भीलवाड़ा जिले की आसींद, भीलवाड़ा एवं मांडलगढ़ तहसीलों के भूजल की गुणवत्ता: भौतिक एवं रासायनिक मानकों पर आधारित एक विश्लेषणात्मक अध्ययन

शुभम ओझा

शोधार्थी, ज्योति विद्यापीठ महिला विश्वविद्यालय, जयपुर

प्रस्तावना: जल मानव जीवन, कृषि, उद्योग तथा पर्यावरणीय संतुलन का आधारभूत संसाधन है। वर्तमान समय में बढ़ती जनसंख्या, औद्योगीकरण, शहरीकरण तथा कृषि में रासायनिक उर्वरकों एवं कीटनाशकों के अत्यधिक उपयोग के कारण भूजल की गुणवत्ता निरंतर प्रभावित हो रही है। राजस्थान जैसे अर्ध-शुष्क एवं शुष्क प्रदेशों में भूजल ही पेयजल तथा सिंचाई का प्रमुख स्रोत है, अतः इसकी गुणवत्ता का वैज्ञानिक अध्ययन अत्यंत आवश्यक हो जाता है। भीलवाड़ा जिला, जो राजस्थान के महत्वपूर्ण औद्योगिक एवं कृषि क्षेत्रों में से एक है, भूजल गुणवत्ता संबंधी अनेक समस्याओं का सामना कर रहा है। प्रस्तुत शोध में इन चयनित तहसीलों के भूजल का विभिन्न भौतिक एवं रासायनिक मानकों के आधार पर विश्लेषणात्मक अध्ययन किया गया है। यह अध्ययन भूजल गुणवत्ता की वर्तमान स्थिति को स्पष्ट करने के साथ-साथ जल संसाधन प्रबंधन एवं संरक्षण हेतु उपयोगी दिशा प्रदान करता है।

शब्दसंकेत: भूजल गुणवत्ता; भौतिक एवं रासायनिक मानक; जल विश्लेषण; विद्युत चालकता; नाइट्रेट; फ्लोराइड; भारी धातुएँ; जल प्रदूषण; भीलवाड़ा जिला; मौसमी परिवर्तन; BIS मानक; जल संसाधन प्रबंधन।

परिचय: -

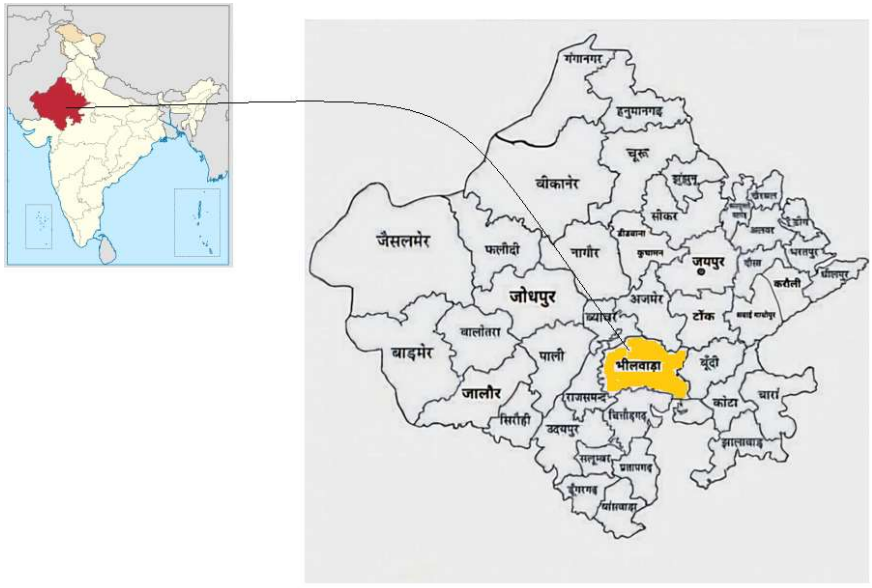
भूजल मानव जीवन, कृषि, उद्योग तथा पर्यावरणीय संतुलन के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण प्राकृतिक संसाधन है। वर्तमान समय में बढ़ती जनसंख्या, तीव्र शहरीकरण, औद्योगिकीकरण तथा कृषि में रासायनिक उर्वरकों एवं कीटनाशकों के अत्यधिक उपयोग के कारण भूजल की गुणवत्ता निरंतर प्रभावित हो रही है। भारत के शुष्क एवं अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में सतही जल संसाधनों की सीमित उपलब्धता तथा वर्षा की अनिश्चितता के कारण भूजल पर निर्भरता अत्यधिक बढ़ गई है। परिणामस्वरूप भूजल की गुणवत्ता का वैज्ञानिक मूल्यांकन वर्तमान

