مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
journal@fezzanu.edu.ly

تقييم تلوث المعادن الثقيلة في بعض مياه الآبار ومحطات التحلية بمنطقة تراغن

*ختام عبد القادر، فاطمة إسماعيل العربي، حميدة فرج يوسف، نجوى حسن الشامي[1]
[1]قسم الكيمياء، كلية التربية، جامعة فزان، ليبيا

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم مستويات التلوث بالمعادن الثقيلة في مياه الآبار ومحطات التحلية بمنطقة تراغن، جنوب ليبيا، بهدف تحديد المخاطر الصحية المحتملة والامتثال للمعايير الليبية والدولية لمياه الشرب. تعتمد منطقة تراغن بشكل أساسي على هذه المصادر المائية لتلبية احتياجات السكان من المياه، خاصة مع تزايد النشاطات الزراعية والصناعية. تم جمع عينات من تسعة مواقع، شملت خمسة آبار وأربع محطات تحلية، خلال الفترة الممتدة من يناير إلى مارس 2024. تم تحليل العينات باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrometer) لتحديد تركيزات سبعة عناصر ثقيلة رئيسية: الكروم(Cr) ، المنجنيز(Mn) ، الكوبالت(Co) ، النيكل(Ni) ، النحاس(Cu) ، الزنك(Zn) ، والكادميوم.(Cd) أظهرت النتائج أن تركيزات الكروم والمنجنيز كانت موجودة في عينات محددة، حيث بلغ تركيز الكروم في عينة واحدة 0.03140 ملغ/لتر، وهو أقل من الحد المسموح به وفق المعايير الليبية والعالمية (0.05 ملغ/لتر). كما كانت تركيزات المنجنيز المكتشفة أقل بكثير من الحد الأقصى المسموح به (0.5 ملغ/لتر)، مما يشير إلى أن مستويات هذين المعدنين ضمن الحدود الآمنة للاستهلاك البشري. أما بالنسبة لبقية العناصر الثقيلة مثل الكوبالت، النيكل، النحاس، الزنك، والكادميوم، فلم يتم اكتشاف أي منها في العينات، مما يعزز سلامة هذه المياه فيما يتعلق بهذه المعادن.

تشير الدراسة إلى أن المياه في منطقة تراغن آمنة بشكل عام للاستهلاك البشري من حيث محتوى المعادن الثقيلة، مع عدم وجود مؤشرات على تلوث خطير. ومع ذلك، فإن استمرار الأنشطة الزراعية والصناعية في المنطقة قد يؤدي إلى تراكم هذه العناصر في المياه بمرور الوقت، مما يبرز الحاجة إلى مراقبة دورية ومستمرة لجودة المياه.

الكلمات المفتاحية: تلوث المياه ، المعادن الثقيلة ، مياه الآبار ، محطات التحلية ، تراغن ، المخاطر الصحية ، الامتصاص الذري

Assessment of Heavy Metal Contamination in Groundwater Wells and Desalination Plants in the Traghen Area

*Khitam A.Y. Saleh and Fatma Ismail ALarbi and Himedah Faraj Yousuf and Najwa Hassan Alshami[1]
[1]Department of Chemistry, Faculty of Education, Fezzan University, Libya

A B S T R A C T

This study aims to assess the levels of heavy metal contamination in groundwater wells and desalination plants in the Traghen area, southern Libya, to determine potential health risks and compliance with Libyan and international drinking water standards.

*المؤلف الرئيسي: عناوين البريد الإلكتروني bdalqadrkhtam7@gmail.com تاريخ استلام البحث 19 مارس 2025 استلام رد المحكمين 28 أبريل 2025 تم قبوله 26 أغسطس 2025 تاريخ النشر 7نوفمبر 2025

The Traghen region relies heavily on these water sources to meet the population's needs, especially with increasing agricultural and industrial activities. Samples were collected from nine sites, including five wells and four desalination plants, during the period from January to March 2024. The samples were analyzed using an Atomic Absorption Spectrometer to measure concentrations of seven key heavy metals: chromium (Cr), manganese (Mn), cobalt (Co), nickel (Ni), copper (Cu), zinc (Zn), and cadmium (Cd).

The results revealed that chromium and manganese were present in specific samples, with chromium detected at 0.03140 mg/L in one sample, which is below the permissible limit set by Libyan and international standards (0.05 mg/L). The detected manganese concentrations were also well below the maximum allowable limit (0.5 mg/L), indicating that the levels of these metals are within safe ranges for human consumption. As for the other heavy metals such as cobalt, nickel, copper, zinc, and cadmium, none were detected in the samples, affirming the safety of this water concerning these metals.

