



الارتقاء بالبحوث العلمية طريقنا لخدمة المجتمع

تقييم نوعية مياه آبار الجانب الايمن من مدينة الموصل لاغراض الشرب باستخدام

دليل نوعية المياه (WQI)

أحمد شهاب احمد الحمداني ، عبدالعزيز يونس طليح الصفاوي

قسم علوم الحياة ، كلية التربية للعلوم الصرفة ، جامعة الموصل ، الموصل ، العراق

الملخص

تم دراسة نوعية المياه الجوفية لعشرة آبار موزعة بصورة عشوائية في احياء (العربي والرفاعي والربيع) في الجانب الايمن من مدينة الموصل شمال العراق والتي تعتمد على المياه الجوفية بسبب تدمير البنية التحتية لشبكات نقل المياه وخطوط نقل الطاقة الكهربائية. وقد اجريت التحاليل الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية، كما تم استخدام الموديل الرياضي الموزون لتقييم نوعية مياه الآبار للشرب (WQI).

واشارت النتائج الى انخفاض تراكيز الاوكسجين المذاب الى (1.6) ملغم. لتر⁻¹ وارتفاع قيم التوصيل الكهربائي والقاعدية الكلية والعسرة الكلية وايونات الكبريتات والاعداد الكلية للبكتيريا واعداد بكتيريا القولون البرازية *F. coliform* التي بلغت (3943) مايكروسيمنز. سم⁻¹ و(400 و3550 و780) ملغم. لتر⁻¹ و(42) $10^3 \times$ خلية. مل⁻¹ و(1400) خلية. مل⁻¹ على التوالي، التي انعكست على قيم دليل نوعية المياه والتي تراوحت بين (229 الى 562) وبذلك صنفت المياه المدروسة ما بين رديئة جدا Very Poor الى غير مناسبة للشرب Unfit.

معلومات البحث

الكلمات المفتاحية: نوعية مياه آبار

مدينة الموصل، الموديل الرياضي الموزون

WQI

الاسم: أحمد شهاب احمد الحمداني

البريد الالكتروني:

رقم الهاتف:

المقدمة

في العقود القليلة الماضية ونتيجة للنمو السكاني المتزايد والنشاط الصناعي المتسارع، تزايد الطلب على المياه العذبة بطريقة سريعة في الدول النامية وتأثرت كمية المياه الجوفية ونوعيتها تأثراً كبيراً مما يؤثر سلباً في صحة الانسان والحيوان والنبات، وذلك بسبب النشاطات البشرية كتصريف مياه المجاري والاستعمال غير العلمي للأسمدة الزراعية وترك استعمال الطرائق المناسبة للتخلص من النفايات في المناطق العمرانية⁽¹⁾، لذلك لابد من استمرار الدراسات لمراقبة نوعية المياه والتحري عن مشكلات التلوث لاتخاذ الاجراءات اللازمة للحد من تفاقم المشكلات البيئية الناتجة عن ذلك.

ان فكرة معامل نوعية المياه Water quality index (WQI) لتحديد نوعية المياه للاستخدامات المختلفة اقترحت من قبل Horton عام 1965^(3,2)؛ اذ تعكس WQI التأثيرات المتداخلة للمعايير المدروسة في تحديد نوعية المياه ويعد واحداً من اكثر الوسائل تأثيراً في مراقبة تلوث المياه السطحية والجوفية⁽⁴⁾؛ اذ يعطي قيمة واحدة بدل عشرات البيانات التي تترك القارئ، وبذلك تكون مفهومة لدى المختص وغير المختص⁽⁵⁾. ان الدراسات التي اجريت في محافظة

نينوى لتقييم نوعية المياه الجوفية باستعمال معامل نوعية المياه محدودة مقارنة بمناطق اخرى في العالم، وقد بدأ العمل في هذا المجال بشكل ملحوظ في السنوات العشر الاخيرة ونذكر منها: دراسة(6) لإيجاد معامل نوعية الماء WQI لمجموعة من الآبار شمال غرب الموصل، وبيّنت النتائج تدني نوعية مياه الآبار المدروسة، وقد رتب⁽⁷⁾ في دراسته مجموعة من الآبار بحسب معامل نوعية المياه للري في محافظة نينوى، اما⁽⁸⁾ فكانت لتقييم المياه الجوفية في شمال غرب الموصل لعشر آبار في فصل الجفاف باستعمال صيغة الوسط الهندسي Geometric mean لتقييم نوعية المياه للأغراض المختلفة، اما دراسة⁽⁹⁾ لنوعية مياه آبار قرية جليو خان شمال شرق العراق باستخدام WQI بوصفها مصدراً مهماً للمياه في القرية، وأشارت النتائج الى ان نوعية المياه كانت غير ملائمة للشرب والاستعمالات المنزلية، كذلك دراسة⁽¹⁰⁾ لواقع المياه الجوفية في قريتي ابو جربوعة والارويش التابعتين لناحية بعشيقه وأشارت نتائج قيم WQI بان نوعية المياه من الصنف الخامس (V) أي انها مياه غير مناسبة للشرب والاستعمالات المدنية، ودرس⁽¹¹⁾ المياه الجوفية في الجانب الايسر

