المياه الجوفيَّة في العراق

إعدَاد وَتألِيف

الدُّكْتور أَحمَد سِرْدَاح كَاظِم الزُّبيْدي

كُلِّيَّة اَلتَّحَسُّس اَلنَّائِي وَالْجِيُوفِيزْيَاءِ

جَامِعَة اَلْكَرْخ لِلْعُلُوم

الدكتور أحمد سرداح الزبيدي

المياه الجوفية في العراق

أحمد سرداح كاظم الزبيدي، حاصل على بكالوريوس في علوم الأرض من جامعة بغداد، وماجستير ودكتوراه في الجيوفيزياء من الجامعة نفسها. هو باحث وله العديد من البحوث المنشورة في مجلات عالمية ومحلية، وله مشاركات عديدة في مؤتمرات عالمية وعربية ومحلية. اكتشف معادلة لحساب التشبع المائي للصخور الرملية بواسطة سرعة الموجات الطولية. صدرت له خمسة مؤلفات في الجيوفيزياء والمياه الجوفية. عمل في وزارة الموارد المائية/ الهيئة العامة للمياه الجوفية، ويعمل حالياً أستاذاً لمادة الجيوفيزياء في كلية التحسس النائي والجيوفيزياء بجامعة الكرخ للعلوم.

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد (3171) لسنة ٢٠٢٤

دار آراء للطباعة والنشر والتوزيع

دار آراء للطباعة و النشر و التوزيع

07736129735 - 07702822054

alitgph araaoffice

9 789922 899107

٢٠٢٤

المياه الجوفيَّة في العراق

المياه الجوفية في العراق

الدكتور أحمد سرداح كاظم الزبيدي

الطبعة الأولى : 2024

عدد الصفحات : 153

الاخراج الفني : طالب جواد كاظم

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد (3171) لسـ 2024 ـنة

ISBN- 978-9922-8991-0-7

الكتاب وقف في سبيل الله ولا يجوز التربح بطبعة وبيعه

551 / 49

ز 294 الزبيدي، احمد سرداح كاظم.

المياه الجوفية في العراق / أحمد سرداح كاظم الزبيدي.

– ط[1] – بغداد : دار آراء للطباعة والنشر والتوزيع ، 2024.

153 ص ، 24 سم

1-المياه الجوفية – العراق – أ – العنوان

رقم الايداع

2024/3171

المكتبة الوطنية / الفهرسة اثناء النشر

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف

ولا يجوز الطبع أوالاستنساخ إلاّ بإذن منه

المياه الجوفيَّة في العراق

إِعدَاد وَتأَلِيف

الدُّكْتور أَحمَد سِرْدَاح كَاظِم الزُّبيْدي

كُلِّيَّة اَلتَّحَسُّس اَلنَّائِي وَالْجِيُوفِيزْيَاءِ

جَامِعَةَ اَلْكَرْخْ لِلْعُلُومِ

اَلْمُرَاجَعَة اَلْعِلْمِيَّةِ

الدُّكْتور صَبَّار عَبْد اَللَّه اَلقيْسِي

أُسْتَاذُ جِيُولُوجِيًّا اَلْمَوَارِدَ اَلْمَائِيَّةَ بِجَامِعَةِ تِكْرِيت

اَلطَّبْعَةَ اَلْأُولَى

بَغْدَاد – 2024

دار آراء للطباعة والنشر والتوزيع

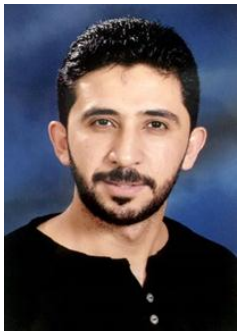
دار آراء للطباعـــة و النشـــر و التوزيـــع

07736129735 - 07702822054

alitgph araaoffice

هذَا الكتَاب صَدرَت نُسخَة مِنْه سابقًا بِاللُّغة الإنْكليزيَّة سنة 2022

رُسمت خرائط هذا الكتاب من قبل الزملاء



أحمد عبد عودة

(ماجستير في الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية من جامعة الإسكندرية) اخصائي ومطور ومحلل في نظام المعلومات الجيومكاني لديه العديد من البحوث العلمية المنشورة ضمن اختصاص الجغرافيا الطبيعية والكارتوغرافيا والمدن الذكية وتكامل البرمجة مع قواعد البيانات المكانية ، لدية من المؤلفات في المجال نفسه ومساهم مع العديد من الباحثين في تاليف الكتب التخصصيه.

كيوان كريم خان فتاح

(حاصل على ماجستير في نظم المعلومات الجغرافية التطبيقية والاستشعار عن بُعد من جامعة ساوثهامبتون - المملكة المتحدة) مدرس مساعد في قسم علوم الأرض والبترول بجامعة صلاح الدين – أربيل، وأسْتَاذ لِمادَّة نُظُم المعْلومات الجغْرافيَّة والاسْتشْعار عن بُعْد. وهو أيضًا طالب دكتوراه في نظم المعلومات الجغرافية التطبيقية والاستشعار عن بُعد في مجال علوم الجيو- بيئة. لديه العديد من البحوث في مجال نظم المعلومات الجغرافية التطبيقية لإدارة الكوارث الطبيعية، وعلم الهيدرولوجيا، والتحليل المورفومتري، وجودة المياه الجوفية، وتغير المناخ.

هَذَا اَلْكِتَاب

وَقْفٌ فِي سَبِيلِ اَللَّهِ ، عَنِّي وَعَنْ رُوحِ وَاَلَّدي وَرُوحِ وَالِدَتِي وَأَرْوَاحُ أَشِقَّائِي وَشَقِيقَاتِي وَزَوْجَتِي وَأَوْلَادِي وَأَقْرِبَائِي . . . وَلِكُلّ صَاحِبِ مَعْلُومَةٍ ذَكَرَتْهَا دُونَ أَنَّ أُدَوِّنهُ كَمَصْدَرٍ جَهْلاً أَوْ سَهْوًا .... وَجَمِيعَ أَسَاتِذَتِي وَزُمَلَائِي وَأَصْدِقَائِي . . . السَّالِكُونَ طَرِيق اَلْحَقِّ . . . وَالسَّاعُونَ فِي طُرُقِ اَلْخَيْرِ . . . اَلْمُدَافِعُونَ عَنْ اَلْإِنْسَانِيَّةِ كَائِنَ مَنْ يَكُونُ حَامِلُهَا . . . وَأَمْوَاتَ اَلْمُسْلِمِينَ وَالْمُسَلَّمَاتِ.

اَللَّهُمَّ أَسْأَلُكُ بِاسْمِكَ اَلْأَعْظَمِ وَكُلِّ اِسْمٍ سُمِّيَتْ بِهِ نَفْسُكَ أَنَّ تَتَقَبَّلُ مِنَّا هَذَا اَلْعَمَلِ اَلْبَسِيطِ وَتَجْعَلُهُ فِي مِيزَانِ حَسَنَاتِنَا يَوْمَ اَلْعَرْضِ عَلَيْكَ ، لِأَنَّكَ إِلَهِيٌّ وَمَوْلَايَ قَدْ أَخْبَرَتْنَا عَنْ طَرِيقِ رَسُولِكَ اَلْكَرِيمِ مُحَمَّدْ صَلَوَاتِكَ وَسَلَامُكَ عَلَيْهِ وَعَلَى آلِهِ . . . وَهُوَ اَلَّذِي لَا يَنْطِقُ عَنْ اَلْهَوَى وَإِنَّمَا وَحْيٌ يُوحَى. . .

إِذَا مَاتَ اِبْنُ آدَمْ اِنْقَطَعَ عَمَلُهُ إِلَّا مِنْ ثَلَاثٍ . . . صَدَقَةٌ جَارِيَةٌ أَوْ عِلْمٍ يَنْتَفِعُ بِهِ أَوْ وُلِدَ صَالِحٌ يَدْعُونَ لَهُ . . . اَللَّهُمَّ تَقَبَّلهُ مِنَّا عَمَلاً صَالِحًا وَعِلْمًا يَنْتَفِعُ بِهِ خَالِصًا لِوَجْهِكَ اَلْكَرِيمِ . . . أَنَّكَ سَمِيعْ مُجِيب.

بِسْمِ اللَّهِ اَلرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اَلْمُقَدَّمَةِ

في هذا الكتاب، تمَ تقسيمُ العراقِ إلى خمسةِ أقاليمَ هيدروجيولوجيةٍ تضمُ سبعا وثلاثينَ منطقةً هيدروجيولوجيةً بناءً على الخصائصِ الفيزيوغرافية والتكتونيةِ والجيولوجية والهيدروجيولوجيةِ. إن الهدف من هذا التقسيم هو دمج التصنيفات السابقة بتصنيف جديد أكثر دقة في تحديد خصائص الأقاليم الهيدروجيولوجية ومناطقها.

تعد المياه الجوفية من أهم الموارد المائية في العراق، خاصة في المناطق البعيدة عن موارد المياه السطحية. اذ تؤدي دوراً مهماً في حياة الناس من خلال توفير المياه للشرب والزراعة والصناعة وغيرها من الأغراض ، لاسيما في مناطق الصحراء الغربية والجنوبية ومنطقة الجزيرة. بالإضافة إلى مساحات كبيرة ضمن إقليم كردستان، وذلك لأن نهري دجلة والفرات وروافد نهر دجلة تتدفق بشكل رئيس ضمن مسارات شريطية ضيقة في إقليم كردستان والسهل الرسوبي في وسط وجنوب العراق، مما يجعل تلك المناطق بعيدة عن مصادر المياه السطحية. لذلك، تم إعداد هذا الكتاب لدراسة وتحليل ومناقشة جميع البيانات الهيدروجيولوجية المتاحة لتحديد الظروف الهيدروجيولوجية لخزانات المياه الجوفية وخصائصها الهيدروليكية، مثل امتداد الخزانات، أعماق الطبقات الحاملة للمياه، اتجاه جريان المياه الجوفية، مناطق التغذية والتصريف، ومعامل النفاذية، التوصيل الهيدروليكي وانتاجية هذه الخزانات ، وكذلك جودة مياهها للاستخدامات المختلفة.

يتكون هذا الكتاب من خمسة فصول. يقدم الفصل الأول وصفاً تمهيدياً شاملاً للظروف الطبوغرافية والجيولوجية والهيدرولوجية والمناخية والهيدروجيولوجية لتسهيل معرفة وضع المياه الجوفية في العراق. أما الفصل الثاني فهو مخصص لمناقشة وتحليل التصنيفات الهيدروجيولوجية السابقة للعراق لتقديم تصنيف جديد أكثر دقة في تحديد خصائص الأقاليم والمناطق الهيدروجيولوجية في العراق. تُغطى المناطق الهيدروجيولوجية في شمال وشرق العراق في الفصل الثالث؛ وهو يشمل تحديد الخصائص الهيدروجيولوجية والهيدروكيميائية لأنظمة الخزانات الجوفية في الأقاليم الهيدروجيولوجية الثلاثة ضمن هذه المناطق. في حين خصص الفصل الرابع لتحديد الظروف الهيدروجيولوجية في إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي. وأخيراً، تم في الفصل الخامس تحديد الظروف الهيدروجيولوجية والهيدروكيميائية للخزانات الرئيسة في إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي. لقد أُعد هذا الكتاب ليكون بمثابة دليل تعليمي لطلبة الجامعات وأعضاء هيئات التدريس والعاملين في مجال المياه الجوفية.

وأخيرًا وليس آخرًا . . . أودُّ أن أعبِّر عن امتناني وشكري العميق لأصدقائي وزملائي الدُّكتور حسين عبد جسَّاس ، والدُّكتور نصير البصراوي ، والدُّكتور دارًا أمين ، والدُّكتور حسنين جاسم محمَّد ، والأستاذ أحمد حامد ، والأستاذ الدُّكتور المهندس ميروسلاف ماركوفيتش والمهندس فائز حسين لمساعدتهم في إنجاز هذا العمل . كما ، أودُّ أن أوجِّه تقديري العظيم لعائلتي على دعمهم المستمرِّ وتشجيعهم ، وأودُّ أن أقدم شكري الكبير لكلّ من ساندني في إنجاز هذا العمل.

أَحْمَدْ

2024/7/13

الفهرس

رقم الفقرة	العنوان	الصفحة
	الفصل الاول ـ نظرة عامة	
	تمهيد	1
1	الموقع والطبوغرافية	2
	1 -1 نطاق التلاحم والزحف.....	4
	2-1 نطاق الطيات العالية.....	4
	3-1 نطاق الطيات الواطئة.....	5
	1- 4 نطاق الجزيرة	5
	5-1 نطاق بلاد ما بين النهرين	5
	1- 6 نطاق الصحراء الغربية.....	5
	7-1 نطاق الصحراء الجنوبية.....	5
2	الجيولوجيا السطحية للعراق	7
3	الوضع التكتوني للعراق	8
4	الموارد المائية والمناخ في العراق	9
5	المياه الجوفية في العراق	13
6	الدراسات الهيدروجيولوجية في العراق	17
	الفصل الثاني – التصنيف الهيدروجيولوجي	
	تمهيد	20
2	التصنيفات الهيدروجيولوجية للعراق	20
	1-2 تصنيف كراسني الهيدروجيولوجي	20
	2-2 تصنيف الجبوري والبصراوي الهيدروجيولوجي	23
	3-2 تصنيف حسن والكبيسي الهيدروجيولوجي لصحراء العراق.....	26
	4-2 تصنيف ستيفانوفيتش وماركوفيتش الهيدروجيولوجي.....	27
	5-2 التصنيف الهيدروجيولوجي الجديد للعراق	28

رقم الفقرة	العنوان	الصفحة

الفصل الثالث – الأقليم الهيدروجيولوجية في شمال وشرق العراق

1-3	الأقليم الهيدروجيولوجية في شمال وشرق العراق.....	34
2-3	إقليم التلاحم والزحف الهيدروجيولوجي	45
	1-2-3 منطقة كاني ماسي الهيدروجيولوجية	46
	2-2-3 منطقة سيدكان الهيدروجيولوجية	47
	3-2-3 منطقة بنجوين الهيدروجيولوجية	48
3-3	اقليم الطيات العالية الهيدروجيولوجي	49
	1-3-3 منطقة زاخو الهيدروجيولوجية.....	49
	2-3-3 منطقة العمادية – برزان الهيدروجيولوجية	51
	3-3-3 منطقة أتروش – دينارته الهيدروجيولوجية	52
	4-3-3 منطقة ديانا – ميركه سور الهيدروجيولوجية	53
	5-3-3 منطقة حرير – شقلاوة الهيدروجيولوجية	54
	6-3-3 منطقة سرسنك الهيدروجيولوجية	55
	7-3-3 منطقة دوكان الهيدروجيولوجية	56
	8-3-3 منطقة بنگرد – سورداش الهيدروجيولوجية	57
	9-3-3 منطقة بازيان – قره داغ الهيدروجيولوجية.....	58
	10-3-3 منطقة سرجنار – عربت الهيدروجيولوجية	59
	11-3-3 منطقة جوارتا – برزنجه الهيدروجيولوجية	60
	12-3-3 منطقة خورمالة – حلبجة الهيدروجيولوجية	61
4-3	إقليم الطيات الواطئة الهيدروجيولوجي	62
	1-4-3منطقة خازر- كومل الهيدروجيولوجية.....	63
	2-4-3 منطقة دهوك – القوش الهيدروجيولوجية	65
	3-4-3 منطقة اربيل الهيدروجيولوجية	66
	4-4-3 منطقة ألتون كوبري الهيدروجيولوجية.....	67
	5-4-3 منطقة ديبكه الهيدروجيولوجية	68
	6-4-3 منطقة مخمور الهيدروجيولوجية.....	70
	7-4-3 منطقة داقوق الهيدروجيولوجية.....	71
	8-4-3 منطقة جمجمال – كلار الهيدروجيولوجية.....	72
	9-4-3 منطقة قره تبه – خانقين – السعدية الهيدروجيولوجية.....	73

3-4-10 منطقة مندلي – زرباطية – الطيب الهيدروجيولوجية 74
3-4-11 منطقة غرب دجلة الهيدروجيولوجية 76

رقم الفقرة	العنوان	الصفحة

3-4-12 منطقة سنجار - ربيعة الهيدروجيولوجية 77

الفصل الرابع – إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي

4-1 إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي..... 80
4-2 منطقة الجزيرة الهيدروجيولوجية 83
4-3 منطقة شمال بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجية..... 86
4-4 منطقة وسط بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجية..... 88
4-5 منطقة جنوب بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجية..... 89

الفصل الخامس – إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي

5-1 إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي 91
5-2 المناطق الهيدروجيولوجية 93
5-2-1 منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية 93
5-2-2 منطقة الرزازة الهيدروجيولوجية 94
5-2-3 منطقة المعانية الهيدروجيولوجية 96
5-2-4 منطقة شبجة - السلمان الهيدروجيولوجية..... 97
5-2-5 منطقة تخاديد – البصية الهيدروجيولوجية..... 98
6-2-6 منطقة صفوان - الرخيمة الهيدروجيولوجية 99
5-3 الخزانات الجوفية الرئيسة في إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي 100
5-3-1 خزان صوفي الجوفي 101
5-3-2 خزان الكعرة الجوفي 103
5-3-3 خزان ملصة الجوفي 105
5-3-4 خزان محيور الجوفي 106
5-3-5 خزان الرطبة الجوفي 108
5-3-6 خزان الهارثة الجوفي 110
5-3-7 خزان الطيارات الجوفي 112
5-3-8 خزان عكاشات الجوفي 117
5-3-9 خزان أم ارضمة الجوفي 119

5-3-10 خزان الدمام الجوفي 122
5-3-11 خزان الفرات الجوفي..... 126
5-3-12 خزان الغار الجوفي 128

رقم الفقرة	العنوان	الصفحة

5-3-13 خزان إنجانة - دبدبة الجوفي 129
5-3-14 خزان الدبدبة الجوفي..... 131
المصادر 134

الفصل الأولِ
نظـــرةً عامـــــةً

تمهيد Preface

تعد المياه الجوفية واحدة من أهم الموارد المائية في العراق، خاصة في المناطق البعيدة عن تواجد المياه السطحية؛ مثل مناطق الصحراء الغربية، الصحراء الجنوبية، منطقة الجزيرة، ومعظم مناطق إقليم كردستان، وذلك لأن نهري دجلة والفرات وروافد نهر دجلة تتدفق بشكل رئيسي ضمن مسارات شريطية ضيقة في إقليم كردستان والسهل الرسوبي في وسط وجنوب العراق، مما يجعل تلك المناطق بعيدة عن مصادر المياه السطحية.

يدخل نهرا دجلة والفرات الأراضي العراقية من الشمال والغرب، من تركيا وسوريا على التوالي، وتكون فترة الفيضانات لهذين النهرين خلال المواسم الرطبة في الشتاء والربيع نتيجة الأمطار الساقطة على حوضي النهرين أو بسبب المياه الناتجة عن ذوبان الثلوج المتراكمة في المرتفعات الجبلية. إن الروافد الرئيسة لنهر دجلة في العراق هي: الخابور، الزاب الكبير، الزاب الصغير، نهر العظيم، ونهر ديالى، التي تتدفق مياهها من الجانب الشرقي للعراق باتجاه هذا النهر. تنبع هذه الروافد من خارج الأراضي العراقية، باستثناء العظيم، الذي تنبع مياهه وتتدفق داخل الأراضي العراقية. أما بالنسبة لنهر الفرات فإنه يتدفق داخل الأراضي العراقية دون أن تصب فيه أي روافد كبيره، باستثناء وجود بعض الأودية ذات الجريان الموْسميُّ التي تجري من الغرب باتجاه هذا النهر، وتفيض خلال مواسم الأمطار، لاسيما بعد العواصف المطرية. يلتقي نهرا دجلة والفرات في البصرة (سابقاً) ليشكلا شط العرب، الذي يصب في الخليج العربي، أما حالياً فإن نهر الفرات ينتهي في محافظة ذي قار، ونهر دجلة هو الذي يشكل المصدر الرئيس لمياه شط العرب؛ بسبب نقصان واردات نهرالفرات من الجارتين تركيا وسوريا وانخفاض معدلات سقوط الأمطار على حوض هذا النهر ضمن الأراضي العراقية.

في العراق، تتواجد المياه الجوفية على أعماق مختلفة تتراوح من عمق (1م) إلى عمق أكثر من (700 م) من سطح الأرض، وتتدفق بعض من هذه المياه إلى سطح الأرض عبر الينابيع أو العيون. تتواجد معظم الخزانات الجوفية في العراق ضمن صخور الحجر الجيري، وقليل منها يتواجد ضمن الصخور الفتاتية أو الترسبات الحديثة. تم اختراق معظم الخزانات الجوفية في العراق بأكثر من (150) ألف بئر. تشكل تصاريف هذه الآبار ما يقارب (14%) من نسبة الموارد المائية في العراق، وفقاً لتقارير الهيئة العامة للمياه الجوفية.

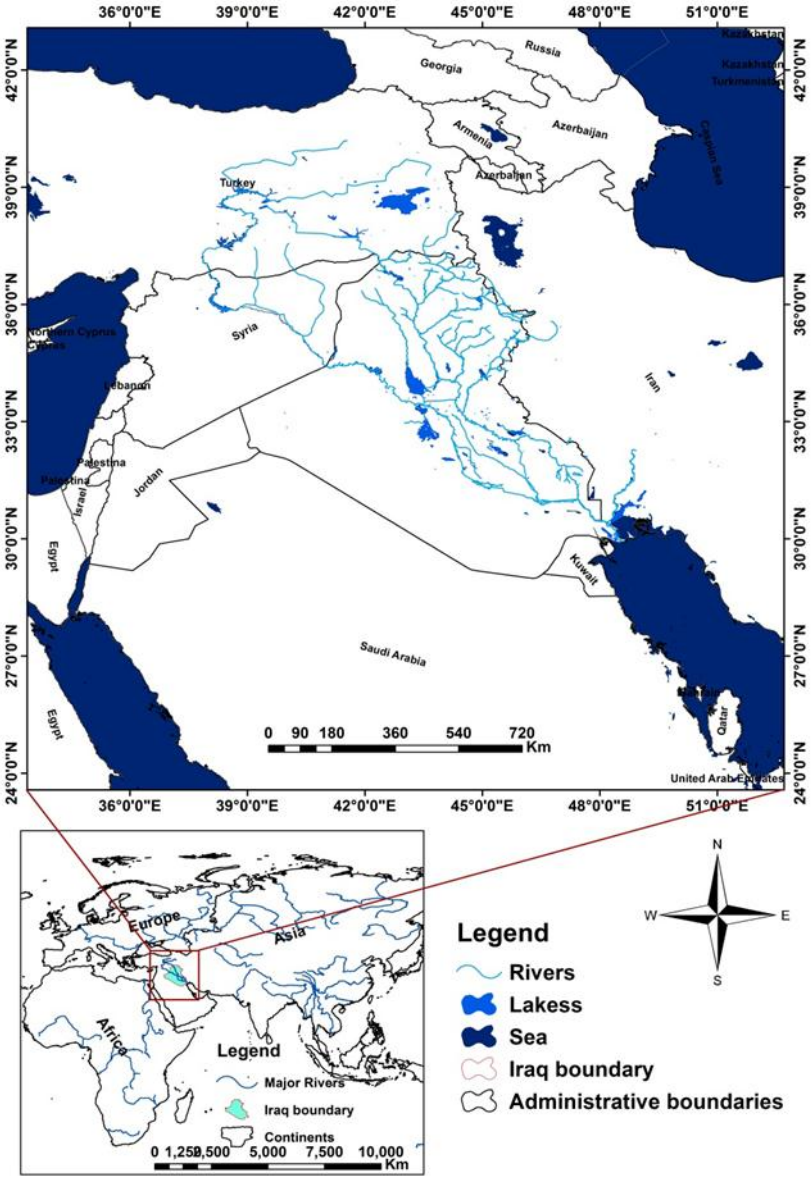
تناقص الوارد المائي للعراق (المياه السطحية والمياه الجوفية المتجددة) خلال العقود الماضية، حيث وصل إلى أقل من (30 مليار متر مكعب/ سنة) في السنوات 2022 و 2023، بينما تصل كمية المياه التي يحتاجها إلى (70 مليار متر مكعب/ سنة). لذا، وخلال العقود القليلة الماضية، حدث نقص حاد في واردات العراق المائية؛ بسبب التغيرات المناخية ونقص إمدادات المياه السطحية نتيجة المشاريع المائية على نهري دجلة والفرات داخل البلدان المجاورة خصوصاً تركيا وإيران. لذلك، يحاول العمل الحالي تقييم الموارد المائية الجوفية في العراق على نطاق إقليمي لاكتشاف كمياتها وجودتها وتحديد مدى ملائمتها واستدامتها للأغراض المختلفة.

يقدم هذا الفصل وصفًا تمهيديًا وشاملا للظروف الطبوغرافية والجيولوجية والهيدرولوجية والمناخية والهيدروجيولوجية لتسهيل معرفة الوضع الهيدروجيولوجي في العراق.

1- الموقع والطبوغرافية Location and Topography

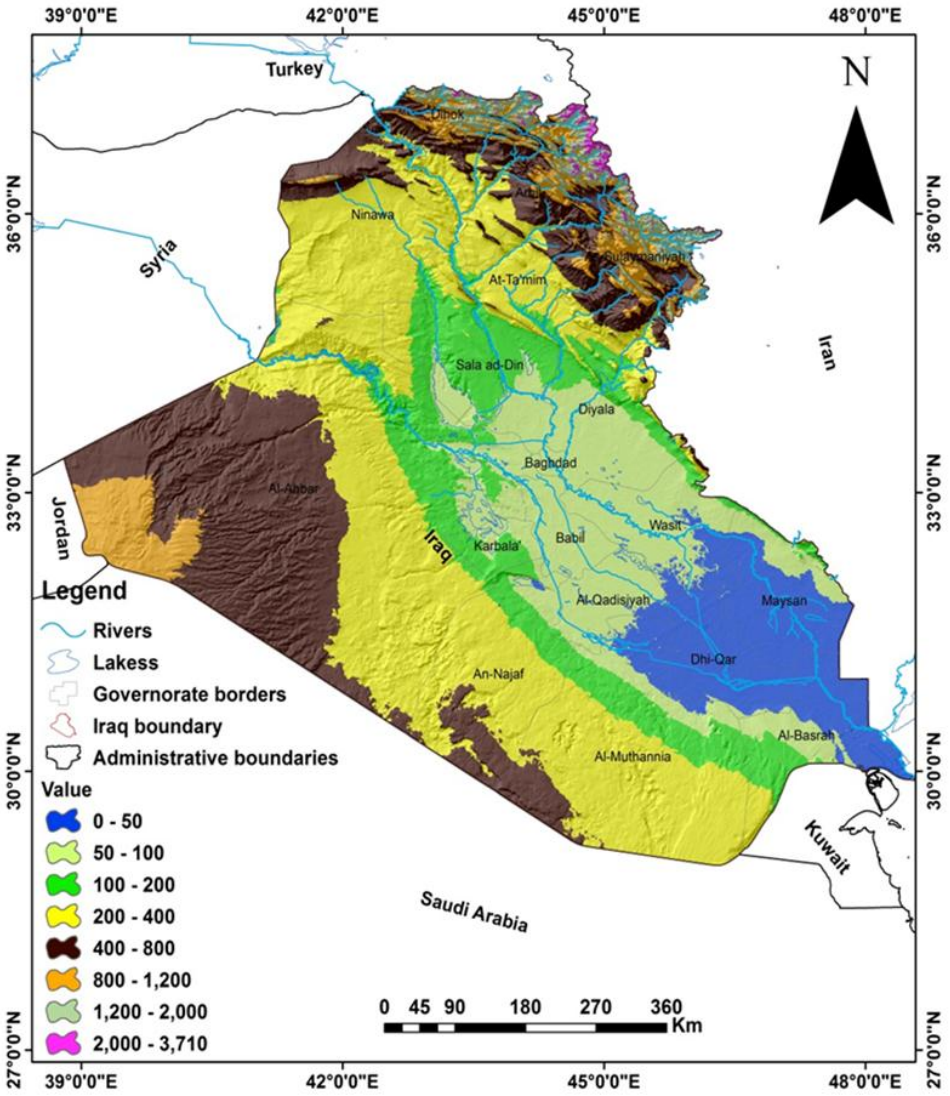
يقع العراق في جنوب غرب آسيا وتحيط به ست دول هي: تركيا في الشمال، إيران من الشمال الشرقي إلى الجنوب الشرقي، سوريا في الشمال الغربي، الأردن في الغرب، المملكة العربية السعودية في الغرب والجنوب الغربي، والكويت في الجنوب. خلال العصور القديمة، كانت الأراضي التي تشكل العراق حاليًا تُعرف ببلاد ما بين النهرين (Mesopotamia) أو "الأرض بين الأنهار" (Land between the Rivers).

تبلغ مساحة العراق الإجمالية (437,072 كم²)؛ تشكل اليابسة منها (432,162 كم²)، بينما تشكل المسطحات المائية تقريبًا (4,910 كم²) من المساحة الإجمالية، وله ساحل يمتد على الطرف الشمالي من الخليج العربي بحدود (58 كم)، كما موضح في الشكل (1-1).



الشكل (1-1): الخريطة الموقعية للعراق.

من الناحية الطبوغرافية، يشبه العراق حوضًا يتكون من سهل بلاد ما بين النهرين. تحيط بهذا السهل مرتفعات جبلية في الشمال والشمال الشرقي والشرق، والتي تصل ارتفاعاتها إلى أكثر من (3000 م) فوق مستوى سطح البحر، ومناطق صحراوية في الغرب والجنوب، ذات ارتفاعات تتراوح بين (100 إلى 900 م) فوق مستوى سطح البحر، تتناقص بالارتفاع تدريجيًا باتجاه نهر الفرات. تشكل هذه المناطق الصحراوية أكثر من (40 %) من مساحة العراق (FAO, 2008) . تبدأ الأرض بالارتفاع في العراق من مستوى سطح البحر في منطقة الفاو جنوب البصرة، وتتدرج بالارتفاع شمالًا وغربًا وشرقًا لتصل إلى (3661 م) فوق مستوى سطح البحر في جبل شيخا دار (Cheekha Dar) ضمن الحدود العراقية - الإيرانية في سلسلة جبال زاكروس ضمن إقليم كردستان، كما موضح في الشكل (1-2).



الشكل (1-2): الخريطة الطبوغرافية للعراق.

