تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي بمدينة أجدابيا

أصيل البوري* - أ.د. باسط حويرش – سالم علي محمد ابوشيبة*** -أ. صالح أمهنى*****

*الاكاديمية الليبية فرع الجبل الخضر - ** كلية الموارد الطبيعية جامعة عمر المختار - *** كلية الزراعة جامعة عمر المختار - **** كلية الهندسة، جامعة أجدابيا، ليبيا

الملخص:

تناولت هذه الدراسة مشكلة تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي بمدينة أجدابيا. حيث تم إجراء العديد من الاختبارات والتحاليل للكشف عن تلوث المياه الجوفية لعدد 20 بئر بالمدينة. تضمنت الاختبارات الميكروبية (البكتيرية) التي تم إجرائها كالآتي: اختبار بكتيريا Escherichia coli واختبار بكتيريا القولون Coliform Bacteria test. من التحاليل الاخرى والتي تدل على التلوث الميكروبي: تقدير كمية الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD) وتقدير كمية الأكسجين الكيميائى المستهلك (COD) .

أظهرت نتائج التحليل البكتريولوجي أن البكتيريا القولونية (Coliform bacteria) موجودة في جميع العينات بنسبة (100%) في منطقة الدراسة. هذا يشير إلى تلوث واسع النطاق بالمياه الجوفية.بينما، وجدت بكتيريل الإشريشيا كولاي (E. coli) في 7 عينات من أصل 20 عينة. وهذا يدل على تلوث محدود ببكتيريا E. coli ، مما يعزز التلوث البرازي للمياه الجوفية. وكذلك كانت نتائج اختبارات تقدير كمية الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD)وكمية الأكسجين الكيميائى المستهلك (COD) بان أكثر من نصف العينات أظهرت زيادة في تركيزاتها.

بتحليل النتائج تشير الى تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي سواء في الاحياء التي تحتوي على شبكات الصرف الصحي أو العينات في الاحياء الغير المربوطة بشبكات الصرف الصحي والتى يستعمل فيها الابار السوداء كوسيلة لتصريف مياه الصرف الصحي. وعليه أوصت الدراسة لابد من تجنب استخدام الابار السوداء لتصريف مياه الصرف الصحي وعدم استخدام المياه الجوفية إلا بعد المعالجة المناسبة وألا ستكون مضرة على الصحة العامة.

الكلمات الدالة: المياه الجوفية – التلوث – البكتيريا – الصرف الصحي

1. مقدمة:

يعتبر الماء أحد عناصر الثروة الطبيعية في الكون، وهو أساس لقيام أي مظهر من مظاهر الحياة، ولقد كرم الله تعالى الماء بذكره في القرآن الكريم في مواضع كثيرة على أساس أن الماء هو سر الحياة كما جاء في سورة الأنبياء قال تعالى (وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاء كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ)، والماء مصدر من مصادر الطاقة ومن العناصر المهمة للتوسع الرأسي والأفقي لإنتاج المحاصيل الزراعية بشكل عام، الأمر الذي يتطلب تنمية الموارد المائية وحسن استغلالها (الصالحي وفضيح، 2004).

مما لاشك فيه أن النشاطات الحيوية للإنسان تتوقف على وجود الماء، فهو المادة الأكثر أهمية للحضارة، فمن غير الممكن ممارسة أي نشاط للتنمية بدونه، لذا فقد كانت دراسة المياه لأجل سد حاجات الإنسان المتزايدة منه يشغل الكثير من المهتمين في شتى مجالات حياتنا اليومية (Tebbutt, 1977). وتبلغ نسب المياه علي سطح الأرض 80% أي ما يعادل حوالي 135 كيلومتر مكعب، أما المياه المالحة فتمثل حوالي 97% وهي تمثل مياه البحار والمحيطات، أما المياه الجوفية فتمثل حوالي 95% أي حوالي 37 مليون كيلومتر مكعب، وتمثل المياه الجارية السطحية جزءا ضئيلا من كمية المياه الإجمالية، في حين تشكل المياه الجوفية الجزء الأكبر من المياه العذبة التي يمكن للإنسان استخدامها في المجالات الحيوية المختلفة، حيث يزداد الاهتمام بالبيئة والمياه يوما بعد يوم. ولأجل الحصول على المياه الصالحة للشرب ينصح دائما بمعرفة مدى صلاحيتها للشرب، ولا يتسنى ذلك إلا من خلال تقدير التراكيز المسموح بها في المياه من المواد المختلفة، ومعرفة خصائصها الفيزيائية والبيولوجية (فرغلي والهمالي، 2007).