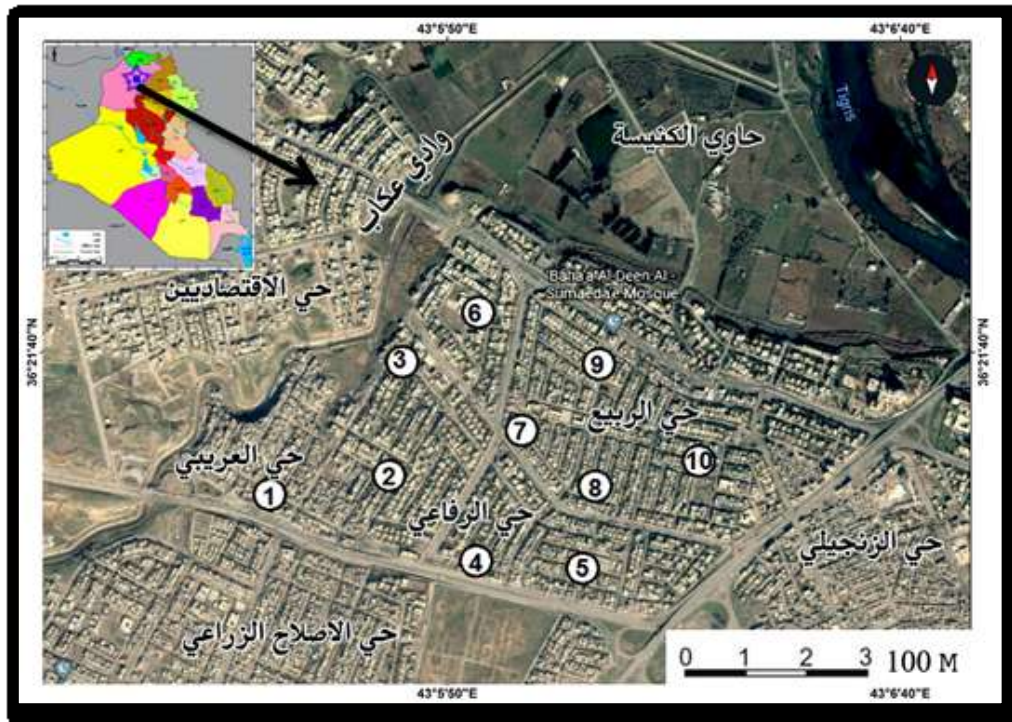
الكهرباء ومياه الاسالة اتجه السكان الى حفر الابار لاستخدام المياه التي تراوحت اعماقها بين (40-50)م وبذلك تعد من نوع الابار العميقة Deep wells لتجاوز اعماقها 20 متر⁽¹²⁾. كما تم تثبيت إحداثيات مواقع الآبار المدروسة باستخدام الـ GPS لبرنامج Google earth، كما في الشكل (1) والجدول (1) الذي يوضح صفاتها واستخداماتها. اما جيولوجية منطقة الدراسة فانها تحوي على تكوين الفتحة المتكون من تعاقب طبقات من الجبس الأبيض والمارل الأصفر الذي يكون متداخلاً مع طبقات طينية أو غرينية، ولتكوين الفتحة اثر مهم في تحديد.

لمدينة الموصل باستخدام المعامل الكندي CCMEWQI لنوعية المياه والتي أشارت الى عدم صلاحية المياه للشرب والاستخدامات المنزلية.

لذلك جاءت الدراسة الحالية لتقييم نوعية مياه الابار للجانب الايمن من مدينة الموصل للشرب والاستخدامات المنزلية باستخدام الموديل الرياضي الموزون لنوعية المياه.

المواد وطرائق العمل

تم اختيار ثلاثة احياء (العربي والرفاعي والربيع) تقع منطقة الدراسة في الجانب الايمن من مدينة الموصل شمال العراق، وبسبب الظروف الصعبة وتحطيم البنية التحتية ومن ضمنها شبكات نقل وتوزيع



الشكل (1): مرئية الفضائية لمواقع جمع العينات لمنطقة الدراسة.

الجدول (1) خصائص واستخدامات مياه الابار المدروسة

رقم البئر	المنطقة	الموقع		العمق م	الاستخدامات
		N	E		
1	العربي	36°21'24"N	43°05'11"E	50	للاغراض المنزلية المختلفة
2	الرفاعي	36°21'23"N	43°05'28"E	52	للاغراض المنزلية المختلفة
3		36°21'37"N	43°05'31"E	48	للاغراض المنزلية المختلفة
4		36°21'14"N	43°05'41"E	56	للاغراض المنزلية المختلفة
5		36°21'16"N	43°05'54"E	40	للاغراض المنزلية المختلفة
6	الربيع	36°21'41"N	43°05'38"E	50	للاغراض المنزلية المختلفة
7		36°21'28"N	43°05'45"E	45	للاغراض المنزلية المختلفة
8		36°21'22"N	43°05'50"E	48	للاغراض المنزلية المختلفة
9		36°21'36"N	43°05'57"E	44	للاغراض المنزلية المختلفة
10		36°21'25"N	43°06'07"E	50	للاغراض المنزلية المختلفة

على اربعة عشر معيارا كما مبين في الجدول (2) لحساب معامل نوعية المياه (WQI) حسب المراحل الاربعة الاتية:

1. المرحلة الاولى: First Step

يوضع وزن w_i لكل صفة بحسب اهميتها النسبية وتتراوح بين 1- 5، فالنترات وبكتيريا القولون البرازية وضع لها الوزن خمسة لأهميتها وتأثيراتها على الصحة العامة بينما الفوسفات اعطي لها الوزن 1 لانخفاض تركيزها في مياه الابار المدروسة وبالتالي وعدم تأثيرها على المستهلكين.

2. المرحلة الثانية: Second Step

احتسب فيها الوزن النسبي $Relative\ weigh$ وبحسب المعادلة الاتية:

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad \dots\dots\dots (1)$$

اذ: W_i : الوزن النسبي w_i : وزن الصفة

3. المرحلة الثالثة: Third Step

ايجاد معدل قيم معامل النوعية $Quality\ rating\ (q_i)$ كما في المعادلة الاتية:

نوعية المياه الجوفية فهي صخور غنية جداً بأملح المتبخرات ذات القابلية العالية على الذوبان في المياه الجوفية والجبس gypsum $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$ والانهيدريت $(CaSO_4)$ ⁽¹³⁾.