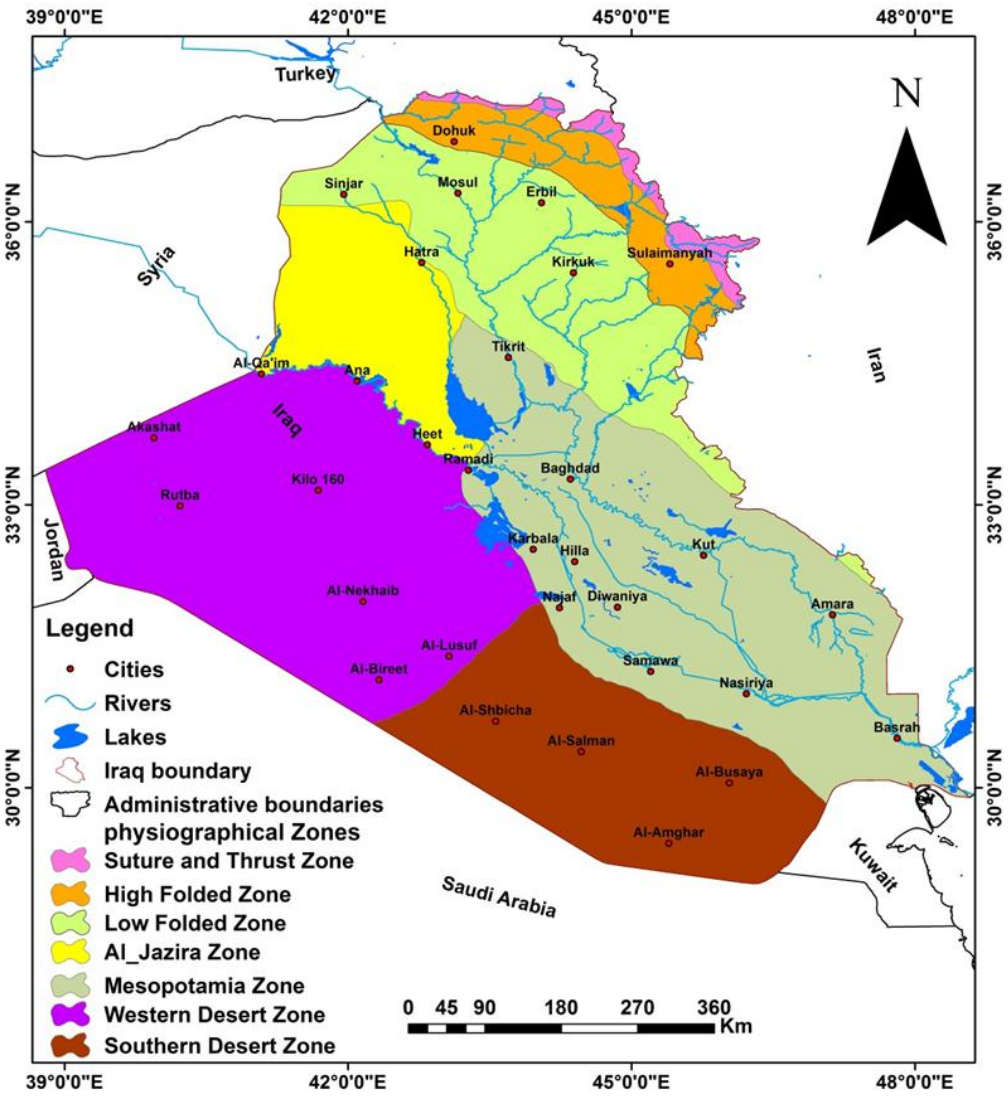
قُسم العراق فيزيوغرافيًا إلى سبعة انطقة (Al-Khalaf J. M., 1959). يتميز كل نطاق من هذه الانطقة بظروف طبوغرافية وجيولوجية وتركيبية وهيدرولوجية ومناخية خاصة به (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2015)، كما هو موضح في الشكل (1-3). وفيما يلي وصف موجز عن هذه الانطقة:

1- 1 نطاق التلاحم والزحف Suture and Thrust Zone

وهو عبارة عن نطاق صغير وضيق يمثل مناطق جبال شمال وشمال شرق العراق، ويشغل مساحة صغيرة تبلغ (1.32%) تقريبًا من مساحة العراق الإجمالية (Al-Madhlom, et al., 2020). يحتوي هذا النطاق على أعلى قمة جبلية في العراق، وهي جبل شيخا دار (Cheekha Dar) على الحدود العراقية - الإيرانية ضمن سلسلة جبال زاكروس في إقليم كردستان، والتي يصل ارتفاعها إلى (3661 م) فوق مستوى سطح البحر.

1- 2 نطاق الطيات العالية The High Folded Zone

يتميز هذا النطاق بطبوغرافية وعرة، وأودية عميقة وضيقة محاطة بسلاسل جبلية. يغطي هذا النطاق تقريبًا (4.82%) من مساحة العراق الإجمالية. الحدود الشمالية والشمالية الشرقية لهذا النطاق تتمثل بنطاق التلاحم والزحف، بينما تتمثل حدوده الغربية والجنوبية الغربية بنطاق الطيات الواطئة (Al-Madhlom et al., 2020). يتكون هذا النطاق من جزأين طبوغرافيين رئيسيين، الجزء الأول يتمثل بالجبال المرتفعة والجزء الثاني يتمثل بالمناطق المسطحة والمنبسطة. هذان المظهران الطبوغرافيان متوازيان مع المضارب الرئيسة في المنطقة والتي هي باتجاه شمال غرب - جنوب شرق وجنوب شرق - شمال غرب (Sissakian et al., 2014b).



الشكل (1-3): خريطة التقسيم الفيزيوغرافي للعراق (Al-Khalaf J. M., 1959).

1- 3 نطاق الطيات الواطئة The Low Folded Zone

يغطي هذا النطاق تقريبًا (13.20%) من مساحة العراق الإجمالية، بمساحة تبلغ (56930 كم²) (Yacoub et al., 2012). وهو يمتد في الأجزاء الشمالية الوسطى والشمالية الشرقية من العراق. يحدّه من الشمال والشمال الشرقي نطاق الطيات العالية، ومن الجنوب والجنوب الغربي نطاق بلاد الرافدين ونطاق الجزيرة.

السطح الطبوغرافي لهذا النطاق يتدرج بالارتفاع من الحدود الجنوبية الغربية وبارتفاعات تتراوح بين (125 - 300 م) فوق مستوى سطح البحر نحو الحدود الشمالية والشمالية الشرقية ليصل إلى ارتفاعات تتراوح بين (900 - 1000 م) فوق مستوى سطح البحر. يمثل جبل سنجار (Sinjar Mountain) المعلم الأبرز في هذه المنطقة، حيث تصل أعلى قمة له إلى ارتفاع (1462 م) فوق مستوى سطح البحر (Yacoub et al., 2012).

1- 4 نطاق الجزيرة Al-Jazira Zone

يقع نطاق الجزيرة في الجزء الشمالي الغربي من العراق بين نهري دجلة والفرات، ويغطي مساحة تبلغ (29270 كم²) تقريبًا، والتي تمثل (8.1%) من مساحة العراق الإجمالية. يتدرج هذا النطاق بالارتفاع تدريجيًا من الجنوب نحو الشمال، حيث يبلغ ارتفاع أوطأ نقطة فيه (50 م) فوق مستوى سطح البحر، بينما يصل ارتفاع أعلى نقطة فيه (400 م) فوق مستوى سطح البحر (Ma'ala, 2009a).

1- 5 نطاق بلاد ما بين النهرين Mesopotamia Zone

يقع هذا النطاق بين نهري دجلة والفرات، ويمتد من شمال مدينة تكريت إلى مدينة الفاو على ساحل الخليج العربي في الجنوب. يغطي هذا النطاق مساحة تبلغ أكثر من (116,000 كم²)، مما يمثل (27.48 %) من مساحة العراق الإجمالية. يتميز سطح الأرض في هذا النطاق بالارتفاع التدريجي من الجنوب نحو الشمال. حيث تبدأ الأرض بالارتفاع تدريجيًا من مستوى سطح البحر في أقصى الحافة الجنوبية الشرقية بالقرب من الخليج العربي لتصل إلى ارتفاع (140 م) فوق مستوى سطح البحر في منطقة الفتحة (Yacoub, 2011).

1- 6 نطاق الصحراء الغربية The Western Desert Zone

يمثل هذا النطاق ما نسبته (27.22%) من مساحة العراق الإجمالية التي تعادل (104,000 كم²) تقريبًا. وهو يمتد غرب نهر الفرات وحتى الحدود العراقية الأردنية والعراقية السعودية، ومن الحدود العراقية السورية إلى وادي الخر شمال غرب محافظة النجف الأشرف (Sissakian and Mohammed, 2007). يرتفع سطح هذه المنطقة تدريجيًا من الشرق إلى الغرب بميل قليل يبلغ (5 م/كم). السمات الطبوغرافية البارزة في هذا النطاق هي الهضاب، والتلال، والوديان الكبيرة، والأخاديد.

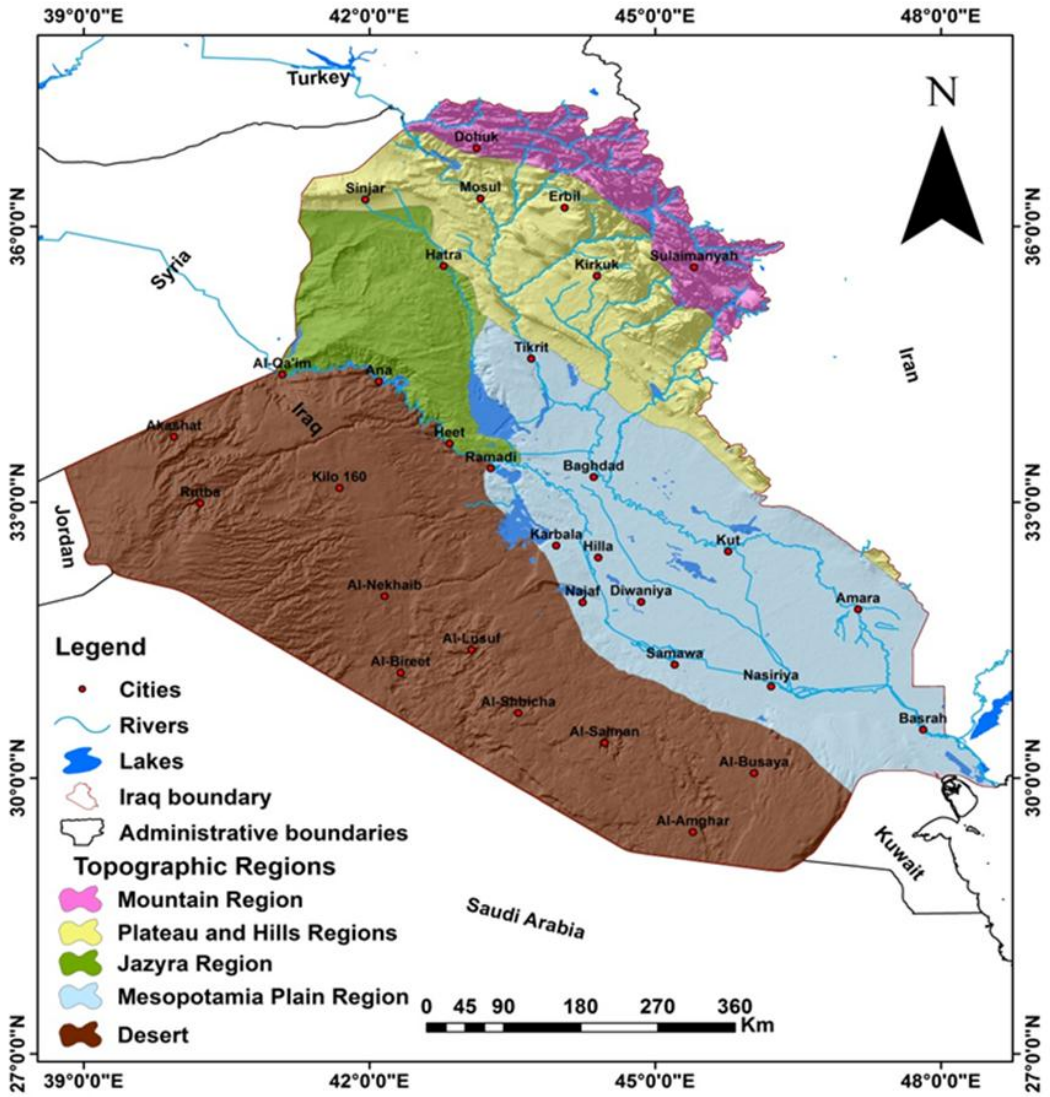
1- 7 نطاق الصحراء الجنوبية The Southern Desert Zone

يغطي هذا النطاق مساحة تبلغ (76000 كم²) تقريبًا، مما يمثل (16.81%) من مساحة العراق الإجمالية. يمتد هذا النطاق من نهر الفرات في الشمال والشمال الشرقي، ومن وادي الخر في الشمال الغربي إلى الحدود العراقية السعودية في الجنوب والجنوب الغربي والحدود العراقية الكويتية في الجنوب الشرقي (Ma'ala, 2009c). يميل سطح الأرض في هذا النطاق نحو الشرق والشمال الشرقي باتجاه نهر الفرات. حيث تمتد الأجزاء المرتفعة له على طول الحدود العراقية السعودية وبارتفاعات تتراوح بين (300 - 400 م) فوق مستوى سطح البحر، في حين تكون الأجزاء الأوطأ على

ارتفاعات تتراوح بين (20 - 50 م) فوق مستوى سطح البحر، على طول نهر الفرات (Jassim and Al-Jiburi, 2009).

هناك تصنيف طبوغرافي آخر وضع من قبل الأنصاري (Al-Ansari, 2020)، يستند هذا التصنيف إلى طبيعة التضاريس الأرضية، ويقسم طبوغرافية العراق إلى خمسة أقاليم ، كما هو موضح في الشكل (1-4)، وعلى النحو التالي :

1- إقليم الجبال Mountain Region
2- إقليم الهضاب والتلال Plateau and Hills Region
3- إقليم سهل ما بين النهرين The Mesopotamian Plain Region
4- إقليم الجزيرة Jazira Region
5- إقليم الصحراء Desert Region

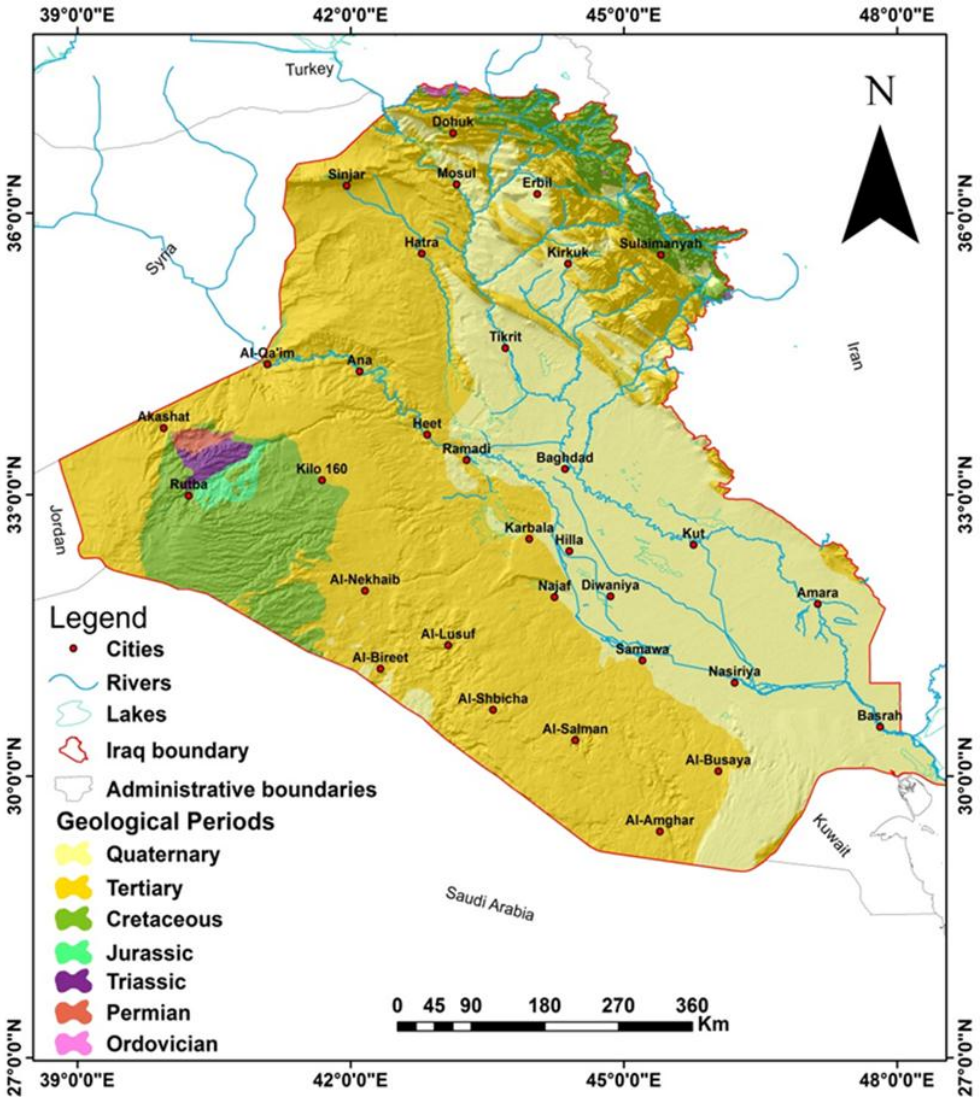


الشكل (1-4): الخريطة الطبوغرافية للعراق (Al-Ansari, 2020).

2- الجيولوجيا السطحية للعراق Surface Geology of Iraq

وفقًا لما ورد في كتاب "جيولوجيا العراق" المحرر من قبل جاسم وكوف (Jassim and Goff, 2006)، والبحوث والدراسات المنشورة عن جيولوجيا العراق؛ تم رسم الخريطة الجيولوجية السطحية للعراق. أظهرت هذه الخريطة أن التكوينات الجيولوجية والترسبات المنكشفة على سطح العراق تمتد زمنيًا من حقبة الحياة القديمة (Paleozoic) إلى العصر الرباعي (Quaternary period) ضمن حقبة الحياة الحديثة (Cenozoic)، كما هو موضح في الشكل (1-5).

تظهر مكاشف صخور حقبة الحياة القديمة في مناطق صغيرة شمال وغرب العراق، حيث تنكشف صخور تكوين الخابور (Khabour Formation) العائد للعصر الكامبري - الأوردوفيشي (Cambrian - Ordovician) في شمال العراق (Baban and Lawa, 2016)، بينما تنكشف صخور تكوين الكعرة (Ga'ara Formation) العائدة للعصر البرمي (Permian) في غرب العراق، والذي يعتبر خزانًا جوفيًا رئيسًا في هذه المنطقة. كما تنكشف الصخور العائدة لعصري الترياسي (Triassic) والجوراسي (Jurassic) في الأجزاء الوسطى الغربية من العراق، والمتمثلة بتكوينات ملصة (Mulosa)، زور حوران (Zor Houran)، عبيد (Ubaid)، حسينيات (Hussainiyat) وعامج (Amej).



الشكل (1-5): الخريطة الجيولوجية السطحية للعراق.

تنكشف صخور التكوينات العائدة للعصر الكريتاسي (Cretaceous) بشكل رئيس في ثلاثة أجزاء من العراق: الجزء الأول يقع في شمال وشمال شرق العراق، والجزء الثاني يمثل منطقة صغيرة جدًا وتقع في شمال غرب العراق بالقرب من جبل سنجار، أما الجزء الثالث فيقع في الجزء الغربي من العراق ويمتد حتى الحدود العراقية السعودية. كما موضح في الشكل (1-5).

تغطي طبقات العصر الثلاثي (Tertiary) جميع أجزاء سطح العراق؛ حيث تنكشف في الأجزاء الشمالية الشرقية والشمالية الغربية وجميع المناطق الغربية والجنوبية الغربية من العراق، كما تنكشف أيضًا في مناطق صغيرة جدًا في شرق العراق. أما تكوينات وترسبات العصر الرباعي (Quaternary) لنهري دجلة والفرات وترسبات روافد نهر دجلة فتغطي المنطقة الموجودة في وسط وشرق العراق وبعض الأجزاء في الشمال والغرب، كما هو موضح في الشكل (1-5).

3- الوضع التكتوني للعراق Tectonic Setting of Iraq

تكتونيًا، يقع العراق في الجزء الشمالي الشرقي من الصفيحة العربية (Arabian plate)، ما عدا منطقة صغيرة جدًا تقع في أقصى الشمال الشرقي وتمتد داخل صفيحة يوراسيا (Eurasian) الإيرانية، (Fouad, 2015). هنالك تقسيمان تكتونيان للعراق يتم اعتمادهما حاليًا في جميع البحوث والدراسات؛ الأول قُدم من قبل جاسم وبوداي (Jassim and Buday) في كتاب جيولوجيا العراق المحرر من قبل جاسم وكوف (Jassim and Goff, 2006)، أما التقسيم الثاني فقد وضعه فؤاد (Fouad, 2015).

جاسم وبوداي ، (Jassim and Buday,2006) وضعا تقسيمًا تكتونيًا للعراق اعتمادا على مفاهيم نظرية الصفائح التكتونية ؛ في هذا التقسيم، قسم العراق إلى ثلاث مناطق تكتونية مختلفة : الرصيف المستقر Stable Shelf ،الرصيف غير المستقر Unstable Shelf ، وتلاحم زاكروس Zagros Suture ؛ ثم قسمت هذه المناطق الى انطقة ثانوية (Zones) ، وكما يلي :

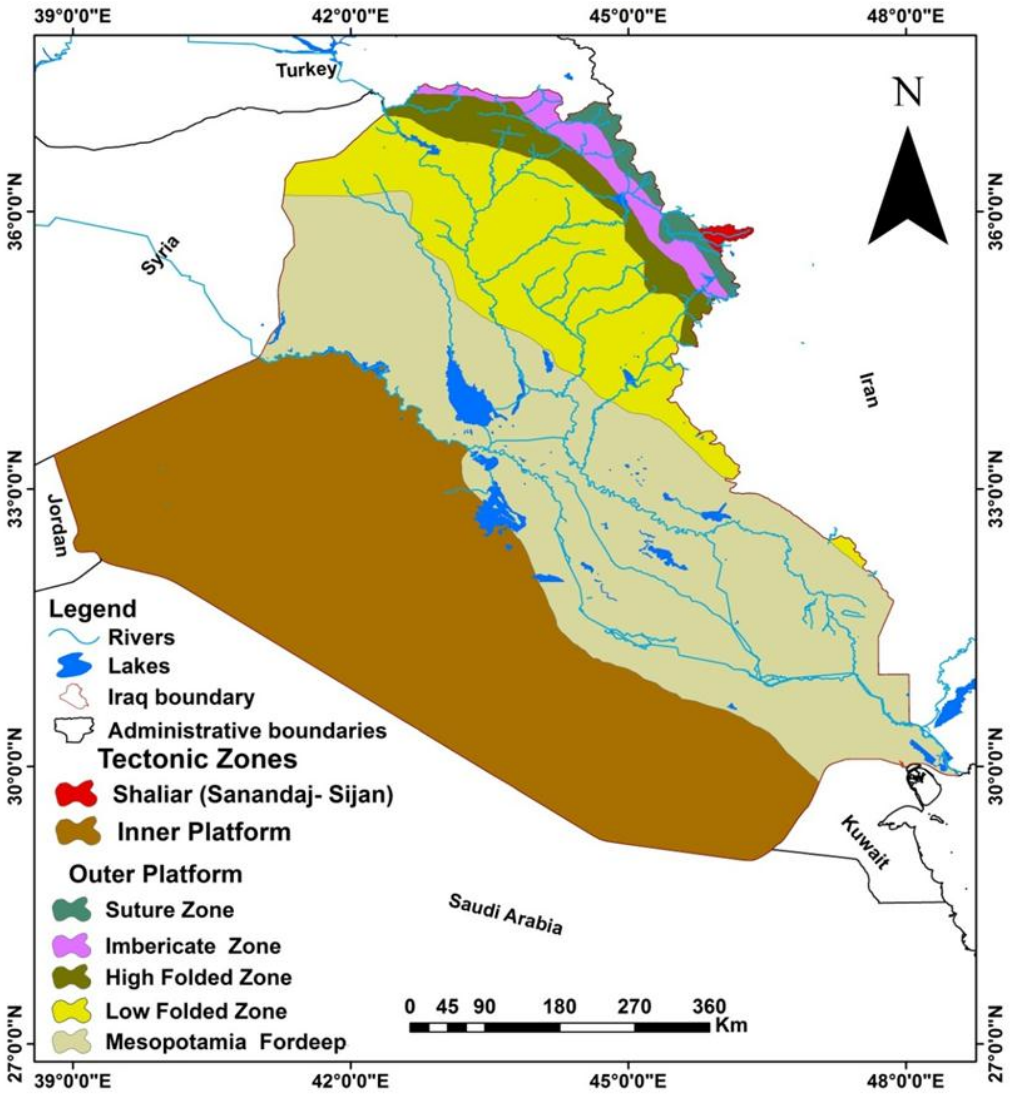
A- The Stable Shelf الرصيف المستقر
1- Rutba – Jezira Zone
2- The Salman Zone
3- Mesopotamian Zone
a- Zuber Subzone
b- Tigris Subzone
c- Euphrates Subzone

B- Unstable Shelf الرصيف غير المستقر
1- Foothill zone
a- Makhule – Hemrine Subzone
b- Butmah – Chemchemal Subzone
2- High folded Zone
3- Balambo – Tanjero Zone
4- Northern Thrust (Ora) zone

C- Zagros Suture تلاحم زاكروس
1- Qulqala – Khwakurk Zone
2- Penjwen – Walsh Zone
3- Shalair Zone

فؤاد (Fouad, 2015) وضع تقسيمًا تكتونيًا مختلفًا اعتمادًا على مفاهيم نظرية الصفائح التكتونية أيضًا. في هذا التقسيم، قُسِّم العراق إلى ثلاث وحدات تكتونية رئيسة؛ الوحدة الأولى تمثل منطقة صغيرة جدًا تقع في أقصى الشمال الشرقي، وتمتد

داخل صفيحة يوراسيا الإيرانية، وقد سُميت Shalair، أما الوحدة الثانية فسُميت Outer Arabian platform، وقُسمت إلى خمسة أنطقة ثانوية، بينما الوحدة الثالثة سُميت Inner Arabian platform. الوحدتان الأولى والثانية تقعان ضمن الجزء غير المستقر من الصفيحة العربية. بينما الوحدة الثالثة تقع ضمن الجزء المستقر من الصفيحة العربية، كما هو موضح في الشكل (1-6). في كلا التصنيفين، تُعتبر أنظمة الفوالق عانه - أبو جير - الفرات الحد الفاصل بين الجزء المستقر والجزء غير المستقر من الصفيحة العربية، (Abdulnaby, 2018). استنادًا إلى تكتونية الأحواض الرسوبية ، قام (Mohammed et al., 2021) بتقسيم العراق إلى حزام طيات - صدوع زاغروس وحوض ما بين النهرين الأمامي. كجزء من الأحواض الأمامية العربية - الأفريقية نتيجة للتصادم العربي - الأوراسي منذ أواخر العصر الطباشيري حتى الوقت الحاضر.



الشكل (1-6): خريطة العراق التكتونية، (Fouad, 2015).

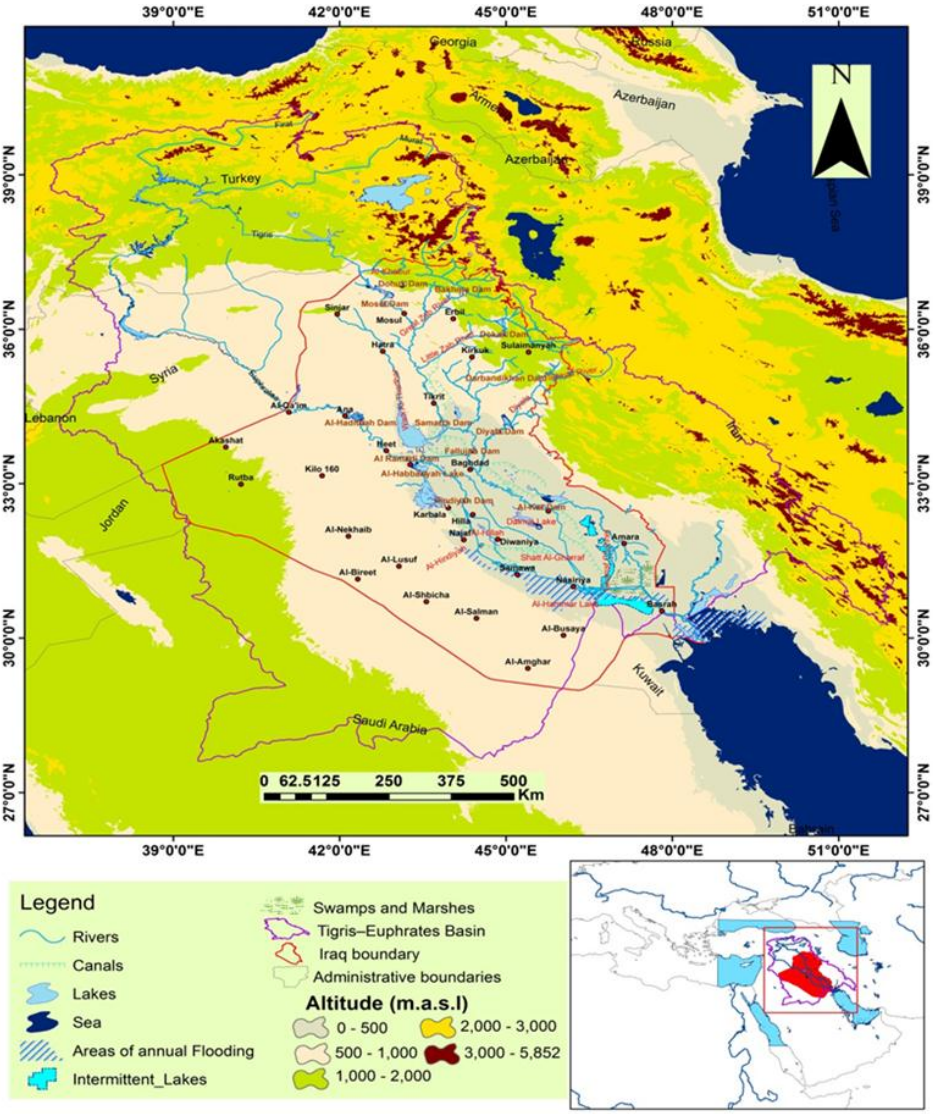
4- الموارد المائية والمناخ في العراق Water Resources and Climate in Iraq

تشكل المياه السطحية متمثلة بنهري دجلة والفرات وروافد نهر دجلة المورد الرئيس للمياه في العراق، وتشكل ما نسبته (86%) من الموارد المائية فيه ، بينما تمثل النسبة المتبقية من الموارد المائية والبالغة (14%) المياه الجوفية، (Yousuf, et al., 2018). سابقًا، كان يلتقي نهر دجلة بنهر الفرات في جنوب العراق ليشكلا شط العرب الذي يصب في الخليج

العربي، كما هو موضح في الشكل (1-7) ، أما حاليًا فإن نهر الفرات ينتهي في محافظة ذي قار، ونهر دجلة هو الذي يشكل المصدر الرئيس لمياه شط العرب؛ بسبب نقصان واردات نهر الفرات من الجارتين تركيا وسوريا نتيجة بناء السدود ، وكذلك نتيجة التغيرات المناخية وانخفاض معدلات سقوط الأمطار على حوض النهر ضمن الأراضي العراقية.

