ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities
available online at: http://www.jtuh.tu.edu.iq

Modeling the validity of qualitative characteristics of groundwater in Daqouq district

Dr Dali kalaf Hamid Jubouri
Kaljan Khaleel Majeed
ɔeity*

Department of Geography
College Tikrit University for Humanities
University of Tikrit
Tikrit, Iraq

dr.dilly55@gmail.com
kalian.k.majeed@gmail.com

***Keywords*:**
Ground water
Modelling

A R T I C L E I N F O

Article history:
Received 10 Jan 2018
Accepted 15 Mar 2018
Available online 9 July 2021
E-mail
journal.of.tikrit.university.of.humanities@tu.edu.i
E-mail : adxxxx@tu.edu.iq

A B S T R A C T

The research aims to know the physical and chemical properties and study some secondary elements in the study area, and evaluate their validity based on Iraqi and international standards that highlight the extent of utilization and utilization of these water and the quality and concentration of its pollutants. In addition, the current distribution of water characteristics of the studied samples is explained by the use of statistical indicators that determine the characteristics of water distribution and their spatial directions. The standard deviation is used to determine the typical value of the mean. If the standard deviation is greater than the mean, Of the phenomenon at the level of the study area, but if the standard deviation is less than the mean, it means the same distribution of the phenomenon at the level of the study area (1), in addition to showing spatial disparities by a number of maps of the region to give a clear picture of Keys, the values of water elements and the objective of the establishment of a geographic database (GIS) underground where the use of GIS technology for the management of groundwater in the region and evaluated and analyzed as a means characterized by accuracy, speed, and determine the final output that includes statistical data maps, and then modeled spatially using modern techniques.

© 2021 JTUH, College of Education for Human Sciences, Tikrit University

DOI: http://dx.doi.org/10.25130/jtuh.28.7.2021.09

نمذجة الخصائص النوعية للمياه الجوفية في قضاء داقوق

أ.م.د. دلي خلف حميد الجبوري / كلية التربية للعلوم الانسانية/ جامعة تكريت
الباحثة: كلجان خليل مجيد البياتي / كلية التربية للعلوم الانسانية/ جامعة تكريت

الخلاصة

يهدف البحث الى معرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية ودراسة بعض العناصر الثانوية في منطقة الدراسة، وتقييم درجة صلاحيتها استناداً الى معايير عراقية وعالمية تبرز مدى الإفادة والانتفاع من هذه المياه ومعرفة نوعية وتركيز ملوثاتها. فضلاً عن توضيح صورة التوزيع الحالية لخصائص مياه العينات المدروسة من خلال استعمال المؤشرات الاحصائية التي تحدد خصائص توزيع المياه واتجاهاتها المكانية ،اذ تم استخدام الانحراف المعياري للتعرف على مقدار القيمة النموذجية للوسط الحسابي، فاذا كان الانحراف المعياري اكبر من الوسط الحسابي دل ذلك على تباين التوزيع المكاني للظاهرة على مستوى منطقة الدراسة ،اما اذا كان الانحراف

المعياري اقل من الوسط الحسابي فهذا يعني تماثل توزيع الظاهرة على مستوى منطقة الدراسة، بالإضافة الى إظهار التباينات المكانية بوساطة عدد من الخرائط للمنطقة لإعطاء صورة واضحة لتركيز قيم عناصر المياه والهدف من ذلك انشاء قاعدة بيانات جغرافية (GIS) الجوفية فيها باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية لإدارة المياه الجوفية في المنطقة وتقويمها وتحليلها بوصفها وسيلة تتصف بالدقة والسرعة وتحديد المخرجات النهائية التي تتضمن خرائط وبيانات إحصائية، ومن ثم نمذجتها مكانياً باستخدام التقنيات الحديثة.

المقدمة:

تعد دراسة نوعية المياه وبيان صلاحيتها للاستعمالات المختلفة سواء للشرب أو للزراعة أو للصناعة من الأمور الأساسية في الدراسات الهيدرولوجية بعد تحليل خصائصها النوعية، فلا تقل أهميتها عن معرفة أماكن وجودها وكمياتها وتوزيعها. إذ إن نوعية المياه لا تعتمد أصلاً على وجود عنصر معين أو عدم وجوده ، بل على نسبة تركيزه في المياه، وتتصف المياه الجوفية بكونها نقية صافية تخلو من الترسبات والمواد العضوية غير إنها في الغالب تكون حاوية على مواد ومركبات معدنية ذائبة بسبب بقائها لفترات طويلة مخزونة في باطن الأرض في تكوينات صخرية مختلفة التكوين الجيولوجي الكيميائي والطبيعي[i].

وتكمن مشكلة البحث بمدى صلاحية المياه الجوفية للاستخدامات المختلفة، وماهي كفاءتها المكانية؟ وتكمن الإجابة الأولية لهذه المشكلة بصلاحية المياه الجوفية في منطقة الدراسة لأغلب الاستخدامات. يهدف البحث لدراسة الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه الجوفية ومعرفة نوعيتها لغرض تقييمها، وتحديد أماكن وجود المياه الجوفية ضمن منطقة الدراسة والإمكانيات المتاحة لاستثمارها. ومن ثم بناء نظام قاعدة معلومات متكامل لخصائص المياه الجوفية في منطقة الدراسة ليتسنى المجال للجهات المختصة اتخاذ التدابير اللازمة لاستثمارها بالشكل الأمثل. تم الاعتماد على المنهج التحليل الكمي، القائم على استخدام المعادلات الرياضية ومن ثم تحليلها، وأيضاً لم تتغافل الدراسة عن استخدام المنهج التقاني المعاصر الذي يعتمد على استخدام التقنيات المعاصرة.

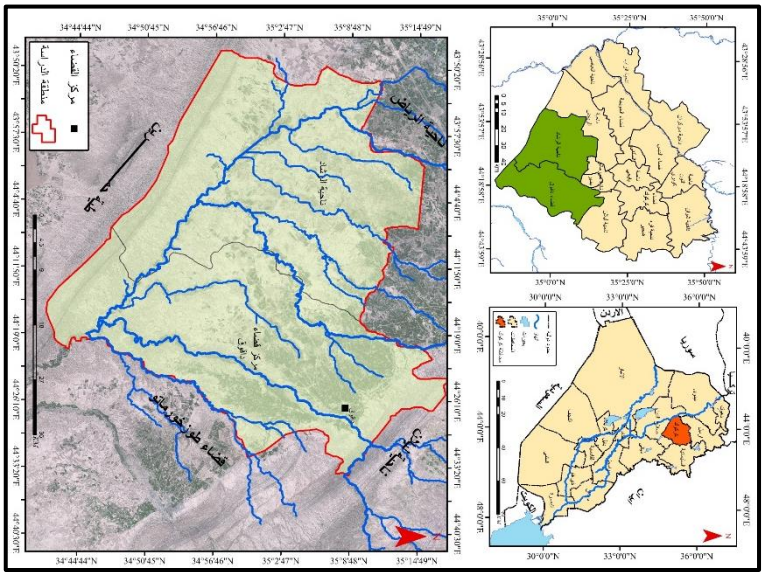
موقع منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في الأراضي السهلية الواقعة بين طيتي بلكانه من الشمال وطية حمرين من الجنوب، والتي تقطعها بعض الأودية أهمها طاووق جاي ونهر زغيتون وخاصة صو.

تتبع منطقة الدراسة إداريا لمحافظة كركوك، اذ تقع في الجزء الشرق والجنوب الشرقي من محافظة كركوك، اذ يحدها من جهة الشمال مركز قضاء كركوك وناحية ليلان، اما من ناحية الجنوب فتحدها طية حمرين التي تكون حدود فاصلة بين ناحية العلم ومنطقة الدراسة، في حين يحدها من الجانب الغربي ناحية الرياض، اما من الجانب الشرقي فيحدها قضاء طوزخورماتو، وكما في الخريطة (1).

أما موقعها فلكيا، فهي تقع بين دائرتي عرض (34°42'01" _ 35°17'29") شمالاً، وبين خطي طول (19" 48' °43 _ 18" 34' °44) شرقاً. اذ تبلغ مساحة منطقة الدراسة (2800.5) كم2.

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: اعتماداً على خريطة العراق الإدارية بمقياس رسم 1000000/1، وخريطة كركوك الإدارية بمقياس رسم 250000/1، باستخدام برنامج ARC MAP10.5.1.

تميزت مياه آبار منطقة الدراسة وعيونها بانعدام اللون لجميع النماذج المدروسة، اما بالنسبة للطعم حيث تم تذوق مياه جميع الآبار والعيون شخصياً، فكانت جميع مياه العينات المدروسة بطعم مالح او يميل الى الملوحة، مما جعلها صالحة للشرب بشكل نسبي ووقت الحاجة والضرورة سيما في المناطق التي لا يوجد فيها مصدر ماء عذب وبشكل كبير، بسبب قلة تركيز كبريتات الصوديوم التي تسبب الطعم المائل للملوحة نسبياً. وكما في الجدول (1). أما فيما يخص الرائحة فاتسمت بعض المواقع القليلة برائحة خفيفة لكون اغلب هذه المواقع تقع ضمن خزان الزمن الرباعي ووجود اسمدة عضوية تستخدم في تلك المواقع، فضلاً عن وجود رائحة نفاذة في العينات التي ترتفع فيها تراكيز الكبريتات وخاصة في الفصل الجاف، وعن طريق الترشيح تتحول العديد من المبيدات والأسمدة الى خزان المياه الجوفية.

جدول (1) طعم العينات المأخوذة ولونها ورائحتها

رقم العينة	X	Y	اللون	الطعم
1	44.44035	35.11449	عديم اللون	ماء عذب
2	44.44092	35.11468	عديم اللون	ماء عذب
3	44.43417	35.11522	عديم اللون	ماء عذب
4	44.43233	35.11432	عديم اللون	ماء عذب
5	44.42858	35.09917	عديم اللون	ماء عذب
6	44.41433	35.08421	عديم اللون	ماء عذب
7	44.40761	35.08818	عديم اللون	ماء عذب
8	44.40555	35.0872	عديم اللون	ماء عذب
9	44.40444	35.07741	عديم اللون	ضعيف الملوحة
10	44.40198	35.07388	عديم اللون	ضعيف الملوحة
11	44.42386	35.13536	عديم اللون	ماء عذب
12	44.40789	35.13619	عديم اللون	ضعيف الملوحة
13	44.39905	35.13171	عديم اللون	ضعيف الملوحة
14	44.39049	35.12754	عديم اللون	ماء عذب
15	44.38219	35.1199	عديم اللون	ضعيف الملوحة
16	44.37669	35.11873	عديم اللون	ضعيف الملوحة
17	44.37045	35.09541	عديم اللون	ضعيف الملوحة
18	44.35066	35.10544	عديم اللون	ضعيف الملوحة
19	44.34905	35.10164	عديم اللون	ضعيف الملوحة
20	44.37424	35.10265	عديم اللون	ضعيف الملوحة
21	44.50357	35.04537	عديم اللون	ضعيف الملوحة
22	44.48339	35.07007	عديم اللون	ماء مالح
23	44.44922	35.04399	عديم اللون	ماء عذب
24	44.47537	35.09699	عديم اللون	ضعيف الملوحة
25	44.47157	35.10995	عديم اللون	ضعيف الملوحة

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على الدراسة الميدانية واللوحات الهيدروجيولوجية لسامراء وكركوك.

2-2. الخصائص الكيميائية:

1. الاس الهيدروجيني PH

هناك عوامل تؤثر في درجة تركيز عنصر الهيدروجين او درجة التفاعل (PH) منها الامطار والسيول التي تعمل على اذابة الملوثات الطبيعية ، وتشمل المواد المذابة في التربة، فضلاً عن النشاطات البشرية فالفعاليات الزراعية واستخدام المبيدات الحشرية والاسمدة المختلفة وكذلك مخلفات الصرف الصحي

ومخلفات المصانع، كما انه من المتغيرات المهمة التي يجب قياسها لتقيم نوعية المياه لتقيم نوعية المياه، لأنه العامل المسيطر على معظم التفاعلات التي تحدث في البيئات المختلفة[ii].