جمعت 110 عينة مائية وبمعدل نموذجين لكل بئر شهريا من عشر ابار منتشرة في منطقة الدراسة بصورة عشوائية ابتداء من شهر كانون الاول (2017) الى شهر نيسان (2018) باستخدام قناني من البولي اثيلين النظيفة والمغسولة بماء العينة عدة مرات قبل ملئها، اما العينات المتعلقة بالأكسجين المذاب في الماء فقد جمعت بقناني خاصة وتم تثبيت الاوكسجين المذاب حقليا بإضافة 1 مل من ونكلر A و 1 مل من ونكلر B على التوالي، كما جمعت العينات الخاصة بالاختبارات البكتيرية بقناني معقمة مسبقا وحفظت داخل حاوية مظلمة لحين الوصول الى المختبر لإجراء القياسات الفيزيوكيميائية والبكتيرية باتباع الطرق القياسية العالمية ^(14, 15).

حساب معامل نوعية المياه (WQI) Water Quality index

تم استخدام الموديل الرياضي الموزون Weighted Mathematical Model الذي اشار اليه العديد من الباحثين ^(16,5,1)، وتطبيق الموديل

جدول (2): الحدود القياسية للشرب والوزن النسبي لكل صفة

الصفة	الحدود القياسية Si^*	وزن كل صفة w_i	الوزن النسبي W_i
pH	7.5	4	0.088889
EC ₂₅	1400	4	0.088889
T. Alk.	150	2	0.044444
T. Hard.	500	2	0.044444
Ca	200	2	0.044444
Mg	150	2	0.044444
Na	200	3	0.066667
SO ₄	400	3	0.066667
NO ₃	50	5	0.111111
PO ₄	10	1	0.022222
Cl	250	3	0.066667
DO	5	4	0.088889
TPC	10	5	0.111111
F. Colif.	0	5	0.111111
Σ		45	1.000000
WHO, 2004			

ولحساب قيمة معامل النوعية WQI تحتسب قيمة الدليل الفرعي

Subindex (SLi)

$$(3) \dots\dots\dots SLi = W_i \times q_i$$

$$(4) \dots\dots\dots WQI = \sum SLi$$

وبعد ذلك يتم تصنيف نوعية المياه بالمقارنة مع الجدول (3). ا

$$q_i = \frac{Ci}{Si} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

اذ: C_i : قيمة الصفة المقاسة Si : التركيز القياسي للصفة
وحسب التصنيف العالمية.

4- المرحلة الرابعة: Fourth Step

لجدول (3) تصنيف نوعية المياه حسب قيم الدليل (WQI) ⁽¹⁶⁾

قيمة WQI	50 >	100-50	200-100	300-200	300 <
نوعية المياه	Excellent	Good	Poor	Very Poor	Unfit

النتائج والمناقشة

فيها⁽¹⁸⁾، وتعد المياه المدروسة رديئة النوعية وعالية الملوحة حسب⁽¹⁹⁾.

2. الخصائص الكيميائية Chemical Properties

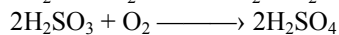
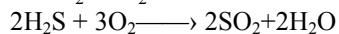
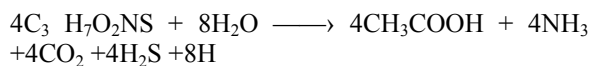
يعد الاس الهيدروجيني pH مؤشراً لمقدار التوازن بين حامضية وقاعدية المياه وتتأثر القيم للمياه الجوفية بطبيعة واذابتها للأملاح والاكاسيد المكونة للصخور الارضية⁽¹⁵⁾، وتشير نتائج الدراسة المبينة في الجدول (4).

1. الخصائص الفيزيائية: Physical properties

يعبر التوصيل الكهربائي عن كمية ونوعية الايونات الذائبة في الماء⁽¹⁷⁾، وتشير النتائج الموضحة بالجدول (4) بأن القيم تراوحت بين (1540-3940) مايكروسيمنز. سم⁻¹، وتعود هذه الاختلافات الى طبيعة التكوينات الجيولوجية التي تمر بها المياه، فالمياه الجوفية المارة في الطبقات الغنية بأملاح المتبخرات تتميز بارتفاع قيم الاملاح

الجدول (4) نتائج تحليل للحدود العليا والدنيا والمعدلات والانحراف القياسي لمياه ابار منطقة الدراسة

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	الابرار	الصفة
2559	2671	2705	2133	2663	2537	2640	2492	2572	2634	Mean	EC ₂₅
2025	2045	2055	1540	2085	2080	2120	2070	2030	1733	Min	
3646	3794	3940	3204	3720	3367	3367	3242	3674	3720	Max	
484	555	569	485	491	407	387	367	466	529	±Sd	
6.89	6.81	6.91	6.99	6.83	6.70	6.73	6.84	6.78	6.59	Mean	pH
6.7	6.6	6.74	6.45	6.63	6.62	6.79	6.67	6.61	6.21	Min	
6.98	6.98	7.65	7.7	6.97	6.76	6.63	6.98	6.95	6.73	Max	
0.082	0.100	0.273	0.299	0.103	0.045	6.98	0.084	0.10	0.145	±Sd	
309	319	334	203	253	296	302	267	268	322	Mean	T. Alk
272	252	300	136	168	260	264	236	244	280	Min	
368	400	380	228	276	336	372	320	312	356	Max	
26	46	23	25	29	24.0	28.0	27.0	19.0	21.0	±Sd	
4.18	3.82	4.07	5.56	4.76	3.24	4.29	2.73	2.66	3.2	Mean	DO
2.8	2.4	3.2	3.6	2.8	1.6	2.0	1.6	1.6	1.6	Min	
6.4	5.6	5.6	7.2	8.4	5.2	5.6	6.0	4.0	4.8	Max	
0.970	0.940	0.740	1.124	1.539	0.957	1.158	1.179	0.857	0.918	±Sd	
2296	2392	2270	1812	2302	2265	2351	2122	2163	2295	Mean	T. H
1920	1860	1960	860	2060	1920	2000	1740	1840	2040	Min	
2950	3550	3200	3160	2900	3250	3300	3100	2800	2800	Max	
261	457	315	581	282	375	390	358	298	237	±Sd	
614	634	583	434	632	622	629	526	534	610	Mean	Ca
489	505	441	144	537	529	505	425	345	521	Min	
741	1062	665	712	782	802	782	762	752	768	Max	
66	153	56	161	65	80	75	88	116	72	±Sd	
185	195	199	178	176	173	190	197	202	188	Mean	Mg
102	112	88	122	97	78	88	117	122	107	Min	
287	287	426	336	282	303	328	291	258	243	Max	
599	55	85	57	48	55	61	45	39	39	±Sd	