समय की एक महत्वपूर्ण आवश्यकता बन गया है। भूजल की गुणवत्ता विभिन्न भौतिक, रासायनिक एवं जैविक कारकों से प्रभावित होती है। जल में उपस्थित pH, विद्युत चालकता, क्षारीयता, क्लोराइड, सल्फेट, नाइट्रेट तथा फ्लोराइड जैसे रासायनिक तत्व जल की उपयोगिता एवं गुणवत्ता को निर्धारित करते हैं। इसके अतिरिक्त सीसा (Pb), कैडमियम (Cd), लोहा (Fe) तथा मैंगनीज (Mn) जैसी भारी धातुओं की अधिक मात्रा मानव स्वास्थ्य पर गंभीर प्रतिकूल प्रभाव डाल सकती है। औद्योगिक अपशिष्ट, कृषि अपवाह, घरेलू अपशिष्ट तथा प्राकृतिक भू-रासायनिक प्रक्रियाएँ भूजल प्रदूषण के प्रमुख कारण माने जाते हैं। सामान्यतः pH, विद्युत चालकता (EC), घुलित ऑक्सीजन (DO), जैव रासायनिक ऑक्सीजन मांग (BOD), रासायनिक ऑक्सीजन मांग (COD), क्लोराइड, सल्फेट, नाइट्रेट, फ्लोराइड तथा भारी धातुओं का परीक्षण किया जाता है। इन मापदंडों के आधार पर जल की गुणवत्ता, उपयोगिता तथा संभावित स्वास्थ्य प्रभावों का मूल्यांकन किया जाता है।

शोध प्रविधि: -

अध्ययन क्षेत्र: भीलवाड़ा जिला अजमेर संभाग का एक महत्वपूर्ण भाग है। प्रशासनिक दृष्टि से यह जिला चार उपखंडों–भीलवाड़ा, गुलाबपुरा, मांडलगढ़ तथा शाहपुरा–में विभाजित है। इसके अंतर्गत 12 तहसीलें तथा 11 विकास खंड सम्मिलित हैं। जिले में कुल 1834 गाँव स्थित हैं। अध्ययन क्षेत्र 25°01′ से 25°58′ उत्तरी अक्षांश तथा 74°01′ से 75°28′ पूर्वी देशांतर के मध्य स्थित है और इसका कुल भौगोलिक क्षेत्रफल लगभग 10,455 वर्ग किलोमीटर है। इस अनुसंधान कार्य के अंतर्गत जल संसाधनों की स्थिति एवं भूजल गुणवत्ता के वैज्ञानिक आकलन हेतु भीलवाड़ा जिले की प्रमुख तहसीलों को अध्ययन क्षेत्र के रूप में चयनित किया गया है। ये तहसीलें हैं–(1) आसींद, (2) भीलवाड़ा, (3) मांडलगढ़।

आकृति 1: अध्ययन क्षेत्र का मानचित्र



नमूना संग्रह की प्रक्रिया: नमूना संग्रह हेतु निम्नलिखित प्रक्रिया अपनाई गई:

1. **नमूना पात्र (Sampling Containers):** भूजल के नमूने स्वच्छ, सूखे एवं निष्क्रिय काँच के कंटेनरों में एकत्र किए जाएंगे, जिससे किसी प्रकार की रासायनिक अभिक्रिया या बाहरी संदूषण की संभावना न रहे। नमूना संग्रह से पूर्व कंटेनरों को आसुत जल से धोकर मानक विधि के अनुसार तैयार किया जाएगा।
2. **नमूना स्थल का चयन:** चयनित तहसीलों–आसींद, भीलवाड़ा, मांडलगढ़–के विभिन्न प्रतिनिधिक स्रोतों, जैसे हैंडपंप, ट्यूबवेल एवं बोरवेल से नमूने लिए जाएंगे, ताकि क्षेत्रीय विविधता का समुचित प्रतिनिधित्व हो सके।
3. **ऋतु आधारित नमूना संग्रह:** भूजल गुणवत्ता में मौसमी परिवर्तन को ध्यान में रखते हुए नमूने तीन प्रमुख ऋतुओं–ग्रीष्म, वर्षा एवं शीत ऋतु–के दौरान एकत्र किए जाएंगे।
4. **नमूनों की संख्या:** प्रत्येक स्थल से प्रत्येक ऋतु में 6 नमूने एकत्र किए जाएंगे। इस प्रकार एक स्थल से कुल 18 नमूने (6 × 3 ऋतुएँ) तथा स्थलों से कुल 54 नमूने संकलित किए जाएंगे।
5. **नमूनों का समरूपीकरण एवं संरक्षण:** विश्लेषण से पूर्व नमूनों को अच्छी तरह मिश्रित (समरूपित) किया जाएगा। संग्रह के तुरंत बाद उन्हें लेबल कर सुरक्षित तापमान पर संरक्षित रखा जाएगा तथा शीघ्र प्रयोगशाला में विश्लेषण हेतु भेजा जाएगा।