يظهر من الجدول (2) والشكل (1) أن قيم ال ((Phفي المياه الجوفية في منطقة الدراسة تتماثل مكانياً بانحراف معياري بلغ (0.11)،إذ إن مياه العينات المدروسة سجلت تماثلاً خلال المدتين مع ارتفاع وأن الاختلاف القليل عن حالة التعادل باتجاه القاعدية الخفيفة لهذه المياه يعزى الى قلة وجود ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم التي تعمل على تكوين بعض الاملاح غير المتعادلة، فضلاً عن اجواء منطقة الدراسة التي تميل الى الحرارة مما تؤدي إلى ترسيب بعض البيكاربونات من مياهها واتجاه قيمة ال(Ph) نحو القاعدية

جدول (2) نتائج التحليلات الكيميائية لبعض ابار المياه الجوفية في منطقة الدراسة

رقم العينات	X	Y	EC	TDS	PH	Ca	SO4	CL	T.H	Na	K	Mg
1	44.44035	35.11449	638	351	7.7	102	316	30	323.2	50	5.4	17
2	44.44092	35.11468	714	397	7.6	128	346	35	323.2	55.5	3.4	1
3	44.43417	35.11522	1032	606	7.6	128	775	57	525.2	94	3.4	50
4	44.43233	35.11432	847	471	7.7	136	260	43	663.6	82	3.4	45
5	44.42858	35.09917	474	410	7.5	77	64	30	222.4	21	4.4	7
6	44.41433	35.08421	1256	410	7.4	850	700	22	727.2	132	1.3	341
7	44.40761	35.08818	712	410	7.5	178	221	40	404	41.5	3.2	10
8	44.40555	35.0872	794	430	7.5	77	201	50	388	60.5	1.8	48
9	44.40444	35.07741	946	547	7.6	102	346	45	363.6	75	2.5	26
10	44.40198	35.07388	1062	620	7.7	115	389	50	323.2	84.5	2.6	9
11	44.42386	35.13536	984	355	7.57	128	311	56	484.8	75.5	3	40
12	44.40789	35.13619	1109	809	7.49	136	376	60	622.1	69.5	4.9	69
13	44.39905	35.13171	1334	750	7.66	153	605	57	727.5	79.5	23.7	84
14	44.39049	35.12754	1986	321	7.53	187	1306	58	1050	109	3.8	142
15	44.38219	35.1199	1663	975	7.68	153	820	85	888.8	122	3.6	124
16	44.37669	35.11873	1637	935	7.61	153	880	55	783.76	122	3.6	98
17	44.37045	35.09541	11667	625	7.84	102	444	75	565.6	88.5	3.5	76
18	44.35066	35.10544	679	201	7.63	289	946	38	969.6	102.5	2.2	60
19	44.34905	35.10164	1129	687	7.63	153	448	40	606	74.5	2.3	55
20	44.37424	35.10265	1094	639	7.56	136	376	32	484.8	72	3	35
21	44.50357	35.04537	4729	437	7.59	289	1558	37	2363.4	526	4.4	400
22	44.48339	35.07007	2890	208	7.55	374	894	40	1212	286.5	3.5	68
23	44.44922	35.04399	1208	674	7.68	221	420	36	303	88	3.7	61
24	44.47537	35.09699	908	503	7.81	153	293	43	234	64.5	2.1	36
25	44.47157	35.10995	692	387	7.87	153	173	44	238	37.5	1.8	35

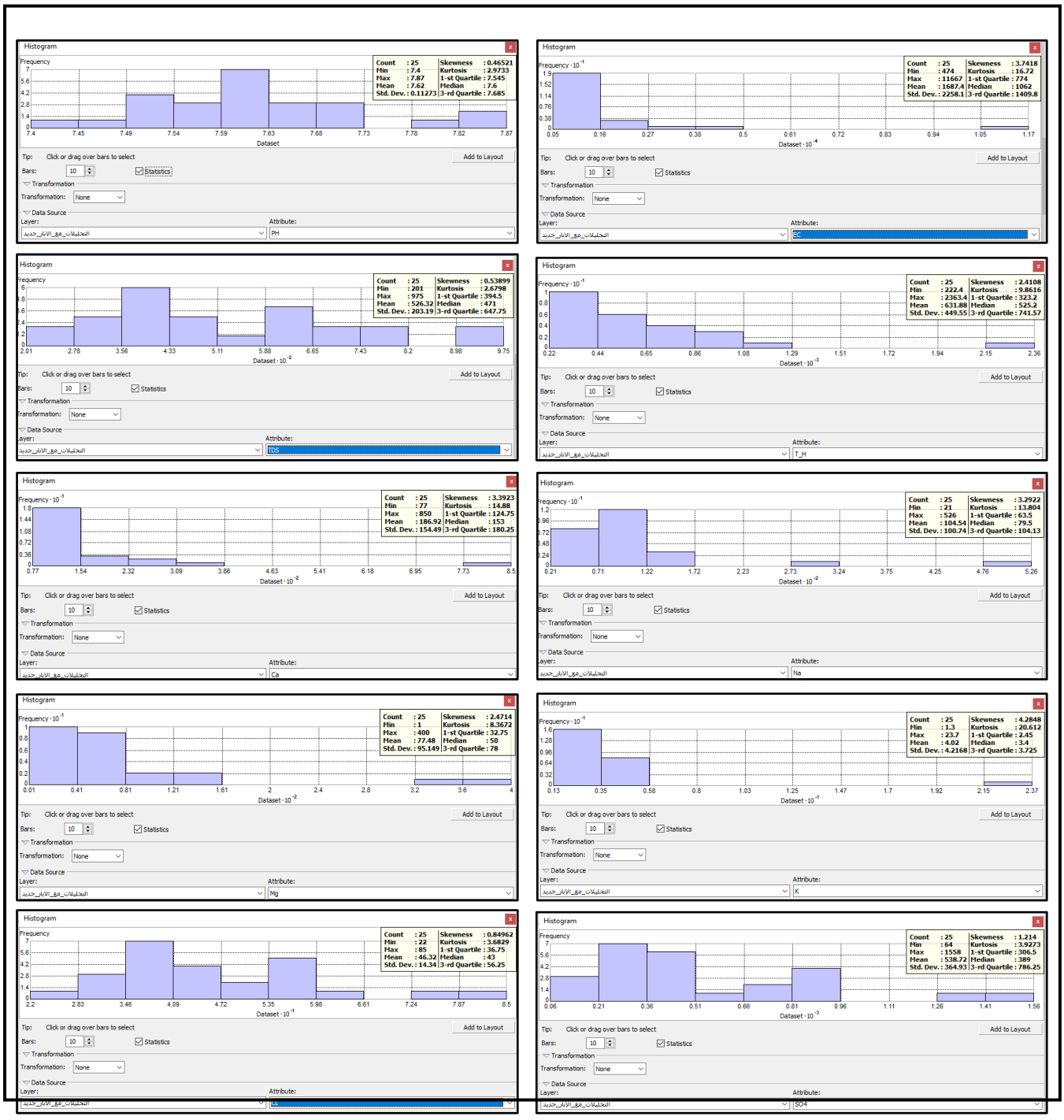
المصدر: بالاعتماد على التحليلات الكيميائية في مديرية ماء صلاح الدين في تكريت بتاريخ 2018/5/3

2. التوصيلية الكهربائية (Electrical Conductivity(Ec:

هي قابلية(1) سم 3 من الماء على توصيل الكهربائية عند درجة حرارة مقدارها (25) اي تزداد بزيادة درجة حرارة الماء والمواد الصلبة المذابة(TDS) لذا يعبر ارتفاع قيمتها عن وجود نسبة كبيرة من الاملاح والقواعد والحوامض، ومن أهم الاملاح)الكلوريدات والصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم(، كما تعتمد التوصيلة الكهربائية على درجة حرارة الماء إذ تزداد درجة التوصيلة الكهربائية (2%) عند زيادتها درجة مئوية واحدة والسبب في ذلك اما ان يكون طبيعيا او بفعل الانشطة البشرية المختلفة [iii].تتراوح قيم التوصيلية الكهربائية لمياه الأمطار من (2–100)مايكر وموز/سم وللمياه الجوفية من(50 – 50.000) مايكروموز/سم، ولماء البحر بحدود(50.000)مايكر وموز/سم ،أو أكثر[iv].

تراوحت قيم التوصيلة الكهربائية لنماذج منطقة الدراسة (11667_ 474) مايكروموز/سم وبمعدل (1687.4) مايكروموز/سم، ويلحظ الجدول (2). وكما هو موضح في الخريطة (1) وتحديداً عند مناطق التصريف وخصوصاً في المناطق الجنوبية وتقل عند مصادر التغذية. كما ان قيم التوصيلية الكهربائية تتماثل مكانيا بانحراف معياري (2258.1). الشكل (12)، إذ سجلت اعلى القيم في (بئر 17 وبئر 21)، إذ بلغت (11667، 4729) مايكروموز/ سم على التوالي. وأدنى القيم سجلت في بئر (5، 1)، اذ بلغت (474، 638) مايكروموز/ سم على التوالي. ويعود سبب ارتفاع القيم في هذه المواقع الى ان هذه الآبار ضحلة محفورة ضن خزان العصر الرباعي.

شكل (1) تماثل التوزيع التكراري لجميع العناصر الكيميائية المدروسة



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على نتائج التحليلات الكيميائية في برمجيات arc map10.5.1

3. الاملاح الكلية الذائبة (Total Dissolved Solids)T.D.S :

ويمكن تعريفها بأنها جميع المواد الصلبة الذائبة في المحاليل المتأينة وغير المتأينة ولا تتضمن المواد العالقة والغروية والغازات الذائبة مقاسة بوحدات (ppm) ملغم/لتر وتتكون (T.D.S) بصورة رئيسة من مجموع الايونات الموجبة والسالبة، وتعتمد تركيز الأيونات الذائبة ضمن المياه الطبيعية على نوع الصخور والترب التي تكون في حالة تماس معها وعلى الفترة الزمنية التي تستغرقها عملية التلامس[٧].

توجد هناك علاقة طردية بين قيم التوصيل الكهربائي (EC) وتراكيز الاملاح الذائبة (T.D.S) حيث ترتفع قيم التوصيل الكهربائي بارتفاع تراكيز الاملاح الذائبة كما تعتمد تلك العلاقة على سلوك الايونات في المحلول، كما نلحظ من الجدول (2). تمتاز منطقة الدراسة بارتفاع معدلات الملوحة، ولكن بصورة عامة فأن تراكزها تقل تدريجيا من مناطق التغذية الى مناطق التصريف (أي باتجاه حركة المياه الجوفية) حيث تنخفض الملوحة في مناطق التغذية الممتدة الى الجنوب الغربي من منطقة الدراسة بسبب عمليات المزج والتخفيف بين مياه الامطار ومياه الخزان الجوفي. يظهر من الجدول (2) والشكل(1) أن تراكيز الملوحة (T.D.S) تمثلت في منطقة الدراسة بانحراف معياري(203.19) ،اذ تراوحت بين(201_ 975)ملغم/لتر وبمعدل (526.32) ملغم/لتر، ويعزى ذلك إلى تأثير العوامل المناخية المتمثلة بالإشعاع الشمسي والحرارة العالية والتبخر الشديد التي تعمل على زيادة الأملاح الكلية المذابة إذ تزداد عمليات سقي المحاصيل الزراعية مما يؤدي الى زيادة كميات سحب المياه من الآبار ، اما انخفاض نسبها فيعود بسبب الوفرة المائية من الوديان الجافة وزيادة كميات الأمطار التي ترشح مياهها الى داخل الخزان الجوفي مسببة تخفيف تراكيز تلك الاملاح .