اما بالنسبة للقاعدية الكلية فإنها تعود الى ايونات البيكاربونات، وذلك لان قيم الاس الهيدروجيني لم تتجاوز الـ 8.3⁽²³⁾. وتشير النتائج المبينة في الجدول (4) الى الارتفاع النسبي لتراكيز القاعدية الكلية التي تراوحت معدلاتها بين (203-334) ملغم. لتر⁻¹. ويعود الارتفاع النسبي الى التفاعلات التي تحدث في المياه الحاوية على غاز ثنائي اوكسيد الكربون في اثناء مرورها في الطبقات الارضية، مما يؤدي الى تحول كاربونات الكالسيوم غير الذائبة الى البيكاربونات الذائبة وكما في المعادلات الاتية⁽²⁴⁾:

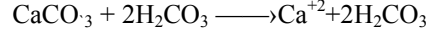
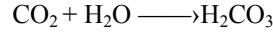
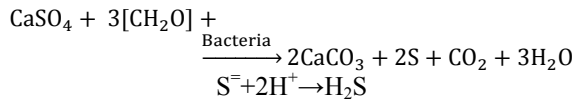
إلى أن القيم تراوحت بين (6.21-7.70) ويعزى الانخفاض في التذبذب إلى قابلية معادلة الحامضية

Acid Neutralization Capacity (ANC) للمياه والترب العراقية الغنية بأملاح البيكاربونات والكاربونات⁽²⁰⁾. اما الانخفاض النسبي للقيم فقد يعود الى وجود الايونات الحامضية كالكبريتات والنترات والكلوريدات، وحدثت عمليات التحلل والأكسدة البيولوجية للمواد العضوية في ظل انخفاض تراكيز الاوكسجين الى مستويات حرجية، مما يؤدي إلى تكوين العديد من المركبات والأحماض الكاربوكسيلية، وحين تعرض كبريتيد الهيدروجين H₂S لغاز الاوكسجين O₂ يمكن ان يتأكسد لتكوين حامض الكبريتيك كما في المعادلات الاتية^(22, 21):

وجود تكوين الفتحة الحاوي على صخور الجبس والانهايدرابت وصخور الحجر الجيري⁽²⁷⁾.

اما ايونات الصوديوم فتعد أحد الأيونات الموجبة الرئيسة المتواجدة في المياه الطبيعية ويوجد في الصخور الملحية الحاوية على الهاليت⁽²⁵⁾ Halite، وبينت النتائج الموضحة في الجدول (5) ان تراكيز ايونات الصوديوم تراوحت بين (20-128) ملغم. لتر⁻¹ وتعزى هذه الفروقات الى الاختلافات في التكوينات الجيولوجية التي تمر بها المياه وذوبان الاملاح، فضلاً عن دور عمليات التجوية⁽²⁷⁾.

كما تؤدي زيادة تركيز الكلوريد الى ارتفاع ضغط الدم والتأثير السلبي في وظائف الكلى (علوان، 2017)، وتشير النتائج المبينة في الجدول (5) الى ان معدل التركيز تراوح ما بين (53-88) ملغم. لتر⁻¹، ويعتمد تركيز الكلوريد في المياه على طبيعة الطبقات الجيولوجية التي تمر بها المياه وخاصة املاح المتبخرات⁽¹¹⁾. عموماً لا يوجد مشكلة من ايونات الكلوريدات في عينات مياه الآبار المدروسة، كذلك ارتفاع تركيز ايونات الكبريتات لتتراوح معدلاتها بين (63-557) ملغم. لتر⁻¹، مما يعطي الطعم المر للمياه ويسبب الاسهال ولاسيما اذا كان الكاتيون المرافق له هو ايون المغنيسيوم⁽²⁸⁾، ويعود الارتفاع النسبي في القيم الى طبيعة الصخور الجيولوجية لتكوين الفتحة في منطقة الدراسة التي تمر بها المياه الجوفية، فضلاً عن عمليات التحلل البايولوجي للمواد البروتينية بفعل بكتريا الكبريت *Thiobacillus denitrificatis* الذي يتأكسد هوائياً الى ايونات الكبريتات كما في المعادلات الاتية^(29,1):



اما تركيز الأوكسجين المذاب في الماء فيعد من المعايير المهمة لتقييم نوعية المياه ودرجة تلوثها، ودوره في منع تكوين المركبات والروائح الكريهة⁽²⁵⁾ وتشير نتائج الدراسة المبينة في الجدول (4) إلى أن تركيز الأوكسجين المذاب كانت بين (1.6-8.4) ملغم. لتر⁻¹ ويعود سبب الانخفاض في القيم الى انخفاض نسبة تشبع الماء بالأوكسجين عند ارتفاع الملوحة وكذلك انعدام احتكاكها بالهواء الجوي، فضلاً عن كون الآبار المدروسة عميقة، لذا تكون المياه الجوفية بعيدة عن الاحتكاك بالهواء الجوي، كذلك الارتفاع النسبي لدرجة حرارة مياه الآبار سيؤدي إلى زيادة قابلية الاحياء المجهرية على تحليل المواد العضوية مما يؤدي إلى خفض كميات الأوكسجين المذاب بالماء⁽²⁶⁾.