2. المياه الجوفية في ليبيا:

في غياب المياه السطحية تعتمد ليبيا اعتماداً كبيراً على المياه الجوفية، والتي تمثل أكثر من 97% من المياه المستخدمة حيث تشكل المصدر الأساسي للمياه المستعملة (أمهنى وبن أدريس، 2021). وعلى الرغم من أهمية المياه الجوفية إلا أنها تتعرض للتلوث بشكل مستمر من مصادر مختلفة مما يعيق عملية استخدامها في بعض الاحيان. وقد بينت عدة دراسات على سبيل الذكر لا الحصر (المبروك، 2016 و البي، 2028 و أرجيعه، 2021). وفي مدينة أجدابيا على وجه الخصوص تعاني من مشكلة ارتفاع المياه الجوفية ووصولها إلى السطح في بعض الاماكن مما يجعلها عرضة للتلوث بمياه الصرف الصحي (أمهنى وآخرون 2018) و (Emhanna et al., 2020).

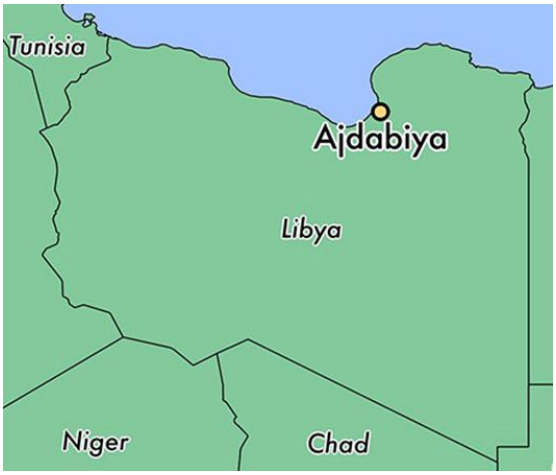
3. مشكلة الدراسة:

عند انقطاع مياه النهر عن مدينة أجدابيا شهر يوليو 2023 نتيجة انفجار خط النهر المغذي للمدينة، لجاء البعض في أعادة استخدام المياه الجوفية للغسل والشرب والاستعمالات اليومية الأخرى. ولكن لوحظ كثرت بعض المشاكل الصحية مثل الاسهال والمغص ووجود طعم غريبة للماء والبعض الاخر وجد لون المياه متغير وله رائحة كريهة (شكل 1). وهذا يعتبر من اهم اسباب اختيار الموضوع.

شكل 1: صور لأحد الابار بمدينة أجدابيا وتظهر تلوثها بمياه الصرف الصحي.

4. منطقة الدراسة:

تقع مدينة أجدابيا على مسافة 850 كيلو متر شرق مدينة طرابلس، و 160 كم جنوب مدينة بنغازي بين خطي طول 30° 47′ 24′′ و 30° 42′ 36′′ شمالا وخطي عرض 20° 16′ 12′′ و 20° 10′ 30′′ شرق، وتبعد حوالي 15 كم عن شاطئ البحر، وترتفع بمتوسط 0 إلى 10 متر عن سطح البحر شكل (2).



شكل 2: موقع منطقة الدراسة.

