مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية
المجلد (2)، العدد (2) (ديسمبر-2016)

ISSN: 2413-5267

تقييم المياه الجوفية من حيث التآكل والترسيب في مدينة تراغن، جنوب ليبيا

خديجة عبد السلام حامد، نواسة علي صالح والعارف محمد عربي

كلية التقنية الطبية، جامعة سبها، مرزق، ليبيا

Evaluation of Groundwater in Terms of Corrosion and Sedimentation in The City of Tragan, Southern Libya

Khadija A. Hamed, Nawasa A. Al-Salh, and Alaarif M. Arabi

Faculty of Medical Technology, Sebha University, Murzuk, Libya

الملخص

يزداد الاهتمام بالمياه الجوفية بشكل عام و يتجلى هذا الاهتمام في العديد من الدراسات و البحوث التي تولي اهتماماً بمشكلة التآكل و الترسيب في أنابيب و معدات نقل المياه، وذلك لما لها من أهمية اقتصادية و فنية، في هذه الدراسة أجريت بعض التحاليل الفيزيائية و الكيميائية لعينات من مياه منطقة الدراسة التي شملت كل من الاس الهيدروجيني و القاعدية الكلية و الأملاح الذائبة الكلية، و الكبريتات والكلوريد و الكالسيوم و الماغنسيوم و تم التعامل مع النتائج المتحصل عليها في تطبيق بعض المعاملات التي تعكس تأثير هذه القيم على مدى أكالية هذه المياه أو مدى قابليتها للترسيب، و من هذه المعاملات معامل العدوانية و (معامل لارسون) ، أوضحت نتائج الدراسة أن (معامل العدوانية) يتراوح ما بين (9.7- 12.6) و هذا يبين أن مياه هذه المنطقة هي مياه شديدة التآكل إلي غير أكالة (مرسبة)، و معامل لارسون يتراوح ما بين (0.5- 2.6) و يبين هذا إن حالة المياه أكالة.

الكلمات الدالة: المياه، التآكل، الترسيب، العدوانية، الجوفية.

Abstract

The interest in groundwater is increasing, and this interest is reflected in many studies and research that focus on the problems of corrosion and sedimentation in the pipes and water transfer equipment, because of their economic and technical importance. In this study, some physical and chemical analysis was conducted on the water samples in the study area, which included pH, total soluble salts, sulphate, chloride, calcium and magnesium. The results obtained were used in the application of some factors that reflect the effect of the results values on corrosion and sedimentation study showed that the coefficient of aggression ranged from 9.7 to 12.6. This indicates that the water in this area is highly corrosive water. to non-corrosive (precipitated), and the Larson coefficient ranges between (2.6 -0.5) and shows the corrosive water condition.

Keywords: *Water, Corrosion, Sedimentation, Aggression, Ground.*

1. المقدمة

إن المشاكل التي تتسبب فيها المياه هي العوالق والأصناف الكيميائية التي تؤدي إلى الترسيب في صورة أملاح وقشور ونواتج كيميائية مختلفة، إن هذه المياه تبعاً لنوعيتها ومواصفاتها قد تكون بيئة عدوانية لأغلب المواد، وخاصة المعدنية منها مما يجعلها سبباً رئيسياً في حدوث التآكل وتلف المعادن والسبائك المختلفة بنواتج كيميائية تذوب في هذا الوسط وتعمل على تغيير نوعيته وجودته (منصور، 1986). حيث يعتبر التآكل (Corrosion) ظاهرة عامة في حياتنا، فهو منتشر في كل مكان وفي جميع البيئات سواء في الجو، أو