للعسرة ومسبباتها تأثيرات ايجابية؛ اذ يعمل المغنيسيوم على تنشيط العديد من الانزيمات الضرورية لحدوث تفاعلات انتاج الطاقة وتخليق الحوامض النووية والبروتينات وعمليات الاستتساخ والتصحيح للـ DNA فضلاً عن اثرها الوافي من حوادث الموت المفاجيء، بسبب امراض القلب والاعوية الدموية Ischemic Heart Disease & Stroke وضغط الدم فضلاً عن اثر المغنيسيوم في الوقاية من الامراض السرطانية كسرطان المعدة Stomach cancer⁽¹⁰⁾، وشارت النتائج المبينة في الجدول (4) الى ارتفاع تراكيز العسرة الكلية وايوني الكالسيوم والمغنيسيوم؛ اذ تراوحت (860-3550) و- (1062 و 144) و (426-78) ملغم. لتر⁻¹ على التوالي، ويعود سبب ارتفاع القيم في مياه الآبار لمنطقة الدراسة إلى الطبيعة الجيولوجية للمنطقة

الجدول (5) نتائج تحليل للحدود العليا والدنيا والمعدلات والانحراف القياسي لمياه إبار منطقة الدراسة

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	الأبار	الصفة
55	60	63	50	63	56	60	47	52	72	Mean	Na
24	24	22	20	26	30	24	22	28	30	Min	
92	128	106	88	124	100	92	70	74	110	Max	
17	34	26	21	25	19	20	16	16	23	±Sd	
63	71	69	53	69	56	67	57	58	88	Mean	Cl
55	42	48	33	57	47	55	44	51	70	Min	
80	95	93	70	122	65	76	79	78	109	Max	
6.9	14.4	12.2	12.7	17.6	5.1	6.6	10.6	8.3	9.9	±Sd	
514	525	528	427	544	63	489	531	557	554	Mean	SO ₄
404	380	402	236	456	26	368	462	359	330	Min	
660	633	688	694	725	124	780	594	764	760	Max	
77	80	83	154	84	25	124	40	131	125	±Sd	
0.259	0.163	0.142	0.151	0.162	0.143	0.159	0.239	0.131	0.521	Mean	PO ₄
0.078	0.056	0.044	0.066	0.028	0.061	0.022	0.055	0.033	0.017	Min	
0.842	0.472	0.372	0.361	0.577	0.3	0.3	0.94	0.344	1.22	Max	
0.209	0.119	0.098	0.094	0.164	0.079	0.076	0.265	0.087	0.489	±Sd	
2.84	4.40	5.91	6.03	9.58	8.19	3.59	2.49	3.16	10.22	Mean	NO ₃
1.79	1.79	2.21	3.18	7.85	7.29	1.39	0.94	1.07	4.4	Min	
4.91	9.76	9.6	12.24	12.27	8.86	9.26	4.6	7.97	12.6	Max	
0.92	2.58	2.29	2.43	1.37	0.54	2.31	1.24	1.94	2.79	±Sd	
16.2	13.6	14.6	14.0	16.4	16.3	15.7	14.9	13.1	12.8	Mean	TPC*
2.72	0.4	1	1.4	1.3	0.6	0.2	1.76	1.94	0.5	Min	
36.5	33.1	23.3	36.5	31.9	42	41.8	35.8	36.4	33.2	Max	
11.7	11.7	8.6	11.6	9.7	13.9	14.7	13.5	11.9	10.9	±Sd	
521	0.0	2.5	1.8	0.0	13.1	2	0.0	0.0	0.0	Mean	F. C**
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Min	
1400	0.0	16	5.1	0.0	93	16	0.0	0.0	0.0	Max	
513	0.0	5.63	1.34	0.0	30	6.1	0.0	0.0	0.0	±Sd	

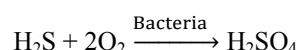
* 10^3 خلية/مل ⁻¹ ** خلية 100 مل⁻¹

بالأمراض السرطانية والطفرة الوراثية⁽³¹⁾. وتعد العينات المدروسة جميعها ضمن الحدود المناسبة للاستعمالات كافة.

3- الخصائص البكتيرية Bacterial Properties

من المؤشرات المهمة للتعرف الى درجة تلوث المياه الجوفية بالبكتيريا الهوائية واللاهوائية الاختيارية وغير ذاتية التغذية، وهذا العدد لا يشمل كل البكتيريا المتواجدة في المياه، بل اغلبها، نتيجة لعدم توفر وسط غذائي مناسب لانتاج البكتيريا جميعها وصعوبة توفير ظروف مناسبة لنموها⁽²⁸⁾، وأشارت النتائج المبينة في الجدول (5) الى ان العدد الكلي للبكتيريا تراوح بين (0.2-42.0) $\times 10^3$ خلية. مل⁻¹ وبمعدلات تراوحت بين (12.8-16.4) $\times 10^3$ خلية. مل⁻¹ وعموما فان العينات المدروسة كلها متجاوزة للحدود المسموح بها للشرب⁽²⁸⁾.