विश्लेषण हेतु चयनित मापदंड: भूजल गुणवत्ता के समग्र आकलन के लिए विभिन्न भौतिक एवं रासायनिक मानकों का चयन किया गया है, जिनका मात्रात्मक विश्लेषण मानक प्रयोगशाला पद्धतियों के अनुसार किया जाएगा।

तालिका 1: मापदंड एवं प्रयुक्त विधियाँ

क्र. सं.	मापदंड (Parameters)	प्रयुक्त विधि (Method)
1	pH	Digital pH Meter
2	विद्युत चालकता (EC)	Digital Conductivity Meter
3	तापमान	Thermometer Method
4	जैव रासायनिक ऑक्सीजन मांग (BOD)	Bioassay Method
5	रासायनिक ऑक्सीजन मांग (COD)	Dichromate Method
6	क्षारीयता (Alkalinity)	Potentiometer Method
7	मैग्नीशियम एवं कैल्शियम	Titration Method
8	क्लोराइड	Titration with Standard $AgNO_3$
9	सल्फेट	Spectrophotometric Method
10	घुलित ऑक्सीजन (DO)	Winkler Method
11	उपलब्ध नाइट्रोजन	Alkaline Potassium Permanganate Method
12	पोटेशियम (K)	Flame Photometer Method
13	नाइट्रेट	Ionometric Method
14	मैंगनीज, तांबा, लोहा, जस्ता	Extracted with DTPA and Determined by AAS – Atomic Absorption Spectroscopy
15	कैडमियम एवं सीसा	Atomic Absorption Spectroscopy Method
16	फ्लोराइड	Ion Selective Electrode Method

परिणाम: -

आसींद तहसील: आसींद तहसील में pH मान BIS सीमा के भीतर पाया गया, जिससे जल हल्का क्षारीय है। EC का उच्च मान विशेषकर ग्रीष्म ऋतु में अधिक लवणीयता को दर्शाता है। DO शीत ऋतु में अधिक तथा ग्रीष्म में कम पाया गया, जबकि BOD एवं COD वर्षा ऋतु में अधिक रहे। क्लोराइड, सल्फेट एवं फ्लोराइड के मान BIS मानकों से अधिक पाए गए, जिससे जल की गुणवत्ता प्रभावित होती है। नाइट्रेट का स्तर भी वर्षा ऋतु में बढ़ा हुआ पाया गया। Pb एवं Cd के उच्च मान प्रदूषण की ओर संकेत करते हैं।

तालिका 2: आसींद तहसील में जल गुणवत्ता मापदंडों के मौसमी औसत मान एवं BIS मानकों के साथ तुलनात्मक विश्लेषण

ऋतू	ग्रीष्म	वर्षा	शीत	BIS मानक
pH	7.992	7.842	7.922	6.5–8.5
Temperature (°C)	31.92	28.92	17.92	-
EC (µS/cm)	3950	2948.33	2500	-
DO (mg/L)	5.783	6.448	7.25	3
BOD (mg/L)	4.05	4.203	3	30
COD (mg/L)	19.5	20.59	15.5	-
Alkalinity	188.67	143.43	125	200
Ca^{2+} (mg/L)	56	40.5	42.5	75
Mg^{2+} (mg/L)	51.67	37.33	32.5	30
Cl^- (mg/L)	908.33	631.17	575	250
SO_4^{2-} (mg/L)	501.17	348.33	275	200
NO_3^- (mg/L)	48.83	85	32.5	45
F^- (mg/L)	1.687	1.1	1.05	1
N (mg/L)	0.543	0.75	0.275	-
K (mg/L)	3.5	2.5	2	-
Mn (mg/L)	0.059	0.038	0.028	0.1
Cu (mg/L)	0.013	0.015	0.007	0.05
Fe (mg/L)	0.059	0.075	0.028	0.3
Zn (mg/L)	0.025	0.033	0.013	5
Pb (mg/L)	0.46	0.575	0.225	0.01
Cd (mg/L)	0.089	0.105	0.035	0.003