بلغ متوسط التدفق السنوي لنهري دجلة والفرات للفترة من (1986 - 2020) حوالي 40 مليار متر مكعب من المياه، بينما بلغ متوسط التدفق السنوي لروافد نهر دجلة حوالي 20.7 مليار متر مكعب للفترة نفسها (Al-Ansari, 2021). تأتي معظم هذه المياه من الدول المجاورة وفق النسب التالية: تركيا (71%)، إيران (16.9%)، سوريا (4.1%)، أما النسبة المتبقية والبالغة (8%) فتأتي من سقوط الأمطار داخل الأراضي العراقية. تأتي جميع المياه التي تتدفق في نهر الفرات من خارج الحدود العراقية، بينما يأتي أكثر من (65%) من مياه نهر دجلة وروافده من مصادر خارجية، حيث تُعتبر الروافد الخابور، الزاب الكبير، الزاب الصغير، العظيم وديالى هي الروافد الرئيسة لهذا النهر في العراق. تتدفق هذه الروافد من خارج الأراضي العراقية، باستثناء نهر العظيم الذي ينبع ويتدفق من داخل الأراضي العراقية.

المصدر الثاني للموارد المائية في العراق هو المياه الجوفية، والتي تتواجد في أكثر من (26) خزانًا جوفيًا بأنواعها المختلفة المحصورة وغير المحصورة، العميقة والضحلة.



الشكل (1-7): حوضا نهري دجلة والفرات.

يشمل التوزيع الجغرافي لهذه الخزانات الجوفية معظم المناطق العراقية، من الشمال إلى الجنوب ومن الشرق إلى الغرب. تُستثمر المياه الجوفية من هذه الخزانات بطريقتين، الأولى طبيعية والثانية بتدخل الإنسان، حيث تُستثمر المياه الجوفية طبيعيًا في العراق من خلال الينابيع التي تنتشر بشكل واسع في إقليم كردستان وغرب نهر الفرات على طول فالق أبو جير. أما استثمار المياه الجوفية بتدخل الإنسان فيكون من خلال الآبار المحفورة يدويًا، قنوات الكهاريز، والآبار المحفورة ميكانيكيًا. وقد تم حفر أول بئر ميكانيكي في العراق عام 1935 وفق سجلات الهيئة العامة للمياه الجوفية (G.C.W.G).

على الرغم من وجود نهري دجلة والفرات وروافد نهر دجلة، تعتبر المياه الجوفية المصدر الرئيس للمياه في العديد من المناطق العراقية البعيدة عن مصادر المياه السطحية، مثل المناطق الشمالية ومناطق الصحراء العراقية. ومع ذلك، خلال العقود الثلاثة الأخيرة، ازداد استغلال المياه الجوفية بشكل كبير لتعويض النقص الحاصل في المياه السطحية بسبب التغيرات المناخية وانخفاض تدفقات الأنهار الرئيسية وزيادة المشاريع الهيدروليكية في البلدان المجاورة، وخاصة تركيا وإيران. لذلك، ازداد عدد الآبار المحفورة في العراق ليصل إلى (150) ألف بئر في عام 2023 وفقًا لإحصاءات الهيئة العامة للمياه الجوفية (G.C.W.G) غير الرسمية.

وفقًا ليوسف وآخرين (Yousuf, *et al.*, 2018)، أظهرت الأبحاث التي أجريت في إقليم كردستان أن انخفاض مستويات المياه الجوفية في مدينة دهوك كان تقريبًا (3.79 م) في الخزانات الجوفية المحصورة و(7.09 م) في الخزانات الجوفية غير المحصورة في عام 2010. أما بالنسبة لحوض عقرة - بردرش Aqra-Bardarash، فقد انخفضت مستويات المياه الجوفية بحوالي (4.78 م) في الجزء الشرقي، و(4.13 م) في الجزء الغربي من نهر الخازر. كما انخفض مستوى المياه الجوفية في سهل أربيل بحوالي (30 م). في بعض مناطق محافظة السليمانية، انخفض مستوى المياه الجوفية إلى أكثر من (50 م). أما بالنسبة لوسط وجنوب العراق، فقد انخفضت مستويات المياه الجوفية إلى أكثر من (15 م) في جنوب العراق، وخاصة في الصحراء الجنوبية، وكذلك إلى أكثر من (20 م) في أجزاء من الصحراء الغربية وإلى أكثر من (5 م) في الجزء الشرقي من وسط العراق خلال السنوات العشر الأخيرة.

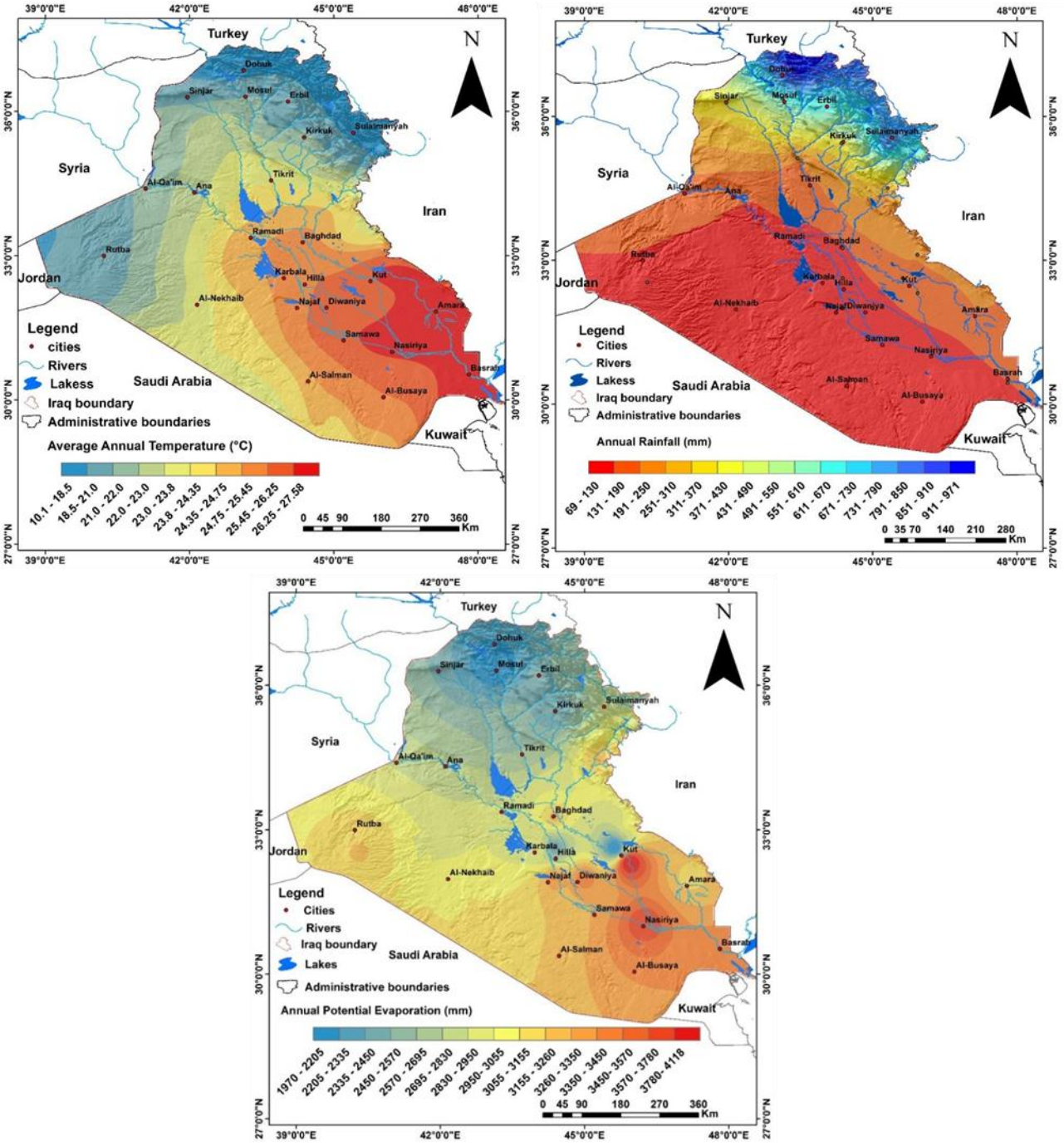
من الناحية المناخية، يعتبر الموقع الجغرافي العامل الرئيس الذي يتحكم بالدورة الهيدرولوجية (Wilson, 1983). كمية هطول الأمطار وانتشارها الجغرافي وتغيرات درجات الحرارة هي من بين أهم العوامل التي تؤثر على وفرة الموارد المائية في أي منطقة من العالم. لذلك، تعتمد الظروف الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية لأي منطقة بشكل رئيس على المناخ وكذلك على الوضع الطبوغرافي والجيولوجي.

في العراق، حدث نقص حاد في المياه؛ بسبب التغير المناخي والمشاريع المائية في إيران وتركيا وسوريا بالإضافة إلى سوء إدارة الموارد المائية في العراق. فيما يتعلق بالتغير المناخي، شهد العراق موجات متتالية من الجفاف بسبب ندرة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة. إن كمية الأمطار الساقطة في العراق تتغير بشكل كبير اعتمادًا على الموقع الجغرافي والارتفاعات الطبوغرافية، حيث تتراوح من (1000 ملم/ سنة) في أقصى الجزء الشمالي الشرقي إلى أقل من (100 ملم/ سنة) في الأجزاء الجنوبية الغربية، كما هو موضح في الشكل (1-8).

أظهرت الخرائط التي رُسمت اعتمادًا على البيانات المسجلة في محطات الأرصاد الجوية لمعدل الأمطار السنوية، ودرجات الحرارة، والتبخرالكامن للفترة من (1979 – 2014)، أن متوسط الأمطار السنوية في العراق يتراوح بين (69 –

970 ملم/ سنة)، ومتوسط درجات الحرارة السنوية يتراوح بين (14.7° – 26.6° مئوية)، ومتوسط التبخر السنوي يتراوح بين (2062 – 4114 ملم) كما هو موضح في الشكل (1-8).

ووفقًا لخيون ومهدي (Khayyun and Mahdi,2020)، فإن الظروف المناخية للفترة من (2020–2050) ستؤدي إلى انخفاض في معدل الأمطار بنسبة (6.247%)، وانخفاض في مستويات المياه الجوفية بمعدل يتراوح بين (1.8 – 4.8 م) للطبقة العليا من الخزانات الجوفية في العراق على مدى السنوات الـ (31) القادمة. لكن الواقع يشير إلى أرقام أكثر بكثير مما ذكر.

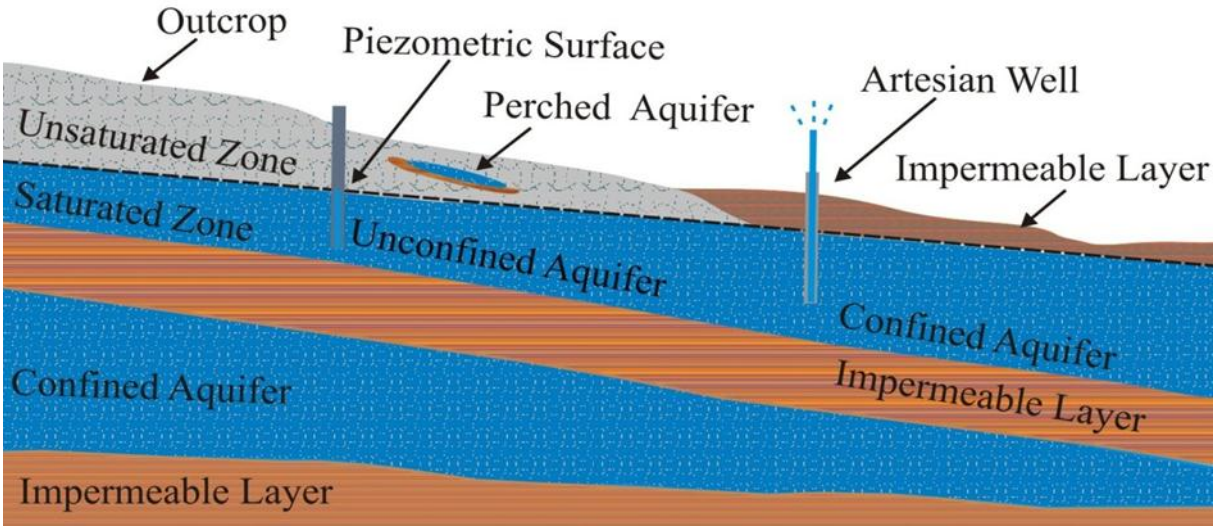


الشكل (1-8): المعدلات السنوية للأمطار ودرجة الحرارة وقيم التبخر في العراق للفترة من (1979 – 2014).

5- المياه الجوفية في العراق Groundwater in Iraq

بشكل عام، المياه الجوفية هي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في مسامات الصخور والترسبات وفي شقوق الطبقات الصخرية. ويطلق على وحدة أو كتلة من الصخور أو الترسبات خزان جوفي (Aquifer) عندما تكون محاطة من الأعلى والأسفل أو من الأسفل فقط بطبقات غير نفاذة ويمكنها أن توفر كمية قابلة للاستثمار من المياه الجوفية. إن العمق الذي تصبح عنده مسامات التربة أو الشقوق في الصخور مشبعة بالكامل بالماء يسمى منسوب المياه الجوفية (Water Table)، كما هو موضح في الشكل (1-9).

يقع منسوب المياه الجوفية بين منطقتين: الأولى تسمى النطاق غير المشبع (Unsaturated) والثانية تسمى النطاق المشبع .(Saturated) النطاق غير المشبع (Unsaturated) هو المنطقة بين سطح الأرض ومنسوب المياه الجوفية؛ في هذا النطاق تكون الفراغات والمسامات داخل التربة أو الترسبات والصخور مملوءة بالهواء والماء. وينقسم هذا النطاق إلى ثلاث أقسام: منطقة التربة (Soil Zone) أو منطقة الجذور (Root Zone) ، منطقة التداخل (Intermediate Zone) ، ومنطقة الخاصية الشعرية (Capillary Zone) . أما في النطاق المشبع (Saturated) ، فتكون جميع المسامات أو الشقوق مملوءة كليًا بالماء؛ وإذا كان هذا النطاق يمرر الماء بسهولة إلى الآبار أو الينابيع، فإنه يُسمى خزان جوفي.



الشكل (1-9): يوضح النطاق المشبع والنطاق غير المشبع ومنسوب المياه الجوفية وأنواع الخزانات الجوفية.

الخزان الجوفي المحصور هو وحدة نفاذة من الصخور أو الترسبات محصورة بين طبقتين من الصخور أو الترسبات غير النفاذة التي تمنع حركة المياه إلى طبقات صخرية أخرى. تكون المياه الجوفية في الخزانات المحصورة تحت ضغط عالٍ بسبب الطبقات غير النفاذة الموجودة في الأعلى والأسفل. لذلك، عندما يخترق البئر الخزان الجوفي المحصور، يرتفع مستوى المياه (السطح البيزومتري) أو السطح الجهدي (Piezometric or Potentiometric Surface) إلى مستوى أعلى من مستوى عمق الخزان الجوفي تحت تأثير الضغط الهيدروستاتيكي العالي، ويوصف البئر في هذه الحالة بأنه بئر ارتوازي، كما هو موضح في الشكل (1-9).

من أهم الخزانات الجوفية المحصورة في العراق والتي تتواجد ضمن صخور الحجر الجيري هي خزانات الدمام (Dammam) وأم ارضومة (Umm Erdhumah) ، وتتواجد في بعض أجزاء الصحراء الغربية والجنوبية. أما في الصخور الفتاتية، فتكون خزانات المقدادية (Mukdadiya) وباي حسن (Bai Hassan) ، التي تتواجد في الأجزاء الشمالية والشرقية من العراق، من بين أهم الخزانات الجوفية المحصورة.

أما بالنسبة إلى الخزانات الجوفية غير المحصورة، فهي عبارة عن وحدة نفاذة من الصخور أو الترسبات التي لا تغطيها طبقة غير نفاذة من الأعلى. في هذا النوع من الخزانات الجوفية، يكون منسوب المياه الجوفية عند أعلى النطاق المشبع حرًا في الارتفاع أو الانخفاض داخل الترسبات أو الصخور، اعتمادًا على كمية المياه الموجودة في المسامات. الآبار التي تخترق الخزانات الجوفية غير المحصورة، يكون مستوى المياه فيها عند نفس عمق منسوب المياه الجوفية (Water Table). لذلك، يُطلق عليها أيضًا خزانات منسوب المياه الجوفية (Water Table Aquifer) ، كما هو موضح في الشكل (1-9). في جميع الأحوال، معظم الخزانات الجوفية في العراق هي من نوع غير المحصور.

هناك حالة خاصة من الخزانات الجوفية غير المحصورة تُعرف بالخزان الجوفي المعلق (Perched Aquifer) ، ويتواجد فوق منسوب المياه الجوفية الرئيس، ويكون في أغلب الأحيان على شكل عدسة من الترسبات مملوءة مساماتها بالمياه، ويقع فوق طبقة غير نفاذة داخل منطقة غير مشبعة، كما هو موضح في الشكل (1-9). هذا النوع شائع في معظم أنحاء العراق، خاصة في سهل بلاد ما بين النهرين.

بناءً على الخصائص الفيزيائية للطبقات الصخرية، يمكن تصنيف الحزانات الجوفية إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

1- الخزانات الجوفية غير المتماسكة (Unconsolidated Aquifers): تتكون من الترسبات غير المتماسكة مثل السلت (Silts)، الرمال (Sands)، والحصى (Gravels). توجد هذه الخزانات في وديان الأنهار، الدلتا، والبحيرات،(Khare, et. al., 2017) ، مثال على ذلك الخزانات الجوفية ضمن الترسبات الحديثة في سهل بلاد ما بين النهرين.

2- الخزانات الجوفية المتماسكة (Consolidated Aquifers): تتكون من طبقات صخرية متماسكة مثل الحجر الرملي (Sandstone). مثال على ذلك خزان باي حسن (Bai Hassan) الذي يتواجد في المناطق الشمالية من العراق.

3- الخزانات الجوفية الكارستية - المتشققة (Karstic - Fractured Rock Aquifers): تتكون في الصخور الجيرية (Carbonate Rocks) حيث توجد المياه الجوفية وتتحرك في الشقوق داخل هذه الطبقات. أمثلة على ذلك تشمل خزانات بلا سبي (Pila Spi)، سَارمود (Sarmord)، الطيارات (Tayarat)، أم ارضومة (Umm Erdhumah)، والدمام (Dammam).

بناءً على التصنيفات المذكورة للخزانات الجوفية، أبرزت التحريات والدراسات الهيدروجيولوجية التي أُجريت في العراق الخزانات الجوفية التالية، كما هو مبين في الجدول (1-1).

جدول (1-1):- الخزانات الجوفية الرئيسة في العراق.

العمر Age	الموقع Location	الطبقة الحاملة للمياه Water Bearing Strata	نوع الخزان Type of Aquifer	الخزان Aquifer	ت No.
Quaternary	Most parts of Iraq	Gravel, Sand and Silt	Mostly Unconfined Semi-Confined or Confined	Alluvium	1
Pliocene – Pleistocene	Southeastern Part of the Southern Desert and Karbala – Najaf Plateau	Pebbly Sandstone and Sandstone	Mostly Unconfined	Dibdbba	2
Pliocene – Pleistocene	Low Folded Zone and Mesopotamia Zone	Sandstone	Partly Confined	Bai Hassan (Upper Bakhtiari)	3
Late Miocene – Pliocene	Low Folded Zone and Mesopotamia Zone	Pebbly Sandstone, Sandstone and Siltstone	Partly Confined	Mukdadia (Lower Bakhtiari)	4
Late Miocene	Low Folded Zone, Al-Jazira Zone and Northeastern Part of the Western Desert	Sandstone and Siltstone	Mostly Unconfined	Injana (Upper Fars)	5
Middle Miocene	Low Folded Zone, Al-Jazira Zone and Northeastern Part of the Western Desert	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Mostly Unconfined	Fatha (Lower Fars)	6
Early Miocene	Southeastern Part of the Southern Desert	Sandstone, Pebbly Sandstone and Limestone	Partly Confined	Char Equivalent of Euphrates	7
Early Miocene	Al-Jazira Zone and Middle Part of the Western Desert	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Mostly Unconfined	Euphrates	8
Early – Late Eocene	Western and Southern Desert	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Mostly Unconfined	Dammam	9
Middle Late Eocene	High Folded Zone, Low Folded Zone	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Partly Confined	Pila Spi	10
Middle Paleocene-Early Eocene	High Folded Zone, Low Folded Zone	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Partly Confined	Sinjar	11
Middle Paleocene-	High Folded Zone and Low Folded	Karstic Fracture Carbonate	Partly Confined	Khurmala Equivalent	12

Early Eocene	Zone	Rocks		of Sinjar	
Middle – Late Paleocene	Western and Southern Desert	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Mostly Confined	Umm Er Radhuma	13
Middle – Late Paleocene	Western Part of the Western Desert	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Mostly Confined	Akashat Equivalent of Umm Er Radhuma	14
Early – Late Cretaceous	High Folded Zone	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Confined	Qamchuqa	15
Early – Late Cretaceous	High Folded Zone	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Partly Confined	Sarmord	16
Late Campanian – Early Maastraichtian	High Folded Zone	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Partly Confined	Dokan	17
Late Campanian – Late Maastrichtian	High Folded Zone and Low Folded Zone	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Partly Confined	Aqra– Bekhme	18
Late Maastriachtian	Western and Southern Desert	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Confined	Tayarat	19
Turonian – Early Campanian	High Folded Zone	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Confined	Kometan	20
Late Campanian – Early Maastraichtian	Western Part of the Western Desert	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Confined	Hartha	21
Late Cretaceous, Cenomanian	Western Part of the Western Desert	Sands and Sandstone	Unconfined	Rutbah	22
Middle Jurassic	Western Part of the Western Desert	Karstic Fracture Carbonate Rocks and Sandstone	Unconfined	Muhaiwir	23
Late Triassic	Western Part of the Western Desert	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Mostly Confined	Mulussa	24
Early – Late Permian	Western Part of the Western Desert	sandstones	Mostly Confined	Ga`ara	25

Middle Permian	Northwestern Parts of the Western Desert	Sandstone and Carbonate Rocks	Confined	Suffi	26

هناكَ العديدُ منْ التكويناتِ الحاملةِ للمياهِ في العراقِ لكنها لا تعتبرُ خزاناتٍ جوفيةً رئيسةً منتجةً، بسبب إنتاجيتها المنخفضة وامتدادها المحدود، مثل تكوينات جيا زيريا (Chia Zairia)، ناوكليكان (Naokelekan)، عبيد (Ubaid)، عنة (Anah)، شيخ علاس (Sheikh Alas)، عامج (Amij)، الحسينيات (Hussainiyat)، وزهرة (Zahrah).

6- الدراسات الهيدروجيولوجية في العراق Hydrogeological Studies in Iraq

قاعدة البيانات التي استخدمت في إعداد هذا الكتاب تم جمعها من الدراسات والبحوث الهيدروجيولوجية المنشورة، حيث تم جمع معظم البيانات وتحليلها ومناقشتها لتحديد الظروف الهيدروجيولوجية لخزانات المياه الجوفية وخصائصها الهيدروليكية في جميع مناطق العراق.

المصادر التاريخية تشير إلى أن أول دراسة هيدروجيولوجية شاملة في العراق أُجريت من قبل شركة بارسونز (Parsons Company)، ونُشرت في 13 مجلدًا بين عامي 1955 و1957، وبين عامي 1973 و1975 قدم بعض الباحثين دراسات مهمة عن المياه الجوفية في العراق، مثل إليرداشفيلي (Elerdashvili) في عام 1973، ومارينوف وآخرون (Marinov et al., 1974) ، وريكوف وآخرون (Riykov et al., 1975).

في الفترة ما بين عامي 1970 و1989، أُجريت أهم الدراسات الهيدروجيولوجية الإقليمية لمناطق الصحراء والجزيرة في العراق بواسطة شركات مختلفة، حيث تم تقسيم العراق إلى تسعة قواطع تغطي معظم أجزائه، وكما يلي:

1 - أنجز المسح الجيولوجي العراقي (GEOSURV) عام 1983 المسح الهيدروجيولوجي الإقليمي لثلاثة قواطع (1، 2، و3)، والتي تشمل منطقة السلمان ومعظم أجزاء الصحراء الجنوبية.

2- أنجزت شركة (Idrotecnico) الإيطالية في عام 1977 المسح الهيدروجيولوجي الإقليمي لقاطع (4)، والذي يشمل الجزء الجنوبي الغربي من الصحراء الغربية ومنطقة النخيب.

3- أنجز اتحاد الشركات اليوغسلافية (Consortium Yugoslavia) المسح الهيدروجيولوجي الإقليمي للقاطعين (5 و7) في الأعوام 1978 و1981، وشمل القاطع (7) مناطق الصحراء الغربية بما في ذلك الرمادي، عنة، القائم، ومناطق K1 و 160، أما القاطع (5) فقد شمل منطقة الرطبة ومحيطها.

4 - أنجزت شركة الفرات (Al-Furat Co) التي تُعرف حاليًا بالمركز الوطني لإدارة الموارد المائية التابع لوزارة الموارد المائية العراقية في عام 1989 المسح الهيدروجيولوجي الإقليمي لقاطع (8)، والذي شمل مناطق سنجار الجنوبية والشمالية ومنطقة الجزيرة. كما أُجريت مسوحات هيدروجيولوجية إقليمية للقاطع (9) من قبل المركز الوطني لإدارة الموارد المائية مع شركات أخرى تابعة لوزارة الموارد المائية في الفترة من 1995 إلى 2024، وشملت مناطق متفرقة في شرق وجنوب شرق العراق.

5 - أُجريت دراسة على منطقة عكاشات، التي تمثل القاطع (6)، من قبل فريق مشترك من المسح الجيولوجي العراقي وفريق من روسيا في عام 1976.

6 - قام فريق روسي بدراسة المياه الجوفية في سهل الرافدين في عام 1980.

خلال الفترة من عام 1990 إلى 2015، قامت الشركة العامة للمسح الجيولوجي العراقية (الهيأة العامة للمسح الجيولوجي العراقية حالياً، GEOSURV) بإجراء العديد من الدراسات الهيدروجيولوجية الإقليمية من خلال مشاريع رسم الخرائط الجيولوجية والهيدروجيولوجية. تم نشر معظم نتائج هذه المشاريع في مجلة الهيأة " Iraqi Bulletin of Geology and Mining".

في شمال العراق، تم تنفيذ المشروع الهيدروجيولوجي الإقليمي بتمويل من منظمة الفاو (FAO)، وتم نشر نتائجه من قبل Stevanovic and Markovic في عام 2004 . كما قام كراسني وآخرون (2006) ,.Krasny, et al بنشر فصل عن المياه الجوفية في العراق في كتاب "جيولوجيا العراق" الذي حرره Jassim وGoff في عام 2006. وفي عام 2015، نفذ الفريق الإيطالي مشروعًا لصالح وزارة الموارد المائية العراقية يعرف بالدراسة الاستراتيجية لموارد المياه وتطوير الأراضي في العراق (SWLRI).

بين عامي 2010 و 2018، تم تنفيذ مشروع اليونسكو "المسح الهيدروجيولوجي المتقدم للمياه الجوفية في العراق" المعروف بـ ASHRI ، والذي يتألف من مرحلتين، ASHRI-1 و ASHRI-2. كما نفذت الهيئة العامة للمياه الجوفية في العراق المسح الهيدرولوجي الشامل للنقاط المائية في العراق في عام 2013. وفي السنوات الأخيرة، تمت مناقشة معظم هذه البيانات من خلال رسائل الماجستير وأطروحات الدكتوراه ونُشرت كأبحاث.

الفصل الثاني

التصنيفِ الهيدروجيولوجيِ

1- تمهيد Preface

يُعد التصنيف الهيدروجيولوجي من أكثر الأساليب أهمية في تقييم الظروف الهيدروجيولوجية والتوزيع المكاني وأنظمة الجريان ومناطق التغذية والتصريف للمياه الجوفية. تستند هذه التصنيفات على العوامل التكتونية والتركيبية والجيولوجية والمناخية والمورفولوجية والهيدروغرافية التي تؤثر بشكل مباشر على مسارات جريان المياه الجوفية وتجمعها ضمن الطبقات الصخرية والترسبات. اذ يحدد الوضع التكتوني والوضع التركيبي الشكل الهندسي للمناطق الهيدروجيولوجية (الأحواض الهيدروجيولوجية سابقا) الذي يؤثر على جريان تلك المياه وتجمعها داخل الخزانات الجوفية، كما يحدد العامل الجيولوجي (الليثولوجي) مسامية ونفاذية الطبقات الحاملة للمياه وخصائصها الهيدروليكية. بينما تحدد الظروف المناخية معدلات التغذية والتصريف، مما يؤثر - في نهاية المطاف - على كمية ونوعية المياه الجوفية. وأخيرًا، تحدد الظروف المورفولوجية والهيدروغرافية مناطق تجمع المياه وعلاقتها بالمياه السطحية. ومع ذلك، فإن معظم هذه التصنيفات تقسم المناطق الهيدروجيولوجية إلى أحواض ومناطق فيزيوغرافية ومقاطعات هيدروجيولوجية.

2- التصنيفات الهيدروجيولوجية للعراق Hydrogeological Classifications of Iraq

هناك عدة تصنيفات للمناطق الهيدروجيولوجية في العراق قد وُضعت بناءً على المفاهيم العلمية المستخدمة. حيث وُضع أول تصنيف بواسطة كراسني وآخرين (Krasny, et al.2006) في عام 2006، ضمن كتاب جيولوجيا العراق المحرر من قبل جاسم وكوف (Jassim and Goff, 2006). أما التصنيف الثاني فقد وُضع من قبل الجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi) في عام 2015. إضافة إلى ذلك، قام بعض الباحثين بتصنيف بعض المناطق الهيدروجيولوجية في العراق على نطاق صغير. حيث قام حسن والكبيسي (Hassan and Al Kubaisi) في عام 2002، بتقسيم الصحراء العراقية إلى ستة أحواض هيدروجيولوجية، كما قام ستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic) في عام 2004، بتقسيم شمال العراق (بما فيه إقليم كردستان) إلى ستة عشر حوضًا. وفيما يلي وصف مختصر لتلك التصنيفات الهيدروجيولوجية:

2-1 تصنيف كراسني الهيدروجيولوجي Krasny Hydrogeological Classification

قسّم كراسني وآخرون (Krasny, et al., 2006) ضمن كتاب جيولوجيا العراق المحرر من قبل جاسم وكوف (Jassim and Goff, 2006)، الخزانات الجوفية في العراق إلى أربع عشرة مجموعة رئيسة اعتمادًا على العمر الجيولوجي والظروف البنيوية والليثولوجية للطبقات الحاملة للمياه الجوفية، كما هو موضح في الشكل (2-1). ويمكن وصف هذه المجموعات - بإيجاز - مع بعض الملاحظات على النحو الآتي:

1- المجموعة الأولى Aquifer Group 1 (صخور الباليوجين الجيرية Palaeogene Carbonate):

توجد هذه الخزانات ضمن الصخور الجيرية العائدة إلى العصر الطباشيري- الثلاثي في تكوينات الرطبة (Rutbah)، دكمة (Digma)، طيارات (Tayarat)، عكاشات (Akashat)، ورتكة (Ratga).

الملاحظات:

أ- يتكون تكوين الرطبة بشكل رئيس من الحجر الرملي مع نطاقات رقيقة من الحجر الجيري الدولوميتي الأحفوري والمارل. لذا، فأن معظم المياه الجوفية في هذا التكوين تتواجد ضمن الحجر الرملي، وليس الحجر الجيري.