يلاحظ من الخريطة (2) ان معدل تركيز الاملاح الذائبة تزداد عن المعدل العام في البئر(15، 16، 19) اذ تتراوح قيمها بين(680_975) ملغم/لتر ،يعزى ذلك كونها آبار ضحلة ومياهها مترشحة عبر ترسبات المتبخرات المميزة لخزان العصر الرباعي او انها مياه عميقة مندفعة عن طريق الصدوع من الخزانات الاقدم .وتنخفض قيمها في الابار الشمالية والشرقية اذا تتراوح قيمها بين (201_ 495) ملغم/لتر في وسبب ذلك يعود لكون مواقع تلك الآبار قريبة من مصادر التغذية المائية ،او بسبب قلة قابلية المياه الجوفية على اذابة المعادن المكونة للصخور لسرعة حركتها في هذه الجهات.

4. العسرة الكلية :(TH) Total Hardness)

تعرف العسرة بأنها قياس محتوى الماء من عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم، وان ارتفاع تراكيز هذه العناصر عن الحدود المسموح بها يجعل تلك المياه عسرة، وتعود العسرة إلى وجود مركبات الكالسيوم والمغنيسيوم على شكل بيكاربونات وكبريتات وكلوريدات في الماء، وتسمى العسرة الكربونية بالعسرة المؤقتة لأنها تترسب بالغليان، أما العسرة غير الكربونية فتسمى بالعسرة الدائمة لأنها لا تترسب أثناء الغليان مثل عسرة الكبريتات والكلوريدات[vi].

إن أهم المصادر الرئيسة للعسرة التي تجهز المياه الجوفية بأيونات الكالسيوم والمغنيسيوم هي صخور الجبس المائية والحصوية التي تكون في حالة تماس مباشر مع هذه المياه وخصوصا في منطقة الدراسة، ويعد قياس العسرة الكلية من الأمور الضرورية لتحديد ملائمة أو عدم ملائمة المياه الجوفية للاستخدامات المختلفة، وتقاس العسرة بدلالة ($CaCO_3$) وبوحدة ملغم/لتر حسب المعادلة الآتية[vii].

$$TH = 2.49(Ca^{+2}) + 4.11(Mg^{+2}) = \text{ملغم/لتر}$$

حيث ان: TH = العسرة الكلية

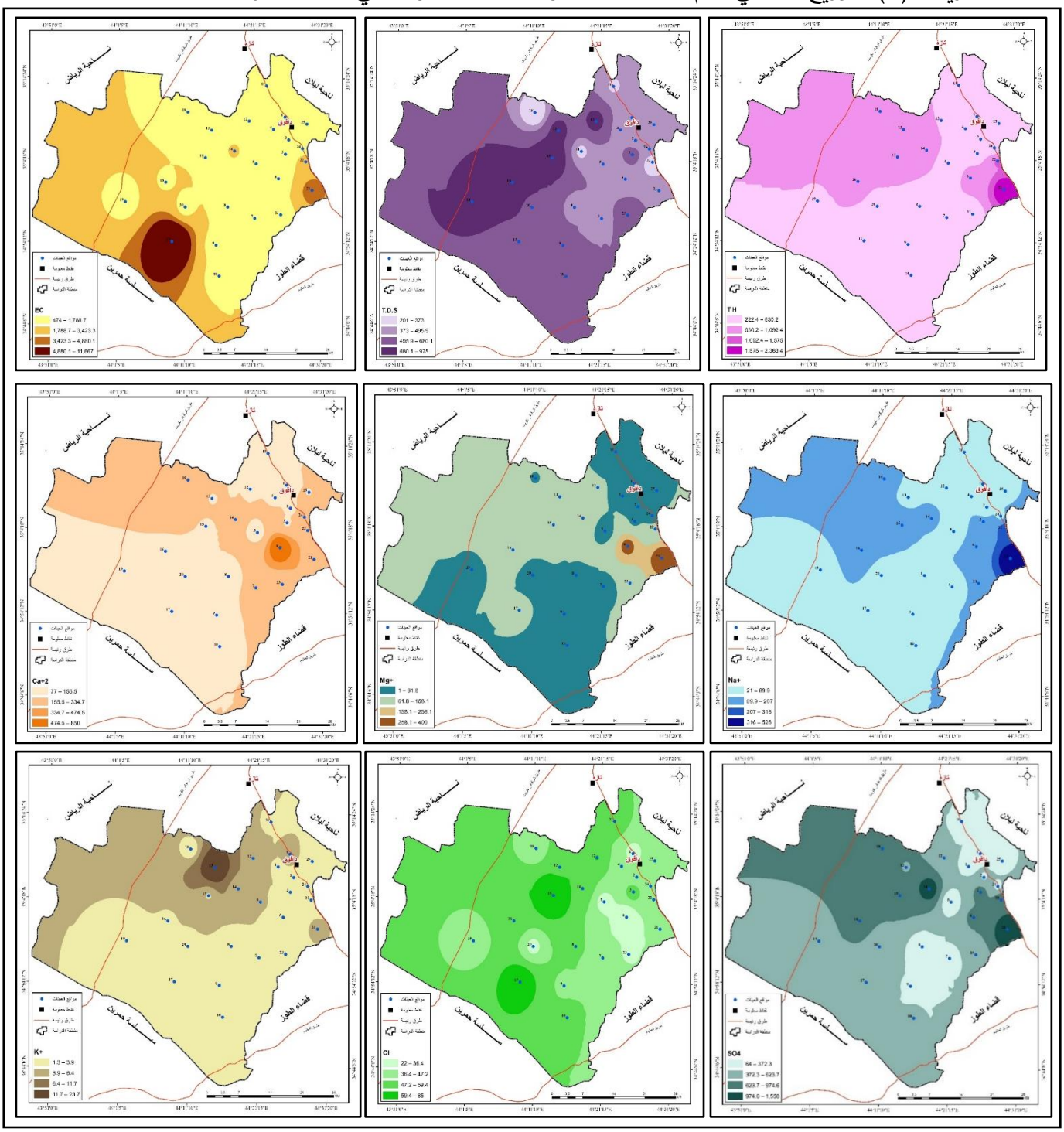
Ca^{+2} = ايون الكالسيوم

Mg^{+2} = ايون المغنيسيوم

يتضح من الجدول (20) والشكل (14) أن تراكيز العسرة الكلية (T.H) في المياه الجوفية تتماثل بانحراف معياري (449.55) اذ تتراوح بين (222.4_ 2363.4) ملغم/لتر، وبمعدل (631.88) ملغم/لتر، ويعود السبب في ذلك الى ارتفاع درجات الحرارة الذي يزيد من عملية تفاعل المياه مع الصخور الجبسية مما يؤدي إلى زيادة تركيز بعض العناصر الكيميائية التي تؤثر على العسرة الكلية للمياه كمركبات الكالسيوم والمغنيسيوم المتواجدة في الصخور المائية الحصوية.

وعند ملاحظة الخريطة (2) نجد هناك تباين موقعي في تراكيز ال (T.H) إذ بلغت أعلى تراكيزها في (بئر 21 ، بئر 22)، والسبب في ارتفاع التراكيز يعود الى تجوية الصخور الكلسية أثناء امرارها للمياه، إذ تتحول (بيكاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) الى كاربونات مترسبة في هذه المواقع، بينما وصلت اقل التراكيز في الابار التي تراوحت قيمها بين (222_630).

خريطة (2) التوزيع المكاني لقيم الخصائص النوعية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على جدول التحليلات الكيميائية، باستخدام برنامج ARC MAP10.5.1.

4-1-2-1. التوزيع المكاني للأيونات الرئيسة (Major Ions):

إن معظم الأملاح المذابة في المياه الجوفية توجد على شكل أملاح متأنية بعض منها ذات شحنة موجبة كاتيون (Cations) وهي (الكالسيوم Ca+2، الصوديوم+ Na، البوتاسيوم + K، والمغنيسيوم Mg2+)، والبعض الآخر ذات شحنة سالبة ايون (Anions) هي الكلور – CL، الكبريتات $SO4^{-}$:

اولاً. الايونات ألموجبة (Cations)

1. ايون الكالسيوم(Ca) Calcium2+ :

يعدّ ايون الكالسيوم من اهم الايونات الرئيسة موجبة الشحنة الموجودة في المياه الجوفية وهنالك عدة مصادر له مثل المعادن غير السلكاتية والمتمثلة بالصخور الحصوية والملحية، الكالسايت، الجبس، الارجونايت وكذلك المعادن السليكاتية مثل (الالبايت، الانورثايت، البايروكسين ،الامفيبول) كما تزداد كمية الكالسيوم في الماء بزيادة الضغط والحرارة[viii]. اذ ان مصدره في منطقة الدراسة ذوبان الصخور الجيرية والحصوية والكبريتية الموجودة بكثرة ضمن جيولوجية المنطقة.

يتضح من الجدول (2) والشكل (1) تماثل تراكيز ايون الكالسيوم بانحراف معياري (154.49) اذ تراوح تراكيزه بين (77_ 850) ملغم/لتر وبمعدل (186.92) ملغم/ لتر. يتبين من ذلك إن تراكيز ايون الكالسيوم تنخفض نتيجة عمليات التخفيف داخل الخزان الجوفي اذ تصل اعلاها في المواقع(بئر 6، بئر 22، بئر 21، بئر 18) فبلغت(850، 374، 289، 289)ملغم /لتر على التوالي، وتنخفض في (بئر5، بئر8، بئر1، بئر9) لتسجل(77، 77، 102، 102) ملغم/لتر على التوالي، وان هذا الارتفاع في تراكيز الكالسيوم يرجع إلى ارتفاع درجات الحرارة التي تزيد من قدرة التفاعلات الكيميائية للمياه وبالتالي إذابة الصخور الغنية بالمواد الكاربونية والكبريتية كما تسهم الفعاليات البشرية في إطلاق أيون الكالسيوم وزيادته.

ومن ملاحظة الخريطة (2) إذ يزداد تركيز هذا الايون في الشمالية من منطقة الدراسة لوجود نسبة عالية من الجبس فتزداد عملية التجوية والإذابة في هذا النوع من الصخور، وكذلك في المناطق الوسطى بسبب عمليات الإذابة لكونها مناطق تصريف حيث تبقى المياه مخزونة لفترة اطول فتزداد عمليات التبادل الايوني بين المياه والطبقات الصخرية.

2. ايون المغنيسيوم Magnesium)) Mg^{+2} :

إن مصادر ايونات المغنيسيوم في المياه الجوفية تعزى الى وجود الصخور الكاربوناتية وبالأخص الحصوية، وكذلك المعادن الطينية الموجودة في المنطقة، إذ يعمل غاز ثاني اوكسيد الكربون المذاب في مياه الأمطار على اذابة المغنيسيوم واغناء المياه الجوفية بأيوناته، يصل تركيز المغنيسيوم في مياه الامطار (288) مايكرو غرام/لتر، وفي مياه الانهار (4.1) ملغم/ لتر، وفي المياه الجوفية يصل الى (7) ملغم/ لتر[ix]. وان مصدر تواجده في منطقة الدراسة هو التجوية الكيميائية للصخور الحصوية المنتشرة ضمن جيولوجية المنطقة حيث تذوب املاح المغنيسيوم بشكل كلوريدات اوكبريتات.

يتضح من الجدول (20) والشكل (16) والخريطة (20) تماثل تركيز المغنيسيوم بانحراف معياري (95.15)، اذ تراوحت تراكيز ايون المغنسيوم (1_ 400) ملغم/لتر وبمعدل (77.48) ملغم/لتر. ويلاحظ من الخريطة (19) إن تراكيز ايون المغنسيوم تنخفض اذ تصل ادناها في المواقع (بئر2، بئر5، بئر10، بئر7) فبلغت (1، 7، 9، 10) ملغم/لتر وترتفع في المواقع (بئر21، بئر 6) لتسجل (400، 341) ملغم/لتر على التوالي، يعزى هذا الارتفاع في هذه المواقع الى ان المياه فيها تتدفق من طبقات غنية بالمغنيسيوم.