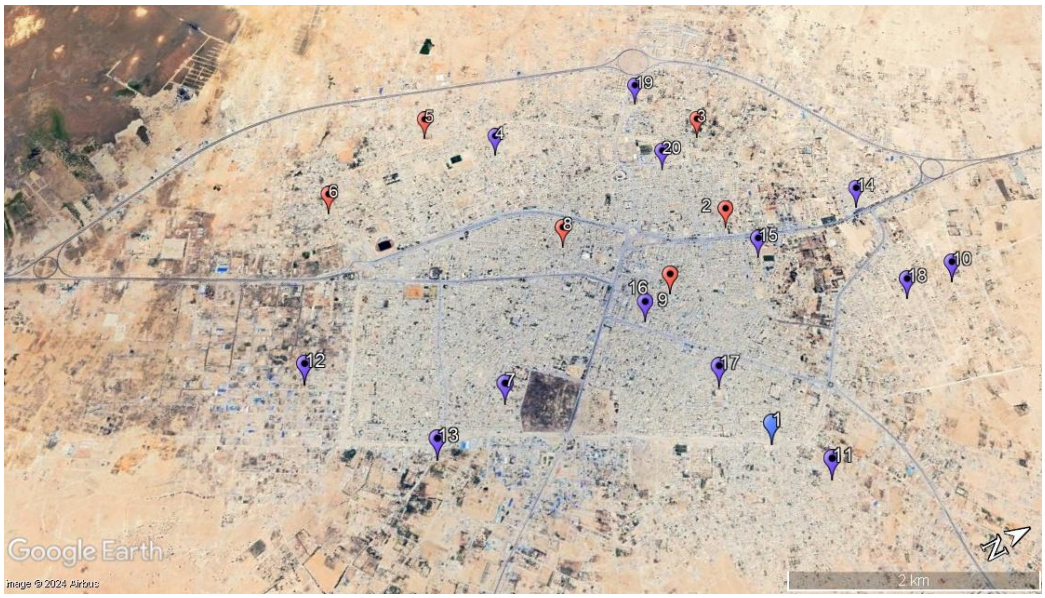
5. **أهداف الدراسة:**

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

1. تقييم جودة المياه الجوفية بمنطقة الدراسة من خلال دراسة الخصائص البيولوجية.
2. تحديد مصادر التلوث الرئيسية في منطقة الدراسة.
3. تحديد حجم مشكلة التلوث المياه.

6. طرق ومواد الدراسة

تم في هده الدراسة اخذ عشرون عينة لمياه الآبار بمنطقة الدراسة، وقد جمعت العينات شهري فبراير ومارس 2024 على مسافات متفاوتة في منطقة الدراسة كما هو موضح في الشكل (3) وتم تحديد مواقع أخذ العينات بدقة باستخدام جهاز الإحداثيات الأرضية GPS. حيث ضخ ماء البئر لمدة عشر دقائق بواسطة مضخة كهربائية (إذ جمعت عينات المياه الجوفية من الآبار بعد أن تضخ كمية من ماء البئر ليتسنى التخلص من المياه الملوثة أو الراكدة) بعدها ملئت القناني من الآبار مباشرة بأقل فسحة هوائية ممكنة للحفاظ على الخواص الفيزيائية والكيميائية لماء العينة أثناء النقل.ومن ثم تم نقل العينات في ظروف ملائمة الى مختبرات شركة سرت لإنتاج وتصنيع النفط والغاز للبدا بالتحاليل اللازمة على العينات المجمعة.

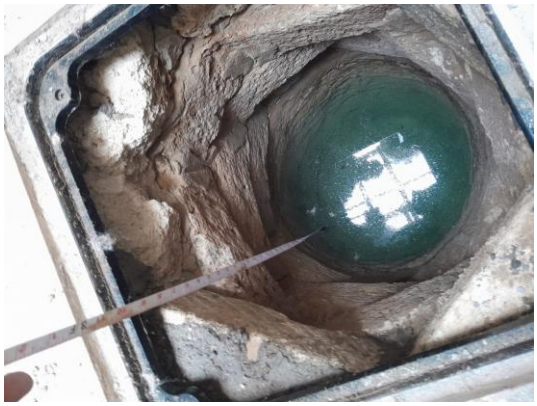


شكل 3: موقع العينات المحتارة.

جدول 1: بيانات الابار المختارة للدراسة.