ب- لا يُعد تكوين الرتكة خزانًا جوفيًا في هذه المنطقة، وذلك لأن طبقاته الصخرية تقع فوق المستوى الإقليمي للمياه الجوفية ضمن هذه المنطقة.

2- المجموعة الثانية Aquifer Group 2 (الحجر الرملي البرمي Permian Sandstone):

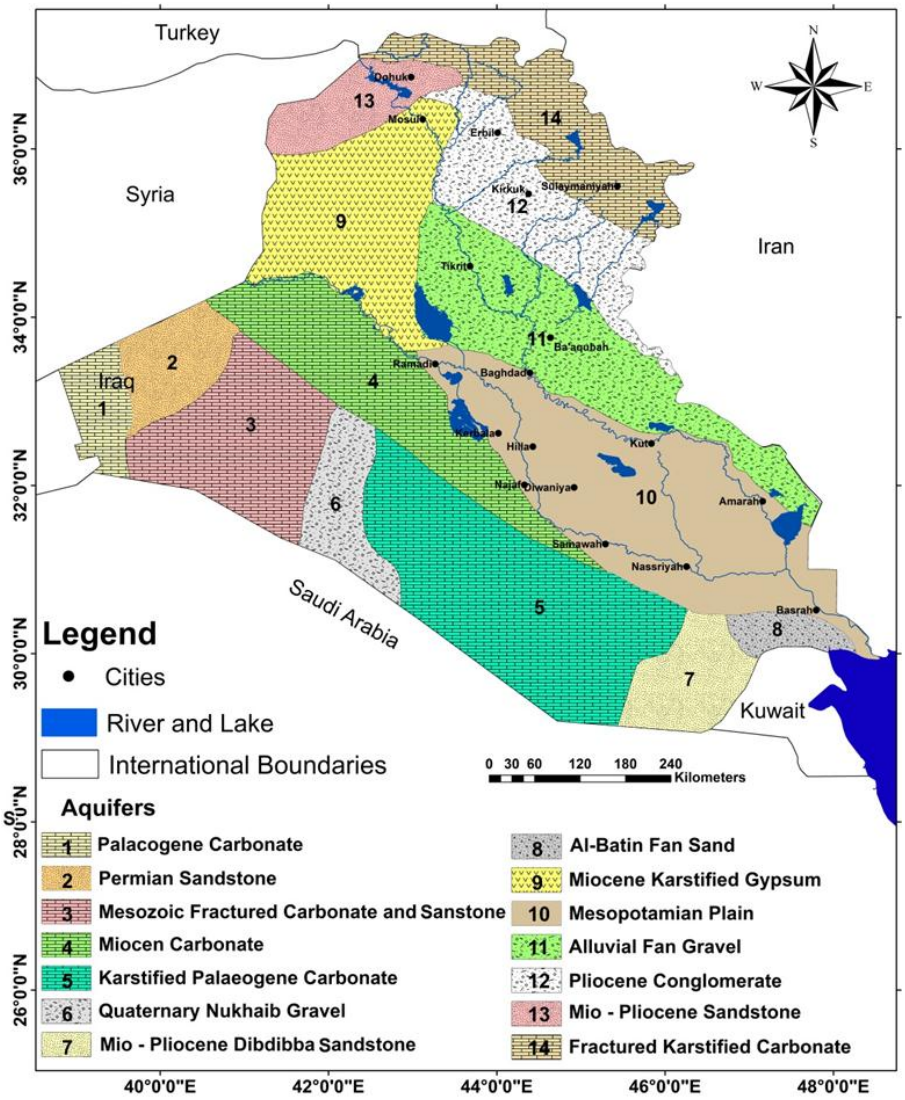
تتمثل هذه المجموعة بخزانات الكعرة (Ga'ara) وبئر الرح (Bir Al-Rah) الذي يسمى أيضًا صوفي (Suffi).

3- المجموعة الثالثة Aquifer Group 3 (الحجر الجيري المتشقق والحجر الرملي لحقب الحياة الوسطى Mesozoic Fractured Carbonate and Sandstone):

توجد هذه المجموعة من الخزانات الجوفية في صخور العصور الترياسية - الطباشيرية (Triassic - Cretaceous)، والمتمثلة بخزانات ملصة (Mulussa) ومحيور (Muhaiwir).

4- المجموعة الرابعة Aquifer Group 4 (الحجر الجيري لعصر الميوسين Miocene Carbonate):

يُعد خزان الفرات الجوفي الخزان الرئيس ضمن هذه المجموعة، ويتواجد على طول الضفة الغربية لنهر الفرات.



شكل (2-1): مجموعات الخزانات الجوفية في العراق، (Alsam, *et al.*, 1990) في (Jassim and Goff, 2006)

5- المجموعة الخامسة Aquifer Group 5 (الصخور الكارستية الكربونية الباليوجينية Karstified Paleogene Carbonate):

تتميز هذه المجموعة من الخزانات الجوفية بأنها تتكون من الحجر الجيري الكارستي المتشقق، مثل خزانات أم أرضومة (Umm Erdhumah)، جل (Jil)، والدمام (Dammam) التي توجد في الصحراء الجنوبية.

6- المجموعة السادسة Aquifer Group 6 (حصى النخيب العائد للعصر الرباعي Quaternary Nukhaib Gravel): تتمثل هذه المجموعة بخزان الترسبات الحديثة الجوفي.

7- المجموعة السابعة Aquifer Group 7 (الحجر الرملي لتكوين الدبدبة الميوسين - البليوسين Miocene- Pliocene Dibdibba Sandstone): تضم هذه المجموعة خزان الدبدبة الرملي.

8- المجموعة الثامنة Aquifer Group 8 (رمل مروحة الباطن Al-Batin Fan Sand):

تتمثل هذه المجموعة بالخزان الجوفي المتكون من الحصى والرمل الخشن المتناوب مع المارل، الذي يمثل الخزان الجوفي الرئيسي في منطقة حفر الباطن.

ملاحظة :

أن ترسبات مروحة الباطن قليلة السمك في هذه المنطقة؛ لذا فإن الخزان الجوفي الرئيس هو ضمن الحجر الرملي وترسبات الرمال العائدة لتكوين الدبدبة، وليس رمال تلك المروحة.

9- المجموعة التاسعة Aquifer Group 9 (الجبس الكارستي للعصر الميوسين Miocene Karstified Gypsum):

تتمثل هذه المجموعة بخزان الفتحة (Fatha) (الفارس الأسفل Lower Fars) في منطقة الجزيرة شمال غرب العراق. ومع ذلك، وفقًا للجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2015)، تمثل الصخور الرملية والسلتية لتكوين إنجانة الخزان الجوفي الرئيس في الجزء الشمالي من منطقة الجزيرة. على أي حال، في السنوات القليلة الماضية منعت الهيئة العامة للمياه الجوفية حفر الآبار ضمن خزان الفتحة، بسبب ندرة المياه فيه وتلوثها بالكبريتات.

10- المجموعة العاشرة Aquifer Group 10 (سهل ما بين النهرين Mesopotamian Plain):

تضم هذه المجموعة الخزانات الجوفية المتكونة ضمن ترسبات العصر الرباعي في سهل ما بين النهرين، كما يظهر في الشكل (2-1).

11- المجموعة الحادية عشرة Aquifer Group 11 (حصى المروحة الغرينية Alluvial Fan Gravel):

تُعتبر المراوح الغرينية الممتدة على طول الحدود العراقية الإيرانية الخزان الجوفي الرئيس ضمن مناطق مندلي – بدرة – الطيب.

12- المجموعة الثانية عشرة Aquifer Group 12 (مدملكات عصر البليوسين Pliocene Conglomerate):

تتمثل هذه المجموعة بنظام الخزانات الجوفية في مناطق أقدام (سفوح) الجبال Foothill Aquifer System في محافظات أربيل وكركوك والسليمانية وأجزاء من ديالى.

13- المجموعة الثالثة عشرة Aquifer Group 13 (الحجر الرملي العائد للميوسين – البليوسين Miocene- Pliocene Sandstone): تمثل الخزانات الجوفية في صخور المدملكات (Conglomerate) ضمن ترسبات العصر

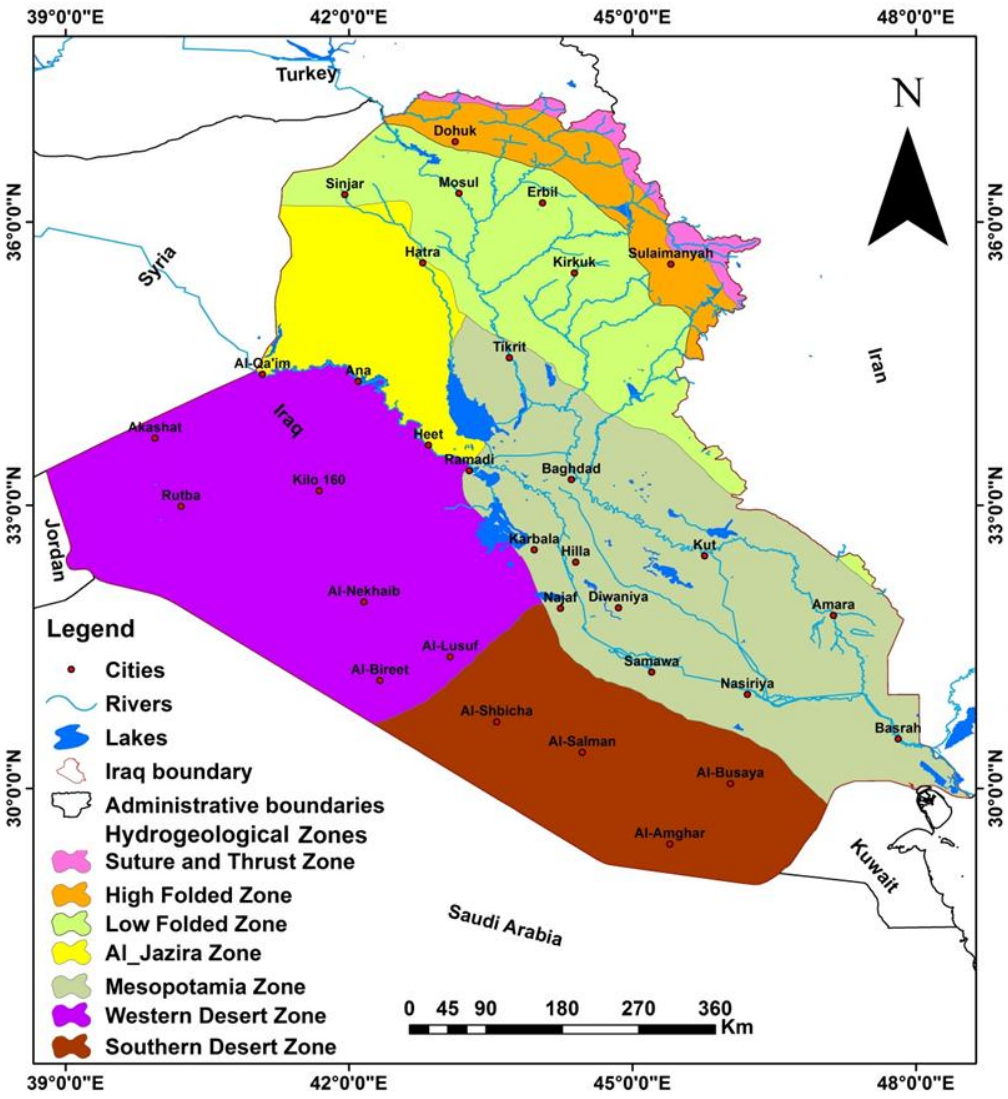
الرباعي (Quaternary) والخزانات الجوفية في صخور الميوسين – البليوسين الخزانات الجوفية الرئيسية في هذه المجموعة.

14- المجموعة الرابعة عشرة Aquifer Group 14 (الحجر الجيري الكارستي المتشقق Fractured Karstified Carbonate):

تُعد الخزانات الجوفية الموجودة ضمن صخور حقب الحياة الوسطى التي تتميز بكثافة الشقوق والكسور، الخزانات الجوفية الرئيسية في نطاق الطيات العالية ونطاق التلاحم (Suture) في شمال العراق.

2-2 تصنيف الجبوري والبصراوي الهيدروجيولوجي Al-Jiburi and Al-Basrawi Hydrogeological Classification

وضع التصنيف الثاني من قبل الجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2015). في هذا التصنيف، قُسِّم العراق من الناحية الهيدروجيولوجية إلى سبعة أنطقه اعتمادًا على الخصائص الفيزوغرافية والتركيبية والجيولوجية والهيدروجيولوجية، كما هو موضح في الشكل (2-2). يتميز كل نطاق من هذه الأنطقه بخصائص هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية لأنظمة الخزانات الجوفية التي تميزه عن الأنطقه الأخرى. ويمكن وصف هذه الأنطقه على نحو موجز كما يلي:



الشكل (2-2): الأنطقة الهيدروجيولوجية في العراق.(Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2015)

1- نطاق بلاد ما بين النهرين Mesopotamian Zone

يُعتبر نظام الخزانات الجوفية الرباعي(Quaternary Aquifer System) ، الذي يتواجد ضمن ترسبات العصر الرباعي في سهل بلاد ما بين النهرين، الخزان الجوفي الرئيس في هذا النطاق.

2- نطاق الطيات العالية High Folded Zone

وفقًا لستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004) في تصنيف الجبوري والبصراوي (2015)، هناك مجموعتان رئيستان من الخزانات الجوفية ضمن صخور الحجر الجيري في هذا النطاق. المجموعة الأولى تتمثل في أنظمة الخزان الجوفي الكارستي لخزان بخمة الجوفي(Bekhme Karst Aquifer systems) ، التي تتضمن الخزانات الجوفية في الحجر الجيري لتكوينات قمجوقة (Qamchuqa) ، دوكان (Dokan) ، وكوميتان .(Kometan) أما المجموعة الثانية فتتمثل في أنظمة الخزان الكارستي المتشقق (Fractured Karst) لخزان لبلا سبي (Pila Spi) ، التي تتضمن الخزانات الجوفية في الحجر الجيري لتكوينات سنجار (Sinjar) ، خورمالة (Khurmala) ، وأفانة .(Avanah) توجد هاتان المجموعتان في الأحواض الهيدروجيولوجية التالية:

A- Zakho Basin

B- NW Barzany Basin

1- Amadia – Barzan Sub-Basin

2- Atrush – Dinarta Sub-Basin

C- Central Harir Basin

1- Diana – Merga Soor Sub-Basin

2- Harir – Shaqlawa Sub-Basin

D- Central Dokan Basin

1- Sangasar Sub-Basin

2- Rania – Choarqurna Sub-Basin

3- Bangard – Surdash Sub-Basin

E- Sharazoor Basin

1- Bazian – Qaradagh Sub-Basin

2- Sarchinar – Arbat Sub-Basin

3- نطاق التلاحم والزحف Suture and Thrust Zone

تتكون خزانات المياه الجوفية الضحلة في هذا النطاق من صخور صلبة متشققة توجد بالقرب من سطح الأرض. وقد حُدِّدت ثلاثة أحواض هيدروجيولوجية ضمن هذا النطاق، وهي على النحو التالي:

A- Kani Mase Basin

B- Sidakan Basin

C- Penjween Basin

4- نطاق الطيات الواطئة Low Folded Zone

الخزانات الجوفية في تكوينات الفتحة (Fatha) ، وانجانة (Injana) ، والمقدادية (Mukdadiyah) ، وباي حسن (Bai Hassan) وترسبات العصر الرباعي (Quaternary) تمثل الخزانات الجوفية الرئيسة في هذا النطاق. قسم هذا النطاق إلى ثلاث عشرة مقاطعة ثانوية، كما يلي:

A- Sinjar – Rabee'a Sub Province

B- West Tigris River Sub Province

C- Khazir – Gomel Sub Province

D- Dohuk – Alqosh Sub Province

E- Erbil Sub Province

F- Altun Kupri Sub Province

H- Dibiga Sub Province

K- Makhmour Sub Province

L- Kirkuk – Hawija – Tuz Khurmatu Sub Province

M- Cham Chamal – Qadir Karam – Qara Too Sub Province

N- Kalar – Khanaqeen Sub Province

R- Qara Tappa – Al-Sa'adiyah Sub Province

T- Mandili – Zurbatiya – Teeb Sub Province

5- نطاق الجزيرة Al-Jazira Zone

تُعتبر خزانات المياه الجوفية ضمن ترسبات العصر الرباعي (Quaternary) ، وتكوينات الفتحة (Fatha) وإنجانة (Injana) هي الخزانات الجوفية الرئيسة في هذا النطاق.

6- نطاق الصحراء الغربية Western Desert Zone

أن التكوينات الحاملة للمياه الجوفية في نطاق الصحراء الغربية، من الأقدم إلى الأحدث، هي : صوفي (Suffi)، الكعرة (Ga'ara)، ملصة (Mulussa)، عبيد (Ubaid)، محيور (Muhaiwir)، رطبة (Rutba)، مساد (Ms'sad)، الهارثة (Hartha)، الطيارات (Tayarat)، أم الرضومة (Umm Er-Radhuma)، عكاشات (Akashat)، الدمام (Dammam)، الفرات (Euphrates)، وإنجانة (Injana).

7- نطاق الصحراء الجنوبية Southern Desert Zone

خزانات المياه الجوفية في تكوينات الهارثة (Hartha)، الطيارات (Tayarat)، أم ارضومة (Umm Er Radhuma)، الدمام (Dammam)، الغار/الفرات (Ghar/Euphrates)، والدبدبة (Dibdibba) تُعتبر الخزانات الرئيسة للمياه الجوفية في نطاق الصحراء الجنوبية.

المشكلة الرئيسة في هذا التصنيف تكمن في استخدام مصطلحات مختلفة في تقسيم الانطقة الهيدروجيولوجية، مثل مصطلحات الحوض، المقاطعة، والمقاطعة الفرعية. المشكلة الأخرى تتمثل في أن الترسبات في نطاق بلاد ما بين النهرين (Mesopotamian)، تمتد إلى الحدود العراقية- الإيرانية؛ وهذا غير دقيق، لأن الترسبات في هذه المناطق تشمل ترسبات المراوح الغرينية فضلاً عن صخور العصر الثلاثي(Tertiary) ، والتي تمتد على طول الحدود العراقية - الإيرانية، لاسيما في شمال شرق مدينة العمارة.

3-2 تصنيف حسن والكبيسي الهيدروجيولوجي لصحراء العراق Hassan and Al Kubaisi Hydrogeological Classification of Iraqi Desert

قسّم حسن والكيبيسي (Hassan and Al Kubaisi, 2002) صحراء العراق إلى ستة أحواض هيدروجيولوجية وفقًا للوضع التكتوني، التركيبي، البيئي ،الجيولوجي، ونظام جريان المياه الجوفية، وهي كما يلي:

1- حوض الرطبة Al- Rutba Basin : يغطي هذا الحوض مساحة تقدر بحوالي (56,000 كم²)، ما يمثل حوالي (27.3%) من مساحة صحراء العراق الإجمالية، كما هو موضح في الشكل (2-3). الطبقات الرئيسة الحاملة للمياه في هذا الحوض تتواجد ضمن تكوينات صوفي (Suffi) ، الكعرة (Ga'ara) ، ملصة (Mulussa) ، محيور(Muhaiwir) ، رطبة (Rutba) ، الطيارات (Tayarat) ، أم ارضومة (Umm Er-Radhuma) ، عكاشات (Akashat) ، الدمام (Dammam)، والفرات .(Euphrates) تتميز معظم الطبقات الحاملة للمياه في هذه التكوينات بوجود شقوق وكسور وتحتوي على مياه قليلة الملوحة.

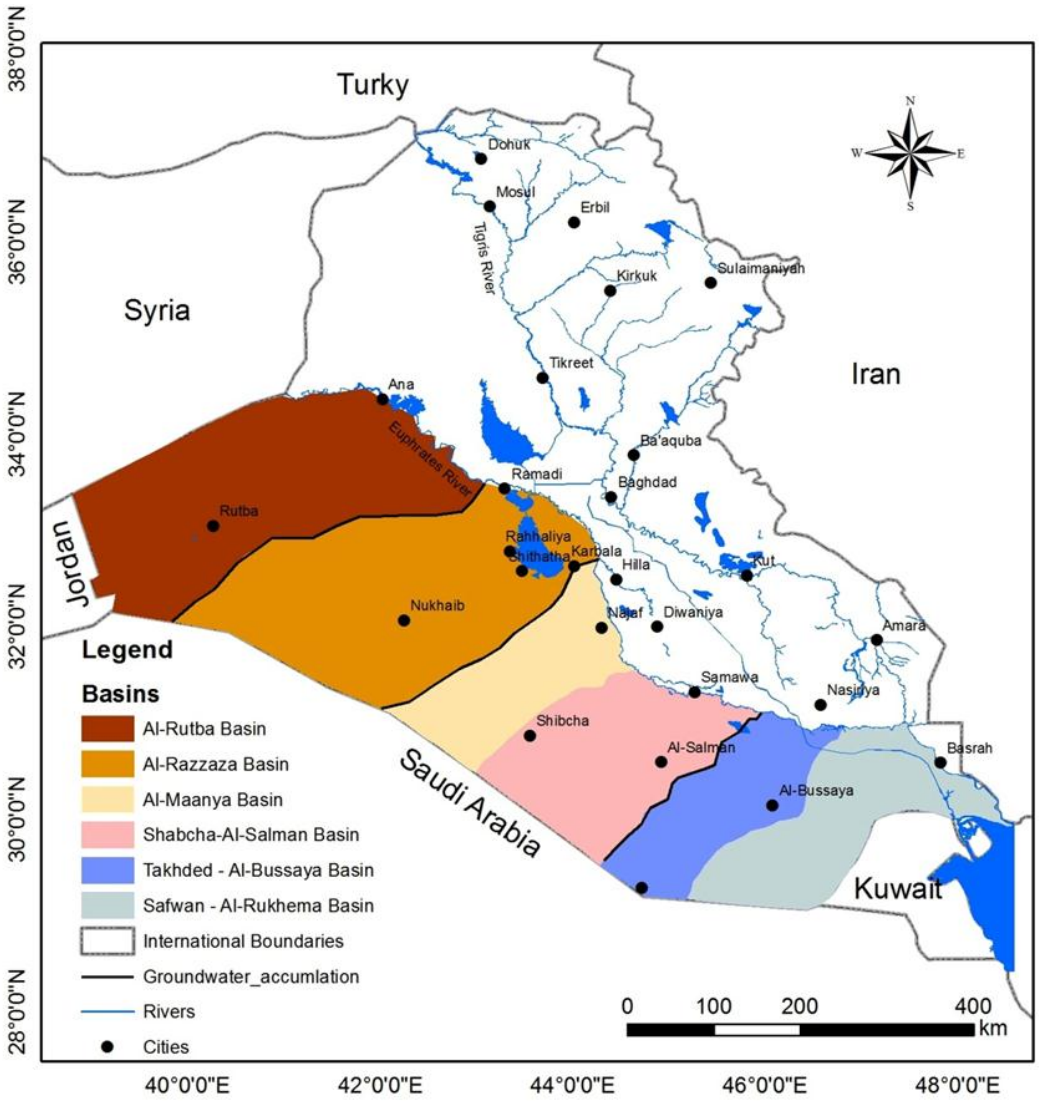
2- حوض الرزازة Al-Razzaza Basin : يمثل هذا الحوض حوالي (29.3%) من إجمالي مساحة الصحراء العراقية، ويغطي مساحة تقدر بحوالي (60,000 كم²) تقريبًا. الخزانات الجوفية الرئيسة في هذا الحوض هي: الكعرة(Ga'ara) ، ملصة (Mulussa) ، محيور (Muhaiwir)، رطبة (Rutba)، الهارثة (Hartha)، الطيارات (Tayarat) ، أم ارضومة (Umm Er-Radhuma) ، والدمام (Dammam).

3- حوض المعانية Al- Maanya Basin : يغطي هذا الحوض تقريبًا (16,000 كم²)، ويمثل ما نسبته (7.8%) من إجمالي مساحة الصحراء العراقية. أهم الخزانات الجوفية في هذا الحوض هي خزان أم ارضومة (Umm Er-Radhuma) وخزان الدمام (Dammam).

4- حوض شبجة – السلمان Shabcha – Al- Salman Basin : يمثل حوالي (9.9%) من إجمالي مساحة الصحراء العراقية ويغطي تقريبًا (20,000 كم²). الخزانات الجوفية الرئيسة في هذا الحوض هي الطيارات (Tayarat) ، أم ارضومة (Umm Er-Radhuma) ، والدمام (Dammam).

5- حوض تخاديد – بصية Takhade – Al-Busssaya Basin : يغطي هذا الحوض تقريبًا (31,000 كم²) ويمثل (15.1%) من إجمالي مساحة الصحراء العراقية. التكوينات الرئيسة الحاملة للمياه في هذا الحوض هي: التيارات (Tayarat)، أم ارضومة (Umm Er-Radhuma) ، الدمام (Dammam) ، الغار/الفرات (Ghar/Euphrates) ، والدبدبة (Dibdibba).

6- حوض صفوان – الرخيمة Safwan – Al-Rukhema Basin : يمثل (10.7%) من إجمالي مساحة الصحراء العراقية ويغطي تقريبًا (22,000 كم²). يعتبر خزان الدبدبة الجوفي (Dibdibba) الخزان الجوفي الرئيس في هذا الحوض.



الشكل (2-3): تقسيمات الأحواض الهيدروجيولوجية للصحراء الغربية والجنوبية، (Hassan and Al Kubaisi, 2002).

4-2 تصنيف ستيفانوفيتش وماركوفيتش الهيدروجيولوجي Stevanovic and Markovic Hydrogeological Classification

قسّم ستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004) شمال وشمال شرق العراق إلى 16 حوضاً هيدروجيولوجياً، استناداً إلى عوامل متعددة، من أهمها نوع وليثولوجية الطبقات الصخرية الحاملة للمياه، وهذه الأحواض هي:

1- Zakho Basin
2- Sumail Basin
3- Amadia-Barzan-Bekhme Basin
4- Dinarta- Mabruke Basin
5- Diana- Mergasoor- Sidakan Basin
9- Surdash- Koya Basin
10- Chamchamal Basin
11- Chuwarta- Penjween Basin
12- Sangaw – Bazian Basin
13- Sulaimaniyah – Sharazoor Basin

6- Akre- Bardarash Basin
7- Shaqlawa- Harir Basin
8- Between Merga Basin
14- Arbat – Khumala Basin
15- Qaradagh- Kalar Basin
16- Akre Basin

تتضمن هذه الأحواض ثلاثة أنظمة رئيسة للمياه الجوفية، بالإضافة إلى نظام رابع يمثل خزان مياه جوفية ذو خصائص مختلطة، كما ذكر في (Stevanovic and Markovic, 2004). وتشمل أنظمة المياه الجوفية هذه ما يلي:

1- نظام خزان بخمة الجوفي Bekhma Aquifer System : يتميز هذا النظام بالطابع الكارستي وينتشر في مناطق نطاق الطيات العالية (High Folded Zone)، ويتكون من تكوينات قمجوقة (Qamchuga)، دوكان (Dokan)، كوميتان (Kometan)، بخمة (Bekhme)، عقرة (Aqra)، سرمورد (Sarmord)، وتكوينات أخرى تعود لعصري الطباشيري / الباليوسين، وتتكون بشكل رئيس من طبقات الحجر الجيري (حجر جيري ودولومايت).

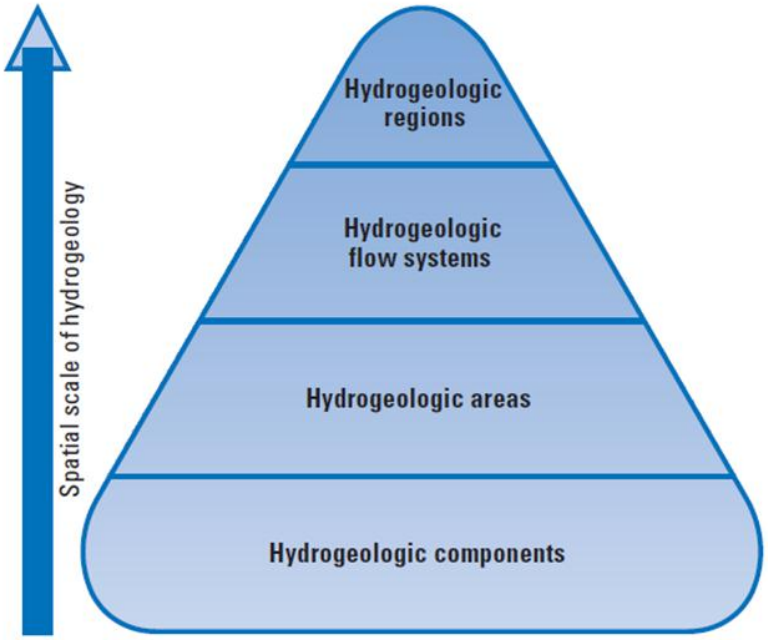
2- نظام خزان بلا سبي الجوفي Pila Spi Aquifer System : يتكون هذا النظام من الخزان الجوفي الكارستي المتشقق الذي يتواجد في صخور الحجر الجيري لتكوينات سنجار (Sinjar)، خورمالا (Khurmala)، وأفانة (Avanah). يتواجد هذا النظام في مناطق نطاق الطيات العالية (High Folded Zone)، وبعض الأجزاء من نطاق الطيات الواطئة (Low Folded Zone).

3- نظام خزان البختياري (باي حسن والمقدادية) الجوفي الحاوي على المياه بين الحبيبات Intergranular Bakhtiari (Bi Hassan and Mukdadiya) Aquifer System : يوجد هذا النظام غالبًا في مناطق نطاق الطيات الواطئة (Low Folded Zone) وبعض أجزاء مناطق نطاق الطيات العالية (High Folded Zone). ويتكون من ترسبات المصاطب النهرية العائدة إلى العصر البليستوسين (Pleistocene terrace) وترسبات حديثة.

4- نظام الخزان الجوفي المعقد Complex Aquifers System : يتكون هذا النظام من اندماج خزانين جوفيين أو ثلاثة من المذكورة أعلاه، ويكون من النوع الكارستي المتشقق أو الكارستي، والتي غالبًا ما تكون مغطاة بترسبات أحدث عمرًا. تعتبر تكوينات إنجانة (Injana)، والفتحة (Fatha)، وكولوش (Kolosh)، وتانجيرو (Tanjero) خزانات جوفية معقدة، وتحتوي على كميات متفاوتة ومحدودة من المياه الجوفية.

5-2 التصنيف الهيدروجيولوجي الجديد للعراق The New Hydrogeological Classification of Iraq

إن مصطلح حوض (Basin) وسلسلة المصطلحات الفيزيوغرافية مثل مقاطعة (Province) كانت تستخدم سابقاً في التصنيف الهيدروجيولوجي. في السنوات الأخيرة، ومن أجل زيادة النطاق المكاني، تم تطوير أنموذج نظري للتسلسل الهرمي لهيدروجيولوجية الحوض والمقاطعة المكاني، يتألف من مكونات هيدروجيولوجية (Hydrogeological Components). واستناداً إلى (Anning and Konieczki, 2005)، فإن هذه المكونات الهيدروجيولوجية هي: مناطق هيدروجيولوجية (Hydrogeological Areas)، وأنظمة جريان هيدروجيولوجية (Hydrogeological Flow Systems)، وأقاليم هيدروجيولوجية (Hydrogeological Regions)، كما هو موضح في الشكل (2-4).