ISSN: 2413-5267

في البحر، أو تحت الأرض، وقد يحدث التآكل في الظروف اللاهوائية، ومن الناحية العلمية تعتبر جميع الظروف البيئية مسببة للتآكل إلى درجة ما، والتآكل من العوامل بالغة الأهمية في العمليات الصناعية، فهو السبب الرئيسي للكثير من المتاعب التي تجابه عمليات التشغيل في خطوط الإنتاج من الأعطال وتوقف الإنتاج وغيرها (صبيح، 1995) رغم الاستخدامات المتزايدة للمواد البلاستيكية والبوليمرات والألياف الزجاجية في التوصيلات وتركيبات شبكات المياه المختلفة، إلا إن التوصيلات المعدنية لا زالت تشكل جزءاً كبيراً من الشبكات بما فيها المضخات و التوصيلات داخل أبار المياه الجوفية (الموسوي، 2000)، تعتبر عملية تآكل أنابيب تغليف الآبار والمرشحات والمضخات من الظواهر الخطيرة التي يلعب الماء دوراً رئيسياً في آلياتها الإلكتروكيميائية، وتختلف أنواع المياه حسب نوعيتها في تأثيرها على معدل تآكل المعادن المغمورة بها: منها شديد التأثير، ومنها ما هو قليل (الفقيه و عيسى، 2006)، لذلك فإن اختيار المواد المناسبة من معادن وسبائك لصناعة المعدات مثل المضخات والمرشحات تعتمد على عدة عوامل أهمها: طبيعة البيئة، والتفاعلات الكيميائية، و الالكتروكيميائية لها (Al Agha, 2006)، قد تكون المياه ليست بأكالة ولكنها مرسبة ولها قابلية لتكوين القشرة الصلبة التي تسبب انسداد فتحات مداخل المضخات، وفتحات المرشحات في الآبار، وينتج عنه انخفاض في معدلات الإنتاج لمياه تلك الآبار(عبدالله، 1992؛ WHO, 1993).

منطقة الدراسة: منطقة تراغن هي منطقة صحراوية تقع في الجزء الجنوب الغربي من ليبيا يعتمد سكانها على المياه الجوفية في القيام بالأنشطة المختلفة عن طريق حفر الآبار ذات الأعماق المختلفة.

2. المواد والطرق

تم قياس الأس الهيدروجيني للعينات قيد الدراسة باستخدام جهاز pH-meter، وقياس القاعدية الكلية وتركيز أيون الكلوريد والكالسيوم، وكذلك قياس الكبريتات باستخدام جهاز (Spectrophotometer) و تم تقديرها حسب الطريقة المتبعة في الطرق القياسية (Apha-AWWA-WBCF, 1975).

3.النتائج والمناقشة

تتسبب مشاكل التآكل التي تحدث في جميع ميادين الأنشطة الفنية في تكاليف اقتصادية عالية، وعليه فإن البحث في عمليات وآليات التآكل المختلفة من المتطلبات الأساسية لتقييم مدى الاستعداد للحد من الخسائر الاقتصادية.

1.3 قياس الأس الهيدروجيني (pH)

توضح النتائج في الجدول رقم (1) قيم الـ(pH) للآبار المدروسة حيث بينت: أن المياه ضئيلة الحموضة تتراوح ما بين (7.05-8.05) مما يجعل لها قابلية للتفاعل الإلكتروكيميائي مع المعادن مسببه التآكل و التفتيت، فوجود البروتونات (H^+) يشكل نصف

ISSN: 2413-5267

التفاعل الكاثودي لتصاعد غاز الهيدروجين وزيادة معدل التآكل في وجود تفاعل كاثود لنصف اختزال الأكسجين (Millette *et al.*, 1980 ؛ درادكه، 1987) وإذا كان هذا الوسط في حالة اتصال مباشر بمعدن الحديد سوف تتم هذه التفاعلات :

$$Fe_{(s)} + 2H^{+} \rightarrow Fe^{++} + H_2\uparrow \quad (1)$$

$$Fe_{(s)} + 1/2\,O_2 + 2H^{+} \rightarrow Fe^{++} + H_2O \quad (2)$$

كما أن ارتفاع قيم تركيز الهيدروجين في الوسط الحامضي يؤدي إلى انخفاض أيونات الكربونات والبيكربونات وبالتالي تحللها لتنتج ثاني أكسيد الكربون الذي أيضاً بدوره يعمل على زيادة البروتونات في المحلول ويزود من نصف التفاعل الكاثودي (Rossum *et al.*, 1983).

$$2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2\uparrow \quad (3)$$

الجدول 1. الأس الهيدروجيني (pH) لعينات مياه الآبار

رقم البئر	Ph	رقم البئر	pH
1	7.70	9	7.41
2	8.05	10	7.58
3	7.75	11	7.21
4	7.63	12	7.05
5	7.25	13	7.77
6	7.59	14	7.76
7	7.44	15	7.75
8	7.45	16	7.19

3.2 أيون الكالسيوم (Ca^{++})

أوضحت النتائج في جدول (2) أن تراكيز الكالسيوم ما بين (6– 142) مجم/لتر، تحتوي المياه الجوفية على عدة أنواع من الأملاح الذائبة ومن أشهرها بيكربونات الكالسيوم الذي يعطي إتزان مع ثاني أكسيد الكربون وفق المعادلة الاتية:

$$Ca(HCO_3)_2 + Heat \leftrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O \quad (4)$$