3. ايون الصوديوم (Na^+ (Soudium)) :

وبما ان عنصر الصوديوم شائع في مناطق العراق وتحديدا ضمن المناطق السهلية فقد اثر على زيادة تراكيزه في المياه الجوفية اذ تؤدي مياه الري والأمطار المترشحة الى زيادة نسبته في المياه الجوفية ،حيث يصل تركيزه في مياه الأنهار (6.3)ملغم/لتر ، وفي المياه الجوفية (30) ملغم/لتر[x].

وإن المصدر الأساس لمعظم أيونات الصوديوم في المياه الطبيعية يرجع إلى المعادن الطينية ومعدن(الهالايت) الموجودة بصورة رئيسة في رسوبيات الفتحة والعصر الرباعي، وهو من العناصر القلوية في المحلول المائي ومصدره في منطقة الدراسة هو تجوية صخور المتبخرات الموجودة ضمن طباقية المنطقة، كما يمكن ان يكون مصدره من المياه العميقة المنبثقة عبر صدوع والفواصل .اذ تتميز املاح الصوديوم بانحلالها الشديد في المياه ولا تترسب بسهولة ويمكن ان تزال كميات كبيرة من ايون(+ Na)من المياه بفعل عملية التبادل الايوني[xi].

يشير الجدول (2) والشكل (1) تماثل توزيع الصوديوم في منطقة الدراسة بانحراف معياري (100.74)، اذ تراوحت تراكيز ايون الصوديوم بين (21_526) ملغم/لتر وبمعدل (104.54) ملغم/لتر.

عند ملاحظة الخريطة (2) نجد هناك تباين موقعي في تراكيز الصوديوم اذ بلغ اعلى تركيز في البئر (21، 22) إذا وصلت التراكيز الى (526، 286.5) ملغم/لتر على التوالي، فهي آبار ضحلة تمثل خزان العصر الرباعي، بينما وصل اقل تركيز في البئر (5، 25، 7، 1، 2) اذ بلغ تركيزه (21، 37.5، 41.5، 50، 55.5) ملغم/لتر على التوالي، اذ انها تعتبر آبار عميقة تمثل خزان التكوينات القديمة.

4. البوتاسيوم (Potassium) (K) :

إن وجود أيون البوتاسيوم مقترن مع وجود أيون الصوديوم في القشرة الأرضية، لكن تركيز أيون البوتاسيوم في المياه الطبيعية أقل من تركيز ايون الصوديوم، وذلك لاستقراريه البوتاسيوم تجاه عوامل التجوية المختلفة، وسهولة امتصاصه من قبل المعادن الطينية. اذ إن مصادر أيون البوتاسيوم هي(الاورثوكلس و المايكروكلايت و المايكا و السلفايت وصخور المتبخرات).[xii]

يبين الجدول (2) والشكل (1) تماثل توزيع البوتاسيوم في منطقة الدراسة بانحراف معياري (4.21)، وان زيادة او نقصان تركيزه يعود إلى التخفيف نتيجة التغذية المباشرة للأمطار والوديان الجافة كما اسلفنا مع بقية العناصر ، حيث ان نسبة وجوده قليلة في المنطقة ويعزى سبب ذلك الى وجوده في المعادن التي لا تنحل بسهولة بل تتمتع باستقراريه عالية حيث يدخل ضمن المشبك البلوري لهذا المعدن بحيث تصعب ازاحته، مما يؤدي الى استنزافه من المياه باستمرار.[xiii]

تراوحت تراكيز ايون البوتاسيوم (1.3_ 23.7) ملغم/لتر وبمعدل (4.02) ملغم/لتر، اذ تختلف قيمته باختلاف مناطق التغذية والتصريف. اما مصدره الاساس في منطقة الدراسة هي تجوية المعادن الطينية التي توجد ضمن تكوين الفتحة وانجانة في منطقة الدراسة.

عند ملاحظة الخريطة (2) نجد هناك تباين موقعي في تراكيز البوتاسيوم اذ بلغ اعلى تركيز في (بئر 13) إذ وصل تركيزه الى (23.7) ملغم/لتر ويعود سبب ذلك الى تركز ايون البوتاسيوم في الصخور

الحاوية للمياه في هذه المناطق، بينما وصل اقل تركيز في الابار التي تتراوح قيمها بين (1.3_3.9) ملغم/لتر على التوالي، ويعزى ذلك لوقوعها ضمن منطقة منخفضة تتجمع فيها المياه السطحية من الأمطار فتزداد عمليات التخفيف داخل الخزان الجوفي.

ثانياً. الأيونات السالبة (Anions):

وتشمل دراسة أيونات الكلوريد والكبريتات وكالآتي: -

1. أيون الكلوريد ((Chloride) CL^-):

يوجد أيون الكلوريد بصورة اقل في المياه العذبة عنها في المياه الطبيعية وينتج من ترسبات صخور المتبخرات مثل الهالايت (Halite) والسلفيات (Sulfite) ومن مياه البحر القديمة وهي شائعة الوجود في منطقة الدراسة الموجودة ضمن ترسبات قديمة جزئياً ومن مياه الأمطار[xiv].

وهنالك مصادر أخرى للكلوريد وهي الفضلات العضوية كالسماد البوتاسي ويوجد في العلف الحيواني والفضلات الصناعية ومياه الري كما أن معالجة المياه بالكلوريد يمكن أن تؤدي إلى زيادة تراكيز الكلوريد في المياه الجوفية يكون تركيز الكلوريد في الأمطار (3198) مايكروغرام/لتر، وفي المياه السطحية (7 – 8) ملغم/ لتر، اما في المياه الجوفية فيصل الى (20)ملغم/لتر[xv].

يبين الجدول (2) والشكل (1) تماثل توزيع الكلوريد في منطقة الدراسة بانحراف معياري (14.34)، وتراوحت تراكيز ايون الكلوريد بين (22_85) ملغم/لتر وبمعدل (46.32) ملغم/لتر. وان قله نسبته وزيادتها تعود الى عملية التخفيف التي تتعرض لها المياه الجوفية خلال الفصل الرطب او الجاف.

عند ملاحظة الخريطة (23) نجد هناك تباين موقعي في تراكيز الكلوريد اذ بلغ اقل تركيز في بئر (6، 5، 1) اذ وصلت التراكيز الى (22، 30، 30) ملغم/لتر على التوالي ووصل أعلى تركيز في البئر (15) الواقع ضمن ترسبات الزمن الرباعي.

2. ايون الكبريتات (So^4)(Sulfate):

يوجد أيون الكبريتات في المياه الجوفية بسبب تفكك وذوبان صخور المتبخرات (Evaporates) مثل الجبس ($CaSo4.2H2O$) (Gypsum)، الصخور المائية($CaSo4$) (Anhydrite) وقد ينتج من تحلل المواد العضوية ومن الأسمدة المستعملة في الزراعة[xvi]، وعادة يكون للماء طعم يميل إلى المرارة إذا ما احتوى على كبريتات المغنيسيوم والصوديوم، ويكون تركيز الكبريتات في مياه الامطار (576) مايكروغرام /لتر، وفي الأنهار (3.7) ملغم/لتر، وفي المياه الجوفية (30) لغم/لتر [xvii].

يبين الجدول (2) والشكل (1) تماثل توزيع الكبريتات في منطقة الدراسة بانحراف معياري (364.93)، اذ تراوحت تركيزات ايون الكبريتات (64_1558) ملغم/لتر وبمعدل (538.72) ملغم/لتر، يلاحظ ارتفاع هذه التراكيز بشكل أكبر من باقي الايونات لوجود رواسب الكبريتات بكثرة ضمن تكوين الفتحة.

عند ملاحظة الخريطة (2) نجد أن تركيز أيون الكبريتات يزداد في اطراف المنطقة ويقل باتجاه الوسط، وذلك لقلة ذوبان الصخور المائية($CaSO4$)، والتخفيف من المياه المترشحة ،اذ وصل اعلى تركيز في

البئر (21، 14) في منطقة تتميز بوجود المواد الهايدروكاربونية بقيمة (1558، 1306) ملغم/لتر ، فيما وصل اقل تركيز في الابار التي تنحصر فئاتها بين (64_372) ملغم/لتر.

3. صلاحية المياه الجوفية للاستعمالات المختلفة (Ground Water Utilization):

تعتمد نوعية المياه الجوفية التي تحدد استعمالات المياه للأغراض المختلفة بصورة عامة على الخواص الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية للمياه، وأن صلاحية المياه للاستعمالات المختلفة تحدد بما تحتويه من المواد الكيميائية والحيوية وحسب الخواص الفيزيائية لها، كما تعتمد نوعية المياه الجوفية على تراكيز الملوثات غير العضوية الأخرى مثل، الخارصين وغيرها، اذ إن نوعية المياه مهمة بأهمية توافر المياه ذاتها، حيث تكون المياه صالحة لاستعمال معين وغير صالحة للاستعمالات الأخرى.

1. صلاحية المياه الجوفية لشرب الإنسان *Groundwater for drinking human validity*

أن تركيز المكونات في مياه الشرب مهم جدا من الناحية الصحية في الوقت الذي يكون معدل شرب البالغين (2.2 لتر/اليوم) وبذلك يكون الماء أكثر الطرق تأثيرا على الإنسان، اذ يتصف الماء الصالح للشرب بانعدام اللون والطعم والرائحة. ولغرض تقييم مياه المنطقة تم مقارنتها بمواصفات قياسية عراقية (2009)، ومواصفات قياسية عالمية (WHO,2004) في الجدول (3) وكآلاتي فكانت نتائج تلك المقارنة ما يلي :-

جدول (3) مقارنة مواصفات مياه منطقة الدراسة مع المواصفات العراقية ومنظمة WHO وبوحدات (ملغم/لتر)

العناصر	المواصفات العراقية (2009)	منظمة الصحة العالمية (WHO,2004)	مدى التراكيز
اللون	لا يوجد	لا يوجد	لايوجد
الطعم	مقبول	لا يوجد	عذب_ قليل الملوحة
الرائحة	مقبول	لا توجد	لاتوجد
الاس الهيدروجيني PH	8.5_6.5	8.5_6.5	7.78_7.4
EC	1500	1530	11667_474
TDS	1000	1000	975 _201
TH	500	500	2363.4 _222.4
Ca	50	75	850 _77
Mg	50	125	400 _1
Na	200	200	526_21
K	-	12	23.7 _1.3
Cl	250	250	85_22
So4	250	250	1558_64

المصدر: من عمل الباحثين اعتماداً على:

- world Health organization(WHO), Guidelines – for Drinking water Quality –Geneva , Switzerland , edition , 2004 , p488-493
- المواصفات القياسية العراقية، مسودة تحديث المواصفات القياسية المرقم 424، 2009، ص 4-5.

فكانت النتائج كالاتي:

أ. فيما يخص قيم ال (– PH) فأن جميع العينات المدروسة ضمن الحدود المسموحة لصلاحية المياه للشرب البالغة (6.5 – 8.5).

ب. من ناحية التوصيلية الكهربائية (– EC)، والاملاح الكلية الذائبة(TDS) فأن اغلب النماذج المائية للمنطقة تقع داخل الحدود المسموحة للشرب مع وجود مناطق قليلة جداً تقع خارج نطاق الحدود المسموح بها. وعند مقارنة تراكيز الأملاح الذائبة الكلية (T.D.S) للمياه الجوفية في منطقة الدراسة مع تصنيف (Todd,1980) ظهرت أن مياه منطقة الدراسة متغيرة مالحة الى عذبة سوى بئر واحد مالح جداً وكما في الجدول (4).