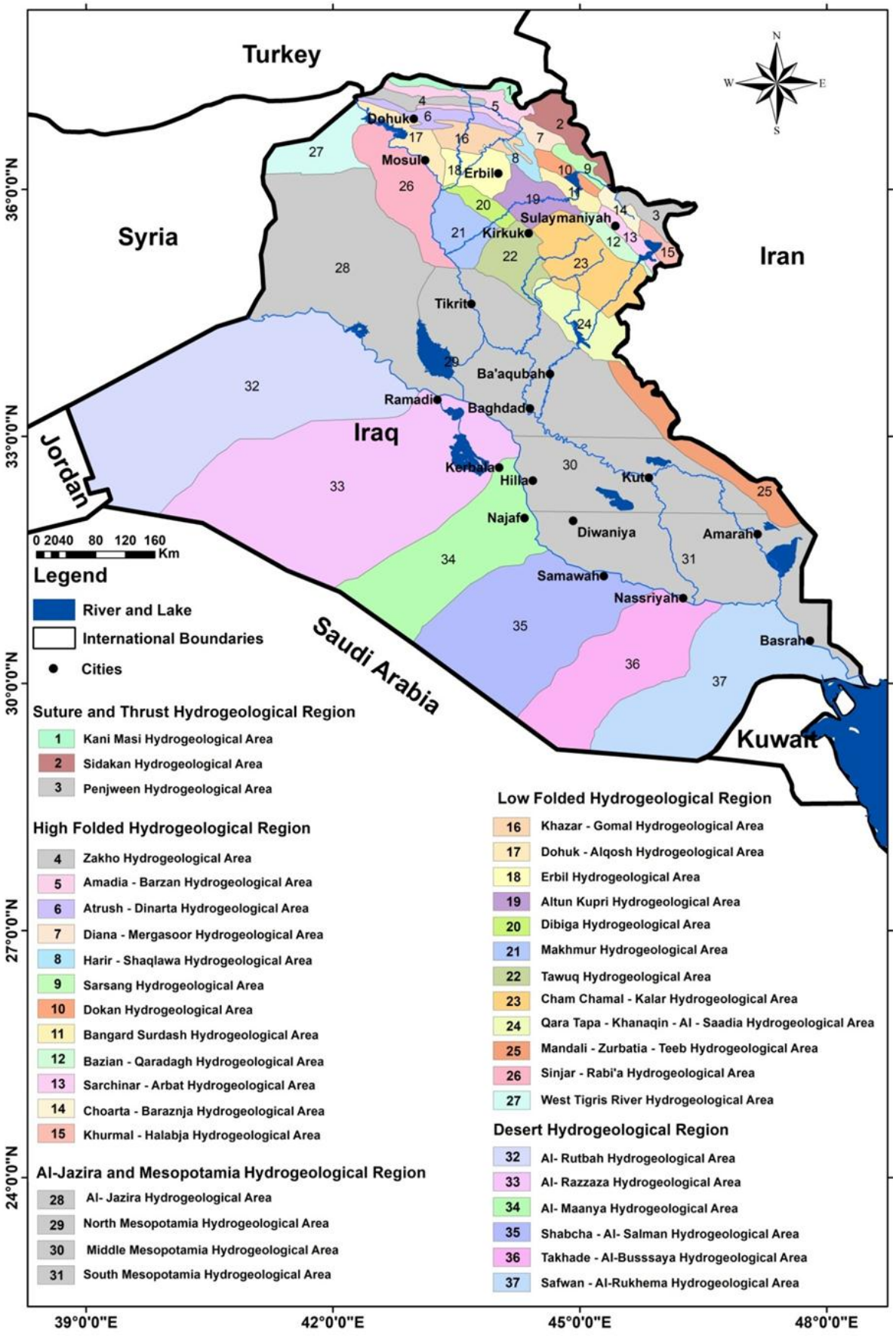
الشكل (2-4):- التسلسل المكاني والعلاقة بين المكونات الهيدروجيولوجية ، (Anning and Konieczki, 2005).

إن المكونات الهيدروجيولوجية (Hydrogeological Components) التي تشكل قاعدة هذا الهرم وأساس المفهوم الجديد للتصنيف الهيدروجيولوجي، تتألف من: التربة، والجداول، والصخور والترسبات. أما المناطق الهيدروجيولوجية (Hydrogeological Areas) فتتكون من المكونات الهيدروجيولوجية؛ وتتكون أنظمة الجريان الهيدروجيولوجية (Hydrogeological Flow Systems) من مناطق هيدروجيولوجية مفردة أو متعددة، بينما تتكون الأقاليم الهيدروجيولوجية (Hydrogeological Regions) من أنظمة جريان هيدروجيولوجية.

يمثل هذا المفهوم الحديث إطاراً جديداً للتصنيف الهيدروجيولوجي (Anning and Konieczki, 2005)، لذا فقد تم اعتماده من قبلنا في وضع تصنيف هيدروجيولوجي جديد للعراق. في هذا التصنيف، قُسِّم العراق هيدروجيولوجياً إلى خمسة أقاليم هيدروجيولوجية وسبع وثلاثين منطقة هيدروجيولوجية استناداً إلى الخصائص التكتونية و الفيزيوغرافية والجيولوجية والهيدروجيولوجية، كما هو مبين في الشكل (2-5).

إن أهم ما يميز هذا التصنيف الجديد هو دمج التصنيفات السابقة في تصنيف واحد أكثر دقة في تحديد الخصائص الهيدروجيولوجية للأقاليم والمناطق الهيدروجيولوجية، وذلك لأن مفهوم الحوض (Basin) يستخدم في تصنيف مصادر المياه السطحية، حيث يُعرَّف على أنه أي مساحة من الأرض تتجمع فيها الأمطار الساقطة وتتدفق نحو نقطة تصريف واحدة أو مخرج مشترك (Common Outlet).

في نظام المياه الجوفية، قد تتدفق المياه نحو أكثر من نقطة تصريف، سواء كانت طبيعية مثل العيون والأنهار، أو من صنع الإنسان مثل الآبار بمختلف أنواعها. كما أن اتجاهات جريان المياه الجوفية لا تتطابق دائماً داخل الحوض نفسه، حيث تتواجد في معظم الأحيان حركات محلية للمياه الجوفية. وهذا يعني وجود أكثر من نقطة تصريف للمياه الجوفية، وليس واحدة، كما هو الحال بالنسبة لأحواض المياه السطحية. إضافة إلى ذلك، فإن الحركة العمودية للمياه بين الخزانات الجوفية التي بينها اتصال هيدروليكي (Hydraulic Connection) لا تحقق شروط مفهوم الحوض الذي يستند إلى تجمع المياه في مساحة معينة، ومن ثم تدفقها نحو نقطة تصريف واحدة.



الشكل (2-5):- التصنيف الهيدروجيولوجي الجديد للعراق.

تضمن هذا التصنيف الجديد تغييرات طفيفة في حدود المناطق الهيدروجيولوجية (التي كانت تُعرف سابقاً بالأحواض والمقاطعات) لتتطابق بشكل أفضل مع الوضع التركيبي وأنماط الجريان للمياه السطحية. على أي حال، تم تقسيم مناطق شمال وشرق العراق إلى ثلاثة أقاليم هيدروجيولوجية، وهي: إقليم التلاحم والزحف (The Suture and Thrust)، إقليم الطيات العالية (High Folded Hydrogeological Region)، وإقليم الطيات الواطئة (Low Folded Hydrogeological Region). تتميز هذه الأقاليم بعدد كبير من المناطق الهيدروجيولوجية ذات امتدادات صغيره مقارنة بالأقاليم الأخرى، وذلك لأنها أكثر المناطق التي تأثرت بالحركات التكتونية البانية للجبال، والتي أدت إلى تكوّن العديد من الصدوع والطيات السطحية وتحت السطحية التي تمثل حدوداً هيدروجيولوجية بين المناطق الهيدروجيولوجية.

كما تم دمج نطاقي بلاد ما بين النهرين والجزيرة في إقليم واحد سُمي إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي (Al-Jazira and Mesopotamia Hydrogeological Region)، وتم دمج نطاقي الصحراء الغربية والجنوبية في إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي (Desert Hydrogeological Region). في هذا التصنيف، تميزت أقاليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين وإقليم الصحراء بمناطق هيدروجيولوجية قليلة ذات مساحات كبيرة، وذلك بسبب قلة وجود الصدوع والطيات السطحية وتحت السطحية، والتي تمثل حدوداً هيدروجيولوجية بين المناطق الهيدروجيولوجية. يمكن تلخيص هذه الأقاليم والمناطق الهيدروجيولوجية على النحو التالي:

Suture and Thrust Hydrogeological Region

1- Kani Masi Hydrogeological Area

2- Sidakan Hydrogeological Area

3- Penjween Hydrogeological Area

High Folded Hydrogeological Region

4- Zakho Hydrogeological Area

5- Amadia – Barzan Hydrogeological Area

6- Atrush – Dinarta Hydrogeological Area

NW Barzany Hydrogeological Flow System

7- Diana – Mergasoor Hydrogeological Area

8- Harir – Shaqlawa Hydrogeological Area

Central Harir Hydrogeological Flow System

9- Sarsang Hydrogeological Area

10- Dokan Hydrogeological Area

11- Bangard – Surdash Hydrogeological Area

Central Dokan Hydrogeological Flow System

12- Bazian – Qaradagh Hydrogeological Area

13- Sarchinar – Arbat Hydrogeological Area

14- Choarta – Baraznja Hydrogeological Area

Sharazoor Hydrogeological Flow System

15- Khurmal – Halabja Hydrogeological Area

Low Folded Hydrogeological Region

16- Khazar – Gomal Hydrogeological Area

17- Dohuk – Alqosh Hydrogeological Area

18- Erbil Hydrogeological Area

19- Altun Kupri Hydrogeological Area

20- Dibiga Hydrogeological Area

21- Makhmur Hydrogeological Area

22- Tawuq Hydrogeological Area

23- Cham Chamal – Kalar Hydrogeological Area

24- Qara Tapa – Khanaqin – Al-Saadia Hydrogeological Area

25- Mandali – Zurbatia – Teeb Hydrogeological Area

26- Sinjar – Rabi'a Hydrogeological Area

27- West Tigris River Hydrogeological Area

Al-Jazira and Mesopotamia Plain Hydrogeological Region

28- Al-Jazira Hydrogeological Area

29- North Mesopotamia Hydrogeological Area

30- Middle Mesopotamia Hydrogeological Area

31- South Mesopotamia Hydrogeological Area

} Mesopotamia Hydrogeological Flow System

Desert Hydrogeological Region

32- Al- Rutbah Hydrogeological Area

33- Al-Razzaza Hydrogeological Area

34- Al- Maanya Hydrogeological Area

35- Shabcha – Al- Salman Hydrogeological Area

36- Takhade – Al-Busssaya Hydrogeological Area

37- Safwan – Al-Rukhema Hydrogeological Area

الفصل الثالثِ

الأقاليمَ الهيدروجيولوجيةَ في شمالِ وشرقِ العراقِ

1-3 الأقليم الهيدروجيولوجية في شمال وشرق العراق Hydrogeological Regions in North and East Iraq

تتميز المناطق الواقعة في شمال وشرق العراق ببيئة جيولوجية وبنيوية معقدة نسبيًا تؤثر بشكل مباشر على الوضع الجيومورفولوجي والهيدروجيولوجي. وقد أدت هذه البيئة المعقدة إلى ظهور العديد من المناطق الهيدروجيولوجية الصغيرة (Hydrogeological Areas) ذات أنظمة خزانات مياه جوفية معزولة وشبه معزولة. ويمكن اعتبار هذه المناطق من أكثر المناطق الواعدة في العراق لاستثمار المياه الجوفية وعلى نطاق واسع؛ لأنها تتميز بتوفر مياه عذبة ذات نوعية جيدة مع تربة خصبة. توجد الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المناطق ضمن تكوينات العصر الطباشيري (Cretaceous) وعصر الباليوجين (Paleogene) وترسبات العصر الرباعي (Quaternary). درست هذه المناطق من قبل شركة بارسونز (Parsons) في عام (1955)، وكراسني (Krasny) في عام (1983)، وستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic) في عام (2004).

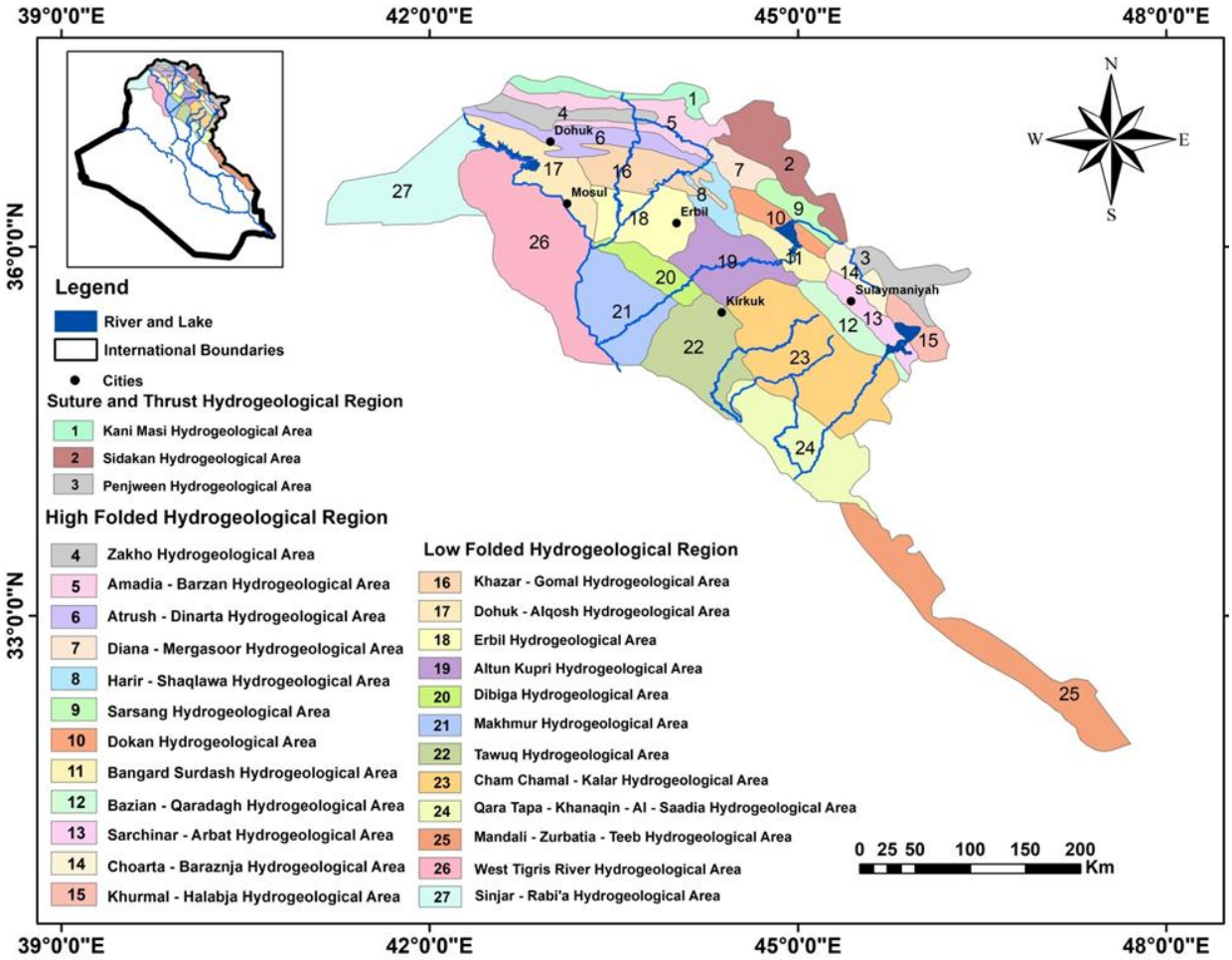
قسم كراسني (Krasny, 1983a) معظم مناطق نطاق الطيات الواطئة (Low Folded Zone) (منطقة أقدام أو سفوح الجبال Foothill Zone) إلى عشرة أنظمة ثانوية للخزانات الجوفية (Aquifer Sub-Systems)، ثم تم تطوير هذا التقسيم لاحقًا من قبل كراسني وآخرون (Krasny et al., 2006) في جاسم وكوف (Jassim and Goff, 2006)، بالاعتماد على نتائج الدراسات التي أجراها ستيفانوفيتش وماركوفيتش (2004)، ليشمل التصنيف أيضًا نطاق التلاحم والزحف (Suture and Thrust Zone)، ونطاقي الطيات العالية والواطئة (High and Low Folded Zones).

في هذا الكتاب، قُسِّمت مناطق شمال وشرق العراق إلى ثلاثة أقاليم هيدروجيولوجية (Hydrogeological Regions) وسبع وعشرين منطقة هيدروجيولوجية (Hydrogeological Areas)، وفقًا للخصائص الفيزيوغرافية والبنيوية والجيولوجية والهيدروجيولوجية لهذه الأقاليم، كما هو موضح في الشكل (3-1).

يتميز كل إقليم من هذه الأقاليم بخصائص هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية لأنظمة الخزانات الجوفية تميزه عن الأقاليم الأخرى. قام ستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004) بتصنيف أنظمة الخزانات الجوفية في نطاق الطيات العالية وبعض أجزاء نطاق الطيات الواطئة إلى ثلاثة أنظمة رئيسية للخزانات الجوفية بناءً على التشابه في العمر والتركيب الليثولوجي والخصائص الهيدروجيولوجية للطبقات الحاملة للمياه في هذه الخزانات، وتم تسميتها وفقًا للتكوينات المعروفة في هذه المجموعة، وكما ورد في الفصل الثاني. في هذا الكتاب، تم إعادة توزيع هذه الأنظمة لتغطية جميع الأقاليم والمناطق الهيدروجيولوجية في شمال وشرق العراق، على النحو التالي:

A- نظام خزان بخمة الجوفي الكارستي Bekhme Karst Aquifer System

يتميز هذا النظام بالتكوينات الكارستية الحاملة للمياه، ويشمل خزانات المياه الجوفية التالية: كوميتان (Kometan)، عقرة - بخمة (Aqra-Bekhme)، دوكان (Dokan)، سرمورد (Sarmord)، قمچوقة (Qamchuqa)، وغيرها من الخزانات الجوفية التي تعود إلى العصر الطباشيري/الباليوسين والتي تشكلت بشكل رئيسي في الصخور الكربونية (الحجر الجيري والدولوميت وأنواعهما Limestones and Dolomites and Their Varieties).



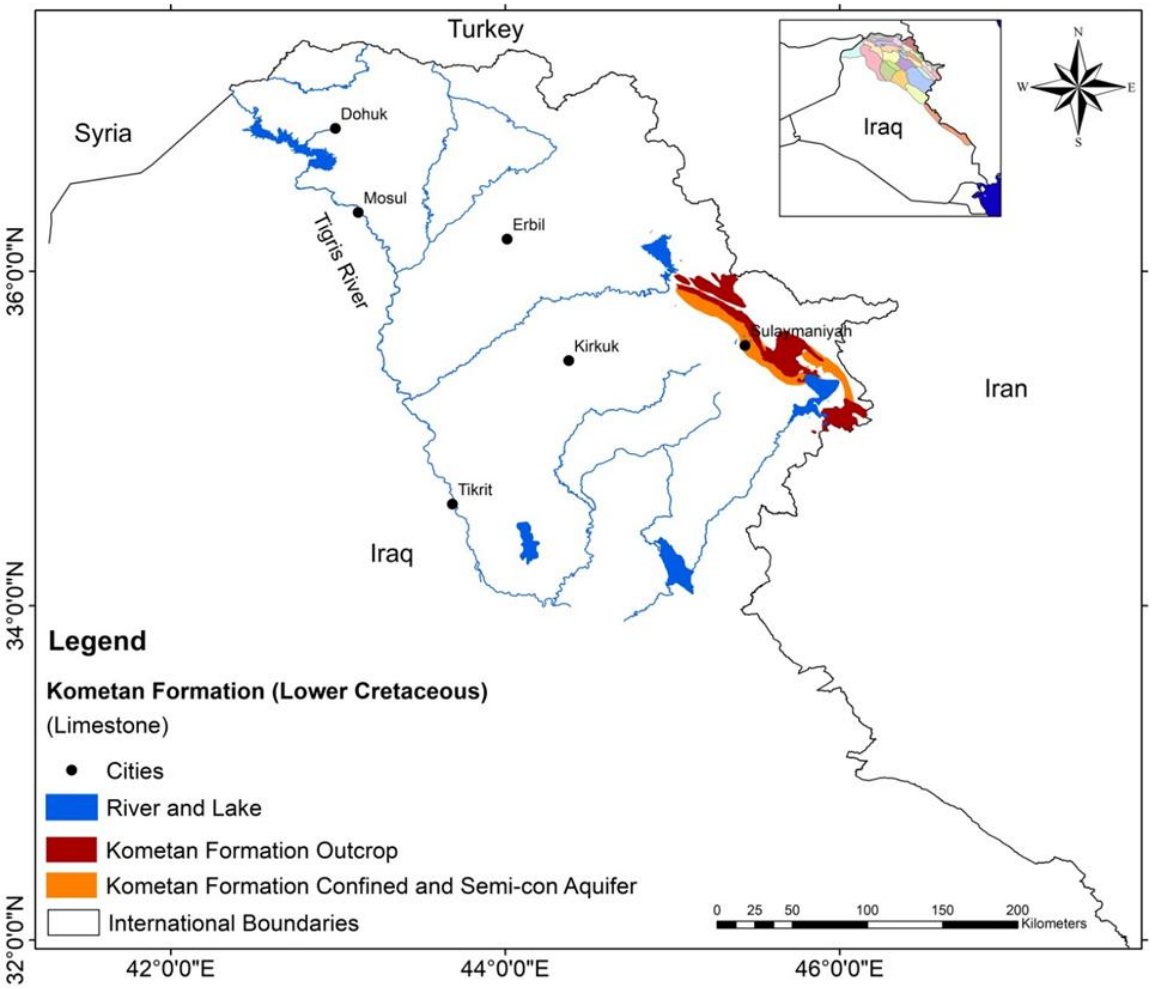
الشكل (3-1):- خريطة الأقاليم والمناطق الهيدروجيولوجية في شمال وشرق العراق.

ذكر ستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004) أن نظام الخزان الجوفي هذا غير متجانس ومتباين الخواص، ويختلف من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر، ويحتوي على مخزون كبير من المياه الجوفية. اذ تتميز الخزانات الجوفية في هذا النظام بشكل أساسي بسمك كبير ومساحة انتشار واسعة، وبأنها تتكون من طبقات صخرية كارستية ومتشققة مع العديد من القنوات (Channels) والفجوات (Cavities) التي تطورت نتيجة عملية الإذابة للصخور الكربونية بفعل المياه الجوفية أو مياه الأمطار المترشحة إلى كهوف (Caves). هذه الفجوات - في بعض الأحيان - تصل إلى سطح الأرض، وبعضها تم ملاحظته أثناء حفر العديد من الآبار (يتجاوز طول التجاويف أحيانًا 10 أمتار). يعد نظام تدفق المياه المضطرب (Turbulent) أحد الخصائص الرئيسة لهذه الخزانات الجوفية. بشكل عام، تكون قاعدة الطبقات الكارستية (العمق إلى مستوى الشقوق والفجوات) أعمق من (100 م)، وهذا يعكس وجود خزين جوفي ثابت من المياه في الأجزاء العميقة من الخزانات الجوفية. غالبًا ما تتميز الآبار العميقة ذات الأعماق (150-250 م) المحفورة في الصخور الكارستية بسعة تصريف عالية (إنتاجية عالية)، فأثناء اختبارات الضخ، تراوحت إنتاجية البئر الواحد في بعض الأحيان بين (40-50 لتر/ ثانية)، مع انخفاض طفيف (على سبيل المثال، منطقة حرير- شقلاوة الهيدروجيولوجية)، وهذا يحصل نتيجة التغذية الكبيرة والمستمرة لهذه الخزانات، اذ يصل متوسط سعة الترشح (Infiltration Capacity) لنظام خزان بخمة الكارستي إلى (50٪) من إجمالي هطول الأمطار. في العديد من الحالات، كانت قيم النفاذية (المقدرة بناءً على اختبارات عودة المنسوب) عالية جدًا بحدود ($6\text{-}9 \times 10^{-2}$ m^2/s).

إن أهم الخزانات الجوفية في هذا النظام هي خزانات كوميتان (Kometan) وعقرة- بخمة (Aqra-Bekhme)، وهما يتميزان بإنتاجية عالية للمياه الجوفية من خلال الينابيع أو الآبار المحفورة، على عكس الخزانات الجوفية دوكان (Dokan) وسرمورد (Sarmord) وقمجوقة (Qamchuqa) التي تتميز بإنتاجية قليلة وامتداد محدود. ويمكن وصف الخزانات الجوفية الرئيسة في هذا النظام بإيجاز على النحو التالي:

خزان كوميتان الجوفي Kometan Aquifer

حدد دانكتن (Dunnington, 1953) المقطع المثالي لتكوين كوميتان (التورونيان – الكامبانيان المبكر) في قرية كوميتان شمال شرق مدينة رانية ضمن نطاق الطيات العالية، وهو ينكشف على نطاق واسع في هذا النطاق، وخاصة شرق نهر الزاب الكبير وفي مواقع مختلفة بين مدينتي السليمانية وحلبجة (Sissakian and Al-Jibuori, 2014a). وتظهر مكاشف تكوين كوميتان التي تمثل مناطق تغذية للخزان الجوفي فقط في المناطق المحدودة بين جنوب بحيرة دوكان والحدود العراقية الإيرانية، ويمتد تحت سطح الأرض في الأجزاء الجنوبية الشرقية لنطاق الطيات العالية بين نطاقي التلاحم والزحف والطيات الواطئة (Sissakian and Al-Jibuori, 2014a). يتكون بشكل رئيسي من صخور جيرية كارستية ويعتبر خزانًا جوفيًا فقط في المنطقة الواقعة بين بحيرة دوكان والحدود العراقية الإيرانية ويتخذ شكل منطقة ضيقة كما هو موضح في الشكل (3-2). ويعتبر المكمن النفطي الأكثر أهمية في إقليم كردستان وأجزاء أخرى من شمال العراق (Aqrawi *et al.*, 2010).



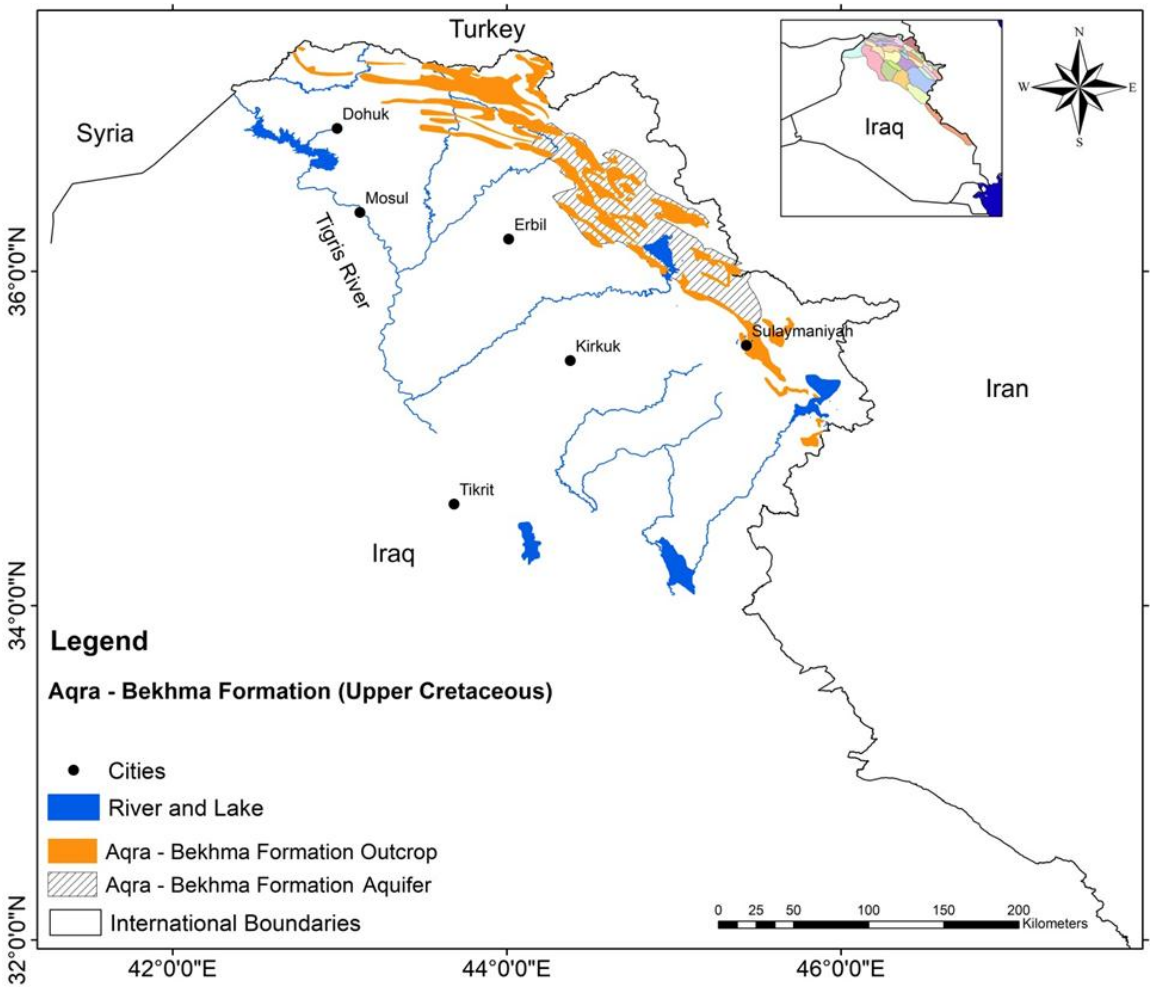
الشكل (3-2):- يوضح خريطة امتدادات تكوين الكوميتان وخزانه الجوفي ، (Al Jawad and Ridha, 2008).

يعد تكوين كوميتان أحد أهم مصادر مياه الينابيع في مناطق مختلفة مثل ينابيع سرجينار وسروجاوه وبيتواتا (Mustafa et al., 2015) . تشكل هذه الينابيع أحد أهم مصادر مياه الشرب في مدينة السليمانية حيث تنبع المياه الجوفية من القنوات الكارستية والمتشققة لتكوين كوميتان (Amin, 2009).

يتميز تكوين كوميتان بالفجوات الكارستية الكبيرة والكثيرة وبأنه يحتوي على كميات كبيرة من المياه الجوفية، المتفاوتة في المكان والزمان. الخزان الجوفي في هذا التكوين يكون من النوع المحصور (Confined) وشبه المحصور (Semi-Confined) ويغطيه تكوين شيرانش. يعد خزان كوميتان الجوفي أهم خزان جوفي للمياه العذبة في مناطق السليمانية وشارزور ودوكان ويقع على أعماق تتراوح بين (100 - 150 م) (Stevanovic and Markovic, 2004).