رقم البئر	العمق (متر)	Latitude	Longitude
1	2.80	30°45'41.34"N	20°14'34.19"E
2	0.70	30°46'6.08"N	20°13'23.28"E
3	0.80	30°46'15.39"N	20°12'47.65"E
4	4	30°45'17.11"N	20°12'19.50"E
5	2	30°45'0.52"N	20°12'1.17"E
6	0.20	30°44'23.59"N	20°12'12.86"E
7	2.20	30°44'42.79"N	20°13'42.83"E
8	0.70	30°45'20.24"N	20°13'2.87"E
9	2.30	30°45'40.25"N	20°13'35.30"E
10	11	30°46'54.51"N	20°14'16.73"E
11	9	30°45'50.04"N	20°14'52.48"E

12	**0.80**	**30°43'56.25"N**	**20°13'6.22"E**
13	**7.60**	**30°44'19.49"N**	**20°13'48.68"E**
14	**3.50**	**30°46'44.54"N**	**20°13'38.17"E**
15	**2.50**	**30°46'9.17"N**	**20°13'38.18"E**
16	**1.90**	**30°45'29.43"N**	**20°13'39.94"E**
17	**3.00**	**30°45'37.58"N**	**20°14'10.44"E**
18	**4.80**	**30°46'39.81"N**	**20°14'14.54"E**
19	**2.50**	**30°46'4.71"N**	**20°12'24.58"E**
20	**1.80**	**30°45'59.85"N**	**20°12'53.06"E**



شكل 4: صور لبعض الابار من منطقة الدراسة.

- **الفحص الميكروبي:**

للفحص الميكروبي (البكتيري) أهمية كبيرة، حيث تساعد في الكشف على تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي وكذبك تساهم في تجديد مدى جودة المياه الجوفية للاستهلاك البشري (بن صادق، 1997).

تضمنت الاختبارات الميكروبية (البكتيرية) التي تم إجرائها كالآتي:

- اختبار بكتيريا Escherichia coli
- اختبار بكتيريا القولون Coliform Bacteria test

من التحاليل الاخرى والتي تدل على التلوث الميكروبي:

- تقدير كمية الأكسجين الحيوي المستهلك Biological Oxygen Demand (BOD)
- تقدير كمية الأكسجين الكيميائى المستهلك Chemical Oxygen Demand (COD)

- **تقدير كمية الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD)**

يشير الأكسجين الحيوي المستهلك إلى كمية الأكسجين المذاب الذي تستهلكه الكائنات الحية الدقيقة لتحويل المواد العضوية إلى طاقة في عينة مخففة من المياه العادمة محفوظة عند درجة حرارة الغرفة لمدة خمسة أيام . إضافةً إلى أنها تدخل هذه القيم كعامل مهم في تصميم محطات المعالجة للمياه العادمة وتحديد مدى تلوث المصادر المائية . ولقد تم تحديد كمية الأكسجين الحيوي الممتص لقياس الأكسجين الذائب المستهلك بواسطة الكائنات الدقيقة فى عملية الأكسدة الكيموحيوية للمواد العضوية طبقا لمنظمة الصحة العالمية (APHA,1998). الحد الأقصى المسموح به وهو (6 مليجرام / لتر) حسب المواصفات الليبية لمواصفات مياه الشرب سنة 2013.

- **تقدير كمية الأكسجين الكيميائى المستهلك (COD)**

وهو اختبار لقياس غير مباشر من كمية المركبات العضوية في الماء. معظم تطبيقات COD تحديد كمية الملوثات العضوية الموجودة في المياه السطحية (البحيرات والأنهار مثلا) أو مياه الصرف الصحي، مما يجعل COD مقياسا مفيدا لنوعية المياه. ويعبر عن ذلك في ميليغرام لكل لتر (ملغم / لتر) كما يشار إلى جزء في المليون (جزء في المليون)، الذي يشير إلى كتلة الأكسجين المستهلك لكل لتر من المحلول. تستخدم كمية الأكسجين الكيميائي المستهلك كمؤشر لقياس المواد العضوية فى مياه الصرف التى تحتوي على مركبات سامة للحياة البيولوجية . ولقد تم قياس الاكسجين الكيميائي المستهلك وفق الطريقة المذكورة من قبل(APHA, 1998) . والحد المسموح به حسب المواصفات الليبية لمياه الشرب 2013 وهو(10مليجرام / لتر),

7. النتائج والمناقشة:

1.7 نتائج التحليل البكتريولوجي (البكتيري)