جدول (4) تصنيف المياه لعنصر (TDS) بحسب معيار Todd ,1980

صنف الماء	تصنيف Todd,1980	عدد العينات لكل صنف
عذب	صفر_ 1000	11
مالح	10000_1000	13
مالح جداً	100000 _10000	1
شديد الملوحة(اجاج)	اكثر من 100000	0

المصدر: اعتماداً على : محمود عبدالحسين جويهل الجنابي ، هيدروكيميائية الخزان الجوفي المفتوح وعلاقته مياهه برسوبيات المكمن الجوفي في حوض تكريت . سامراء شرق دجلة) ، أطروحة دكتوراه (غير منشورة) ، كلية العلوم ، جامعة بغداد ، 2008 , ص40.

ج. من ناحية العسرة الكلية (– TH) فإن كل النماذج المائية للمنطقة تقع خارج الحدود المسموحة لها، اذ تقسم المياه بصورة عامة حسب عسرتها الى اربعة اقسام حسب تصنيف (Todd) من ماء يسر الى عسر جدا. حيث اظهر التصنيف ان جميع مياه آبار منطقة الدراسة هي من النوع الثالث والرابع (عسر، عسر جدا). لاحظ الجدول (5).

جدول (5) تصنيف المياه للعسرة الكلية (TH) بحسب معيار Todd ,1980

صنف الماء	تصنيف Todd,1980	عدد العينات لكل صنف
يسر	صفر_ 75	0
متوسط العسرة	150_76	0
عسر	300_151	3
عسر جداً	اكثر من 301	22

المصدر: بالاعتماد على: جوان سمين الجاف، المياه الجوفية في محافظة السليمانية واستثماراتها، أطروحة دكتوراه، كلية التربية (ابن رشد)، جامعة بغداد، 2011، ص 175.

د. فيما يخص الايونات الرئيسة الموجبة فأن قيمتها تختلف بين عنصر واخر فبالنسبة لأيون الكالسيوم فأنها جميعا تقع خارج حدود الصلاحية ولكنها تقترب من الحدود العليا له في بعض العينات، اما ايون المغنسيوم فأنها تقع اغلبها ضمن حدود الصلاحية في المواصفات العالمية (WHO) سوى بئر (14، 6، 21). اما ايون الصوديوم Na فأن اغلب العينات تقع ضمن حدود الصلاحية سوى بئر (22، 21). اما فيما يخص البوتاسيوم فأنها جميعا تقع ضمن حدود الصلاحية بالنسبة للمواصفات العالمية (WHO).

ذ. بالنسبة للأيونات السالبة، وفيما يخص ايون الكلوريد (Cl) فأنه قيمه تقع جميعاً ضمن حدود الصلاحية للمواصفات العالمية والعراقية، اما ايون الكبريتات ((So4فان جميع العينات تقع خارج الحدود المسموح بها العراقية والعالمية سوى بئر (5، 25، 8) وان وجود هذه التراكيز اكثر من حدودها المسموح بها في الماء، يؤثر في الصحة العامة ويسبب امراضا مختلفة للذين يشربون من تلك المياه على نحو غير مستمر[xviii].

ويتبين مما تقدم عدم صلاحية مياه منطقة الدراسة لأغراض شرب الانسان، لارتفاع تراكيز العناصر المهمة كالكبريت مثلاً عن الحدود المسموح بها، فإن صلحت لعنصر معين فلا تصلح لعنصر آخر.

2. صلاحية المياه الجوفية لأغراض الزراعة (Ground Water Uses For agricultural purposes)

من أهم المعايير المهمة في صلاحية المياه لأغراض الزراعة هي تركيز الملوحة (TDS) والتوصيلية الكهربائية (EC)، ونسبة امتزاز الصوديوم (SAR) والنسبة المئوية لأيون الصوديوم (+Na%)، وهذه العناصر لا تؤثر فقط على نمو النباتات بل في خواص التربة أيضا، فوجود الأملاح يؤثر سلبيا في نمو النباتات إضافة لتأثيره في التربة وعلى عملية النفاذية والتهوية مما يعرقل نمو النباتات بصورة غير مباشرة، ويتم تحديد نوعية المياه المخصصة للري استنادا إلى نسبة امتزاز الصوديوم وتركيز أيون الصوديوم اللذان يعدان ذا أهمية في الاستعمال الزراعي للمياه الجوفية نظرا لما له من اثر على خواص التربة الطبيعية فإذا زاد تركيزه قلت النفاذية، إضافة إلى المتغيرات الهيدروكيميائية المتمثلة بالأيونات الموجبة والسالبة، وقد صنفت مياه الري حسب نظام مختبر الملوحة الأمريكي إلى أربعة أصناف على أساس التأثير المشترك لكل من قيمة التوصيل الكهربائي(EC) مقاسة بوحدة (مايكروموز/سم)، وتركيز المواد الصلبة الذائبة(TDS) مقاسه بوحدة (ملغم/لتر)[xix].كما في الجدول (6).

جدول (6) صلاحية المياه للري حسب تصنيف مختبر الملوحة الأمريكي (US– Salinity Lab) بالنسبة لمحتواه من الاملاح الكلية (TDS) وقيمة التوصيل الكهربائي (EC)

صنف الماء	التوصيل الكهربائي (مايكروز/سم)	كمية المواد المذابة TDS (ملغم/ لتر)	مدى الملائمة
قليل الملوحة C1	250 _100	صفر_160	الماء ملائم لأغلب النباتات ولمعظم الترب
متوسط الملوحة C2	750_250	480 _ 160	الماء ملائم للنباتات جيدة التحمل للأملاح في حالة وجود غسل متوسط للتربة
عالي الملوحة C3	2250_750	1440 _ 480	الماء ملائم للنباتات المقاومة للملوحة وعلى ترب جيدة البزل مع ضرورة وجود نظام البزل وغسل جيد للتربة
عالي الملوحة جداً C4	5000_2250	3200 _1440	الماء ملائم للنباتات المتحملة جداً للملوحة وعلى تربة نفاذة جيدة للبزل مع وجود غسل شديد للأملاح

المصدر: اعتماداً على: محمد انيس الليلة، امكانية استعمال المياه الجوفية للأغراض الزراعية والري في مدينة الموصل، مجلة التربية والعلوم، العدد (11) 1993، ص27.

ومن ملاحظة الجدول (6) ومقارنته مع قيمة التوصيلية الكهربائية وتركيز المواد الصلبة الذائبة لمنطقة الدراسة الجدول (5) يتضح أن المياه الجوفية في منطقة الدراسة ومع قيمة التوصيلة الكهربائية تكون ضمن صنف متوسطة الملوحة C2 (ملائم للنباتات جيدة التحمل للأملاح في حالة وجود غسل متوسط للتربة) والصنف الثالث عالية الملوحة C3 (ملائم للنباتات المقاومة للملوحة وعلى ترب جيدة البزل مع ضرورة وجود نظام البزل وغسل جيد للتربة) باستثناء بئر (17) فقد جاء بملوحة عالية جداً.

اما قيم تركيز الصلبة الذائبة TDSفقد جاءت ضمن الأصناف الثلاثة الأولى ولكن اغلبها ضمن الصنف الثاني الذي يمتاز بالملوحة المتوسطة C2 (ملائم للنباتات جيدة التحمل للأملاح في حالة وجود غسل متوسط للتربة).

أ. نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) (Sodium Adsorption Ratio):

وهي إحدى المعاملات الهيدروكيميائية التي توضح العلاقة بين نسبة أملاح الصوديوم التربة، ويؤدي (PH) إذ إن زيادة تركيزه يؤدي إلى زيادة، (Mg+ والمغنسيوم) 2 (Ca+ أملاح الكالسيوم) 2 إلى تحطيم بناء التربة وتشتت جزيئاتها الغروية وتحويلها إلى تربة قلوية لا يسهل استصلاحها، مما يتطلب مراقبة هذه النسبة باستمرار في مياه الري[xx].

وتحدد بموجبها درجة صلاحية (epm) ويمكن احتسابها من المعادلة الآتية على أساس ملي مكافئ/لتر:

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}}$$

وعند احتساب نسبة (امتزاز الصوديوم) لعينات منطقة الدراسة في الجدول (26) ومقارنتها مع فيها نلاحظ ان جميع العينات المدروسة تتراوح قيم(3.2_ 28.3) وكما في الجدول (25)، وهذا يعني ان

مياه منطقة الدراسة تقع ضمن الصنف(1) ولمعظم أنواع الترب تقريبا عدا المحاصيل الحساسة جدا للصوديوم باستثناء العينات (بئر 5، بئر 10، بئر 16) تقع ضمن الصنف الثاني S2 الملائم للترب ذات النسجة الخشنة وذات نفاذية جيدة ، وغير بئر (22) فأنها تقع ضمن الصنف(S3) (الماء ضار لأغلب الترب وتتطلب بزل وغسل جيد مع استعمال الجبس)، والبئر (21) الذي يقع ضمن الصنف S4 (ماء عادة يكون غير صالح لأغراض الري).

جدول (7) صلاحية المياه للري حسب تصنيف مختبر الملوحة الأمريكي (US– Salinity Lab) لمياه الري حسب قيمة SAR))

صنف الماء	SAR	مدى الملائمة
قليل الصوديوم S1	صفر_ 10	الماء ملائم لري معظم المحاصيل ولمعظم أنواع الترب تقريباً عدا المحاصيل الحساسة جداً للصوديوم
متوسط الصوديوم S2	10_ 18	الماء ملائم للترب ذات النسجة الخشنة وذات نفاذية جيدة وغير ملائم للترب الناعمة النسجة لاسيما عند عدم كفاية الغسل ووجود كمية قليلة من الجبس في التربة
عالي الصوديوم S3	18_26	الماء ضار لأغلب الترب وتتطلب بزل وغسل جيد مع استعمال الجبس
عالي الصوديوم جداً S4	اكثر من 26	الماء عادة يكون غير صالح لأغراض الري

المصدر: كاظم مكي ناصر العزاوي و احمد عبد الوهاب عبد الرضا العرازة، دراسة الخصائص الكيميائية لبعض مياه أبار كلية الزراعة – جامعة بغداد وتقييم صالحيتها للاستخدامات الزراعية والمنزلية، قسم علوم التربة والموارد المائية – كلية الزراعة – جامعة بغداد، مجلة العلوم الزراعية العراقية –43(61): 59–70، 2012، ص64.

ب. النسبة المئوية (Na%+)

وهو احد المؤشرات للكشف عن مدى صلاحية الماء للري، لأن تركيز أيون الصوديوم مهم في تصنيف المياه للري، وذلك لأن الصوديوم يتفاعل مع التربة ويقلل من نفاذيتها ويزيد من صلاحيتها نتيجة لحصول التبادل الأيوني بين الأيونات الموجبة (الكالسيوم والمغنيسيوم) مع (الصوديوم) في المعادن الطينية[xxi]، وتستخرج هذه النسبة من المعادلة الآتية على اساس ملي مكافئ: epm[xxii]

$$Na\% = \frac{Na + K}{Ca + Mg + Na + K} \times 100$$

حيث تصنف مياه الري وفق هذه المعادلة الى الأصناف الآتية:

ممتاز اقل من –20%.

جيد% 20 – 40%.

مقبول% 40– 60%.

يشك بصلاحيته80% – 60%.

غير صالح أكثر من% 80.

وعند مقارنة النسبة المئوية للصوديوم (Na%) لمنطقة الدراسة في الجدول (8) مع التصانيف اعلاه، يتبين انها تقع في ثلاث أصناف، الأولى (ممتاز) اقل من20% في العينات (بئر 6، بئر25، بئر7)، والثاني (جيد) ما بين (20_ 40) % ويمثل اغلب عينات منطقة الدراسة، والثالث مقبول (40_60) % في العينات (بئر 10، بئر 21).