The study suggests that water in the Traghen area is generally safe for human consumption regarding heavy metal content, with no significant indications of contamination. However, continued agricultural and industrial activities in the region may lead to an accumulation of these elements over time, highlighting the need for regular and continuous water quality monitoring

Keywords:Water Pollution , Heavy Metals,Well Water , Desalination Plants , Traghen , Health Risks, Atomic Absorption..

المقدمة والدراسات السابقة

تُعد مشكلة تلوث المياه الجوفية بالعناصر الثقيلة تهديداً كبيراً للصحة العامة في المناطق الزراعية والسكنية، حيث يرتبط هذا التهديد بالاستخدام المكثف للكيماويات الزراعية مثل الأسمدة والمبيدات الحشرية التي تحتوي على كميات صغيرة من المعادن الثقيلة. مع الاستعمال المستمر لهذه المواد، تتراكم العناصر في التربة وتصل إلى المياه الجوفية من خلال عملية التسرب. يمكن أن يحدث التلوث أيضًا نتيجة تسرب مياه الصرف الصناعي أو المنزلي، ما يؤدي إلى رفع تركيزات هذه العناصر إلى مستويات تشكل خطراً على الصحة العامة. تشير الدراسات إلى أن التعرض طويل الأمد للعناصر الثقيلة يمكن أن يسبب مشاكل صحية خطيرة مثل الأمراض العصبية، أمراض الكلى والكبد، وحتى السرطان، نظرًا لأن هذه المعادن تتراكم في أنسجة الجسم بمرور الوقت .(Jadhav et al., 2016), (Tariq et al., 2020)

في منطقة تراغن جنوب ليبيا، حيث يعتمد السكان بشكل رئيسي على المياه الجوفية ومحطات التحلية لتلبية احتياجاتهم من المياه، تُعد جودة المياه قضية حاسمة مع النمو السكاني المتزايد والتوسع في الأنشطة الزراعية والصناعية. تشير التقارير الأولية إلى أن بعض عينات المياه تحتوي على نسب مرتفعة من الأملاح والمعادن الذائبة، وهو ما يشير إلى إمكانية تعرض المياه للتلوث بالعناصر الثقيلة. تعتبر المعادن الثقيلة، حتى بتركيزات منخفضة، سامة ويمكن أن تتراكم في أنسجة الجسم، مسببةً تأثيرات ضارة على المدى البعيد.

فيما يتعلق بتلوث المياه بالعناصر الثقيلة في ليبيا، تشير عدة دراسات إلى أن تلوث المياه الجوفية في مناطق مختلفة من البلاد بالمعادن الثقيلة يُعد مصدر قلق كبير؛ فقد أظهرت عينات من المياه الجوفية في بعض مناطق طرابلس ومحيطها تراكيز مرتفعة من عناصر مثل الزرنيخ، الكادميوم، والرصاص، مما يشكل تهديدًا مباشرًا لصحة السكان *(Omar et al., 2020)*.

وتؤكد دراسات حديثة هذا القلق، حيث كشفت تحاليل عينات من الينابيع والمياه الجوفية في السهل الشمالي الشرقي (مثل المرج وأبيار) عن مستويات مرتفعة من الرصاص خلال موسم الجفاف، تجاوزت الحد الأقصى المسموح به وفقًا لمنظمة الصحة العالمية .*(Al-Sarraj, Jankeer, & Al-Rawi, 2019)*كما أظهرت دراسة أخرى أجريت في مدينة البيضاء ارتفاع تراكيز الرصاص، النيكل، الحديد، والمنغنيز في مياه الآبار، وهي عناصر قد تسبب آثارًا صحية مزمنة عند التعرض المستمر لها، في حين بقيت مستويات النحاس فقط ضمن الحدود الآمنة .*(Elmanfe et al., 2022)*

ويُعد النشاط البشري—خاصة في المناطق القريبة من المنشآت العسكرية والصناعية—من العوامل الرئيسة وراء هذا التلوث، كما هو موثق في دراسة أجريت بمنطقة غريان، حيث تم رصد مستويات مرتفعة جدًا من الرصاص والنحاس في التربة المحيطة بمعسكرات عسكرية، ما يُشير إلى احتمال انتقال هذه الملوثات إلى المياه الجوفية المجاورة *(Allafi et al., 2023)*.