البكتيريا القولونية (Coliform bacteria) هي مجموعة من البكتيريا التي تعيش عادة في أمعاء الحيوانات والإنسان، وتُستخدم كمؤشرات لمدى نظافة المياه وسلامتها الصحية. من بين هذه البكتيريا، تُعتبر الإشريشيا كولاي (Escherichia coli) أو (E. coli) الأكثر شهرة وأهمية. وجود هذه الأنواع من البكتيريا في المياه الجوفية يُعتبر مؤشرًا على التلوث البرازي (التلوث بمياه الصرف الصحي)، مما يعني أن الماء قد يحتوي على كائنات تؤثر على الصحة العامة في حال استعمال المياه الجوفية.

أظهرت نتائج التحليل البكتريولوجي أن البكتيريا القولونية (Coliform bacteria) موجودة في جميع العينات بنسبة (100%) في منطقة الدراسة. هذا يشير إلى تلوث واسع النطاق بالمياه الجوفية.بينما، وجدت بكتيريل الإشريشيا كولاي (E. coli) في 7 عينات من أصل 20 عينة. وهذا يدل على تلوث محدود ببكتيريا E. coli ، مما يعزز التلوث البرازي للمياه الجوفية (جدول 2).

بتحليل النتائج تشير الى تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي سواء في الاحياء التي تحتوي على شبكات الصرف الصحي كما في العينات 2، 8 و 9 أو العينات في الاحياء الغير المربوطة بشبكات الصرف الصحي والتى يستعمل فيها الابار السوداء كوسيلة لتصريف مياه الصرف الصحي مثل العينات من الابار 3، 5، 6 و14. هذا يشير إلى تأثير الآبار السوداء على جودة المياه الجوفية. وعليه لابد من تجنب استخدام الابار السوداء لتصريف مياه الصرف الصحي وعدم استخدام المياه الجوفية إلا بعد المعالجة المناسبة وألا ستكون مضرة على الصحة العامة.

الجدول 2: نتائج الاختبارات الميكروبية.

رقم العينه	E.coli	Coliform
1	-Ve	+Ve
2	+Ve	+Ve
3	+Ve	+Ve
4	-Ve	+Ve
5	+Ve	+Ve
6	+Ve	+Ve
7	-Ve	+Ve
8	+Ve	+Ve
9	+Ve	+Ve
10	-Ve	+Ve
11	-Ve	+Ve
12	-Ve	+Ve

13	**-Ve**	**+Ve**
14	**+Ve**	**+Ve**
15	**-Ve**	**+Ve**
16	**-Ve**	**+Ve**
17	**-Ve**	**+Ve**
18	**-Ve**	**+Ve**
19	**-Ve**	**+Ve**
20	**-Ve**	**+Ve**

- E.coli : الإشريشيا كولاي القولونية التي تشير إلى تلوث بمياه الصرف الصحي.
- Coliform :ترمز الى البكتيريا القولونية .
- + ve (positive – Growth of Bacteria.) يوجد بها نمو بكتيري.
- -ve (negative – no Growth of Bacteria.) لا يوجد بها نمو بكتيري.

4.4 نتائج تحليل متطلب الأكسجين الحيوي BOD والكيمائي COD

من التحاليل المهمة والتي تشير وبشكل مباشر على تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي وهي:

- متطلب الأكسجين الحيوي (BOD)
- متطلب الأكسجين الكيميائي (COD)

جدول 3: نتائج تحليل متطلب الأكسجين الحيوي **BOD** والكيمائي **COD** لمياه الآبار في منطقة الدراسة

البئر	الاكسجين المستهلك حيويا BOD مليجرام /لتر	الاكسجين المستهلك كيميائيا COD مليجرام /لتر
1	2.2	11.3
2	4.6	10.2
3	2.3	6.2