ISSN: 2413-5267

و يمكن لتداخلات معقدة أن تزيح اتزان هذا التفاعل مسببة في ذوبان كربونات الكالسيوم لتجعل هذه المياه لها عدوانية و أكالة، و من جهة أخرى يمكن لكربونات الكالسيوم أن تترسب مكوناً ما يسمى بالتكون القشري (Scale Formation) الذي يمكن أن يضيف تفاعلات تآكل الكتروكيميائي في الوسط المائي خصوصاً مع بعض الفلزات كالحديد، هذه التفاعلات المتداخلة يمكنها التحضير عن طريق التغير في محتوى المياه للكالسيوم، القاعدية، الاس الهيدروجيني، وكذلك تركيز المواد الصلبة الذائبة، وللكالسيوم دور هام في التآكل والترسيب، إذ إنه مرتبط مع الكربونات و البيكربونات حيث يترسب داخل الأنابيب في الأوساط الساكنة أو البطيئة الحركة (Dearbon, 1986):

$$CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3 \leftrightarrow Ca^{++} + CO_3^{--} \quad (5)$$

جدول 2. تركيز أيون الكالسيوم لعينات مياه الآبار.

رقم البئر	Ca^{++} (مجم/لتر)	رقم البئر	Ca^{++} (مجم/لتر)
1	7	9	89
2	6	10	142
3	6	11	10
4	16	12	89.4
5	113	13	53
6	95	14	43
7	111	15	124
8	70	16	16

3.3 أيون الكبريتات (SO_4^{--})

بينت النتائج في الجدول رقم (3) أن تركيز الكبريتات يتراوح ما بين (13-372) مجم/لتر. تلعب الكبريتات دوراً هاماً في عملية التآكل إذ يمكن من خلال الكبريتات تحديد مدى أكالية الوسط من خلال العلاقة بينها وبين مجموع الهالوجينات والقلوية الكلية، يمنع وجود ترسبات أو تركيبات قشرية على سطح المعدن تمنع من وصول الأوكسجين إلى سطح المعدن مما يوفر ظروف لاهوائية مناسبة جداً لعمل البكتيريا المختزلة للكبريتات (الموسوي، 2000)، إلا إن هذه الطبقة أو القشور سوف لن تدوم لفترة طويلة لظهور الشقوق و التلف بها، مما يجعل سطح المعدن يتعرض لأنواع سريعة من التآكل الموضعي، مثل التآكل الجلفاني و التشققي، كما أن نتائج S^{--} و تكوينها لمركب (H_2S) يعطي مؤشراً على زيادة حموضة هذه المياه، وكذلك توفير أيونات الهيدروجين عند تأين (H_2S) الذي يأخذ مكانها في التفاعل الاختزالي للتآكل، وبما أن الكبريتات مرتفعة نسبياً في المياه المدروسة حيث تعتبر من الخواص المسببة للتآكل، و ذلك لتغير بيئة الوسط المائي الموجود فيه بتكوين الوسط الحامضي (H_2SO_4) من شأنه أن يهاجم المعدن المشار إليه، وكذلك تغيير الاس الهيدروجيني للوسط في إتجاه أقل من 7، و تعتبر هذه القيم مرتفعة حيث يمكنها أن تلعب دوراً مهماً في أنواع

ISSN: 2413-5267

مختلفة من التآكلات سواءً في الأوساط الهوائية أو اللاهوائية، كما إن ارتفاع تركيز للكبريتات في هذه المياه على الهاليدات، وهو عامل مهم في تقييم آكالية المياه (الموسوي، 2000؛ درادكه، 1987):

$$SO_4^{--} \xrightarrow{S.R.B} S^{--} + 2O_2 \quad (7)$$

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \xrightarrow{Bacteria} 2H_2SO_4 \quad (8)$$

$$Fe_{(s)} + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2 \quad (9)$$

$$Fe^{++} + S^{--} \rightarrow FeS \quad (10)$$

$$SO_4^{--} + 5H_2O \rightarrow H_2S + 4H_2O \quad (11)$$

جدول 3. تركيز أيون الكبريتات لعينات مياه الآبار.