جدول (8) نسبة امتزاز الصوديوم SAR والنسبة المئوية Na%

رقم العينات	SAR	%Na
1	6.5	31.8
2	6.9	31.3
3	10.0	35.4
4	8.6	32.1
5	3.2	23.2
6	5.4	10.1
7	4.3	19.2
8	7.7	33.3
9	9.4	37.7
10	10.7	41.3
11	8.2	31.8
12	6.9	26.6
13	7.3	30.3
14	8.5	25.5
15	10.4	31.2
16	10.9	33.4
17	9.4	34.1
18	7.8	23.1
19	7.3	27.0
20	7.8	30.5
21	28.3	43.5
22	19.3	39.6
23	7.4	24.5
24	6.6	26.1
25	3.9	17.3

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على التحليلات الكيمائية. وتطبيق المعادلتين الخاصة بهما.

ج. التباين في قابلية تحمل المحاصيل الزراعية للأملاح الذائبة في المياه الجوفية:

تختلف قدرة تحمل النباتات للأملاح الصلبة المذابة والتوصيلية الكهربائية من نبات إلى أخر فلكل نبات قدرة تحمل معينة، واعتمادا على تصنيف (Todd,1980) لنوعية المحاصيل الزراعية وبحسب قدرة تحملها ومقاومة النبات للظروف البيئية القاسية، إذ إن إنتاجية كل نبات يتوقف على مقاومته لهذه الظروف وكذلك خواص التربة ونسيجها وقابليتها على الاحتفاظ بالماء والمواد العضوية فضلا عن طرائق الري والإدارة الصحيحة ونوع المحاصيل والمناخ السائد في المنطقة. والجدول (9) يوضح هذا التصنيف.

جدول (9) مقدار تحمل المحاصيل الزراعية لتراكيز الملوحة اعتماداً على قيم EC ملغم/لتر

أصناف المحاصيل	المحاصيل المقاومة للتراكيز الواطئة من الاملاح الذائبة في المياه	المحاصيل المقاومة للتراكيز المتوسطة من الاملاح الذائبة في المياه	المحاصيل المقاومة للتراكيز العالية من الاملاح الذائبة في المياه
الفواكه	(EC(0_ 3000 الليمون، الفراولة، الخوخ، المشمش، اللوز، البرتقال، التفاح، الاجاص	(EC(3000_ 4000 الزيتون، التين، الرمان	(EC(4000_ 10000 أشجار النخيل
الخضراوات	(EC(3000_ 4000 البقول الخضراء، الكرفس، الفجل	(EC(4000_ 10000 الخيار، البزاليا، البصل، الجزر، البطاطا، الخس، القرنابيط، الطماطة	(EC(10000_ 120000 السبانغ، البنجر، اللفت
المحاصيل الحقلية	(EC(4000_6000 البقول الحقلية	(EC(6000_ 10000 عباد الشمس، الذرة، الرز، الحنطة	(EC(10000_ 16000 القطن، بنجر السكر، الشعير

المصدر: اعتماداً على:

David Keith Todd, Ground water Hydrology, John wiley and Sons, U.S.A., 1980. P. 188- 189.

تنتشر في منطقة الدراسة زراعة المحاصيل الشتوية مثل الحنطة والشعير، كما وتنتشر زراعة المحاصيل الصيفية مثل الذرة الصفراء والخيار والطماطم، وعند مقارنة محددات الجدول (9) مع التوصيلية الكهربائية لعينات منطقة الدراسة لفترة الدراسة يتبين ما يأتي:

- اغلب عينات منطقة الدراسة تصلح لزراعة الفواكه (الليمون، الفراولة، الخوخ، المشمش، اللوز، البرتقال، التفاح، الاجاص)، باستثناء بئر (21) فأنه يصلح لزراعة (الزيتون، التين، الرمان)، وبئر (17) فأن لا يصلح لزراعة أي شي.
- لا تصلح اغلب عينات منطقة الدراسة لزراعة الخضراوات ماعدا بئر (21) فأنه يصلح لزراعة (الخيار، البزاليا، البصل، الجزر، البطاطا، الخس، القرنابيط، الطماطة)، وبئر (17)، يصلح لزراعة (السبانغ، البنجر، اللفت).

- لا تصلح جميع عينات منطقة الدراسة للمحاصيل الحقلية ماعدا بئر (21) فأنه يصلح لزراعة (البقول الحقلية)، وبئر (17) يصلح لزراعة (القطن، بنجر السكر، الشعير).

3. صلاحية المياه الجوفية لشرب الحيوانات Groundwater validity of the animals to drink:

تعد الحدود المقترحة والمسموح بها للاستخدام البشري حدود جيدة لاستخدامها من قبل الحيوانات ولكن اغلب الحيوانات تتمكن من شرب المياه ذات النوعية الرديئة غير المسموح بها لشرب الانسان وان لبعض الحيوانات القابلية على شرب مياه ذات تركيز (10000) ملغم/لتر من الاملاح الكلية(TDS). وهناك مواصفات مقترحة من قبل (Altoviski) للمياه الصالحة لأغراض الاستهلاك الحيواني، كما في الجدول (10).

جدول (10) مواصفات المياه للاستخدام الحيواني

تركيز الايونات/ملغم/لتر	مياه جيدة جداً	مياه جيده	مياه مسموح باستخدامها	مياه يمكن استخدامها	مياه لا يمكن استخدامها
الصوديوم	800	1500	2000	2500	4000
الكالسيوم	350	700	800	900	1000
المغنسيوم	150	350	500	600	700
الكلوريدات	900	2000	3000	4000	6000
الكبريتات	1000	2500	3000	4000	6000
العسرة الكلية	1500	3200	4000	4700	5400

المصدر: محمود عبدالحسين جويهل الجنابي، هيدروكيميائية الخزان الجوفي المفتوح وعلاقته مياهه برسوبيات المكمن الجوفي في حوض تكريت . سامراء شرق دجلة)، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية العلوم، جامعة بغداد ، 2008 , ص166.

وعند مقارنة نتائج تحليل مياه منطقة الدراسة الجدول (2) بالجدول (10) من ناحية تراكيز الايونات، يتضح أن المياه الجوفية في منطقة الدراسة تتراوح بين (مياه جيدة جدا) الى (مياه مسموح باستخدامها) في عينات قليلة جداً للصنف الثالث وانما على الاغلب جيده جداً للاستخدام.

4. صلاحية المياه الجوفية لأغراض الصناعة *Ground Water Suitability For industrial purposes*: –

أن استخدام المياه للأغراض الصناعية المختلفة تتطلب مواصفات متعددة من الناحية النوعية ولكل صناعة مواصفاتها الخاصة بها حيث أن الخلل في مواصفات المياه المستخدمة تنعكس على نوعية الإنتاج لتلك الصناعة.

يبين الجدول(11) مواصفات المياه المستخدمة للأغراض الصناعية، وعند مقارنة نتائج التحاليل الكيميائية للنماذج المائية في منطقة الدراسة مع هذه المواصفات، يتضح عدم ملائمتها لجميع انواع الصناعات الموجودة في الجدول حيث أنها في حالة ملائمتها لعنصر معين فان عنصر آخر يكون غير ملائمة لها، خصوصا بالنسبة للعسرة الكلية التي تكون عالية جدا في منطقة الدراسة وكذلك تركيز أيون

الكبريتات (SO4) ،الذي يكون له تأثير سلبي بسبب تركيزه العالي، فضلا عن ارتفاع تراكيز بقية الايونات الموجبة والسالبة ، لذا فان هذه المياه قد يمكن استخدامها في حالة إمكانية معالجتها في بعض النواحي.

جدول (11) نوعية المستخدمة في الصناعة

تركيز العناصر (ملغم/لتر)	صناعة الاسمنت	صناعة الجلود	الصناعات الغذائية	الصناعات الكيميائية	المنتوجات النفطية	صناعة البلاستك	صناعة النسيج	المصافي
pH	٨,٥-٦,٥	٨-٦	٦,٥	٩-٦	٩-٦	٨,٣-٦,٥	٨-٦,٥	٩-٦
T.D.S	٦٠٠	-	-	٥٠٠	١٠٠٠	-	١٠٠٠	-
T.H	-	-	٣١٦	١٠٠٠	٣٥٠	٣٥٠	٩٠٠	٩٠٠
Ca	-	-	١٠٠	٩,٩٨	٧٥	٨٠	١٠٠	١٠,٩٧
Mg	-	-	-	-	٣٠	٣٦	٥٠	٦,٩٩
Cl	٢٥٠	٢٥٠	٥٠٠	١٤,١٠	٣٠٠	-	٥٠٠	١٣
SO_4	٢٥٠	٢٥٠	٥٠٠	١٧,٩٦	-	-	١٠٠	١١,٨٦

المصدر: بالاعتماد على: سندس محمد علوان الزبيدي، المياه الجوفية في قضاء المحمودية وسبل استثمارها، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، كلية التربية للبنات, 2011 ,ص 121.

وعند مقارنة الجدول (11) مع نتائج التحليلات الكيميائية جدول (2) يتضح الاتي:

- بالنسبة لقيم PHفأنها تصلح لجميع أنواع الصناعات كونها تنحصر ضمن الفئة المطلوبة في اغلب الصناعات ولاتتعداها.
- اما بالنسبة لقيم T.D.S فأنها تصلح على الاغلب لصناعة الاسمنت والصناعات الكيميائية وعدم صلاحياتها للصناعات الأخرى.
- ان قيم العسرة الكلية T.H فأنها ملائمة لبعض الصناعات في مواقع وعدم وملاءمتها في بعض الصناعات في مواقع أخرى، لكن بالمجمل العام ملائمة نوعاً ما.
- لا تصلح قيم Ca للصناعات الكيمياوية والمصافي في منطقة الدراسة، وتصلح في اغلب المواقع للصناعات الأخرى.
- لا تصلح قيم Mg في اغلب مواقعها لأغلب الصناعات، باستثناء صناعة النسيج فأن اغلب المواقع تصلح لصناعته.
- اما فيما يخص قيم Cl فأنها لا تصلح لجميع الصناعات باستثناء الصناعة الكيمياوية والمصافي في بعض مواقعها.
- وبالنسبة لقيم SO4 فأنها لا تصلح لأغلب الصناعات بالمجمل العام.

ان منطقة الدراسة لا تمتلك الكثير من الصناعات سوى معمل لصناعة الاسمنت ومعمل للأملاح، بالإضافة الى بعض المقالع التي تستخدم المياه الجوفية لغرض غسل الرمل والمعادن الاخرى، وكما

يلاحظ في الجدول (11) عدم صلاحية المياه الجوفية في المنطقة لصناعة الاسمنت لارتفاع تراكيز الكلوريد (CL) والكبريتات (SO4)، اما بالنسبة لمعمل الاملاح فلا يوجد مانع من استخدامها.

سادسا. نمذجة صلاحية المياه الجوفية لمختلف الاستعمالات:

سيتم في هذا الصدد عمل مطابقة رقمية لمختلف التحليلات الكيمائية التي تم الفصيل عنها مسبقاً، وذلك من خلال بناء جداول توضح ملائمة كل بئر لاستخدامات المختلفة، ومن ثم بناء خرائط توضح مدى ملائمة كل عنصر لاستخدام معين، ولا يمكن عمل خريطة تجميعية توضح ملائمة كل الاستخدامات او خريطة تجميعية توضح ملائمة استخدام واحد لكل العناصر الكيميائية والفيزيائية لسببين الأول هو ان هناك ابار تصلح لاستخدام معين ولا تصلح لاستخدام اخر، والسبب الثاني ان هناك عناصر تصلح مثلاً للاستخدام الحيواني ولا تصلح للاستخدام مياه الشرب او الزراعة، لذا ارتأت الباحثة عمل ملائمة مكانية لكل عنصر باستخدام معينة لتنتج سلسلة من الخرائط التي توضح مدى ملائمة كل عنصر واستخدام عن غيره.