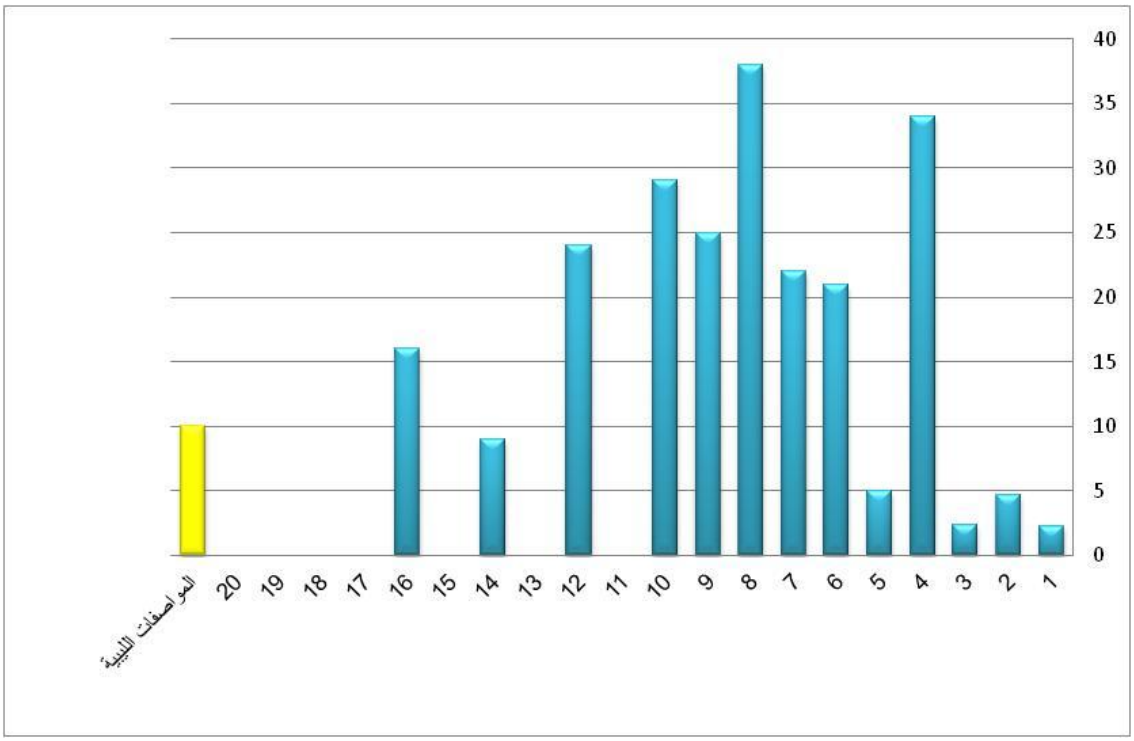
4	34	50
5	5	19
6	21	55
7	22	8.1
8	38	45
9	25	20
10	29	34
11	0	76
12	24	67
13	0	3.6
14	9	95
15	0	5.1
16	16	24
17	0	2.5
18	0	57
19	0	52
20	0	4

متطلب الأكسجين الحيوي (BOD)

تأتي أهمية قياس BOD لأنه دليل على تلوث المياه الجوفية بالمواد العضوية التي قد يكون مصدرها الآبار السوداء ، ومن خلال الجدول (3) نلاحظ ان تركيزه مختلفة من بئر لبئر. حيث كان منخفض التركيز أق من الحد المسموح به في المواصفات الليبية والتي من المفترض الا تتجاوز 10 مليجرام /لتر. بينما كانت التراكيز أكبر من الحد المسموح به.

وقد سجلت أعلى نسبة في البئر رقم 8 وبلغت 38 مليجرام /لتر. وبنسب أقل في الآبار 4، 6، 7، 9، 10، 12 و 16 حيث كانت تراكيز BOD (34، 21، 22، 25، 29، 24 و 16 مليجرام /لتر). للأسف لاتوجد نتائج للتحليل في الآبار 11، 13، 15، 17، 18، 19 و 20.

وبذلك نلاحظ ارتفاع متطلب الأكسجين الحيوي (BOD) في عدد من الآبار حيث فاق الحد الأقصى المسموح به في بعضها مما يجعل مياه هذه الآبار غير صالحة للشرب، وهو دليل على تلوث المياه الجوفية بمياه الآبار السوداء.