خزان عقرة – بخمة الجوفي Aqra–Bekhme Aquifer

قام جاسم وآخرون (Jassim *et al.*, 1984) بدمج تكويني عقرة وبخمة في تكوين واحد. يتميز تكوين عقرة- بخمة (الكامبانيان المتأخر – الماستريختيان المتأخر) بانكشاف واسع في الجزء الأوسط من نطاق الطيات العالية. أما الامتداد تحت السطحي لهذا التكوين فهو غير واضح، ولكن تم تحديده كخزان جوفي محصور في المنطقة الممتدة بين شمال عقرة ومدينة السليمانية، كما هو موضح في الشكل (3-3).



الشكل (3-3):- يوضح خريطة امتدادات تكوين عقرة – بخمة وخزانه الجوفي، (Al Jawad and Ridha, 2008).

يتميز تكوين عقرة بأنه يتشكل من كتل الحجر الجيري الضخمة ، في حين يتكون تكوين بخمة من حجر جيري دولوميتي، (Al-Qayim 1989). اشار ستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004) إلى أن خزان عقرة- بخمة الجوفي هو خزان جوفي كارستي متوسط إلى عالي الإنتاجية ، اذ تعد الفجوات الكارستية المتطورة وأنظمة الشقوق مسارات مميزة لتدفق وجريان المياه الجوفية. يتم تصريف المياه الجوفية من هذا الخزان من خلال الينابيع عالية العطاء أو الآبار العميقة.

B- نظام خزان بلاسبي الجوفي الكارستي – المتشقق Pila Spi Karstic-Fissured Aquifer System

استنادًا إلى ستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004)، يتكون نظام خزان بلاسبي الجوفي من الخزانات الجوفية الجيرية في التكوينات ذات الأعمار المتشابهة والعائدة إلى عصر الإيوسين مثل تكوينات سنجار وخورمالا. يتميز هذا النظام بالخزانات الجوفية الكارستية المتشققة الحاملة للمياه والتي تنتشر على نطاق واسع في نطاق الطيات العالية وبعض أجزاء نطاق الطيات الواطئة. كما أن هذا النظام يتميز بأنه عبارة عن خزانات جوفية غير متجانسة (Heterogeneous) ومتباينة الخواص (Anisotropic) يزيد سمكها عن (200 م)، وتحتوي على مخزون وفير إلى متوسط من المياه الجوفية.

إن قاعدة الطبقات الكارستية (العمق إلى مستوى الشقوق والفجوات) في نظام خزان بلاسبي الجوفي تقع على عمق أقل مما في نظام خزان بخمة - عقرة، حيث تقع قاعدة الطبقات الكارستية في هذا النظام على عمق يزيد عن (80) مترًا، في حين يتراوح عمق الآبار المحفورة بين (120 – 150 م)، مع إنتاجية تصل إلى (40 لتر/ثانية). وتتراوح نفاذية الآبار المحفورة في هذا النظام بين (3.5 – 42000 م^2/يوم) وفقًا لستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004) وكراسني وآخرين (Krasny et al., 2006) في جاسم وكوف (Jassim and Goff, 2006). وقد تم تقدير سعة الترشيح الفعالة (Effective Infiltration Capacity) لنظام خزان بلاسبي الجوفي بمعدل (30 إلى 40%) من إجمالي هطول الأمطار (Stevanovic and Markovic, 2004).

إن الخزانات الجوفية الرئيسة ضمن نظام خزان بلاسبي الجوفي في إقليم الطيات العالية الهيدروجيولوجي هي: خزانات بلاسبي وسنجار وخورمالا. تعتبر بعض الطبقات الصخرية الفتاتية الحاملة للمياه ضمن تكويني كولوش وتانجيرو خزانات جوفية محلية ضمن هذا النظام، وتتميز بكونها طبقات مائية منخفضة الإنتاجية في معظم المناطق الهيدروجيولوجية، وخاصة ضمن تكوين كولوش. عادة ما ينفصل تكوين سنجار عن خزان بلاسبي الجوفي بواسطة تكوين جركس في إقليم الطيات العالية الهيدروجيولوجي باستثناء جنوب مدينة السليمانية حيث تختفي الطبقات الصخرية لتكوين جركس (Krasny *et al.*, 2006) ، في جاسم وكوف (Jassim and Goff, 2006).

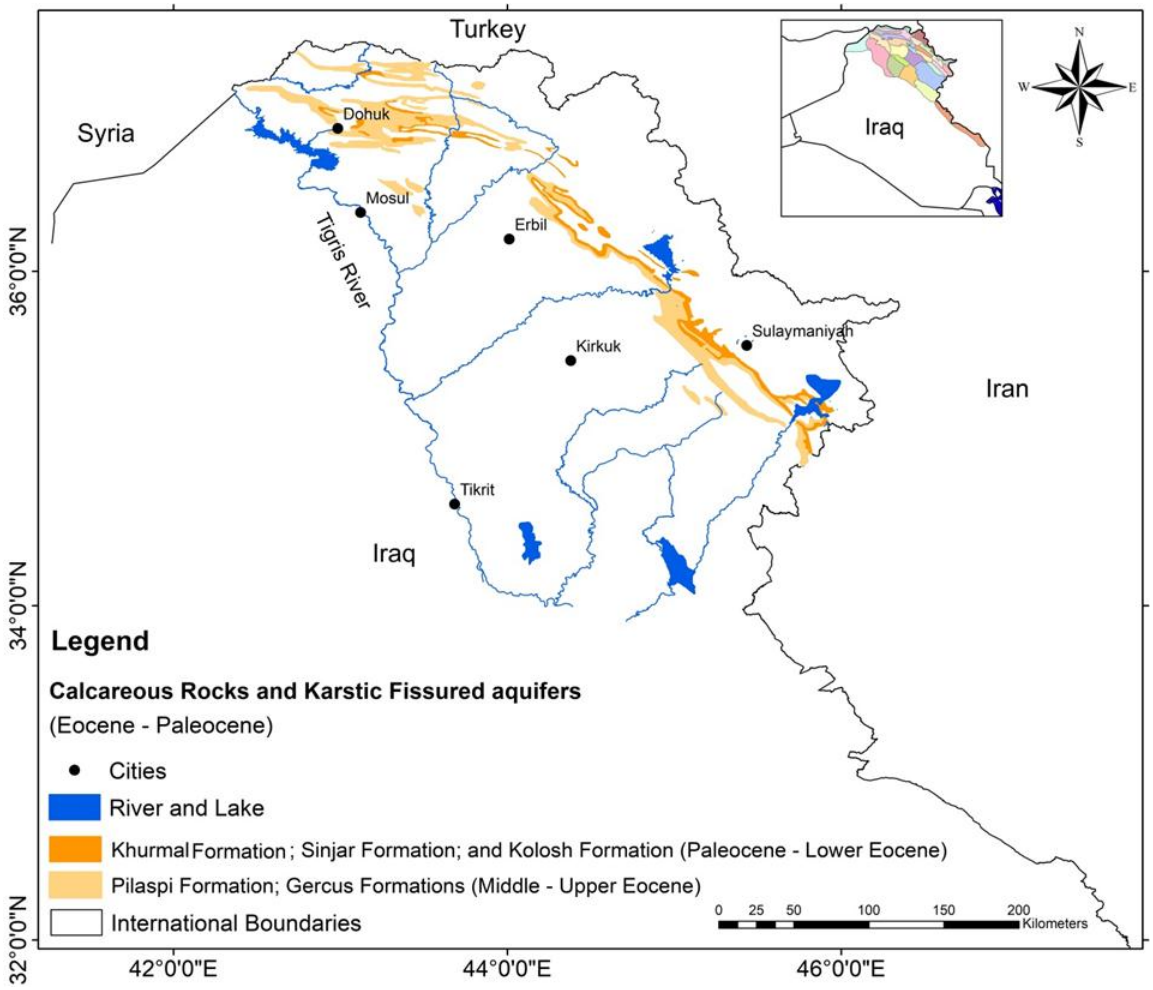
خزان سنجار الجوفي Sinjar Aquifer

تعتبر الطبقات الصخرية الحاملة للمياه ضمن تكوين سنجار (الباليوسين المتأخر - الإيوسين المبكر) الخزان الجوفي الرئيس ضمن نظام خزان بلاسبي الجوفي في مناطق إقليم الطيات العالية الهيدروجيولوجي. وصف تكوين سنجار لأول مرة من قبل كيلر (Keller, 1941)، في منطقة جبل سنجار (بالقرب من قرية مانتيسا) كما ذكر في جاسم وبوداي (Jassim and Buday, 2006) في جاسم وكوف (Jassim and Goff, 2006). على أي حال، ينكشف هذا التكوين في مواقع مختلفة ضمن نطاق الطيات العالية، كما هو موضح في الشكل (3-4). يتكون تكوين سنجار بشكل أساسي من الحجر

الجيري المتشقق الكتلي ناعم التبلور (Al-Shwaily *et. al.*, 2012). في المقطع المثالي، يبلغ سمك هذا التكوين (179 م)، ويبلغ سمكه (120 م) في الجنوب الغربي من نطاق الطيات العالية في منطقة دربنديخان، ويزداد سمكًا في بعض أجزاء نطاق الطيات الواطئة ليصل إلى (213 م) كما ظهر في النماذج اللبابية لبئر علان-1 (Jassim and Buday, 2006 in Jassim and Goff, 2006) .

خزان خورمالة الجوفية Khurmala Aquifer

حُدد تكوين خورمالة (الباليوسين المتأخر – الإيوسين المبكر) لأول مرة من قبل بلن (Bellen, 1953) في بئر نفط كركوك - 114. ينكشف هذا التكوين في مواقع مختلفة ضمن نطاق الطيات العالية، كما هو موضح في الشكل (3-4)، ويتكون من الحجر الجيري المعاد التبلور مع طبقات رقيقة من الأنهيدريت والجبس (Jassim and Buday, 2006 in Jassim and Goff, 2006) . كما أنه يتكون من الدولوميت والمدملكات والحصى المتكشل بشكل رئيس من الكربونات والصوان في بعض أجزاء نطاق الطيات العالية (Sissakian and Al-Jibuori, 2014a).



الشكل (3 - 4):- يوضح خريطة امتدادات نظام خزان بلا سبي الجوفي الكارستي المتشقق (Al Jawad and Ridha, 2008).

خزان بلاسبي الجوفي Pila Spi Aquifer

وصف تكوين بلاسبي (الإيوسين الأوسط - المتأخر) لأول مرة بواسطة ليز (Lees, 1930) في منطقة بلاسبي ضمن نطاق الطيات العالية، ثم أعيد وصفه بواسطة ويتزل (Wetzel, 1947)، ومن ثم أعيد تسميته بواسطة بلن (Bellen,

(1957، وفقًا لما جاء في جاسم وبوداي في جاسم وكوف (Jassim and Buday, 2006 in Jassim and Goff, 2006) . هذا التكوين ينكشف في نطاق الطيات العالية وبعض الأجزاء الشمالية من نطاق الطيات الواطئة، كما هو موضح في الشكل (3-4).

C - نظام خزان باي حسن و المقدادية الجوفي (البختياري) الحاوي على المياه بين الحبيبات Intergranular Bai Hassan and Mukdadiya (Bakhtiari) Aquifer System

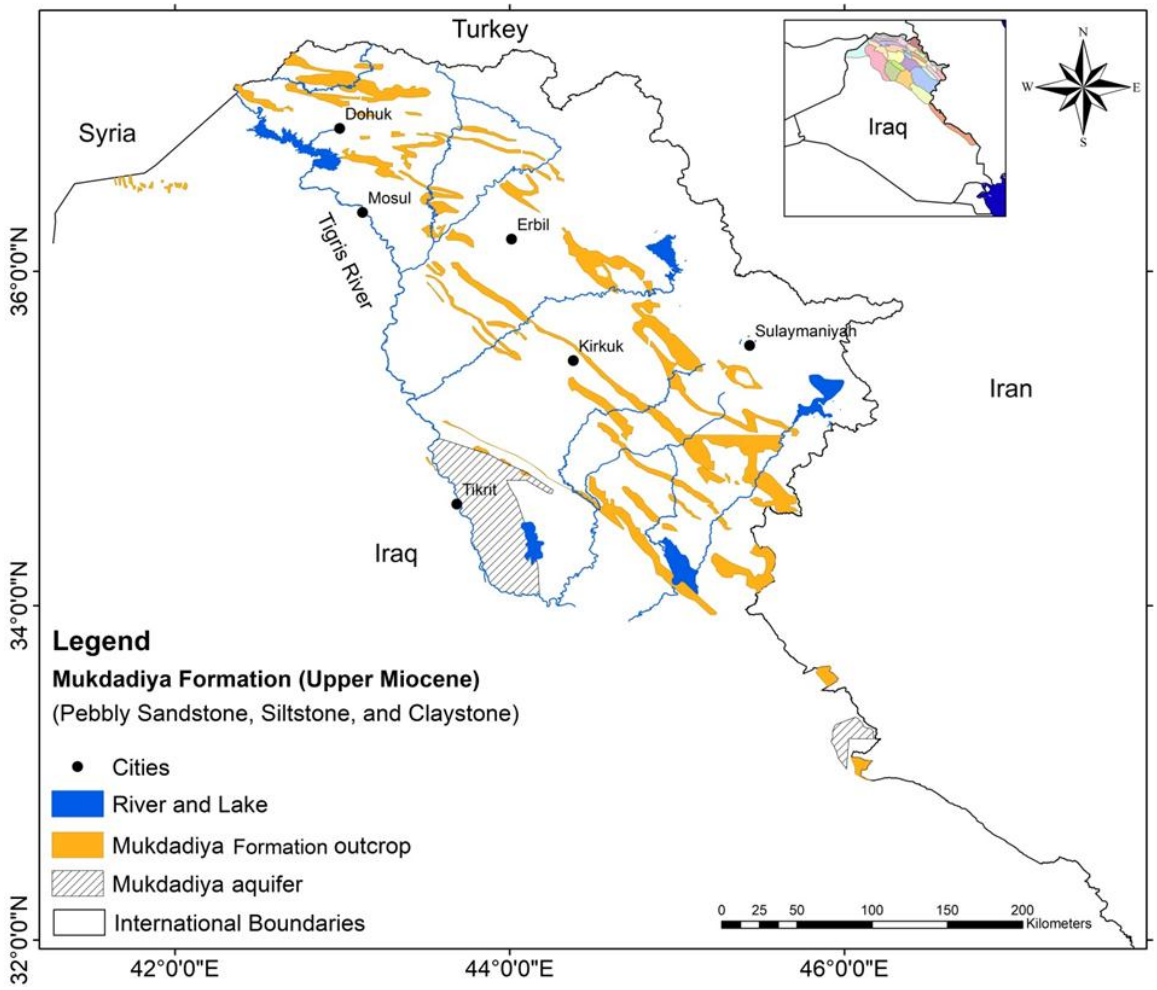
وفقًا لستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004)، فإن هذا النظام يتكون من خزان باي حسن (البختياري الأعلى) وخزان المقدادية (البختياري الأسفل) وخزانات الترسبات الحديثة. يعتبر خزانا باي حسن والمقدادية من نوع الخزانات المحصورة أو شبه المحصورة الغنية بالمياه الجوفية، ويمتدان في أجزاء كبيرة من نطاق الطيات العالية ونطاق الطيات الواطئة. واستنادًا إلى المقاطع الصخرية للآبار العميقة؛ فإن السمك الإجمالي في مركز مدينة أربيل يقدر بأكثر من (850 م)، بينما يكون سمك طبقات هذه الخزانات في محيطها أكثر من (250-300 م). يصل عمق الآبار المائية في منطقة أربيل الهيدروجيولوجية إلى ما بين (500-600 م) ضمن تكوين المقدادية. بشكل عام، تعتبر المياه الجوفية ضمن خزاني باي حسن والمقدادية والخزانات الجوفية ضمن الترسبات الحديثة ذات نوعية جيدة.

خزان المقدادية الجوفية Mukdadiya Aquifer

عُرف تكوين المقدادية (الميوسين المتأخر – البليوسين) سابقًا بتكوين بختياري الأسفل، وأعاد جاسم وآخرون (1984 Jassim et. al,.) تسميته إلى تكوين المقدادية. يقع المقطع النموذجي لتكوين المقدادية على طول الطرف الشمالي الشرقي لطية حمرين الجنوبية في المقدادية. وهو ينكشف في مواقع مختلفة في شمال وشرق العراق من زاخو إلى جنوب غرب السليمانية، كما هو موضح في الشكل (3-5). يتكون تكوين المقدادية من الحجر الرملي الحصوي (Pebbly Sandstones) والحجر الطيني (Claystone) والحجر الغريني ((Siltstone (Jassim and Buday, 2006 in Jassim and Goff, 2006) . يبلغ سمك تكوين المقدادية (2000 متر) في المقطع النموذجي. وفي نطاق الطيات العالية يبلغ سمكه (600 م) بالقرب من حلبجة، و(150 م) في شقلاوة، و(50 م) في دهوك (Sissakian and Al-Jibuori, 2014).

خزان باي حسن الجوفي Bai Hassan Aquifer

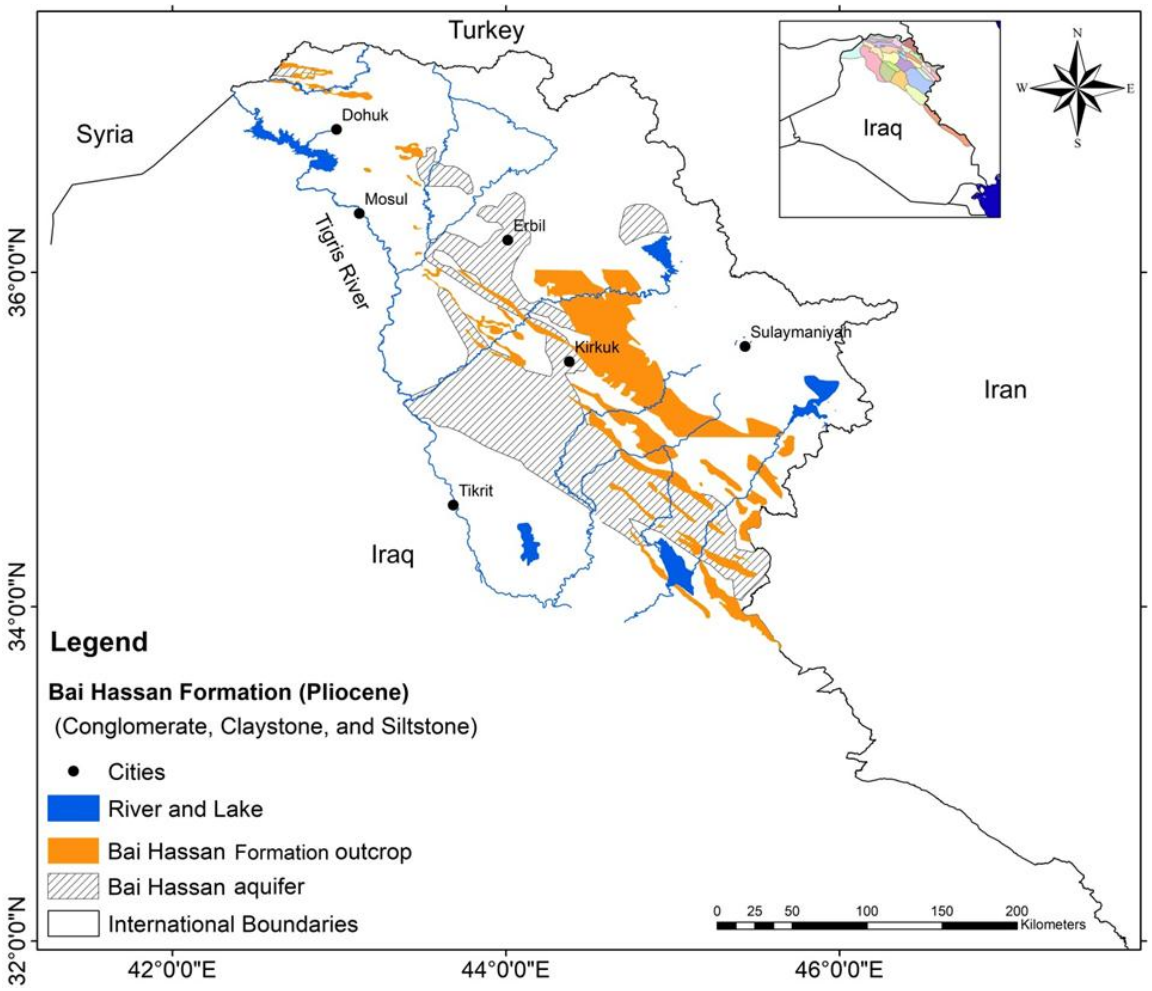
كان تكوين باي حسن (البليوسين – البليستوسين) يُعرف سابقًا بتكوين البختياري الأعلى، وأعاد جاسم وآخرون (Jassim et al., 1984) تسميته إلى تكوين باي حسن. يقع الموقع النموذجي لهذا التكوين شمال غرب مدينة كركوك في طية باي حسن (Sissakian and Al-Jibuori, 2014)، وهو ينكشف في مواقع مختلفة من نطاقي الطيات العالية والواطئة من زاخو في شمال العراق إلى شمال مدينة العمارة في الجزء الجنوبي الشرقي من العراق، كما هو موضح في الشكل (3-6). يتكون هذا التكوين بشكل أساسي من المدملكات والحجر الطيني والحجر الرملي (Jassim et al., 1984). في المقطع النموذجي يبلغ سمك هذا التكوين (638 م)، ويتراوح بين (100-200 م) بالقرب من حلبجة، بينما يصل إلى (125 م) في شقلاوة (Sissakian and Al-Jibuori, 2014a).



الشكل (3-5):- يوضح خريطة امتدادات تكوين المقدادية وخزانه الجوفي، (Al Jawad and Ridha, 2008).

خزان الترسبات الحديثة الجوفي Recent Alluvium Aquifer

تمثل الترسبات الحديثة الخزان الجوفي الرئيس في معظم المناطق الهيدروجيولوجية ضمن نطاقي الطيات العالية والواطئة. وهي تتكون من طبقات الحصى بمختلف الأحجام، وطبقات من الرمل أو الغرين (Stevanovic and Markovic, 2004). وتولد الرواسب الخشنة للمراوح الغرينية خزانات جوفية ضحلة في السهول العريضة، وخاصة في الأجزاء الوسطى والجنوبية من نطاق الطيات العالية. وتعتبر المياه السطحية التي تتسرب عبر مجاري الأنهار ومياه الأمطار المصدر الرئيس لإعادة تغذية هذه الخزانات الجوفية خصوصًا الضحلة منها. في الوقت الحالي، تصبح هذه الخزانات جافة إلى شبه جافة خلال أشهر الصيف في مواقع مختلفة؛ بسبب ندرة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة. على أي حال، معظم الآبار المحفورة في المراوح الغرينية وترسبات السهول يتراوح عمقها بين (100-200 م).



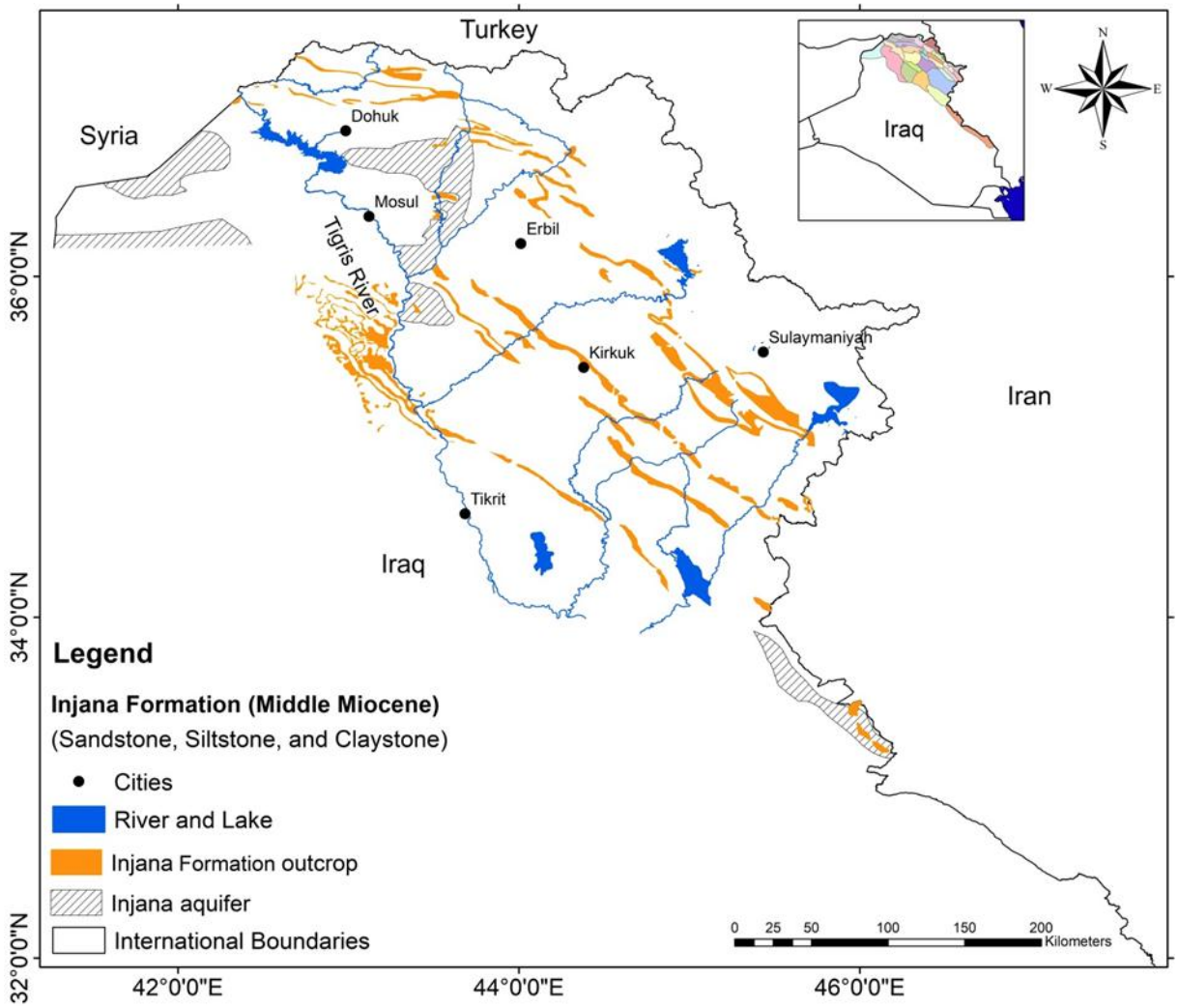
الشكل (3 - 6):- يوضح خريطة امتدادات تكوين باي حسن وخزانه الجوفي،(Al Jawad and Ridha, 2008).

أنظمة الخزانات الجوفية المعقدة Complex Aquifer Systems

وفقًا لستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004)، تُصنف تكوينات الفتحة (الفارس الأسفل) وإنجانة (الفارس الأعلى) الحاملة للمياه على أنها خزانات معقدة لأنها تتميز بإنتاجية منخفضة إلى متوسطة وخصوصًا ضمن تعاقب الحجر الغريني والحجر الرملي. في حالات قليلة، قد تتحول إلى خزانات من نوع (Aquitard) أو (Aquiclude). بشكل عام، يعتمد تدفق المياه الجوفية ضمن تكوين الفتحة على عوامل محلية، وخاصة وجود الشقوق والكسور في طبقات الحجر الجيري وطبقات الجبس أو الأنهيدريت، ويزداد التمعدن الكلي في حالة وجود المياه ضمن طبقات الجبس أو الأنهيدريت بالتوازي مع محتوى أيونات الصوديوم والكلوريد والنترات والكبريت والحديد. لذا، لا يعتبر تكوين الفتحة خزانًا جيدًا للمياه الجوفية لأنه يتكون من الأنهيدريت والجبس مع القليل من المياه الجوفية ومع نسبة عالية من الكبريتات. أما خزان إنجانة فهو خزان جيد خاصة في المناطق الهيدروجيولوجية (الخازر – كومل، دهوك – القوش، سنجار – ربيعة)، والتي تقع في نطاق الطيات الواطئة.

خزان إنجانة الجوفي Injana Aquifer

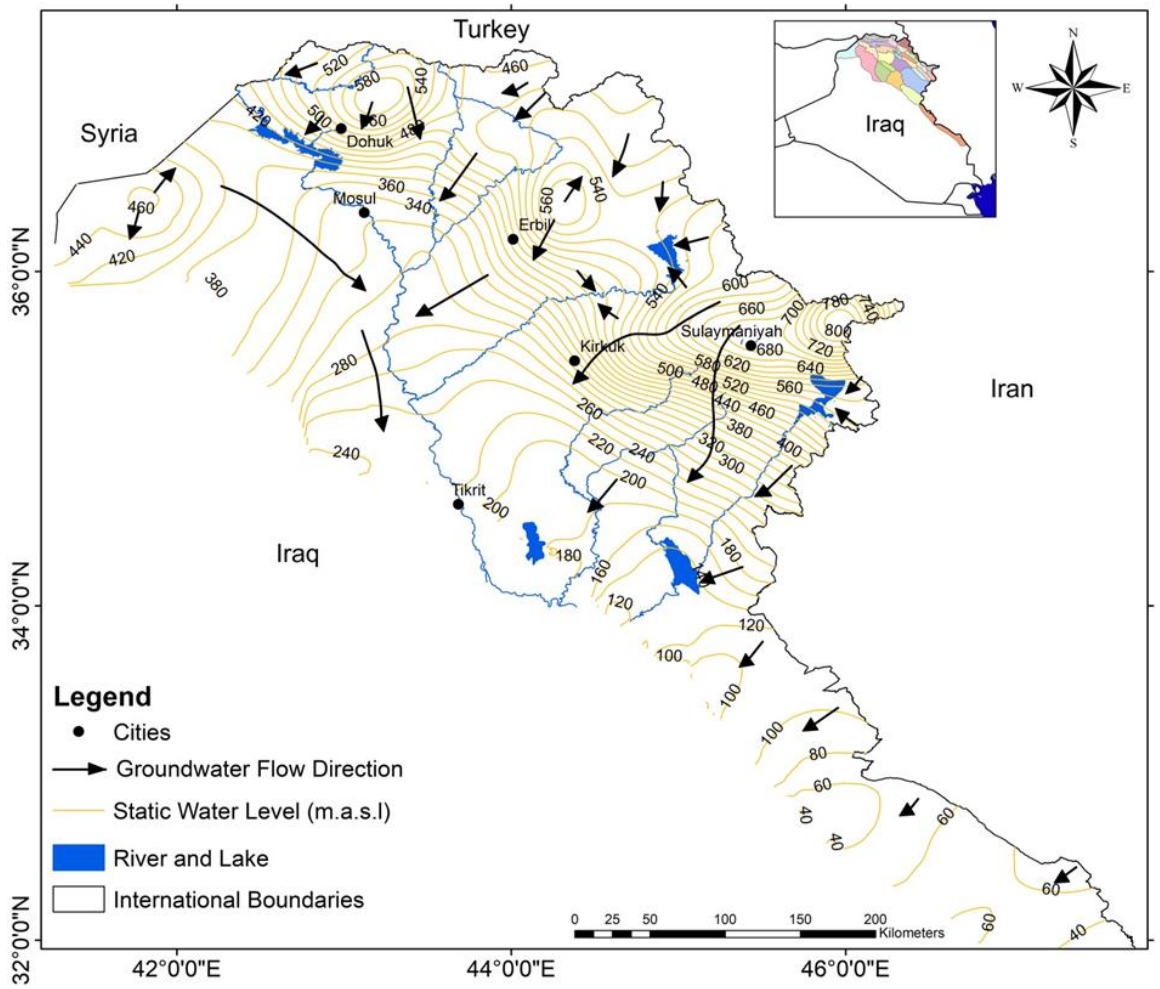
عُرف تكوين إنجانة (الميوسين المتأخر) سابقًا باسم تكوين (الفارس الأعلى) وأعيدت تسميته أيضًا بواسطة جاسم وآخرين (Jassim et al., 1984) إلى تكوين إنجانة. يقع الموقع النموذجي لهذا التكوين على طول الطرف الشمالي الشرقي لطية حمرين في منطقة إنجانة (Sissakian and Al-Jibuori, 2014a). ينكشف تكوين إنجانة في مواقع مختلفة في نطاقي الطيات العالية والواطئة، من منطقة ربيعة إلى منطقة زرباطية، كما هو موضح في الشكل (3-7). وفقًا لجاسم وبودي في جاسم وكوف (Jassim and Buday, 2006 in Jassim and Goff, 2006) ، فإنه يتكون بشكل أساسي من الحجر الرملي والحجر الطيني والحجر الغريني. يتميز هذا التكوين بسمك متغير، اذ يبلغ أقصى سمك له (2000 م) في نطاق الطيات الواطئة. في حين يبلغ سمكه (900 م) بالقرب من مدينة كركوك، ويقل هذا السمك إلى (300 م) بالقرب من حلبجة، ويصبح (200 م) في دهوك، و(150 م) في شقلاوة (Sissakian and Al-Jibuori, 2014).