وفي جنوب ليبيا، تُعزى معدلات التلوث العالية إلى الأنشطة التعدينية والمخلفات الصناعية، والتي ترفع من احتمالية وجود المعادن الثقيلة في المياه بمستويات غير آمنة .*(Al-Mutairi et al., 2021)*وفي ظل هذه التحديات البيئية، تبرز أهمية استخدام تقنيات معالجة متقدمة مثل التحلية والتنقية الجوفية، لضمان توفير مياه شرب آمنة ومستدامة، كما أوصت بذلك دراسات عدة في سياق التكيف مع التغيرات المناخية والضغوط البشرية المتزايدة .*(Abdel-Aziz et al., 2022)*

بالإضافة إلى تقييم المخاطر الصحية المحتملة المرتبطة بتلوث المياه، يتم التركيز على التأثيرات البيئية لاستخدام هذه المياه في الزراعة، حيث يمكن أن يؤدي تلوث التربة إلى تقليل خصوبتها، مما يؤثر سلباً على الإنتاج الزراعي. تشير الدراسات إلى أن المعادن الثقيلة مثل الزئبق والرصاص تؤثر بشكل كبير على خصوبة التربة وتقلل من الإنتاج الزراعي (Ali et al., 2021). كما تساهم نتائج التحليل في زيادة الوعي بين السكان حول مخاطر تلوث المياه وأهمية استخدام مصادر آمنة للشرب. الدراسات أكدت أن زيادة الوعي يمكن أن تحسن بشكل كبير من سلوكيات المجتمعات في استخدام المياه بشكل آمن.(Singh & Patel, 2020)

مراقبة جودة المياه الجوفية في المناطق الزراعية التي تعتمد عليها تعتبر أمرًا حيويًا، خصوصًا في ظل تزايد الأنشطة الزراعية والصناعية في منطقة تراغن. وفقًا لدراسة حديثة، فإن تزايد الأنشطة الزراعية والصناعية يعزز من خطر تلوث المياه الجوفية، مما يستدعي تدخلات مهنية لضمان الحفاظ على جودة المياه .(Hassan & Ahmed, 2022) من الضروري اتخاذ إجراءات وقائية لضمان استدامة الموارد المائية وسلامة استخدامها، خاصة مع الاعتماد الكبير على المياه الجوفية في المنطقة لتلبية احتياجات الشرب والاستخدام اليومي. فالإدارة الجيدة للموارد المائية تساعد على الحفاظ على جودة المياه وضمان استدامتها لمختلف الاستخدامات.(Khan et al., 2021)

تهدف الدراسة الحالية إلى تقدير تراكيز بعض المعادن الثقيلة في مياه الآبار ومحطات التحلية بمنطقة تراغن، ومقارنتها بالمعايير الليبية والدولية لمياه الشرب. وفقًا لمعايير منظمة الصحة العالمية (WHO) للمعادن الثقيلة في المياه، يجب ألا تتجاوز تراكيز بعض المعادن مثل الرصاص والزرنيخ حدودًا معينة لحماية صحة الإنسان (World Health Organization, 2021) تم جمع العينات من تسعة مواقع مختلفة، تشمل خمسة آبار وأربع محطات تحلية، وتحليلها باستخدام تقنيات الامتصاص الذري لقياس تركيزات العناصر الثقيلة مثل الكروم، المنغنيز، النيكل، النحاس، والزنك. تشير الدراسات إلى أن استخدام هذه التقنية يمكن أن يوفر دقة عالية في تحديد التراكيز الخاصة بالمعادن الثقيلة (Bui et al., 2020) تسعى الدراسة إلى تقديم تقييم شامل لجودة المياه في المنطقة، وتحديد ما إذا كانت هذه التراكيز تتوافق مع المعايير المعتمدة.

المواد وطرق العمل

تم جمع العينات وتحليلها في الفترة من 1 يناير 2024م إلى 1 مارس 2024م. أخذت العينات من 9 مواقع مختلفة في منطقة تراغن، حيث شملت هذه المواقع 5 آبار و4 محطات تحلية. تم اختيار المواقع لتغطي المناطق الحيوية التي يعتمد عليها السكان في الحصول على المياه

A	B	C	D	E	F	G	H	I
بئر الشرقي	بئر المشروع	بئر شرقي (المنتزه)	تحلية مسجد ابوبكر الصديق	تحلية ساقي السبيل	تحلية المستشفى	بئر المستشفى	بئر الزراعي	تحلية القسم الداخلي