- الملائمة المكانية لاستخدام مياه شرب الانسان:

عند مقارنة النتائج التي تم توصل اليها من خلال التحليلات المختبرية في الصفحات السابقة تم عمل جدول (12) يوضح العناصر ومدى ملائمة او غير وملاءمتها للاستخدام وكالاتي:

جدول (12) الملائمة المكانية للآبار المدروسة في منطقة الدراسة لاستخدامها في مياه الشرب

ت	العنصر	الابار الملائمة	الابار غير الملائمة
1	EC	كلها ملائمة باستثناء (الابار غير الملائمة)	14، 15، 16، 17، 21، 22
2	TDS	كلها ملائمة	-
3	PH	كلها ملائمة	-
4	Ca	-	كلها غير ملائمة
5	So4	5، 7، 8، 25	الباقي كلها غير ملائمة
6	CL	كلها ملائمة	-
7	T.H	1، 2، 5، 7، 8، 9، 10، 11، 20، 23، 24، 25	الباقي غير ملائمة
8	Na	كلها ملائمة باستثناء (بئر واحد)	22
9	K	كلها ملائمة باستثناء (بئر واحد)	13
10	Mg	كلها ملائمة باستثناء (الابار غير الملائمة)	6، 12، 13، 14، 15، 16، 17، 18، 19، 21، 22، 23.

المصدر: من تنظيم الباحثة اعتماداً على التحليلات المختبرية والجداول الخاصة بالمعايير العراقية لمياه الشرب.

وبناءاً على الجدول أعلاه تم بناء الخرائط التالية، علماً بأن هناك عناصر أعطت صنف ملائم لجميع ابارها، ففي هذه الحالة لم يتم بناء خريطة لها لعدم وجود تباين مكاني، وانما سيكون هناك لون واحد فقط في كل الخريطة، لذلك تم بناء خرائط للعناصر التي أظهرت تبايناً مكانياً وكما موضحة في الخرائط (3). ويلاحظ من الخرائط أعلاه ان اغلب العناصر والابار كانت ملائمة لمياه الشرب، باستثناء المناطق الجنوبية من منطقة الدراسة، فضلاً عن ان اغلب المناطق الملائمة كانت مع مجاري الاودية وهذا يثبت بان للأودية تأثير مهم في تغذية المياه الجوفية.

- الملائمة المكانية لاستخدام الري والزراعة:

مما لا شك بأن استنزاف المياه الجوفية لأغراض الري يأتي بالمرتبة الأولى من استنزاف المياه الموجودة في الخزانات. ولهذا يجب دراسة وتحديد أي المناطق أكثر ملاءمة للاستخدام الزراعي، وفيما يلي جدول (12) يوضح العناصر والابار الملائمة وغير الملائمة للاستخدام الزراعي والذي يخص عمليات الري للمحاصيل الزراعية.

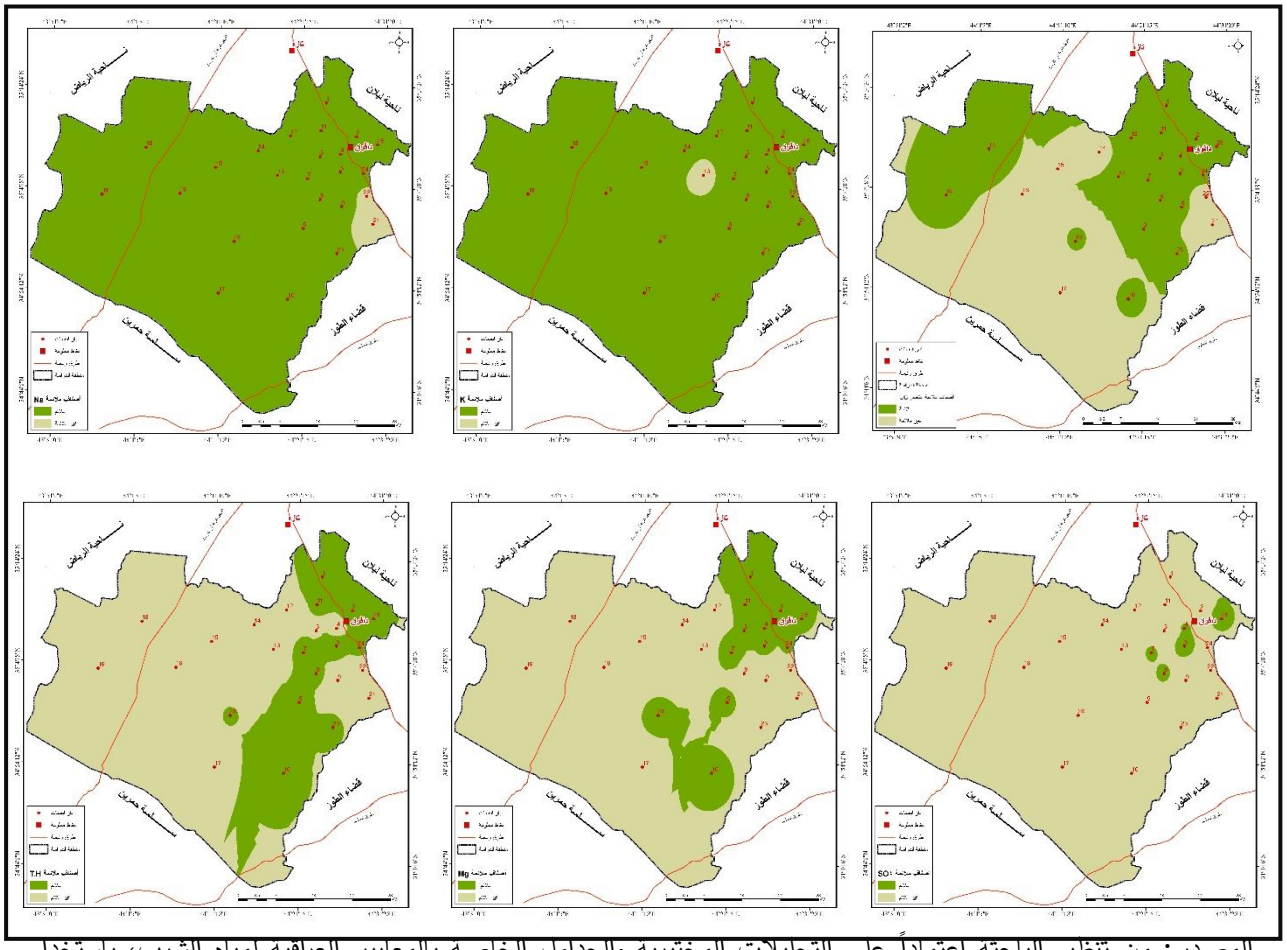
جدول (12) الملائمة المكانية للآبار المدروسة في منطقة الدراسة لاستخدامها في الري

ت	العنصر	الابار الملائمة	الابار غير الملائمة
1	EC	1، 2، 5، 7، 8، 18، 25	الباقية غير ملائمة
2	TDS	1، 2، 4، 5، 6، 7، 8، 8، 11، 14، 18، 21، 22، 25	الباقية غير ملائمة
4	Ca	ملائمة كلها باستثناء (بئرين)	21، 22
5	CL		
6	Na		
7	K		
8	Mg		

المصدر: من تنظيم الباحثان اعتماداً على التحليلات المختبرية والجداول الخاصة بالمعايير العراقية لمياه الري.

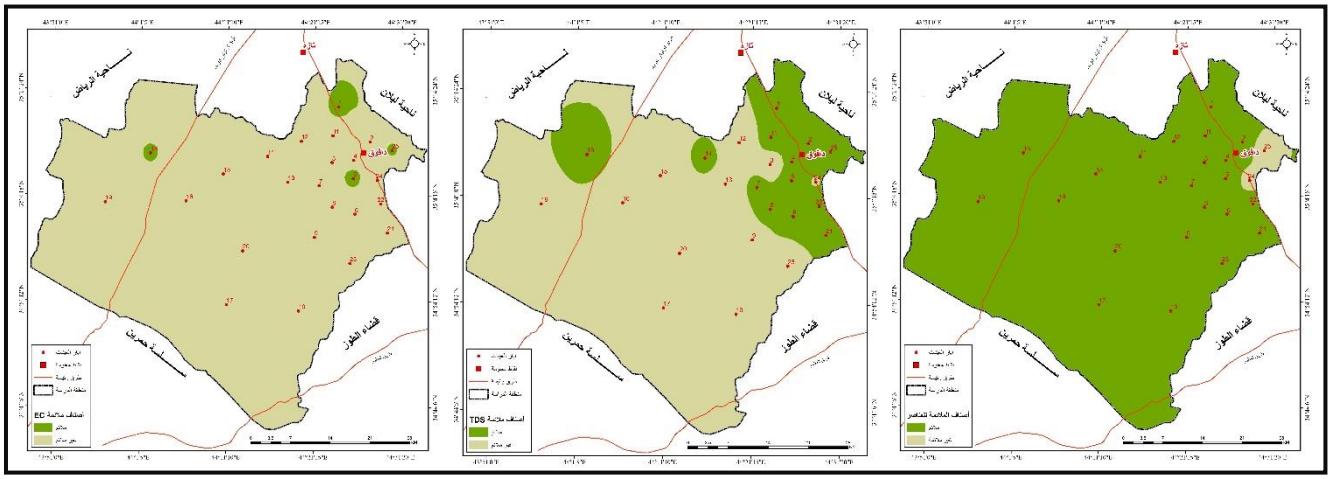
ومن الجدول أعلاه أمكن اشتقاق الخرائط المكانية القائمة على لغة التخمين المكاني (IDW)، والتي تظهر على فئتين الأولى ملائمة والثانية غير ملائمة.

خرائط (3) نمذجة الملائمة المكانية للعناصر الكيميائية والفيزيائية في منطقة الدراسة لغرض استخدام مياه الشرب



المصدر: من تنظيم الباحثة اعتماداً على التحليلات المختبرية والجداول الخاصة بالمعايير العراقية لمياه الشرب، باستخدام برنامج ARC GIS 10.5..

خرائط (4) نمذجة الملائمة المكانية للعناصر الكيميائية والفيزيائية في منطقة الدراسة لغرض استخدام الري



المصدر: من تنظيم الباحثة اعتماداً على التحليلات المختبرية والجداول الخاصة بالمعايير العراقية لمياه الري، باستخدام برنامج ARC GIS 10.5..

ومن ملاحظة الجدول (37) والخرائط (27) نجد بأن أكثر العناصر تأثيراً على الزراعة هي ملائمة لري المحاصيل وتحديداً قيم (TDS) فهي تتركز في المناطق القريبة من مركز قضاء داقوق وتحديداً المناطق التي توجد فيها كثافة في المستقرات البشرية وكثافة في النشاط الزراعي المعتمد كثيراً على المياه الجوفية.

- الملائمة المكانية للاستخدام الحيواني:

اثبتت جميع الابار وجميع العناصر في منطقة الدراسة انها صالحة للاستخدام الحيواني، وذلك من خلال مقارنة نتائج التحليلات المختبرية مع المواصفات العالمية وجد انها كلها ضمن الحدود المسموح بها. ويوضح الجدول (13) العناصر المختارة ومدى وملاءمتها للاستخدام.

جدول (13) الملائمة المكانية للآبار المدروسة في منطقة الدراسة للاستخدام الحيواني

ت	العنصر	الابار الملائمة	الابار غير الملائمة
1	TDS	كلها ملائمة	-
2	Ca	كلها ملائمة	-
3	So4	كلها ملائمة	-
4	CL	كلها ملائمة	-
5	T.H	كلها ملائمة	-
6	Na	كلها ملائمة	-
7	Mg	كلها ملائمة	-

المصدر: من تنظيم الباحثة اعتماداً على التحليلات المختبرية والجداول الخاصة بالمعايير العراقية للاستخدام الحيواني.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. ظهرت نتائج التحليل الكيميائي ان معدل درجة الحامضي (pH) لمياه منطقة الدراسة بلغ 7.6 وأنها مياه عسرة، وتراكيز الايونات الرئيسة عالية وذات قيم متفاوتة زمانياً بتأثير التبخر والتغذية المائية ومكانياً، وبسبب طبيعة الخزان الجوفي، اذ بلغ معدل الاملاح الكلية الذائبة (526.32) ملغم/لتر.