رقم البئر	SO_4^{--} (مجم/لتر)	رقم البئر	SO_4^{--} (مجم/لتر)
1	14	9	189.5
2	13	10	350
3	18.5	11	30
4	26	12	147.5
5	372	13	99.5
6	242.5	14	49
7	350	15	176.5
8	145	16	18

4.3. أيون الكلوريد (Cl^-)

من خلال تقدير تركيز الكلوريد في المياه المدروسة يتضح أنها تحتوي على تراكيز عالية من الكلوريد كما في الجدول (4) حيث تتراوح ما بين (10–1035) مجم/لتر. للكلوريد دوراً هاماً وفعال في عملية التآكل، ووجود ايونات الكلوريد في الوسط المائي ينتج عنها كلوريد الحديدوز أو الحديديك وهذه المواد ذائبة في الماء، ولا يمكنها عمل طبقة حامية للأنابيب المصنوعة من الفولاذ وبذلك تعرض سطح جديد للتآكل وارتفاع معدله (الموسوي، 2000).

$$Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{++} + 2e \quad (12)$$

$$Fe^{++} + 2Cl^- \rightarrow FeCl_2 \quad (13)$$

ISSN: 2413-5267

$$Fe_{(s)} + 2Cl^- \rightarrow FeCl_2 + 2e^- \quad (14)$$

تعتبر هذه التراكيز المرتفعة للكلوريدات عاملاً مهماً في تكوين التآكل الموضعي بمعدلات مرتفعة في صورة تآكل نقري (pitting corrosion) على جميع أنواع سبائك الحديد الصلب وكذلك سبائك الحديد المقاوم للصدأ (Fontana, 1987).

جدول 4. تركيز أيون الكلوريد لعينات مياه الآبار

رقم البئر	Cl^- (مجم/لتر)	رقم البئر	Cl^- (مجم/لتر)
1	25	9	285
2	15	10	885
3	10	11	30
4	40	12	325
5	1035	13	200
6	320	14	155
7	820	15	870
8	130	16	25

5.3. القاعدية الكلية (T.H.)

تتراوح القاعدية الكلية في عينات تحت الدراسة مابين (30-665) مجم/لتر، كما هو مبين في جدول (5) و يقصد بها مجموع الايونات السالبة في الماء وهي الهيدروكسيدات والكربونات و البيكربونات (الموسوي، 2000)، إن قيم القاعدية للمياه المدروسة تشير إلى تداخلها في آلية التآكل الإلكتروليتي من حيث علاقتها بثاني أكسيد الكربون وحموضة الوسط، والتي تؤدي إلى وسط أكال.

جدول 5. القاعدية الكلية لعينات مياه الآبار.

رقم البئر	القاعدية الكلية (مجم/لتر)	رقم البئر	القاعدية الكلية (مجم/لتر)
1	37.5	9	332.5
2	37.5	10	465
3	30	11	32.5
4	67.5	12	365
5	550	13	227.5
6	375	14	215
7	535	15	665
8	217.5	16	72.5

ISSN: 2413-5267

6.3. تقييم مياه الآبار من حيث التآكل والترسيب

تم إدخال البيانات والنتائج التي تعكس الخصائص الفيزوكيميائية لمياه الآبار المتحصل عليها من خلال التحاليل الكيميائية في دراسة لتقييم مدى ما تسببه من تآكل أو ترسيب، تم تطبيق بعض المعاملات والمؤشرات التي يتناسب تقييمها مع البيانات والنتائج لمياه هذه الآبار.

1.6.3. التقييم حسب معامل العدوانية (Aggressiveness Index)

معامل يتم من خلاله تحديد عدوانية الوسط المائي لمياه الآبار حيث إنه يتعامل مع ظروف تلك المياه التي لها قيم مختلفة للأس الهيدروجيني وكذلك القاعدية ويعطى بالعلاقة :

$$AL = pH + Log(ALK * Ca) \quad (15)$$

حيث أن:

AL : معامل العدوانية، ALK : القاعدية الكلية، Ca : تركيز أيون الكالسيوم.

جدول 6. مدى معامل العدوانية وحالات المياه.

قيمة معامل العدوانية	حالة المياه
أقل من أو يساوي 10	شديد التآكل
10 - 11.9	متوسط التآكل
أكبر من 12	غير أكال

جدول 7. حسابات معامل العدوانية للأبار المدروسة.

رقم البئر	العدوانية	رقم البئر	العدوانية
1	10.1	9	11.8
2	10.3	10	12.3
3	10	11	9.7
4	10.6	12	11.5
5	12.04	13	11.8
6	12.14	14	11.6
7	12.21	15	12.6
8	11.6	16	10.2

ISSN: 2413-5267

2.6.3. التقييم حسب معامل لارسون (Larson Index)

يعبر عن النسبة بين مجموع الهالوجينات والكبريتات إلى القاعدية الكلية وهو معيار لمعرفة قابلية المياه لإحداث التآكل، و يعبر عنها بعلاقة (Loewenthal and Marais, 1982)، كما يلي:

$$Lar\ I = \frac{Cl^- + SO_4^{--}\left(\frac{mg}{l}\right)}{T{\cdot}ALK} \quad (16)$$

جدول 8. مدى معامل لارسون وحالات المياه.