الشكل (3 - 7):- يوضح خريطة امتدادات تكوين إنجانة وخزانه الجوفي،(Al Jawad and Ridha, 2008).

وبناءً على ما سبق، فإن المياه الجوفية في شمال وشرق العراق تتواجد بشكل رئيس في الصخور الجيرية (الكربوناتية) والفتاتية، وتتميز الصخور الجيرية بوجود ظاهرة الكارست والشقوق والكسور التي تمثل مسامية ثانوية. تلعب المسامية الثانوية في الصخور الجيرية دورًا أساسيًا في تحديد كمية المياه الجوفية واتجاه تدفقها أو جريانها، ومن ناحية أخرى تتميز

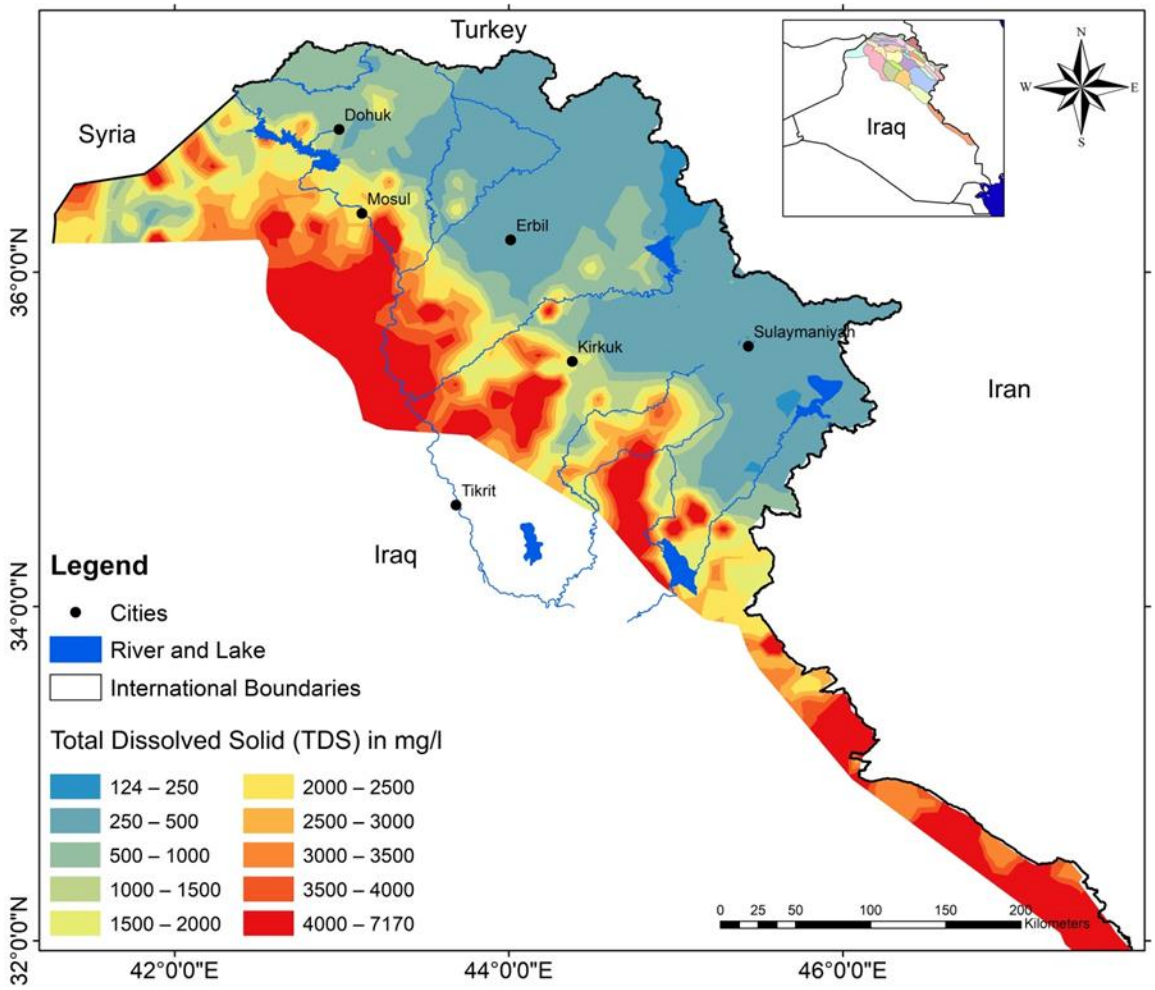
الصخور الفتاتية بالمسامية الأولية التي تعتمد على حجم الحبيبات، وهي عالية جدًا في الحجر الرملي الخشن والحصى وتعكس كمية تصريف عالية من الآبار. إن الجيولوجيا البنيوية (التركيبية) المعقدة والاختلافات في نوع الصخور داخل أنظمة الخزانات الجوفية هي العوامل الرئيسة التي تحدد اتجاه جريان المياه الجوفية. إن اتجاه جريان المياه الجوفية الإقليمي في شمال وشرق العراق هو عمومًا إلى الجنوب والجنوب الغربي، نحو نهر دجلة مع اتجاهات مختلفة أخرى نحو أنهار الزاب الكبير والزاب الصغير والخابور وسيروان والعظيم، وذلك بسبب تعقد بنية وتضاريس هذه المنطقة، كما هو موضح في الشكل (3-8).



الشكل (3 - 8):- يوضح خريطة اتجاه جريان المياه الجوفية في شمال وشرق العراق.

تتميز ملوحة المياه الجوفية في شمال وشرق العراق بقيم متفاوتة تتراوح بين (124 - 7170 ملغم/لتر)، كما هو مبين بالشكل (3-9). ويعكس هذا التباين الاختلافات في نوع الصخور داخل أنظمة الخزانات الجوفية وكذلك الظروف الطبيعية التي تتحكم في تغذية وتصريف المياه الجوفية. وبشكل عام، تزداد ملوحة المياه الجوفية من الشرق إلى الغرب. في إقليم الطيات الواطئة الهيدروجيولوجي تزداد ملوحة المياه الجوفية من الشمال إلى الجنوب بقيم تتراوح بين (500 إلى أكثر من 7000 ملغم/لتر) كما هو مبين بالشكل (3-9). وتتميز المياه الجوفية في إقليمي التلاحم والزحف والطيات العالية الهيدروجيولوجيين بكونها مياه عذبة تحتوي على Ca (Mg)-HCO_3 بسيادة البيكربونات. أما بالنسبة لإقليم الطيات الواطئة الهيدروجيولوجي فإن التركيب الكيميائي للمياه الجوفية يتغير من نوع البيكربونات إلى النوع الكبريتي بسبب وجود

الجبس والأنهيدريت والهاليت داخل تكوين الفتحة في الجزء الشمالي من هذه المنطقة (Krasny et al., 2006 in Jassim and Goff, 2006) . بينما في الجزء الجنوبي فإن الزيادة في الملوحة ترجع إلى زيادة معدل تبخر المياه السطحية، ومن ثم ترشحها إلى الطبقات الحاملة للمياه. وقد أظهرت التحاليل الكيميائية أن معظم عينات المياه من الخزانات الجوفية العليا كانت مشبعة بشكل غير كافٍ بمعادن (الجبس والأنهيدريت والهاليت)، (Al-Kaabi, 2009). وبشكل عام يمكن وصف الظروف الهيدروجيولوجية لهذه الأنظمة المائية الجوفية بالتفصيل ضمن الأقاليم الهيدروجيولوجية على النحو التالي:



الشكل (3 - 9):- يوضح خريطة ملوحة المياه الجوفية (ملغم/لتر) في شمال وشرق العراق.

2-3 إقليم التلاحم والزحف الهيدروجيولوجي Suture and Thrust Hydrogeological Region

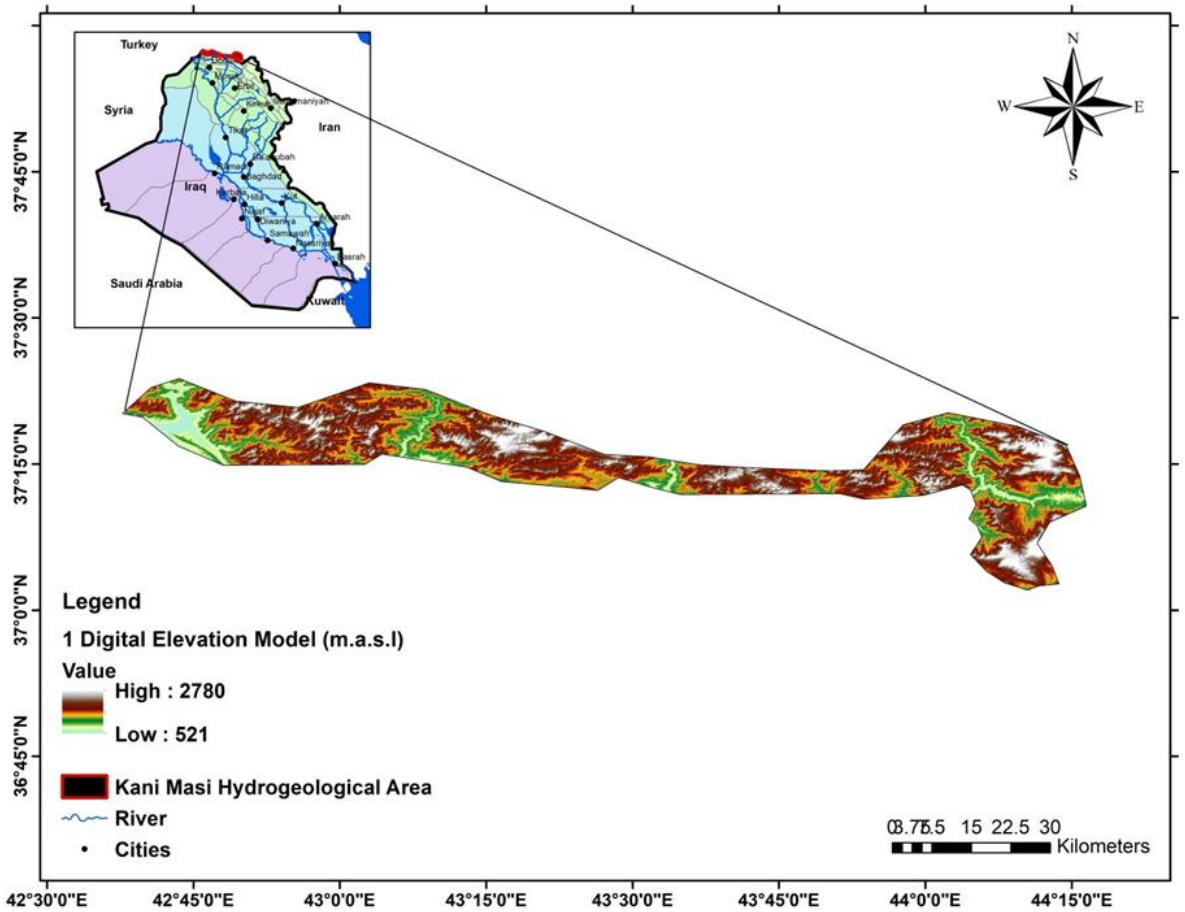
يمثل هذا الإقليم جبال شمال وشمال شرق العراق، ويشغل مساحة صغيرة تبلغ حوالي (1.32٪) من إجمالي مساحة العراق، (Al-Madhlom *et al.*, 2020). وهو يمتد كحزام ضيق على طول الحدود العراقية التركية الإيرانية. يحتوي هذا الإقليم على الصخور النارية، بما في ذلك الأوفيولايت، والصخور المتحولة والصخور الرسوبية المتعرضة للفوالق ولعمليات الطي القوية والتي تعود إلى حقبة الحياة القديمة وحقب الحياة الوسطى الأسفل (Lower Mesozoic) (Aqrawi *et al.*, 2010). البيانات الهيدروجيولوجية لهذا الإقليم ضئيلة جدًا، وتستند فقط إلى المعلومات التي قدمها ستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004). يتميز هذا الإقليم بامتداده المحدود، وهو يبعد

بمسافات صغيرة عن المراكز السكانية الرئيسة. وفقًا لستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004)، يعتبر نبع زلام (Zulam) من أكبر الينابيع في هذا الإقليم، حيث يزيد أعلى تصريف نموذجي له عن (2.0 م³/ثانية)، بينما يبلغ أدنى تصريف له (0.38 م³/ثانية). وقد وصف كراسني وآخرون، (Krasny *et al.*, 2006 in Jassim and Goff (2006) الخصائص الهيدروجيولوجية لهذا النطاق على النحو التالي:

يمثل الخزان الجوفي القريب من سطح الأرض (Close-to Surface Aquifer) في هذا الإقليم، المنطقة الضحلة ذات النفاذية العالية نسبيًا والتي تصل أعماقها إلى عدة عشرات من الأمتار. تتكون هذه المنطقة من الصخور النارية القاعدية المتجوية مع ترسبات حديثة تعود إلى العصر الرباعي غير متصلبة في الجزء الأعلى مع صخور متصدعة في الجزء الأسفل. عادة ما تكون نفاذية (Transmissivity) الخزان الجوفي القريب من السطح (1-10 م²/يوم)، ولكنها قد تتجاوز عشرات الأمتار المربعة في اليوم في المناطق المتصدعة بشدة. يقع الخزان الجوفي الضحل أو "القريب من السطح (Close-to Surface Aquifer)" أسفل ما يسمى بالطبقات الضخمة (Massive Layers)، اذ يوجد فقط عدد قليل من الكسور النفاذة. على أي حال، قسّم هذا الإقليم إلى ثلاث مناطق هيدروجيولوجية، على النحو التالي:

1-2-3 منطقة كاني ماسي الهيدروجيولوجية Kani Masi Hydrogeological Area

تقع منطقة كاني ماسي الهيدروجيولوجية على طول الحدود العراقية التركية في أقصى شمال العراق، وتبلغ مساحتها (1621.8 كم²) تقريبًا، ويتراوح ارتفاع سطح الأرض فيها من (521 م) إلى (2780 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-10).

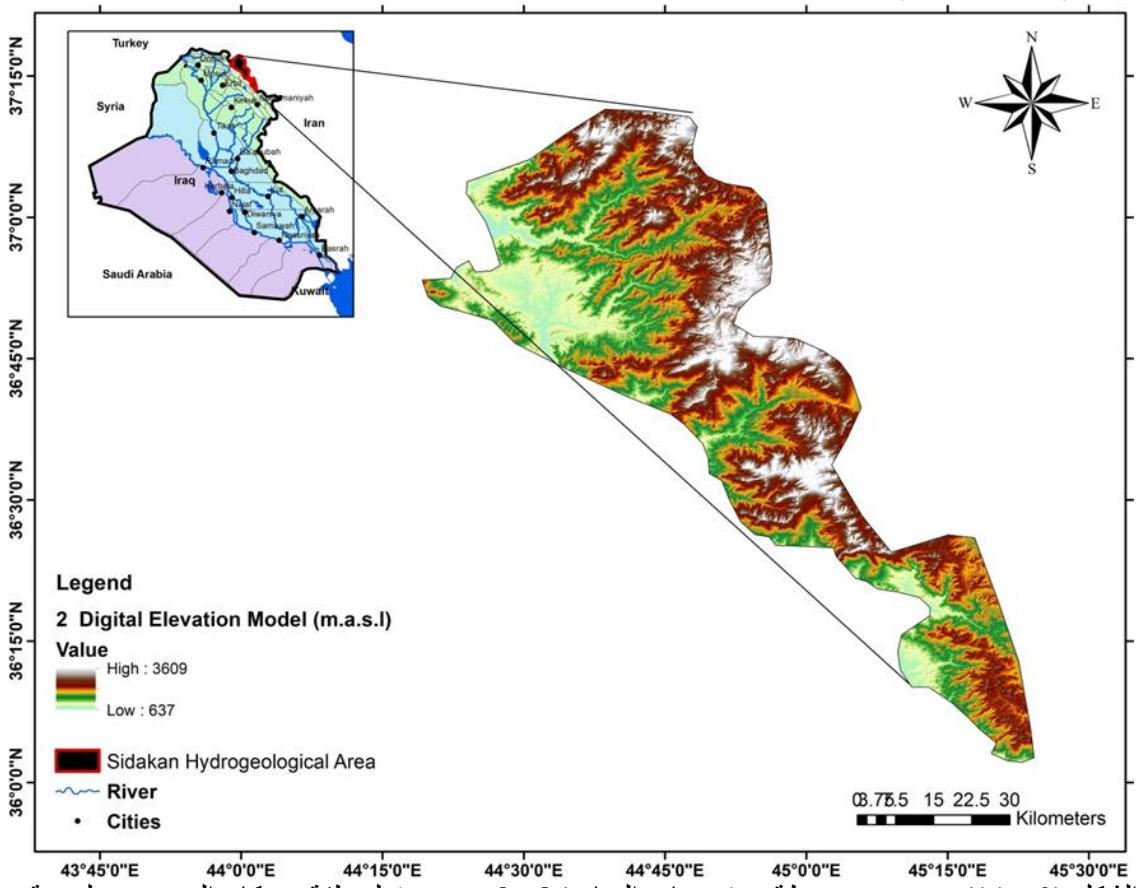


الشكل (3 - 10):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة كاني ماسي الهيدروجيولوجية.

تتدفق مياه الأمطار الساقطة في هذه المنطقة باتجاه نهر الخابور ونهر الزاب الكبير. بلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة ومعدل التبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (850 ملم/سنة) و(16.8 درجة مئوية) و(2191.5 ملم) على التوالي للفترة (1979-2014). أظهرت نتائج اختبارات الضخ البئري التي أجراها ستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004)، لبئرين تم حفرهما في هذه المنطقة أن قيم النفاذية للخزانات الجوفية غير المحصورة تتراوح بين (53 – 80 م²/يوم)، بينما تراوحت قيم التوصيلة الهيدروليكية بين (0.8 – 1.0 م/يوم)، في حين تراوحت قيم تصريف هذين البئرين بين (660 – 778 م³/يوم)، أما مستوى الماء الاستقراري (Static Water Level) فتراوح بين (11 – 19 م) تحت سطح الأرض. علاوة على ذلك، يشير التحليل الهيدروكيميائي لعينات المياه من هذه الخزانات إلى أن ملوحة المياه الجوفية معبر عنها بالمجموع الكلي للمواد الصلبة الذائبة (TDS) كانت أقل من (1000 ملغم/لتر) مع مياه من نوع البيكربونات بشكل عام. اعتمادًا على نتائج التحليل الهيدروكيميائي، فإن المياه الجوفية في هذه المنطقة صالحة لجميع الاستخدامات.

2-2-3 منطقة سيدكان الهيدروجيولوجية Sidakan Hydrogeological Area

تمثل هذه المنطقة الجزء الأوسط من إقليم التلاحم والزحف الهيدروجيولوجي، وتقع على طول الجزء الشمالي من الحدود العراقية الإيرانية. تشغل هذه المنطقة مساحة تقدر بـ (3509.8 كم²) تقريبًا، ويتراوح ارتفاع سطح الأرض فيها من (603 م) إلى (3609 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-11). بلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة ومعدل التبخر الكامن في هذه المنطقة (850 ملم/سنة) و (16.8 درجة مئوية) و (2128 ملم) على التوالي، للفترة (1979- 2014).

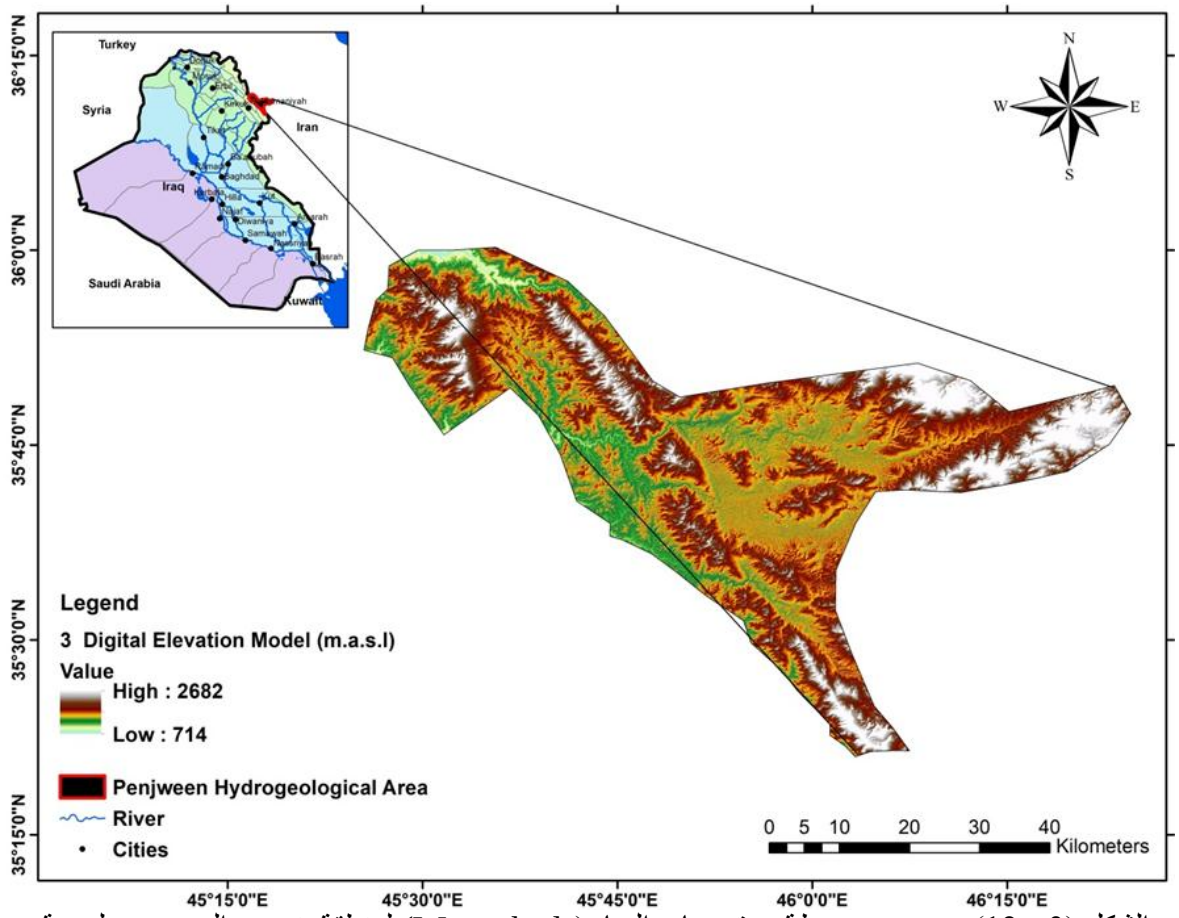


الشكل (3 - 11):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة سيدكان الهيدروجيولوجية.

أظهرت نتائج اختبارات الضخ البئري التي أجراها ستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004) أن قيم النفاذية تتراوح بين (85-134 م²/يوم)، بينما تراوحت قيم التوصيلية الهيدروليكية بين (0.3-1.8 م/يوم). في حين تراوح معدل تصريف الآبار بين (524-968 م³/يوم)، أما مستوى الماء الاستقراري فقد تراوح بين (6-32 م) تحت سطح الأرض. وتشير نتائج التحليل الهيدروكيميائي إلى أن المياه الجوفية هي في الغالب مياه عذبة، حيث كانت قيم الملوحة معبر عنها بالمجموع الكلي للمواد الصلبة الذائبة (TDS) أقل من (1000 ملغم/لتر) مع مياه بيكربوناتية النوع . بشكل عام، فإن نوعية المياه الجوفية في هذه المنطقة صالحة لجميع الاستخدامات.

3-2-3 منطقة بنجوين الهيدروجيولوجية Penjween Hydrogeological Area

تقع منطقة بنجوين الهيدروجيولوجية على طول الحدود العراقية الإيرانية في الجزء الجنوبي الشرقي من هذا الإقليم، وتقدر مساحتها بحوالي (2057.4 كم²)، بينما يتراوح ارتفاعها من (714 م) إلى (2682 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-12). بلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة ومعدل التبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (760 ملم/سنة) و (16.8 درجة مئوية) و (2191.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979-2014).



الشكل (3 - 12):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة بنجوين الهيدروجيولوجية.

تتميز هذه المنطقة بوجود الخزانات الجوفية المحصورة، وقد أظهرت نتائج الضخ الاختباري الذي أجري في (22) بئراً أن قيم النفاذية تتراوح بين (14-783 م²/يوم)، وقيم التوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.2-29 م/يوم)، بينما تراوح معدل تصريف الآبار بين (518-5789 م³/يوم). أما مستوى الماء الاستقراري فقد تراوح بين (2-12 م) تحت سطح الأرض (Stevanovic and Markovic, 2004). تشير نتائج التحليل الهيدروكيميائي إلى أن المياه الجوفية هي غالبا

مياه عذبة، حيث كانت قيم (TDS) أقل من (1000 ملغم/ لتر) مع مياه من نوع البيكربونات. لذلك، وبناءً على نتائج التحليل الهيدروكيميائي، فإن المياه الجوفية لهذه المنطقة مناسبة لجميع الاستخدامات.

3-3 اقليم الطيات العالية الهيدروجيولوجي High Folded Hydrogeological Region

يقع إقليم الطيات العالية الهيدروجيولوجي في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من العراق بين إقليم التلاحم والزحف وإقليم الطيات الواطئة الهيدروجيولوجيين. من الناحية الطبوغرافية، أشار سيساكيان والجبوري (Sissakian and Al-Jibuori 2014b) إلى ميزتين طبوغرافيتين رئيستين في هذا الإقليم. الأولى هي الأجزاء المرتفعة (الجبلية) التي تتكون من صخور سطحية أظهرتها مجاري الجداول والوديان. أما الثانية فهي الأجزاء المسطحة والمتموجة التي تشكل مناطق محدودة من السهول الصغيرة والتي تغطيها تكوينات مختلفة وترسبات العصر الرباعي. من الناحية التكتونية، يقع هذا الإقليم في الجزء غير المستقر من الصفيحة العربية (Al-Kadhimi et al., 1996; Jassim and Buday in Jassim and Goff, 2006)، بينما اعتبره فؤاد (Fouad,2012) أنه يمثل جزءًا خارجيًا من الصفيحة العربية (Outer Platform) . ومع ذلك، يتميز هذا الإقليم بعدد كبير من الطيات ذات السعات العالية والأجنحة القصيرة ذات الأشكال والأحجام المختلفة. علاوة على ذلك، تفصل بين هذه الطيات وديان عميقة وضيقة (Fouad, 2012).

المصدر الرئيس لتغذية المياه الجوفية في هذا الإقليم هو هطول الأمطار المباشرة وذوبان الثلوج في أعلى المناطق الجبلية ضمن هذا الإقليم وضمن مناطق إقليم التلاحم والزحف في الشمال الشرقي. في نفس الوقت، تمثل مناطق إقليم الطيات الواطئة مناطق تصريف لمياه هذا الإقليم، إلى جانب الآبار والينابيع (Stevanovic and Markovic, 2004). لذلك، تمثل الينابيع أهم مصادر تصريف للمياه الجوفية في هذا الإقليم.

صنف ستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004) نوعين من الينابيع في هذا الإقليم. يقع النوع الأول ضمن أنظمة خزانات بخمة الجوفية الكارستية، بما في ذلك ينابيع سرجنار وبيخال. غالبًا ما تكون هذه الينابيع قريبة من مواقع الصدوع وأنظمة الكسور ضمن الصخور الكربونية الضخمة عند تماسها مع الصخور غير الكربونية. أما النوع الثاني، فيقع ضمن أنظمة خزانات بلا سبي الجوفية الكارستية المتصدعة (Fractured – karstic Pila Spi Aquifer Systems)، بما في ذلك ينابيع درا بون (Dera Boon) وبني كهلان (Bani Khelan). بشكل عام، يتميز هذان النوعان من الينابيع بمياه عذبة (أقل من 600 ملغم/لتر) يغلب عليها البيكربونات (Krasny et al., 2006 in Jassim and Goff, 2006) . كما تنتج بعض مياه الينابيع الملامسة لطبقات الجبس في تكوين الفتحة مياه مالحة تزيد ملوحتها عن (1000 ملغم/لتر) من النوع الكبريتي بسبب التلوث بالكبريتات. أما تلك الينابيع المرتبطة بالصخور الفتاتية في تكوين إنجانة والمقدادية وباي حسن، فهي تتميز بمياه عذبة (أقل من 1000 ملغم/لتر) يغلب عليها البيكربونات والكالسيوم (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014).