2. اتضح من نتائج التحليلات المختبرية سيادة ايون الكالسيوم في الايونات الموجبة وبمعدل (186.92) ملغم/لتر، فيما كان ايون البوتاسيوم اقل الايونات الموجبة وبمعدل (4.02) ملغم/لتر، وان الايونات الموجبة أخذت الصيغة التالية Ca > Na > Mg > K اما الايونات السالبة شملت (الكلوريد والكبريتات) فقد ساد ايون الكبريتات فيها وبمعدل (538.7) ملغم/لتر ليمثل أعلى الايونات، فيما كان ايون الكلوريد أدنى الايونات السالبة وبمعدل (46.3) ملغم/لتر.

3. عدم صلاحية مياه منطقة الدراسة لأغراض شرب الانسان بالنسبة للمواصفات العالمية (WHO) والعراقية، لارتفاع تراكيز العناصر المهمة وتحديداً الكبريتات So4فهي تخرج عن الحدود المسموح بها، وإن صلحت لعنصر معين فلا تصلح لعنصر آخر.

4. تصلح مياه منطقة الدراسة للزراعة مع العناية المستمرة بحسب صلاحية المياه للري حسب تصنيف مختبر الملوحة الأمريكي (US– Salinity Lab) بالنسبة لمحتواه من الاملاح الكلية (TDS) وقيمة التوصيل الكهربائي (EC)، فهي تقع ضمن صنف متوسطة الملوحة C2 (ملائم للنباتات جيدة التحمل للأملاح في حالة وجود غسل متوسط للتربة) والصنف الثالث عالية الملوحة C3 (ملائم للنباتات المقاومة للملوحة وعلى ترب جيدة البزل مع ضرورة وجود نظام البزل وغسل جيد للتربة) باستثناء بئر (17) فقد جاء بملوحة عالية جداً.

5. اتضح أن المياه الجوفية في منطقة الدراسة تتراوح بين (مياه جيدة جدا) الى (مياه مسموح باستخدامها) في عينات قليلة جداً للصنف الثالث وانما على الاغلب جيده جداً للاستخدام، حسب تصنيف (Altoviski) للمياه الصالحة لأغراض الاستهلاك الحيواني.

6. عدم وملاءمتها لجميع انواع الصناعات الموجودة في الجدول حيث أنها في حالة وملاءمتها لعنصر معين فان عنصر آخر يكون غير ملائم لها، خصوصا بالنسبة للعسرة الكلية التي تكون عالية جدا في منطقة الدراسة وكذلك تركيز أيون الكبريتات (SO4)، الذي يكون له تأثير سلبي بسبب تركيزه العالي، فضلا عن ارتفاع تراكيز بقية الايونات الموجبة والسالبة، لذا فان هذه المياه قد يمكن استخدامها في حالة إمكانية معالجتها في بعض النواحي.

7. اوضحت الدراسة ان الاستخدامات الزراعية تستحوذ على كمية كبيرة من المياه الجوفية المتاحة – بنسبة (98.8%), وتأتي بعدها الاستخدامات المنزلية بنسبة (1%)، وبعدها الاستخدامات الحيوانية بنسبة (0.2%) مجموع كمية المياه المتوفرة.

8. اثبتت نمذجة الملائمة المكانية للإبار والعناصر ان اغلب منطقة الدراسة صالحة لمختلف الاستخدامات، وتحديداً الاستخدام الزراعي والحيواني.

<u>التوصيات:</u>

1. عدم حفر الآبار الضحلة مستقبلا بسبب ملوحة مياهها العالية وعدم استخدامها إن وجدت وذلك للتسبب في زيادة تملّح الأراضي والتأثير السلبي في نوعية المياه الجيدة المستخرجة من الخزانات الجوفية الأعمق.

2. إقامة السدود في بطون الاودية لحجز أكبر كمية من المياه خلال فترة سقوط الامطار، والاستفادة منها في الزراعة او في التغذية الجوفية دون تركها سائبة وعدم الاستفادة منها.

3. تطوير قاعدة معلومات موحدة عن مصادر المياه الجوفية، تشمل كمياتها ونوعيتها ومعدلات استغلالها وغير ذلك، على ان تتوافر هذه القاعدة لجميع الجهات ذات العلاقة والجهات العلمية البحثية.

4. توصي الدراسة بعمل مشروع دراسي يكون تحت عنوان (الاستثمار المستقبلي للمياه الجوفي في قضاء داقوق)، كون الباحثة تناولت التحليل المكاني فقط، ولتدهور الأوضاع الأمنية في المنطقة وعدم إمكانية البحث دائماً فيما يخص الدراسة الميدانية اكتفت الدراسة بهذا الموضوع.

قائمة الهوامش

[i] اياد بركات اعنزة، علوم الأرض، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، 2008، ص61.

[ii] عمر الريمادي، اساسيات علم البيئة، دار وائل للطباعة والنشر، عمان ،2004، ص204.

[iii] شوان عثمان حسين، مصدر سابق، ص121.

[iv] محمود عبد الحسن جويهل الجنابي، هيدروكيميائية الخزان الجوفي المفتوح وعلاقته مياهه برسوبيات المكمن الجوفي في حوض تكريت . سامراء شرق دجلة)، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية العلوم، جامعة بغداد، 2008.، ص52.

[v] المصدر نفسه، ص54.

[vi] شوان عثمان حسين، الخصائص النوعية للمياه الجوفية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية – GIS، الطبعة الاولى، دار غيداء للنشر والتوزيع، عمان، 2011، ص121.

[vii] محمود عبد الحسن جويهل الجنابي، مصدر سابق، ص71.

[viii] خليفة عبد الحافظ درادكه، المياه السطحية وهيدرولوجيا المياه الجوفية، ط – 1، دار حنين للنشر، عمان الاردن، 2006، ص487.

[ix] سندس محمد علوان الزبيدي، المياه الجوفية في قضاء المحمودية وسبل استثمارها، رسالة ماجستير، كلية التربية للبنات، جامعة بغداد، 2011، ص94.

[x] المصدر نفسه، ص96.

[xi] محمود عبد الحسن جويهل الجنابي، مصدر سابق، ص78.

[xii] تحسين عبد الرحيم عزيز، التباين المكاني لمياه الينابيع في محافظة السليمانية، اطروحة دكتوراه، كلية التربية، جامعة المستنصرية، 2007، ص94.

[xiii] Hem, J.D., study and Inter pretation of chemical Anady sis of natural water,3rd Addition ,U.G.S water supply, 1985.P289.

نقلاً عن سيف مجيد حسين الخفاجي، المياه الجوفية وإمكانية استثمارها في منطقة الرحاب_ محافظة المثنى، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة الكوفة، 2016، ص123.

[xiv]سيف مجيد حسين الخفاجي، المياه الجوفية وإمكانية استثمارها في منطقة الرحاب_ محافظة المثنى، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة الكوفة، 2016، ص125.

[xv] خليفة عبد الحافظ درادكه، المياه السطحية وهيدرولوجيا المياه الجوفية، مصدر سابق ص493.

[xvi] Davis, S.N., and Dewiest ,R.J.,Hydrogeology, John wiley ,and sons ,Inc. Newyork ,1966.P463.

نقلاً عن: سيف مجيد حسين الخفاجي، مصدر سابق، ص125.

[xvii] وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة لاستثمار المياه الجوفية، قسم الدراسات، تقرير تحليل المياه، 2011، ص6.

[xviii] سندس محمد علوان الزبيدي، مصدر سابق، ص103.

[xix] محمد انيس الليلة، امكانية استعمال المياه الجوفية للأغراض الزراعية والري في مدينة الموصل، مجلة التربية والعلوم، العدد (11) 1993، ص27.

[xx] سعاد محمد هيل، لتقييم النوعي للمياه الجوفية في منطقة مشروع المسيب ومدى صلاحيتها لأغراض الري، مجلة التقني، المجلد (21)، العدد1، 2008، ص 72.

[xxi] تحسين عبد الرحيم عزيز، مصدر سابق، ص 198.

[xxii]) David Keith, Todd, Ground water Hydrology, John wiley and Sons, U.S.A., 1980,P336.

Source

1. Iyad Barakat, Anaza, Earth Sciences, Safa House for Publishing and Distribution, Amman, 2008, p.61.
2. Omar Al-Rimadi, Basics of Ecology, Wael Publishing House, Amman, 2004, p.204.
3. Shwan Othman Hussein, previous source, p. 121.
4. Mahmoud Abdul-Hasan Juwaihl Al-Janabi, Hydrochemistry of the Open Aquifer and its Relationship to the Sediments of the Aquifer in the Tikrit-Samarra Basin east of the Tigris), PhD thesis (unpublished), College of Science, University of Baghdad, 2008., 52.
5. Same source, p. 54.
6. Shwan Othman Hussein, Qualitative characteristics of groundwater using geographic information systems - GIS, first edition, Ghaida Publishing and Distribution House, Amman, 2011, p.121.
7. Mahmoud Abdel-Hassan Jouihel Al-Janabi, previous source, p. 71.
8. Khalifa Abdel-Hafez Daradkeh, Surface Water and Ground Water Hydrology, Edition 1, Hunayn Publishing House, Amman, Jordan, 2006, p. 487.
9. Sundus Muhammad Alwan Al-Zubaidi, Groundwater in Mahmoudiya District and Ways to Invest in it, Master Thesis, College of Education for Girls, University of Baghdad, 2011, p.94.
10. Same source, p. 96.
11. Mahmoud Abdel-Hassan Jouihel Al-Janabi, previous source, p. 78.
12. Tahseen Abdul Rahim Aziz, Spatial Variation of Spring Water in Sulaymaniyah Governorate, PhD Thesis, College of Education, Al-Mustansiriya University, 2007, p.94.
13. Hem, J.D., study and Inter pretation of chemical Anady Sis of natural water, 3rd Addition, U.G.S water supply, 1985. P289. Quoting from Saif Majeed Hussain Al-Khafaji, Groundwater and the possibility of its investment in Al-Rehab - Al-Muthanna Governorate, Master Thesis (unpublished), College of Arts, University of Kufa, 2016, p.123.
14. Saif Majeed Hussain Al-Khafaji, Groundwater and the possibility of its investment in Al-Rehab - Al-Muthanna Governorate, Master Thesis (unpublished), College of Arts, University of Kufa, 2016, p 125.
15. Khalifa Abdel-Hafez Daradkeh, Surface Water and Ground Water Hydrology, previous source, p. 493.
16. Davis, S.N., and Dewiest, R.J., Hydrogeology, John wiley, and sons, Inc. Newyork, 1966. P463. Quoted from: Saif Majeed Hussain Al-Khafaji, previous source, p. 125.
17. Ministry of Water Resources, General Authority for Groundwater Investment, Studies Department, Water Analysis Report, 2011, p.6.
18. Sundus Muhammad Alwan Al-Zubaidi, previous source, p. 103.
19. Muhammad Anis Al-Layla, The possibility of using groundwater for agricultural and irrigation purposes in the city of Mosul, Journal of Education and Science, Issue (11) 1993, p. 27.

20. Suad Muhammad Hail, for an assessment of the quality of groundwater in the area of the Al-Musayyib project and its suitability for irrigation purposes, Al-Taqni Magazine, Vol. 21, Issue 1, 2008, p. 72.
21. Tahseen Abd al-Rahim Aziz, previous source, p. 198.
22. (David Keith, Todd, Ground water Hydrology, John wiley and Sons, U.S.A., 1980, P336.)