اما بالنسبة لبكتيريا القولون البرازية ومن ضمنها بكتيريا *E. Coli* فان وجودها في المياه دليل على انها ملوثة بالبراز. ويمكن استعمالها كمؤشرات ناجحة للتأكد من وجود تلوث برازي حديث للمياه والتحذير من وجود مخاطر صحية من استخدامها^(22,11)، وأشارت النتائج المبينة في الجدول (5) الى ان اعداد بكتيريا القولون البرازية تراوحت بين (0.0-1400) خلية. مل⁻¹، وهذا يؤكد تلوث مياه



بالنسبة لايونات الفوسفات فإشارت النتائج المبينة في الجدول (5) بأن معدلات التراكيز كانت منخفضة؛ إذ تراوحت المعدلات بين (0-521) (0.131 ملغم. لتر⁻¹). ويعزا سبب انخفاض القيم الى ميل الفوسفات الى الامتزاج بمعادن الطين والمركبات العضوية والتجمع في الرواسب بشكل فوسفات الكالسيوم⁽²⁵⁾.

اما ايونات النترات فان ارتفاع تركيزها في مياه الشرب له تأثيرات خطيرة في صحة المستهلكين كمرض زرقة الاطفال blue baby disease. وتشير الدراسات الى امكانية اصابة كبار السن بهذا المرض، فضلا عن الاصابة بالعديد من الامراض السرطانية كسرطان المعدة والبنكرياس.. الخ⁽³⁰⁾ وبينت النتائج الواردة في الجدول (5) الارتفاع النسبي للقيم؛ إذ تراوحت معدلاتها بين (2.49-10.22) ملغم. لتر⁻¹ وهذه القيم المرتفعة لها خطورة على الصحة العامة عند وجود المركبات العضوية وفضلات الحيوانات التي تكون مصدراً لتكوين الامينات الثانوية بفعل النشاطات البكتيرية والتي تتفاعل مع ايونات النترت لتكوين مركبات النتروز امين التي لها تأثير محفز للإصابة

اغلب المعايير المدروسة عن الحدود العليا المسموح بها لمياه الشرب كالتوصيلية الكهربائية EC_{25} والعسرة الكلية T. hardness والقاعدية الكلية Alkalinity T. وإيونات الكبريتات SO_4 فضلا عن التلوث البكتيري Bacterial contamination ، أما الارتفاع العالي لقيمة معامل نوعية المياه للبئر 10 فيعود بالدرجة الأساسية الى ارتفاع اعداد بكتيريا القولون البرازية F. coliform طيلة مدة الدراسة؛ إذ يلاحظ من الجدول الارتفاع الواضح لقيم معدل النوعية Qi وكذلك ارتفاع قيم الدليل الفرعي Sli للمعايير المذكورة اعلاه، ومما يؤكد بان العامل الرئيس لتردي نوعية المياه المدروسة هو التلوث البكتيري بان قيم معدل النوعية والدليل الفرعي مرتفعة جدا مقارنة بالمعايير الاخرى وبالتالي ارتفاع قيم الدليل النوعي WQI اي تردي نوعية المياه.

الآبار نتيجة لتسرب المياه العادمة اليها عن طريق الشقوق والفجوات التي قد تحدث في الطبقات الجيولوجية⁽⁹⁾.

تقييم نوعية المياه للشرب Assessment of water quality for drinking

تم تطبيق الموديل على اربعة عشر معياراً لتقييم مياه الآبار المدروسة للشرب والاستعمالات المدنية وتشير النتائج المبينة في الجدول (6) الى تراوح قيم WQI بين (237-562)؛ إذ كانت اعلى القيم في العينات المائية المدروسة للبئر 10 وادنى القيم في عينات البئر 2 ولدى مقارنة النتائج بالجدول (3) لتصنيف المياه نجد ان 80% من المياه الجوفية لمنطقة الدراسة كان من نوع المياه الرديئة جدا Very Poor (مياه الآبار: 1، 2، 3، 4، 6، 7، 8، 9) و20% غير مناسبة للشرب والاستخدامات المنزلية Unsuitable (مياه البئر: 5، 10) وهذا التردي في نوعية مياه الآبار هو بسبب ارتفاع تراكيز

الـجـول (6) قـيـم معـل التـوجـيـة Qi والـدليل الفـرعـي SLI وـدليل تـوجـيـة العـيـاء WQI لـعيـاء بـر مـنطـقـة الـدراسـة لـاغـراض الشـرب.