मांडलगढ़ तहसील: मांडलगढ़ में pH सामान्य सीमा में पाया गया। EC का मान मध्यम स्तर का रहा तथा ग्रीष्म ऋतु में अधिक पाया गया। DO का स्तर शीत ऋतु में अधिक तथा ग्रीष्म में कम रहा। नाइट्रेट का स्तर सभी ऋतुओं में BIS मानक से अधिक पाया गया, विशेषकर वर्षा ऋतु में। Mg^{2+} का मान कुछ स्थानों पर अधिक रहा। Pb एवं Cd के मान BIS सीमा से अधिक पाए गए, जो प्रदूषण को दर्शाते हैं।

तालिका 3: मांडलगढ़ तहसील में जल गुणवत्ता मापदंडों के मौसमी औसत मान एवं BIS मानकों के साथ तुलनात्मक विश्लेषण

ऋतू	ग्रीष्म	वर्षा	शीत	BIS मानक
pH	8.038	7.892	7.97	6.5–8.5
Temperature (°C)	16.75	10.26	6.75	–
EC (µS/cm)	1290	951.67	850	–
DO (mg/L)	2.05	2.55	3.25	3
BOD (mg/L)	1.35	1.96	1.05	30
COD (mg/L)	7.5	9.793	6.25	–
Alkalinity	70.83	52.87	47.5	200
Ca^{2+} (mg/L)	11.75	7.5	9.5	75
Mg^{2+} (mg/L)	36.67	25.67	22.5	30
Cl^- (mg/L)	127.5	80.33	75	250
SO_4^{2-} (mg/L)	157.67	107.67	92.5	200
NO_3^- (mg/L)	127.5	185	95	45
F^- (mg/L)	0.638	0.425	0.475	1
N (mg/L)	0.843	1.05	0.45	–
K (mg/L)	1.38	0.95	0.85	–
Mn (mg/L)	0.025	0.033	0.019	0.1
Cu (mg/L)	0.01	0.015	0.006	0.05
Fe (mg/L)	0.255	0.355	0.15	0.3
Zn (mg/L)	0.025	0.033	0.013	5
Pb (mg/L)	0.181	0.245	0.09	0.01
Cd (mg/L)	0.035	0.055	0.014	0.003

भीलवाड़ा तहसील: भीलवाड़ा तहसील में pH सामान्य सीमा के भीतर पाया गया। EC का उच्च मान विशेषकर ग्रीष्म ऋतु में अधिक लवणीयता को दर्शाता है। DO शीत ऋतु में अधिक तथा BOD एवं COD वर्षा ऋतु में अधिक पाए गए। क्लोराइड एवं सल्फेट के मान अधिक पाए गए, जिससे जल की लवणीयता बढ़ती है। NO_3^- का अत्यधिक उच्च स्तर वर्षा ऋतु में दर्ज किया गया। Pb एवं Cd के मान भी BIS सीमा से अधिक पाए गए।

तालिका 4: भीलवाड़ा तहसील में जल गुणवत्ता मापदंडों के मौसमी औसत मान एवं BIS मानकों के साथ तुलनात्मक विश्लेषण

ऋतू	ग्रीष्म	वर्षा	शीत	BIS मानक
pH	8.015	7.892	7.917	6.5–8.5
Temperature (°C)	27.5	21.51	15.5	–
EC (µS/cm)	2657	1990	1700	–
DO (mg/L)	4.283	5.3	6.5	3
BOD (mg/L)	2.95	4.11	2.3	30
COD (mg/L)	15.75	20.54	12.5	–
Alkalinity	148.67	115	105	200
Ca^{2+} (mg/L)	17.75	11	13	75
Mg^{2+} (mg/L)	83.67	54.5	45	30
Cl^- (mg/L)	427.83	293.67	225	250
SO_4^{2-} (mg/L)	218.5	134.83	105	200
NO_3^- (mg/L)	177.5	260	110	45
F^- (mg/L)	1.233	0.85	0.75	1
N (mg/L)	1.13	1.5	0.65	–
K (mg/L)	19.75	13	10	–
Mn (mg/L)	0.045	0.053	0.023	0.1
Cu (mg/L)	0.023	0.033	0.009	0.05
Fe (mg/L)	0.555	0.753	0.325	0.3
Zn (mg/L)	0.033	0.043	0.017	5
Pb (mg/L)	0.369	0.475	0.175	0.01
Cd (mg/L)	0.065	0.085	0.028	0.003