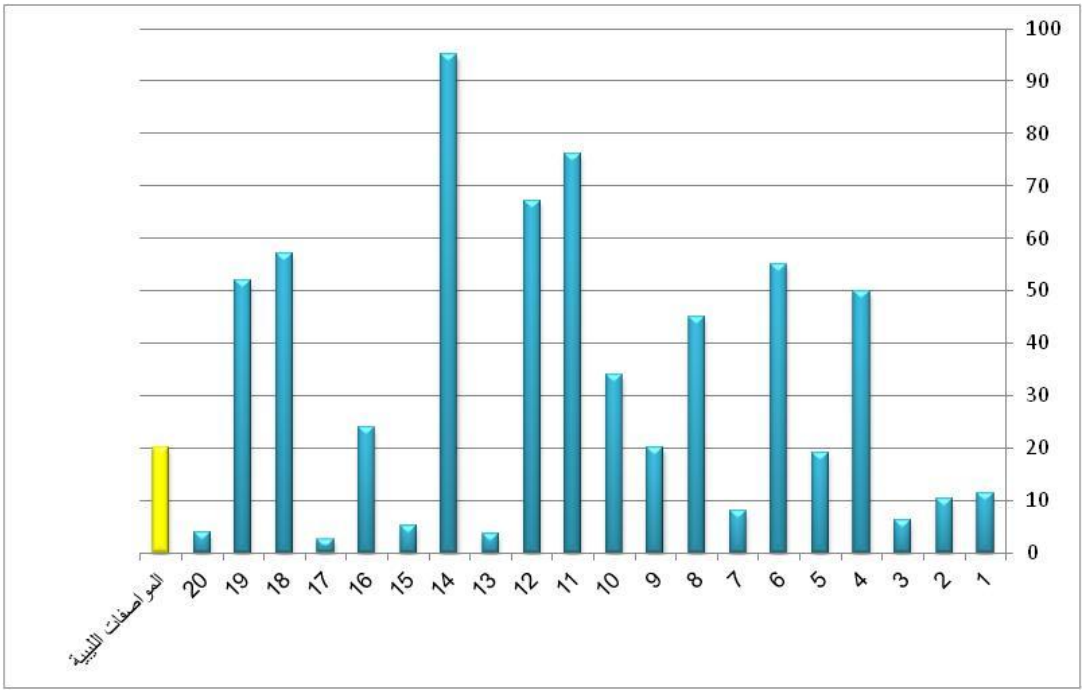
شكل 5: درجة تركيز متطلب الأكسجين الحيوي (BOD) لعينات الدراسة.

2.2.4 متطلب الأكسجين الكيميائي (COD)

يعتبر هو أيضا من المؤشرات المهمة التي تدل على تلوث المياه الجوفية بالمواد العضوية، والتي قد تكون مصدرها الآبار السوداء خصوصا أن منطقة أجدابيا لاتشهد نشاط زراعي، ومن خلال الجدول (3) يمكن ملاحظة أن أعلى قيمة سجلت لتركيز متطلب الأكسجين الكيميائي (COD) في البئر 14 وسجلت 95 مليجرام /لتر. وبدرجة أقل كانت في الآبار 4، 6، 8، 10، 11، 12، 16، 18 و 19 وكانت النسب كالتالي (50، 55، 45، 34، 76، 67، 24، 54 و 52 مليجرام /لتر على التوالي).

أما باقي الآبار 1، 2، 3، 5، 7، 9، 13،15،17 و 20 فكان التركيز فيها أقل من 20 مليجرام /لتر وهذه التركيز مسموح بها حسب المقايسة الليبية لمياه الشرب.

ومن خلال هذه النتائج نلاحظ ارتفاع تركيز (COD) في بعض الآبار عن الحد الأقصى المسموح به لمياه الشرب حسب المواصفات الليبية لمياه الشرب، مما يجعل مياه هذه الآبار غير صالحة للشرب ويدل على تلوث المياه الجوفية لهذه المنطقة بمياه الآبار السوداء.



شكل 6: درجة تركيز متطلب الأكسجين الكيميائي (COD) لعينات الدراسة.

8. الخلاصة:

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة يمكن القول أن المياه الجوفية بمدينة أجدابيا قد تعرضت للتلوث بمياه الآبار السوداء، التي تنتشر بكثافة خصوصا في الاحياء الجديدة بالمدينة الواقعة خارج المخطط العام، بتحليل النتائج تشير الى تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي ايضا في الاحياء التي تحتوي على شبكات الصرف الصحي.

