- सामुदायिक सहभागिता: स्थानीय समुदायों को योजना और निगरानी में शामिल करना।
- अंतरराज्यीय और अंतरराष्ट्रीय समझौते: साझा नदियों और जलभृतियों के सहयोगी प्रबंधन से संघर्ष कम करना।

### 5.5 जलवायु-संवेदनशील योजना

जलवायु परिवर्तन जल प्रबंधन के लिए अभूतपूर्व चुनौतियाँ प्रस्तुत करता है। रणनीतियाँ लचीली होनी चाहिए और वर्षा पैटर्न, तापमान और चरम मौसम की घटनाओं में बदलाव को ध्यान में रखकर बनाई जानी चाहिए।

- आपदा तैयारी: बाढ़, सूखा और तूफानों के लिए जल अवसंरचना की सुरक्षा।
- जल-संवेदनशील शहरी और कृषि योजना: ग्रीन इंफ्रास्ट्रक्चर, वर्षा उद्यान, और कुशल जल निकासी प्रणाली।

- जलवायु-संवेदनशील योजना सुनिश्चित करती है कि जल प्रबंधन प्रणाली सतत, लचीली और वर्तमान एवं भविष्य की मांगों को पूरा करने में सक्षम हो।

### 6. निष्कर्ष

भविष्य का जल प्रबंधन एक बहुआयामी चुनौती है, जिसमें नवाचार, नीति सुधार और सतत प्रथाओं की आवश्यकता है। स्मार्ट सिंचाई, जल पुनर्चक्रण, अपशिष्ट जल शोधन और रियल-टाइम निगरानी जैसी तकनीकों से जल का कुशल उपयोग संभव है। जलवायु परिवर्तन, शहरीकरण, जल प्रदूषण और वित्तीय सीमाएँ प्रमुख चुनौतियाँ हैं। इसलिए समग्र और अनुकूल रणनीतियाँ अपनाना आवश्यक है, जिसमें आपूर्ति और मांग का संतुलन, पारिस्थितिक संरक्षण, समुदाय की सहभागिता और तकनीकी नवाचार शामिल हों। ये उपाय जल सुरक्षा, कृषि स्थिरता और पारिस्थितिकी तंत्र की लचीलापन सुनिश्चित करेंगे।