निष्कर्ष: -

प्रस्तुत अध्ययन से यह स्पष्ट हुआ कि भीलवाड़ा जिले की आसींद, भीलवाड़ा एवं मांडलगढ़ तहसीलों के भूजल की गुणवत्ता विभिन्न भौतिक एवं रासायनिक मानकों के अनुसार भिन्न-भिन्न स्तर पर प्रभावित है। pH मान सभी क्षेत्रों में BIS सीमा के अंतर्गत पाए गए, जिससे जल हल्का क्षारीय प्रकृति का सिद्ध हुआ। किंतु विद्युत चालकता, क्लोराइड, सल्फेट एवं नाइट्रेट जैसे मानकों के उच्च स्तर ने जल की बढ़ती लवणीयता एवं प्रदूषण की स्थिति को दर्शाया। विशेष रूप से भीलवाड़ा एवं आसींद तहसीलों में EC, क्लोराइड एवं सल्फेट की मात्रा अधिक पाई गई, जबकि मांडलगढ़ में नाइट्रेट का स्तर अत्यधिक दर्ज किया गया। अध्ययन में Pb एवं Cd जैसी भारी धातुओं की मात्रा BIS मानकों से अधिक पाई गई, जो मानव स्वास्थ्य के लिए गंभीर चिंता का विषय है। DO, BOD एवं COD के मानों से यह भी स्पष्ट हुआ कि जल गुणवत्ता पर मौसमी परिवर्तन का प्रभाव पड़ता है तथा वर्षा ऋतु में प्रदूषण स्तर अपेक्षाकृत अधिक हो जाता है। अतः यह आवश्यक है कि भूजल के सतत उपयोग एवं संरक्षण हेतु नियमित निगरानी, जल शोधन, वर्षा जल संचयन तथा प्रदूषण नियंत्रण संबंधी प्रभावी उपाय अपनाए जाएँ। साथ ही, कृषि एवं औद्योगिक क्षेत्रों में रसायनों के नियंत्रित उपयोग तथा जन-जागरूकता कार्यक्रमों को बढ़ावा देना भी आवश्यक है, जिससे भविष्य में भूजल संसाधनों की गुणवत्ता एवं उपलब्धता को सुरक्षित रखा जा सके।

संदर्भ सूची: -

1. कृष्णा, केशव, & गोविल, प्रदीप. (2004). Heavy metal contamination of soil around Pali Industrial Area, Rajasthan, India. Environmental Geology, 47, 38-44. https://doi.org/10.1007/s00254-004-1124-y
2. खान, एम. (2001). Pollution of water resources due to industrialization in arid zone of Rajasthan, India. Journal of Environmental Sciences (China), 13, 218-23.
3. खान, एम., नारायण, प्रताप, & मोहराना, प्रताप. (2006). Prospecting ground water resources using RS-GIS - A case study from arid western Rajasthan of India. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 34, 171-179. https://doi.org/10.1007/BF02991822

4. खान, जब्बार, गुप्ता, गोविंद, सिंह, नवीन, भावे, विवेक, भारद्वाज, विनय, उप्रेती, पल्लवी, सिंह, रानी, & सिन्हा, अमरेंद्र. (2023). Geophysical and geostatistical assessment of groundwater and soil quality using GIS, VES, and PCA techniques in the Jaipur region of Western India. Environmental Science and Pollution Research, 30, 1–16. https://doi.org/10.1007/s11356-023-28004-y

5. गुप्ता, संजय, कुमार, अखिलेश, ओझा, सी., & सेठ, गीता. (2004). Chemical analysis of ground water of Sanganer area, Jaipur in Rajasthan. Journal of Environmental Science & Engineering, 46, 74–8.

6. गोपाल, रुई, दास, कुमार, & सिंह, सूरज. (2020). Groundwater Assessment In Kota District (Rajasthan), India Using GIS Techniques. International Journal of Scientific & Technology Research, 8(8), 1520–1527.

7. गोयल, आर. के., गौर, एम. के., & पॉल, एन. सी. (2025). Groundwater Prospects in Hot Arid Zone of Rajasthan- Trends, Forecasts, and Strategies for Sustainable Management (A case study of Jhunjhunun district). Annals of Arid Zone, 64(2), 167–178. https://doi.org/10.56093/aaz.v64i2.163890