المعامل	قيمة المعامل	حالة المياه
النسبة بين مجموع الهالوجينات والكبريتات إلي القاعدية	0.1 - 0.2	خالية من التآكل
	أكبر من 0.2	أكالة

جدول 9. قيم معامل لارسون لأبار المياه المدروسة

رقم البئر	معامل لارسون	رقم البئر	معامل لارسون
1	1.05	9	1.4
2	0.7	10	2.65
3	0.9	11	1.87
4	0.9	12	1.29
5	2.5	13	1.31
6	1.49	14	0.9
7	2.18	15	1.57
8	1.26	16	0.5

قد تبين من ذلك أن معامل العدوانية يتراوح بين (9.7) في بئر رقم 11 و(12.6) في بئر رقم 15 مما يدل على إن المياه مُرسِبة إلى شديدة التآكل، أما النسبة بين مجموع الهالوجينات والكبريتات إلى القاعدية (لارسون) كانت تتراوح بين (0.5) في البئر رقم 16 و(2.65) في البئر رقم 10 وتشير إلى التآكل الشديد.

4. الاستنتاجات

إن المعايير والاختبارات التي تمت دراستها لتحديد درجة التآكل والعدوانية بينت بأن المياه أكالة مرسبه، وأن درجة التآكل كانت تتراوح بين متوسطة إلى شديدة التآكل. وتوصي نتائج الدراسة إلى:

ISSN: 2413-5267

- يجب أن يتم مراقبة المياه الجوفية بالمنطقة ووضع برامج للمعالجة والتحكم في التراكيز والقيم التي من شأنها تحسين الجودة والتحكم في خاصيتها الأكالة.
- لابد من اختيار المواد المعدنية والسبائك المناسبة للظروف الكيميائية والفيزيوكيميائية لهذه المياه.
- يجب استخدام أجود أنواع من اللحام لتفادي بعض أنواع التآكلات الموضعية والميكانيكية.
- يجب وضع برامج لصيانة الشبكات والمعدات تحت إشراف متخصصين في هذا المجال.

المراجع

قائمة المراجع باللغة العربية

الموسوي، كاظم عباس (2000). التآكل، منشوراتELGA ، مالطا.

الفقيه، عبد الله علي، وعيسى، قيس راسب (2006). "المؤتمر الكيميائي الأول " قسم علوم البيئة جامعة سبها.

درادكة ، خليفة (1987). هيدرولوجية المياه الجوفية، دار البشير للنشر، الأردن.

صبيح، محمد عبد الله (1995). دائرة الخدمات الاجتماعية والمباني التجارية، قسم المشروعات أبو ظبي، الإمارات العربية المتحدة.

منصور، إبراهيم سالم (1986). هندسة التآكل والطرق الفنية في التصدي له، دار الراتب الجامعية للنشر، بيروت، لبنان.

عبد الله، حسن، محمد محسن (1992). المياه الجوفية والآبار، مكتبة الفلاح، طرابلس، ليبيا.

قائمة المراجع باللغة الإنجليزية

Al Agha, O (2006). Corrosion in Structures. *J. Al-Aqsa Unvi.*,10 (S.E.).

WHO (1993). *Guidelines for Drinking Water Quality*, 2nd ed., Vol. 1, Geneva, Switzerland.

Apha-AWWA-WBCF. (1975). *Standard methods for examination of water and wastewater*, 4th edition Washington D.C., USA.

Millette J.R., and Hammonds A.F., Pansing M.F., Hansen E.C., and Clark P.J. (1980). Aggressive Water: Assessing the Extent of the Problem. *Journal of American Water Works Association*, 72: 262-266.

Rossum J.R., and Merril D.T. (1983). An Evaluation of the Calcium Carbonate Saturation Inexes. *Journal of American Water Works Association*, 75: 95-100.

Dearbon chemicals Ltd. (1986). Basic principles of water treatment for cooling, water systems.

ISSN: 2413-5267

Fontana N.G. (1987). *Corrosion Engineering*. International Ed., McGraw-Hill, USA.

Loewenthal R., and Marais G.V. (1982). *Carbonate Chemistry of Aquatic Systems*. Ann Arbor Science Publisher. Ann Arrbor, USA.