10	9		8		7		6		5		4		3		2		1		الـصـفـة الـابـر	
	SLi	Qi	SLi	Qi	SLi	Qi	SLi	Qi	SLi	Qi	SLi	Qi	SLi	Qi	SLi	Qi	SLi	Qi		
8.18	92	8.09	91	8.18	92	8.27	93	8.09	91	7.91	89	8.45	95	8.09	91	8.00	90	7.82	88	pH
16.3	183	17.0	191	17.2	193	13.51	152	16.9	190	16.1	181	16.8	189	15.8	178	16.4	184	16.7	188	EC
9.16	206	9.47	213	9.91	223	6.00	135	7.51	169	8.76	197	8.93	201	7.91	178	7.96	179	9.56	215	T.A
20.4	459	21.2	478	20.2	454	16.1	362	20.4	460	20.2	453	20.9	470	18.8	424	19.3	433	20.4	459	TH
13.6	307	14.1	317	13.0	292	9.64	217	14.0	316	13.8	311	14.0	315	11.7	263	11.9	267	13.6	305	Ca
5.47	123	5.78	130	5.91	133	5.29	119	5.20	117	5.11	115	5.64	127	5.82	131	6.00	135	5.56	125	Mg
1.87	28	2.00	30	2.13	32.0	1.67	25.0	2.13	32.0	1.87	28	2.00	30	1.60	24	1.73	26	2.40	36	Na
8.60	129	8.73	131	8.80	132	7.13	107	9.07	136	8.47	127	8.13	122	8.87	133	9.27	139	8.7	130	SO ₄
0.82	7.36	0.83	7.48	1.30	11.7	1.34	12.1	2.13	19.2	1.81	16.3	0.87	7.8	0.55	4.98	0.70	6.32	2.18	19.6	NO ₃
0.06	2.59	0.04	1.63	0.03	1.42	0.03	1.51	0.04	1.58	0.03	1.43	0.03	1.59	0.05	2.39	0.03	1.31	0.12	5.21	PO ₄
1.67	25	1.87	28	1.87	28	1.53	23	1.87	28	1.47	22	1.80	27	1.53	23	1.53	23	2.33	35	Cl
7.47	84	6.76	76	7.20	81	8.44	95	8.44	95	5.78	65	7.64	86	4.89	55	4.71	53	5.69	64	DO
179	1610	151	1360	162	1460	156	1400	181	1630	180	1620	174	1570	166	1490	146	1310	142	1280	TPC
289	2605	0.0	0.0	25	227	18	164	0.0	0.0	132	1191	20	182	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	FC
562		247		283		253		277		403		289		254		234		237		WQI
Unfit		Very Poor		Very Poor		Very Poor		Very Poor		Unfit		Very Poor		Very Poor		Very Poor		Very Poor		Status

المصادر

1. Ramakrishnaiah, C. R.; Sadashivaiah, C. and Ranganna, G. (2009). Assessment of Water quality index for the groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India, *E-J. Chem.* **6**(2):523-530.
2. Ramadhan, O. M., Al-Saffawi, A. Y. T. Al-Mashhdany, M. H. S. (2018). Assessment of Surface Water Quality for Irrigation using WQI model; A Case Study of Khosar and Tigris Rivers. *Int. J. of Enhanced Res. in Sci., Techn. and Engin.* **7** (3): 63-69.
3. Al-Saffawi, A. A. Y. T. and Al-Mola, Y. A. M (2018). Assessment of groundwater quality for irrigation by using water quality index(IWQ index) in Al- Kasik district Northeastern of Mosul City. Iraq. *Int. J. of Enhanced Res. in Sci., Techn. and Engin.* **7**(1): 76 – 81.
4. Devojee, B.; Nagababu, M.; Kumar, M.; Nandioni, Y. and Hemakumar, H.V. (2018). Assessment and mapping of irrigation water quality index of Bapla Mandal ,Guntur distric, Andhr, India. *Int. J. Curr. Microbial. App. Sci.* **7**(1): 1914-1920.
5. Howladar, M. F.; Al Numanbakth, M. A. and Faruque, M. O. (2017). An application of water quality index (WQI) and multivariate statistics to evaluate the water quality around Maddhapara granite mining industrial area, Dinajpur, Bangladesh, *Environ. Syst. Res.* **6**(13): 1-18.
6. التمر، مصعب عبد الجبار (2015). إيجاد معامل نوعية المياه لمجموعة من الآبار شمال غرب مدينة الموصل. *مجلة علوم الرافدين*، **16**(2): 27-40.
7. Shihab, A.S. (2007). Arrangement of selected wells for irrigation use according to water quality index in Nenavah governorate. 1st. Sci. Conf. of EPCRC, 5-6 June 2007, Mosul, Iraq. Mosul University: 34 -46.
8. الصفائي، عبد العزيز يونس طليح (2013). التقييم النوعي للمياه الجوفية في مناطق شمال غرب الموصل. *مجلة بيئة الرافدين*، **1**: 33-44.
9. Al-Saffawi ,A. Y. T. ; Al sinjari, W. E.& AL-Tae Y. A. J. (2018) Assessment of groundwater quality using WQI in Gleewkhan village northeastern of Iraq. *Int. J. Enhanced Res. sci. and Tec. Eng*, **7**(5): 1-7.
10. Al-Saffawi , A. Y. T. & Al-Sardar, N. M. S. (2018). Assessment of groundwater quality status by using water quality index in Abu-Jarboaa and Al-Darrawesh Villages, Basiqa district. Iraq, *Int. J. Enhanced Res. sci. and Tec. Eng*, **7**(6): 6-12.
11. قبلان، عبد الباري يونس حسين والحمداني، ابراهيم عمر سعيد والصفائي، عبد العزيز يونس طليح (2018) . تطبيق الموديل الكندي CCMEWQI لتقييم الواقع البيئي لمياه الابار لأغراض الشرب والاستخدامات المنزلية في الجانب الايسر من مدينة الموصل، شمال العراق. *مجلة الاطروحة للعلوم البيئية*، **6**: 45-62.
12. النجمائي، زهراء خيرى محمد شيت (2010). نموذج هيدروجيولوجي لمنطقة بعشيقه- الفاضلية، شمال العراق. رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل. نقلا عن: السردار، نور ميسر صادق (2012). دراسة الخصائص النوعية لبعض مصادر المياه وبعض تقنيات تحسين نوعيتها للاستخدام المدني، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة الموصل. الموصل. العراق.
13. الباججي، عدي محمد صالح (2014). هيدروجيوكيميائية آبار مختارة على ضفتي نهر دجلة في منطقة الموصل، شمال العراق. *المجلة العراقية لعلوم الأرض*، **14**(1): 1-18.
14. APHA, AWWA and WCPE (1998). "Stand Method for Examination of water and wastewater American public Health Association, 20th ed., Washington DC, USA
15. APHA, AWWA and WCPE (2017). "Stand Method for Examination of water and wastewater American public Health Association, 23th ed., Washington DC, USA
16. Boateng, T. K. ; Opoku, F.; Acquah S. O. and Akoto, O. (2016) Groundwater quality assessment using statistical approach and water quality index in Ejisu-Juaben Municipality. *Ghana Environ Earth Sci.* **75**(489):1-14
17. Babiker, E.M & Mohammed, F.A (2015). Hydrochemical characteristics and water quality assessment of groundwater in Khor Adeit area, Northeastern Sudan. *J. Marine Sci. and Envir. Technologies*, **1**(1): 29-42.
18. الصفائي، عبد العزيز يونس طليح والشنونة، ريم عدنان عبد الرزاق (2012). دراسة بيئية وبكتريولوجية لنوعية المياه الجوفية جنوب شرق مدينة الموصل. وقائع المؤتمر العلمي الثاني لمركز بحوث البيئة والسيطرة على التلوث. 27-28 تشرين الثاني 2012، موصل، العراق، جامعة الموصل: 137-153.
19. WHO, (2004) guidelines for drinking water quality' World Health Organization, Geneva.
20. الصفائي، عبد العزيز يونس طليح والشنونة، ريم عدنان عبد الرزاق والسردار، نور ميسر صادق (2018). تقييم خصائص نوعية المياه وحساب معامل (WQI) لبعض مصادر المياه في قرية ابو مارياء، قضاء تلعفر، محافظة نينوى. *مجلة التربية والعلم للعلوم الصرفة*، **27**(3): 81-98.
21. Al-Saffawi, A. Y. T. and Talaat, R. A. (2018). Phytoremediation of domestic wastewater using Chara vulgaris algae. *Int. J. of Enhanced Res. in Sci., Techn. and Eng*, **7**(10): 6 – 11.
22. الصفائي، عبد العزيز يونس طليح والمعاضيدي، علاء طلعت حسين (2017). التقييم النوعي للفضلات السائلة لوائي عكاب شمال مدينة الموصل لأغراض الري . *مجلة تكريت للعلوم الصرفة*، **22**(12): 14 – 20.
23. Al-Kubaisi, Q. Y. and Khorsheed, S. A. (2018). Evaluation of groundwater suitability for consumption in Yaychi area. *Iraqi J. Sci.*, **59**(1A): 119- 134.