أظهرت نتائج التحليل الميكروبي أن البكتيريا القولونية (Coliform bacteria) موجودة في جميع العينات بنسبة (100%) في منطقة الدراسة، وهذا يشير إلى تلوث واسع النطاق بالمياه الجوفية. بينما، وجدت بكتيريا الإشريشيا كولاي (E. coli) في 7 عينات من أصل 20 عينة. وهذا يدل على تلوث محدود ببكتيريا E. coli، مما يعزز التلوث البرازي للمياه الجوفية. وكذلك كانت نتائج اختبارات تقدير كمية الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD) وكمية الأكسجين الكيميائى المستهلك (COD) كانت أكثر من الحد المسموح به في المواصفات الليبية في أكثر من نصف العينات أظهرت زيادة في تركيزاتها. وهذه النتائج أكدت على تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي. وعليه أوصت الدراسة لابد من تجنب استخدام الابار السوداء لتصريف مياه الصرف الصحي وعدم استخدام المياه الجوفية إلا بعد المعالجة المناسبة وألا ستكون مضرة على الصحة العامة.

المراجع

- المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية. (2013). المواصفة القياسية الليبية رقم (82) لميـاه الشرب.
- سعدية عاكول الصالحي وعبدالعباس فضيخ (2004). البيئة والمياه. دار صفاء للنشر والتوزيع عمان، الأردن.
- صالح أمهنى، سالم الكاسح، عبدالحفيظ موسي، فتحي الكاسح، أحمد ديدح وصالح الشيخي 2016، دراسة هيدروكيميائية لبعض ابار المياه الجوفية بمدينة أجدابيا، ليبيا. المؤتمر العلمي الاربع للبيئة والتنمية المستدامة بالمناطق الجافة وشبه الجافة 20-22 نوفمبر 2016أجدابيا, ليبيا.
- صالح أمهنى وعبدالله بن أدريس (2021). "الأمن المائي الليبي: التحديات والتهديدات المحيطة والحلول المقترحة". المركز الديمقراطي العربي، برلين، ألمانيا. سبتمبر 2021.
- عبدالمعطي فرغلى ومحمد الهمالي ، (2007) . "التجارب العملية في الكيمياء التحليلية" الجزء الأول، منشوارت جامعة سبها، ليبيا.
- عبدالوهاب بن صادق (2007). التجارب العلمية في أسس التلوث الميكروبي، جامعة الملك سعود.
- محمود علي المبروك (2016). " تقييم جودة المياه الجوفية في مدينة طبرق :دراسة كيميائية بيولوجية ".مجلة العلوم والدراسات الإنسانية، كلية الاداب والعلوم بالمرج، جامعة بنغازي، ع 24 ، ص.17 - 1
- مليود أبو لقاسم البي (2018). "تقييم جودة مياه الشرب الجوفية بمنطقة باطن الجبل شمال غرب ليبيا". مجلة العلوم الانسانية والعلمية والاجتماعية، جامعة المرقب، كلية الآداب والعلوم قصر الاخيار ع 5، ص.93 - 82
- هدى أحمد محمد ارجيعه (2022). "مكونات المياه الجوفية ومدي ملائمتها لأغراض الشرب والري في منطقة المرج". HNSJ, 2022, 3(1); https://doi.org/10.53796/hnsj3116

- APHA (American Public Health Association), 1998. Standard Methods for the Examination of Water and wastewater, 20th Edition A.P.H.A 1015 Fifteen Street ،N.W،. Washington DC.USA. 1325pp.
- Emhanna S, Elkaseh F, Douas H and Al-Hwaili A., (2020). Physical And Environmental Effects Of Groundwater Table Rising In Ajdabiya Town, Northeast Libya. International Journal of Iraq. Vol. 53 (2F), 2020: 36-48. DOI: 10.46717/igj.53.2F.3Ms-2020-12-26
- Tebbutt, T.H.Y. “Principles of Water Quality Control” Pergamon Press. 2nd ed. 1, (1977).