الشكل (1): يوضح موقع تراغن على الخريطة

خطوات أخذ العينات

تم جمع العينات في قنينات بلاستيكية نظيفة وجافة بسعة نصف لتر. قبل أخذ العينات، تم غسل القنينات بمياه البئر أو المحطة التي سيتم جمع العينات منها من ثلاثة إلى أربعة مرات لضمان عدم تلوث العينة. بعد ذلك، أضيف 1 مل من حمض النيتريك بتركيز 65% إلى كل عينة لضمان الحفاظ على المعادن الثقيلة ومنع ترسبها على جدران القنينات. تم أخذ عينة واحدة من كل موقع (بئر أو محطة)، وتم تحليل كل عينة ثلاث مرات لضمان الدقة والتمثيل الجيد للموقع.

تحليل العناصر بااستخدام جهاز الامتصاص الذريAtomic Absorption

تم تحليل العينات في المختبر المركزي بجامعة سبها باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrometer)، موديل novAAS400 من شركة Analytik Jenaالألمانية. تم تقدير تركيزات العناصر الثقيلة مثل الكروم والمنغنيز والكوبالت والنيكل والنحاس والزنك والكادميوم في العينات. تم استخدام معايير دقيقة لضبط الجهاز والتحقق من صحة النتائج لضمان دقة القياسات ومطابقتها للمعايير الدولية. تم تحليل كل عينة ثلاث مرات للحصول على متوسط دقيق للقياسات وتقليل نسبة الخطأ ، كما تمت معايرة جهاز الامتصاص الذري باستخدام محاليل معيارية جاهزة قبل بدء التحليل، لضمان دقة القياسات وصحة النتائج.

النتائج والمناقشة

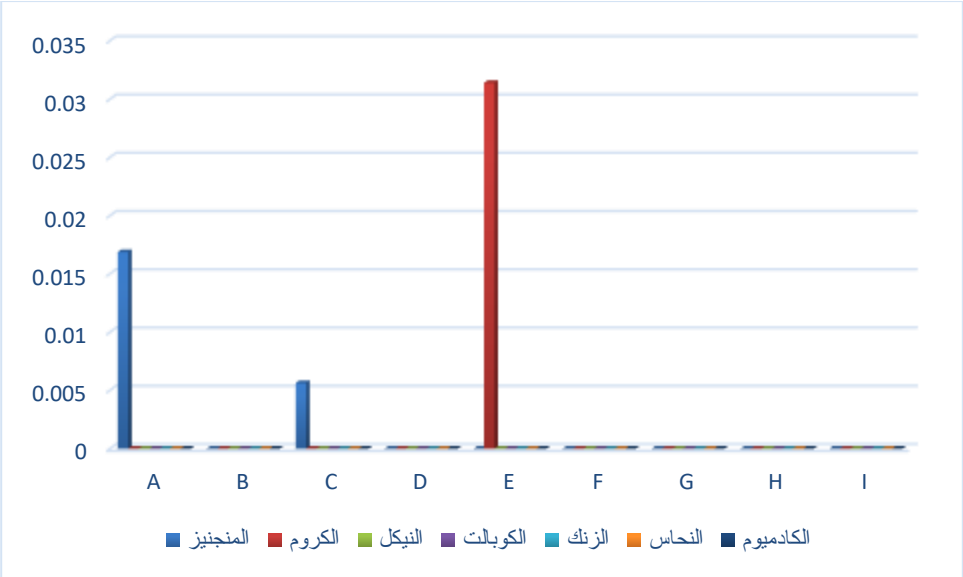
تم تحليل بعض العناصر الثقيلة في عينات المياه المأخوذة من آبار ومحطات تحلية في منطقة تراغن. يُظهر الجدول (1) نتائج التحليل للعناصر الثقيلة التسعة الممثلة للمواقع المشار إليها سابقًا (5 آبار و4 محطات تحلية) التي تم ترميزها بالحروف A) إلى (I كما هو موضح لاحقًا في قائمة المواقع.