- العلمي الدوري السادس لمركز بحوث السدود والمواد المائية.الموصل. العراق. جامعة الموصل: 193-201.
28. WHO.(2011).Guidelines for drinking-water quality - 4th ed. chronicle, 38, 104-108.
29. Manhan, S.E. (2004). "Environmental chemistry". 8th ed., CRC press, Washington DC. USA. 781.
30. علوان، محمد دياب محمود (2017). خصائص مياه الشرب في محافظة خان يونس رسالة ماجستير، كلية الاداب، قسم الجغرافية، الجامعة الاسلامية، غزة، فلسطين.
31. الصفاوي، عبد العزيز يونس طليع والعساف، ازهار يونس رضا (2018). التقييم النوعي لمياه نهر دجلة باستخدام معامل نوعية المياه (WQI) لاغراض الشرب في محافظة نينوى. شمال العراق. مقبول للنشر في المؤتمر الدوري التاسع لمركز بحوث السدود والمواد المائية 27-28، تشرين الثاني 2018، موصل، العراق. جامعة الموصل.
24. Al-Saffawi, A. Y. T. (2018). Assessment of groundwater for irrigation and domestic suitability by using (WQI) in Singiar district eastern of Mosul city. Iraq. *Mesopo. Environ. J. Special Issue*: 75-84.
25. الصفاوي، عبدالعزيز يونس طليع (2018). تطبيق المؤشر الكندي (CCMEWQI) لتقييم جودة المياه لاغراض الشرب: دراسة حالة جودة المياه الجوفية في ناحية المحلية / محافظة نينوى. مجلة علوم الرافدين، 27(5): 193-202.
26. الصفاوي، عبد العزيز يونس طليع والعساف، ازهار يونس رضا (2014). دراسة بيئية وبائية لفضلات السائلة لوائي الدانفيلي وتأثيره على نوعية مياه نهر دجلة في مدينة الموصل، العراق. مجلة التربية والعلم، 27(1): 71-89.
27. الصفاوي، عبد العزيز يونس وعلي، فائق حسن وكنه، عبد المنعم محمد (2008). التقييم الفيزيائي والكيميائي لبعض آبار الشريخان والكبة وصلاحياتها للشرب والاستخدامات المنزلية. وقائع المؤتمر

Evaluation of the groundwater quality of the right side of Mosul city for drinking purposes using the water quality index (WQI)

Ahmed Shehab Al-Hamdany , Abdulaziz Y. T. Al-Saffawi

Department of Biology , College of Education for Pure Sciences , University of Mosul , Mosul , Iraq

Abstract

The groundwater quality of ten wells was randomly distributed in the sectors of Oreibi, Rifa'i and Rapeea on the right side of Mosul city, northern of Iraqi, which rely on groundwater due to the destruction of the infrastructure of water transport networks and power transmission lines, Physico-chemical and bacteriological analyzes were performed, and the weighted mathematical model (WQI) was used to evaluate the quality of groundwater for drinking uses.

The results indicated that dissolved oxygen concentrations dropped to 1.6 mg. l⁻¹, high Electrical conductivity, Total Alkalinity, Total hardness, Sulfate ions, Total bacterial counts (TPC) and Fecal coliform counts which reached to (3943) μS. cm -1, (400, 3550, 780) mg. l⁻¹ and (42) x 10³ cells. ml⁻¹ and 1,400 cells. 100 ml⁻¹, respectively, which was reflected in the water quality index (WQI) values and ranged from (229 to 562), thus classified the water studied between Very Poor to Unfit for drinking uses.