الجدول (1): يوضح بعض العناصر الثقيلة في عينات مياه الابار ومحطات التحلية بمنطقة تراغن

العينة	الكروم Cr	المنجنيز Mn	الكوبالت Co	النيكل Ni	النحاس Cu	الزنك Zn	الكادميوم Cd
A	-	0.01687mg\l	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-	-
C	-	0.00563mg\l	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-	-	-
E	0.03140mg\l	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-	-
G	-	-	-	-	-	-	-
H	-	-	-	-	-	-	-
I	-	-	-	-	-	-	-
مواصفات القياسية الليبية والعالمية	0.05mg\l	0.5mg\l	0.05 mg\l	0.02 mg\l	2 mg\l	3 mg\l	0.003 mg\l

تم استخدام المتوسط الحسابي لنتائج التكرارات الثلاثة لكل عينة ، التحليل الإحصائي أظهر تباينًا محدودًا بين المواقع المختلفةتم التركيز على سبعة عناصر رئيسية الجدول (1): الكروم(Cr) ، المنجنيز(Mn) ، الكوبالت(Co) ، النيكل(Ni) ، النحاس(Cu) ، الزنك(Zn) ، والكادميوم .(Cd) تم مقارنة القيم المكتشفة بالمعايير القياسية الليبية والعالمية. تم الكشف عن الكروم في عينة واحدة فقط (E) بتركيز 0.03140 ملغ/لتر شكل (2)، وهو أقل من الحد المسموح به وفق المواصفات القياسية الليبية والعالمية (0.05 ملغ/لتر). هذا يعني أن مستويات الكروم في المياه آمنة للاستهلاك البشري بناءً على هذه العينة. أظهرت عينتان (A) و (C)وجود المنجنيز بتراكيز بلغت 0.01687 ملغ/لتر و0.00563 ملغ/لتر على التوالي. كلا التركيزين أقل بكثير من الحد المسموح به (0.5 ملغ/لتر)، مما يشير إلى أن تركيز المنجنيز في المياه ضمن الحدود الآمنة. لم يتم الكشف عن الكوبالت في أي من العينات المدروسة، وهذا يعد مؤشرًا إيجابيًا نظرًا لأن الحد المسموح به هو 0.05 ملغ/لتر. وبالتالي، لا يوجد خطر مرتبط بالكوبالت في هذه العينات. لم يُكتشف النيكل في أي من العينات أيضًا، ويعد هذا مؤشرًا جيدًا لأن الحد المسموح به وفق المعايير الليبية والعالمية هو 0.02 ملغ/لتر. لم تظهر أي من العينات وجود النحاس، مما يعني أن تركيز النحاس أقل من الحد الأدنى المسموح به، الذي يبلغ 2 ملغ/لتر. وبالتالي، لا توجد مشاكل صحية مرتبطة بمستويات النحاس في هذه المياه. لم يُكتشف الزنك في أي من العينات المدروسة. ويعد هذا أمرًا

طبيعيًا لأن الحد المسموح به هو 3 ملغ/لتر، ما يشير إلى أن المياه خالية من أي تركيزات ضارة من الزنك. (Nguyen et al., 2018). لم يتم الكشف عن الكادميوم في أي من العينات، وهو أمر مهم للغاية نظرًا لأن الحد المسموح به للكادميوم منخفض جدًا (0.003 ملغ/لتر). عدم وجود الكادميوم يشير إلى سلامة المياه من هذا العنصر السام.



الشكل (2): يوضح بعض العناصر الثقيلة في عينات مياه الابار ومحطات التحلية بمنطقة تراغن

ومن النتائج المتحصل عليها فإن جميع العينات التي تم تحليلها تظهر تركيزات للعناصر الثقيلة أقل من الحدود المسموح بها وفقًا للمواصفات القياسية الليبية والعالمية. لم يتم الكشف عن أي من العناصر الثقيلة مثل الكوبالت، النيكل، النحاس، الزنك، والكادميوم، مما يعزز من سلامة المياه المدروسة للاستهلاك البشري.

تُعتبر العناصر مثل الكروم والمنجنيز، حتى وإن كانت موجودة بكميات ضئيلة، ضمن المستويات الآمنة حسب المعايير القياسية، مما يشير إلى أن المخاطر الصحية الناجمة عن استهلاك هذه المياه محدودة جدًا. على الرغم من أن الكروم والمنجنيز اكتُشفا في عينات معينة، إلا أن تركيزاتهما كانت أقل من الحدود المسموح بها بكثير، مما يقلل من احتمالية أي تأثيرات سلبية على الصحة (Health Canada, 2019). من الممكن أن تكون مستويات بعض المعادن مثل الكروم والمنجنيز مرتبطة بالنشاط الزراعي أو بعض الأنشطة البشرية في المنطقة. لكن، بالنظر إلى أن مستويات هذه المعادن لا تزال أقل من الحدود المسموح بها، فإن ذلك يشير إلى أن تأثير هذه الأنشطة لا يؤدي إلى تلوث خطير للمياه في الوقت الحالي. (Chowdhury et al., 2019) .

على الرغم من أن النتائج الحالية لا تظهر أي مخاطر صحية فورية، إلا أنه من المهم متابعة جودة المياه بانتظام لضمان عدم زيادة مستويات العناصر الثقيلة في المستقبل، خاصة في ظل الأنشطة الزراعية أو الصناعية المحتملة التي قد تؤثر على تلوث المياه ، ويجب مواصلة مراقبة جودة المياه لضمان عدم تدهور الوضع مستقبلاً، خاصةً مع تغير الأنشطة البشرية في المنطقة. كما ينبغي توعية السكان حول أهمية مراقبة جودة المياه والحفاظ على المصادر المائية. وإذا ظهرت أي مؤشرات لزيادة في تراكيز المعادن الثقيلة، ينبغي اتخاذ تدابير وقائية مبكرة لمنع تلوث المياه.

قائمة المراجع

1. Abdel-Aziz, A., Zidan, M., & Sharif, M. (2022). Water desalination as a solution for groundwater contamination in Libya. Water Resources Management Journal, 36(5), 789-803.
2. Ali, A., Khan, R., & Hussain, M. (2021). Impact of heavy metals on soil fertility and agricultural productivity. Environmental Pollution and Toxicology, 32(3), 203-212.
3. Allafi, R., Anwesre, R. A., Al-Saleh, A. M., Khalaefa, N., & Mahid, H. H. (2023). Environmental consequences of soil heavy metal contamination in Gharyan regions, Libya: A comprehensive study. Rafidain Journal of Science, 32(4), 10–24.
4. Al-Mutairi, N., Husein, A., & Abdalla, M. (2021). Heavy Metal Contamination in Groundwater from Industrial Activities in Southern Libya. Environmental Science and Pollution Research, 28(12), 15576-15589.
5. Al-Sarraj, E. S., Jankeer, M. H., & Al-Rawi, S. M. (2019). Estimation of the concentrations of some heavy metals in water and sediments of Tigris River in Mosul City. Rafidain Journal of Science, 28(1), 1–10.
6. Bui, T., Tran, H., & Lee, J. (2020). The application of atomic absorption spectrometry for the analysis of heavy metals in environmental water samples. Journal of Environmental Chemistry, 42(6), 765-778.
7. Chowdhury, S., Ghosh, A., & Patel, R. (2019). Toxicology of chromium and manganese in drinking water: A comparative study on safety and health risks. International Journal of Environmental Science, 25(2), 177-186.
8. Elmanfe, G. M., Tyeb, T. A. M., Abdelghani, K. A., Abdulathim, A. A., Asbeeh, J. A., Muftah, H. S., & Ali, A. F. (2022). Assessment of groundwater wells pollution by some heavy metals in El-Beida City-Libya. Journal of Pure & Applied Sciences, 21(4), 270–275.
9. Hassan, M., & Ahmed, F. (2022). Groundwater contamination in agricultural regions: A review of current practices and future challenges. Environmental Management and Sustainability, 11(2), 121-135.
10. Hernandez, A., Zhao, L., & Lee, M. (2021). Effects of manganese in drinking water on health outcomes. Journal of Environmental Health, 83(7), 341-350.
11. Jadhav, S. D., Patil, R. S., & Mahajan, A. A. (2016). Impact of heavy metals on groundwater contamination and human health. Journal of Environmental Health Research, 16(2), 115–122.
12. Khan, S., Iqbal, J., & Aslam, M. (2021). Sustainable water management and groundwater quality: The case of agriculture-dependent regions. Water Resources Journal, 48(5), 327-340.
13. Nguyen, H., et al. (2018). Review of human impact of copper on water quality. Journal of Environmental Science and Health, Part A.
14. Omar, M., Hammad, M., & Al-Sharif, R. (2020). Assessment of groundwater quality and heavy metal contamination in Libya. Journal of Environmental Studies, 15(3), 45-58.
15. Singh, A., & Patel, R. (2020). Public awareness and behavior toward water pollution in rural communities. Journal of Environmental Education, 43(4), 289-300.
16. Tariq, M., et al. (2020). The effects of heavy metals on human health: A global overview. International Journal of Environmental Studies.
17. World Health Organization. (2021). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first addendum. World Health Organization.
18. Health Canada. (2019). *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document—Manganese*. Health Canada.