بشكل عام، فإن نوعية المياه الجوفية في هذا الإقليم جيدة وصالحة لجميع الاستخدامات. على أي حال، تم تقسيم إقليم الطيات العالية إلى اثنتي عشرة منطقة هيدروجيولوجية رئيسية، وعلى النحو التالي:

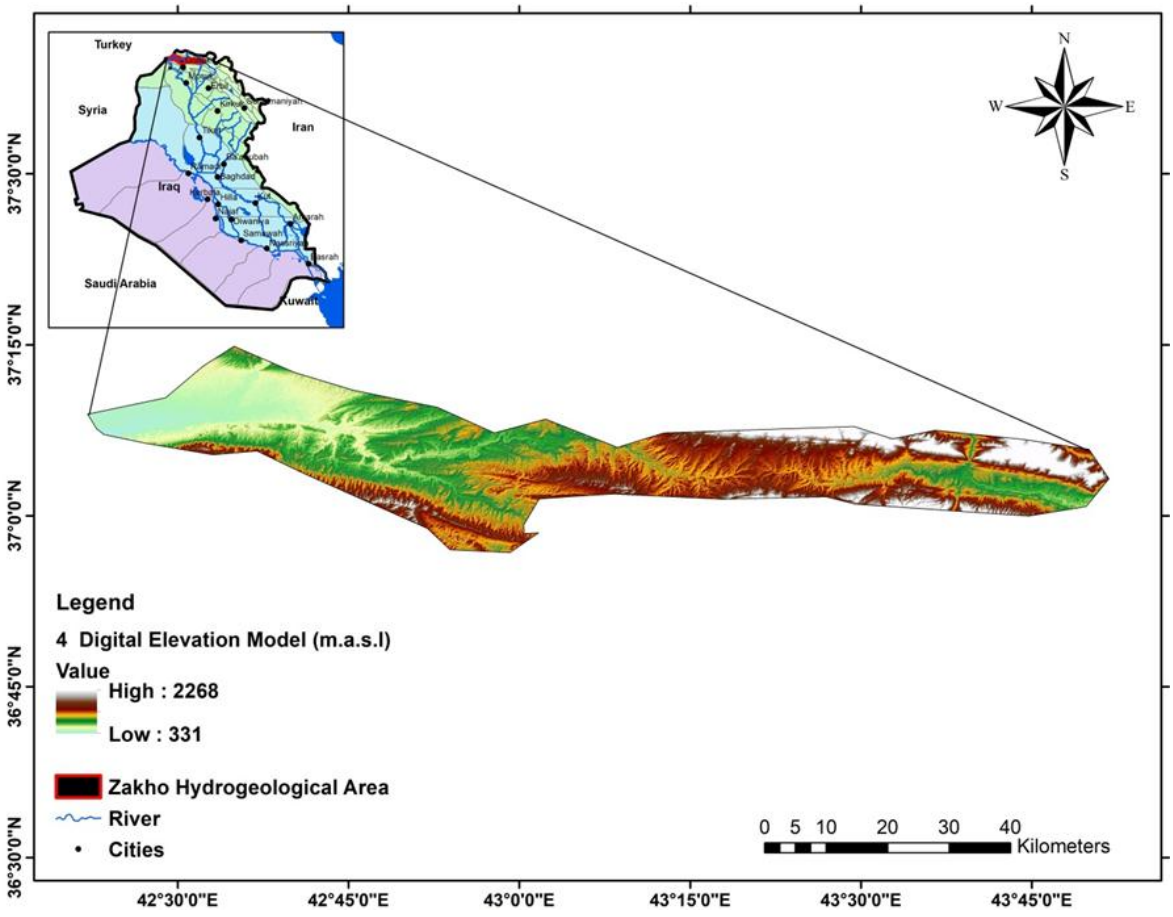
1-3-3 منطقة زاخو الهيدروجيولوجية Zakho Hydrogeological Area

تقع منطقة زاخو الهيدروجيولوجية في الجزء الشمالي من إقليم الطيات العالية الهيدروجيولوجي، كمنطقة جبلية مغلقة ذات اتجاه شرق - غرب، مغطاة بأكثر من (2000 م) من الترسبات الفتاتية لتكوينات إنجانة والمقدادية وباي حسن والعصر

الرباعي (Stevanovic and Markovic, 2004)، ويتراوح ارتفاع سطح الأرض في هذه المنطقة من (331 م) إلى (2268 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-13). وعلى الرغم من أن هذه المنطقة تقع ضمن إقليم الطيات العالية الهيدروجيولوجي، إلا أنها تتمتع بخصائص هيدروجيولوجية مماثلة للمناطق الهيدروجيولوجية ضمن إقليم الطيات الواطئة الهيدروجيولوجي (Krasny *et al.*, 2006 in Jassim and Goff, 2006). تتدفق المياه الجوفية في هذه المنطقة باتجاه نهر الخابور وروافده. وتمتد شرقًا كنطاق ضيق ضمن منطقة عمادية - برزان الهيدروجيولوجية التي تمثل منطقة مستجمعات المياه (Catchment Area) للروافد العليا لنهر الزاب الكبير (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014). تبلغ مساحة مستجمع المياه لمنطقة زاخو الهيدروجيولوجية حوالي (1695.8 كم²). كما يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار في هذه المنطقة حوالي (850 ملم)، ويترشح منه إلى أنظمة الخزانات الجوفية فقط ما نسبته (23%).

يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة ومعدل التبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (850 ملم) و(16.8 درجة مئوية) و(2191.5 ملم) على التوالي للفترة (1979 – 2014).

جيولوجيا، تتميز هذه المنطقة بوجود تكوينات ذات اعمار تمتد من العصر الطباشيري إلى العصر الرباعي مع وجود أنواع مختلفة من الصخور بما في ذلك الصخور الفتاتية والكربوناتية (تكوينات عقرة – بخمة، شيرانش، كولوش، خورماله، جركس، آفانا، بلاسبي، فتحة، إنجانة، المقدادية وباي حسن وترسبات العصر الرباعي).



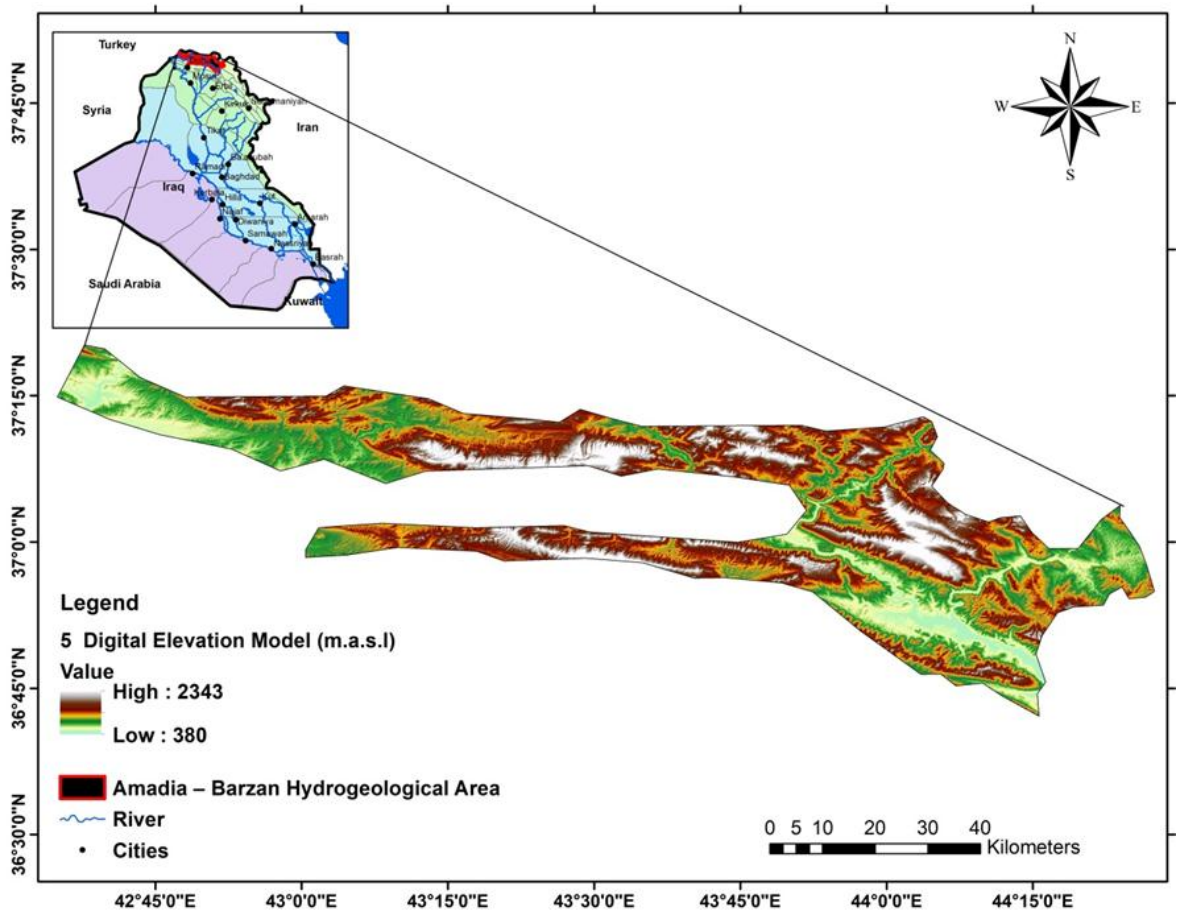
الشكل (3 - 13):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة زاخو الهيدروجيولوجية.

إن النبع الرئيس في منطقة زاخو الهيدروجيولوجية هو درا بون (Dera Boon) الذي يقع بالقرب من الحدود العراقية التركية عند اتصال تكوين بلاسبي مع تكوين الفتحة (الفارس الأسفل) الأقل نفاذية، والذي يتراوح تصريفه بين (0.83-1.13 م³/ثانية)، (Stevanovic and Markovic,2004).

بناءً على نتائج دراسات ستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic,2004)، فقد أظهرت نتائج الضخ الاختباري للآبار أن معدل قيم النفاذية يتراوح بين (5 – 227 م²/يوم)، ومعدل قيم التوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.1 – 2.2 م/ يوم)، وأن معدل تصريف الآبار يتراوح بين (46 – 1760 م³/يوم)، بينما تراوح مستوى الماء الاستقراري بين (1 – 42 م) تحت سطح الأرض. تشير نتائج التحليل الهيدروكيميائي إلى أن المياه الجوفية هي في الغالب مياه عذبة، حيث كانت ملوحتها أقل من (500 ملغم/لتر) مع مياه من نوع بيكربونات.

3-3-2 منطقة العمادية – برزان الهيدروجيولوجية Amadia – Barzan Hydrogeological Area

تقع منطقة العمادية – برزان الهيدروجيولوجية في الجزء الشمالي من إقليم الطيات العالية الهيدروجيولوجي، وهي تمثل جزءًا من حدود هذا الإقليم مع إقليم التلاحم والزحف الهيدروجيولوجي. تغطي هذه المنطقة مساحة تقدر بحوالي (3244 كم²) ويتراوح ارتفاع سطح الأرض فيها من (380 م) إلى (2343 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-14). تتدفق المياه في هذه المنطقة باتجاه نهر الزاب الكبير. يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (850 ملم/سنة) و(16.8 درجة مئوية) و(2191.5 ملم) على التوالي، للفترة (2014-1979).

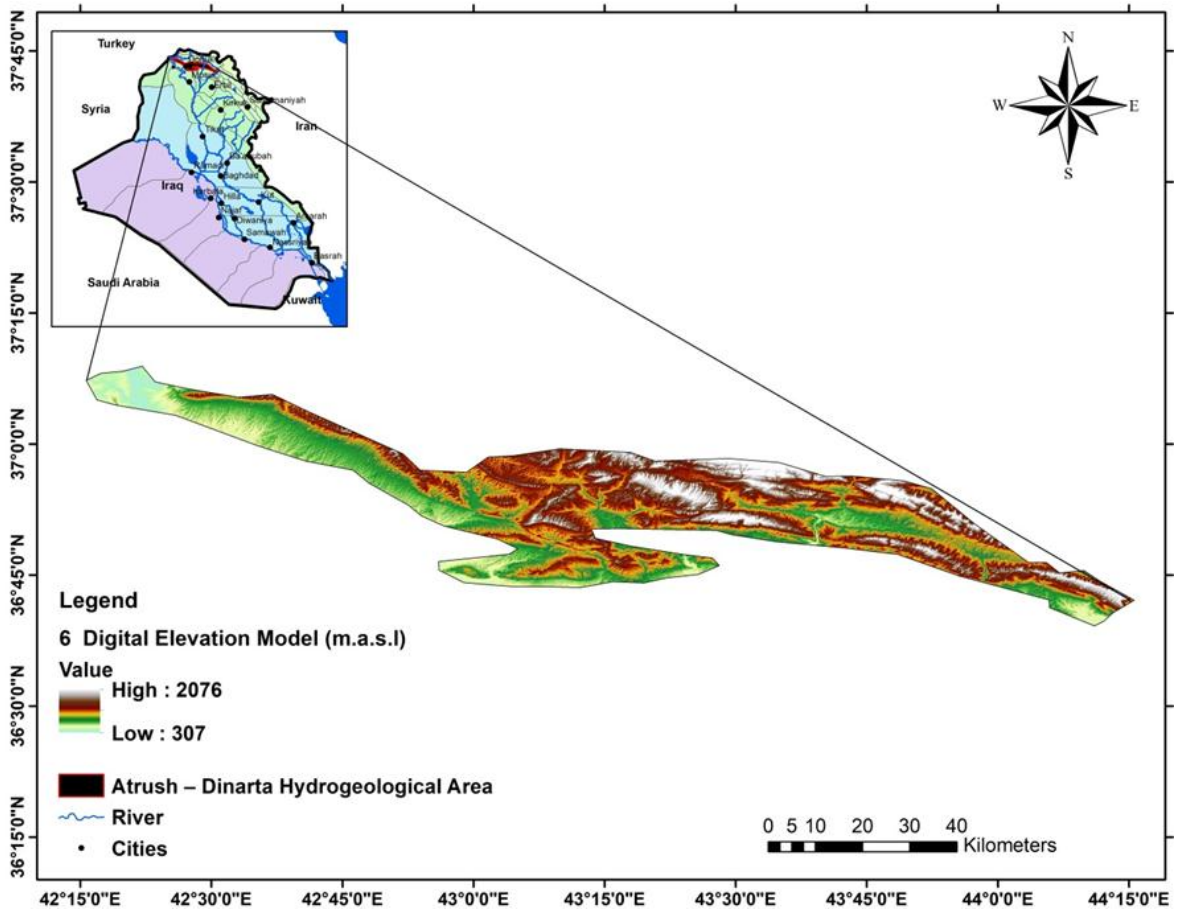


الشكل (3 - 14):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة العمادية – برزان الهيدروجيولوجية.

الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة هي خزانات محصورة وغير محصورة ضمن نظام خزانات البختياري الحبيبي (باي حسن والمقدادية) الجوفية، مع خزانات جوفية ضمن ترسبات العصر الرباعي في مناطق صغيرة ومواقع مختلفة (Stevanovic and Markovic, 2004). ووفقًا للجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi,2014)، أظهرت نتائج اختبارات الضخ التي أجريت في العديد من الآبار في هذه المنطقة الهيدروجيولوجية، أن قيم النفاذية للخزانات الجوفية تتراوح بين (3 – 134 م²/يوم)، وقيم التوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 – 5 م/يوم)، بينما تراوح تصريف الآبار بين (19 – 1555 م³/يوم). في حين تراوح مستوى الماء الاستقراري بين (8 – 24 م) تحت سطح الأرض. المياه الجوفية في الغالب هي مياه عذبة تتراوح ملوحتها بين (300 – 900 ملغم/لتر) ونوع المياه بيكربونات وكبريتات.

3-3-3 منطقة أتروش – دينارته الهيدروجيولوجية Atrush – Dinarta Hydrogeological Area

تمثل منطقة أتروش – دينارته الهيدروجيولوجية جزءًا من الحدود الجنوبية لإقليم الطيات العالية مع إقليم الطيات الواطئة، وتمتد كحزام ضيق ابتداءً من الحدود العراقية التركية في الشمال الغربي إلى نهر الزاب الكبير في الجنوب الشرقي، مرورًا بمدينة دهوك. وتغطي مساحة تقدر بحوالي (2518.1 كم²) بارتفاعات تتراوح من (307 م) إلى (2076 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-15). تتدفق المياه في هذه المنطقة باتجاه نهر الزاب الكبير. يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة تقريبًا (850 ملم/سنة) و(16.8 درجة مئوية) و(2191.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979 – 2014).



الشكل (3 - 15):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة اتروش – دينارته الهيدروجيولوجية.

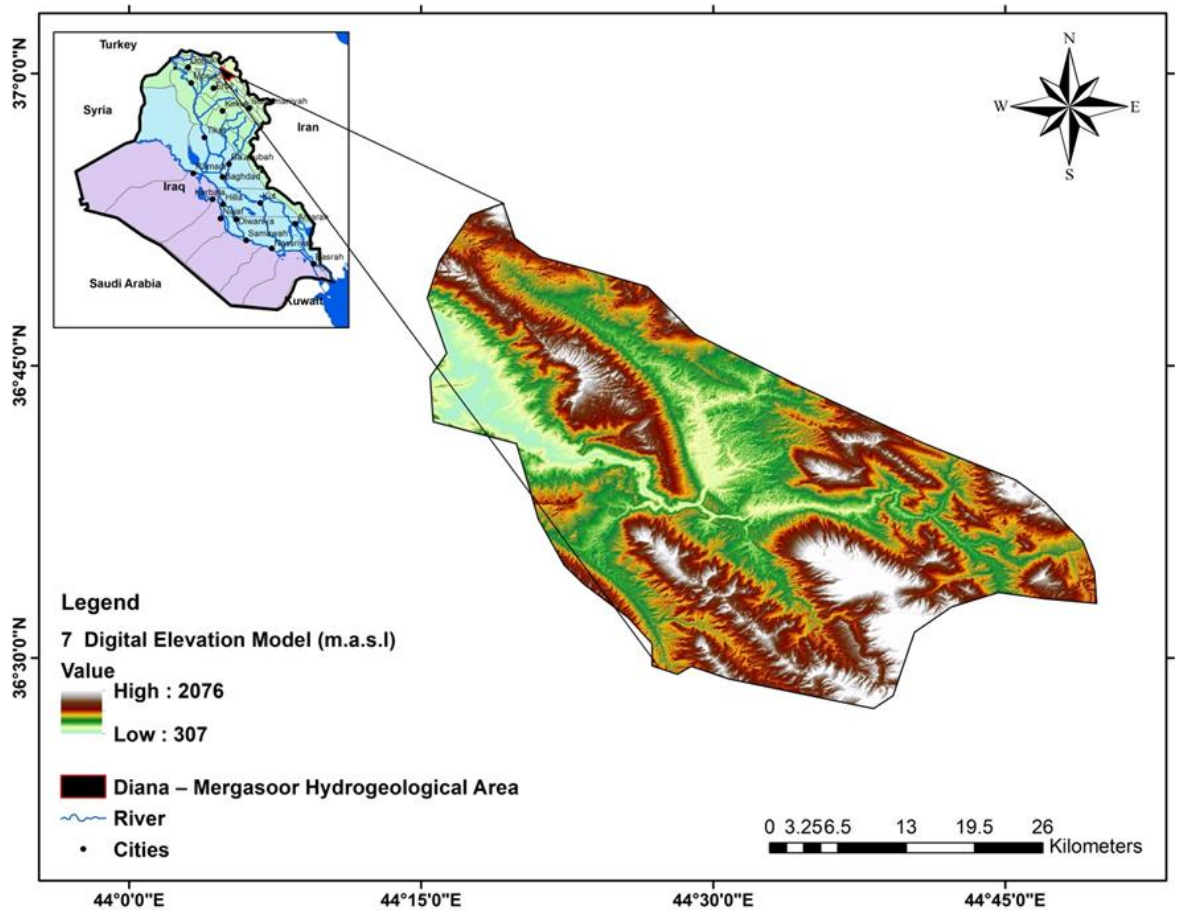
بالاعتماد على المقاطع الليثولوجية لآبار المياه الجوفية، تتكون هذه المنطقة من الترسبات الفتاتية لتكوينات إنجانة والمقدادية وباي حسن، والتي تمثل تكوينات حاملة للمياه من نوع الخزانات الجوفية المحصورة وغير المحصورة (Stevanovic and Markovic, 2004).

أشارت نتائج الضخ الاختباري في هذه المنطقة إلى أن قيم النفاذية للخزانات الجوفية تتراوح بين (3 – 2082 م²/يوم)، وقيم التوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 – 17.3 م/يوم)، بينما تراوحت قيم تصريف الآبار بين (53 – 2970 م³/يوم). أما مستوى الماء الاستقراري فقد تراوح بين (1.5 – 60 م) تحت سطح الأرض. أشارت التحاليل الهيدروكيميائية إلى أن المياه الجوفية في هذه المنطقة هي مياه عذبة ذات ملوحة تتراوح بين (300 – 500 ملغم/لتر)، مع مياه من نوع البيكربونات (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014).

تشكل منطقتا العمادية – برزان، وأتروش – دينارته الهيدروجيولوجيتان نظام جريان هيدروجيولوجي مشترك، أسميناه نظام شمال غرب برزان الهيدروجيولوجي (NW Barzani Hydrogeological Flow System). تم تحديد هذا النظام الهيدروجيولوجي بناءً على جريان المياه الجوفية المشترك والمتداخل بين هاتين المنطقتين.

4-3-3 منطقة ديانا – ميركه سور الهيدروجيولوجية Diana – Merga Soor Hydrogeological Area

تمثل منطقة ديانا – ميركه سور الهيدروجيولوجية جزءًا صغيرًا من الحدود الشمالية لإقليم الطيات العالية مع إقليم التلاحم والزحف، وتبلغ مساحتها الإجمالية حوالي (1170 كم²). يتراوح ارتفاع سطح الأرض فيها من (307 م) إلى (2076 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-16).



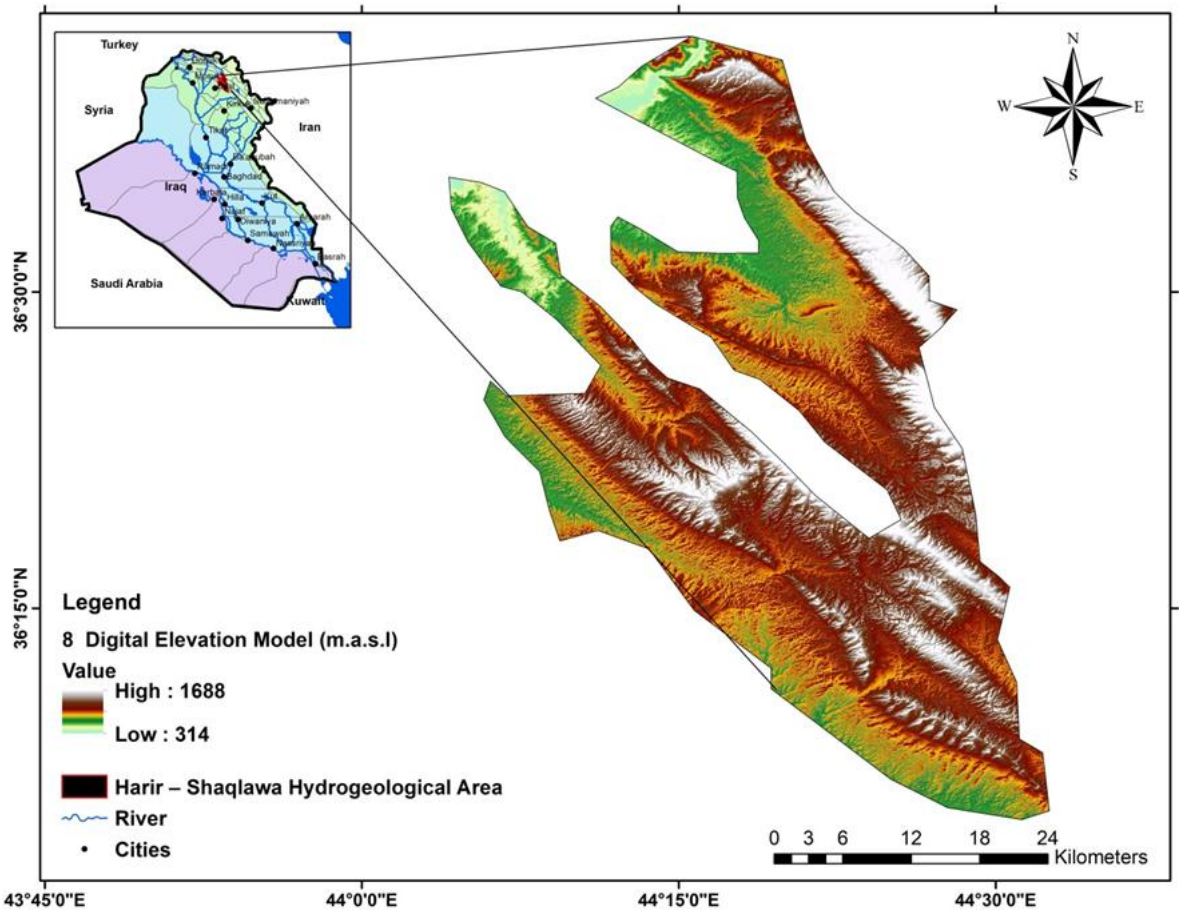
الشكل (3 - 16):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة ديانا – ميركه سور الهيدروجيولوجية.

يكون اتجاه جريان المياه فيها باتجاه نهر الزاب الكبير. يبلغ المعدل السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة تقريبًا (850 ملم/سنة) و(16.8 درجة مئوية) و(2191.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979 – 2014). تعتبر أنظمة الخزانات الجوفية الكارستية والمتشققة الكارستية الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة، بنوعيها المحصور وغير المحصور (Stevanovic and Markovic, 2004).

بحسب الجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014)، أظهرت نتائج الضخ الاختباري التي أجريت في العديد من آبار هذه المنطقة، أن قيم نفاذية الخزانات الجوفية تتراوح بين (6 – 662 م²/يوم)، وأن قيم التوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 – 14.6 م/يوم)، بينما كانت قيم تصريف الآبار تتراوح بين (20 – 2070 م³/يوم). أما منسوب الماء الاستقراري فقد تراوح بين (1.2 – 60 م) تحت سطح الأرض. إن نوعية المياه الجوفية في هذه المنطقة هي مياه عذبة تقل ملوحتها عن (1000 ملغم/لتر) ومن نوع البيكربونات في الغالب.

5-3-3 منطقة حرير – شقلاوة الهيدروجيولوجية Harir – Shaqlawa Hydrogeological Area

تقع منطقة حرير- شقلاوة الهيدروجيولوجية على بعد (50 كم) شمال شرق مدينة أربيل، بين طية حرير في الشمال الشرقي وطية سفين في الجنوب الغربي، وتشغل مساحة تقدر بـ (1223.7 كم²) تقريبًا، وتتدرج بالارتفاع من (314 م) إلى (1688 م) فوق مستوى سطح البحر (Fatah et al., 2020). اتجاه جريان المياه في هذه المنطقة يكون باتجاه نهر الزاب الكبير، كما هو موضح في الشكل (3-17). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (835 ملم/سنة) و(16.6 درجة مئوية) و(2191.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979 – 2014).



الشكل (3 - 17):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة حرير – شقلاوة الهيدروجيولوجية.

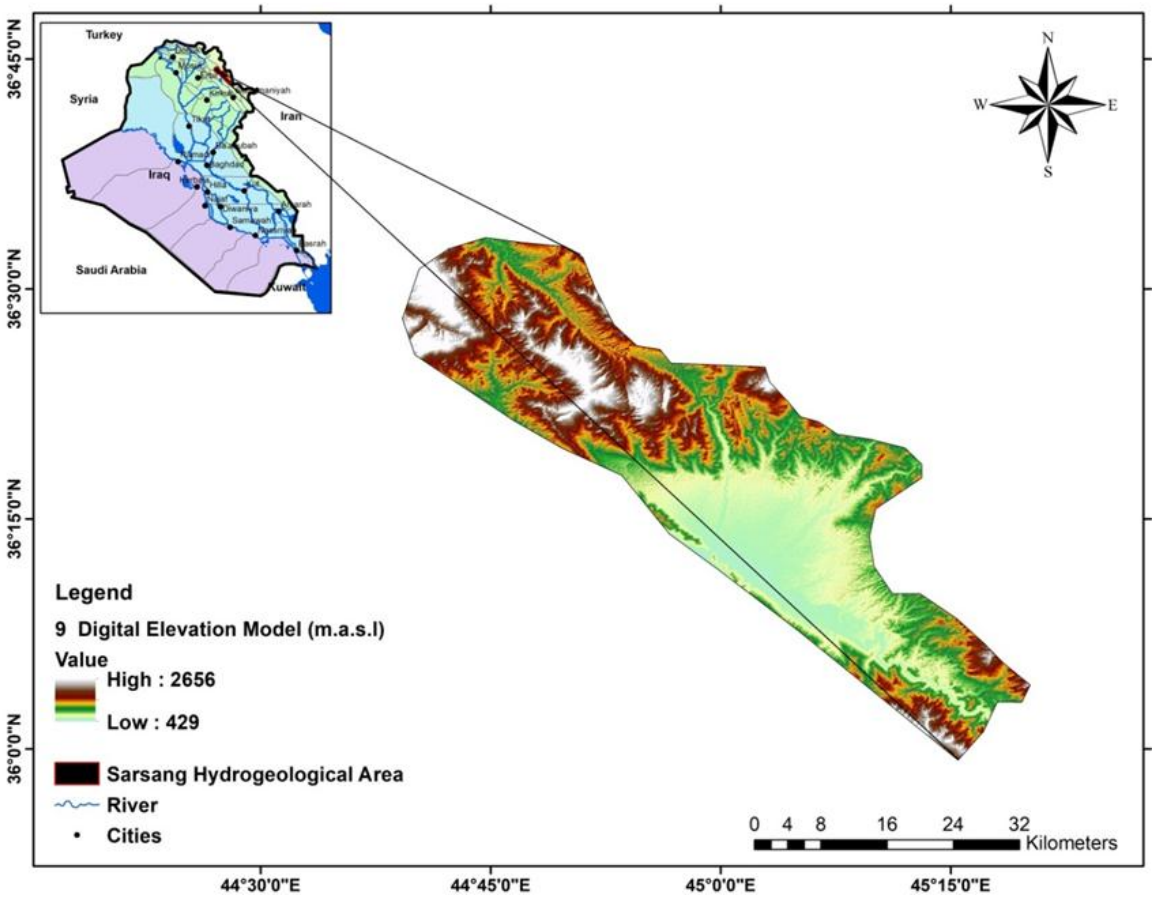
أظهرت المقاطع الصخرية لآبار المياه الجوفية المحفورة في هذه المنطقة أن الخزانات الجوفية الرئيسة تقع ضمن الترسبات الحديثة، وتكويني إنجانة والمقدادية (Stevanovic and Markovic, 2004).

أشارت نتائج الضخ الاختباري في هذه المنطقة إلى أن قيم النفاذية للخزانات الجوفية تتراوح بين (3 – 611 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 – 19.1 م/يوم) وتصاريف الآبار تتراوح بين (37 – 2310 م³/يوم). أما منسوب الماء الاستقراري فقد تراوح بين (4 – 60 م) تحت سطح الأرض. في الغالب، المياه الجوفية في هذه المنطقة هي مياه عذبة تتراوح ملوحتها بين (300 – 500 ملغم/لتر) مع مياه من نوع البيكربونات (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014).

تشكل منطقتا ديانا – ميركه سور، وحرير – شقلاوة الهيدروجيولوجيتان نظام جريان هيدروجيولوجي مشترك، أسميناه نظام جريان حرير المركزي الهيدروجيولوجي (Central Harir Hydrogeological Flow System). تم تحديد هذا النظام الهيدروجيولوجي بناءً على جريان المياه الجوفية المشترك والمتداخل بين هاتين المنطقتين.

6-3-3 منطقة سرسنك الهيدروجيولوجية Sarsang Hydrogeological Area

تقع منطقة سرسنك الهيدروجيولوجية في الجزء المركزي من إقليم الطيات العالية، وهي تمثل منطقة مستجمعات مياه (Catchment Area) لبحيرة دوكان ونهر الزاب الصغير، وتغطي مساحة تبلغ حوالي (1223.6 كم²)، بارتفاعات تتدرج من (429 م) إلى (2656 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-18). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة تقريباً (850 ملم/سنة) و(16.3 درجة مئوية) و(2191.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979-2014).



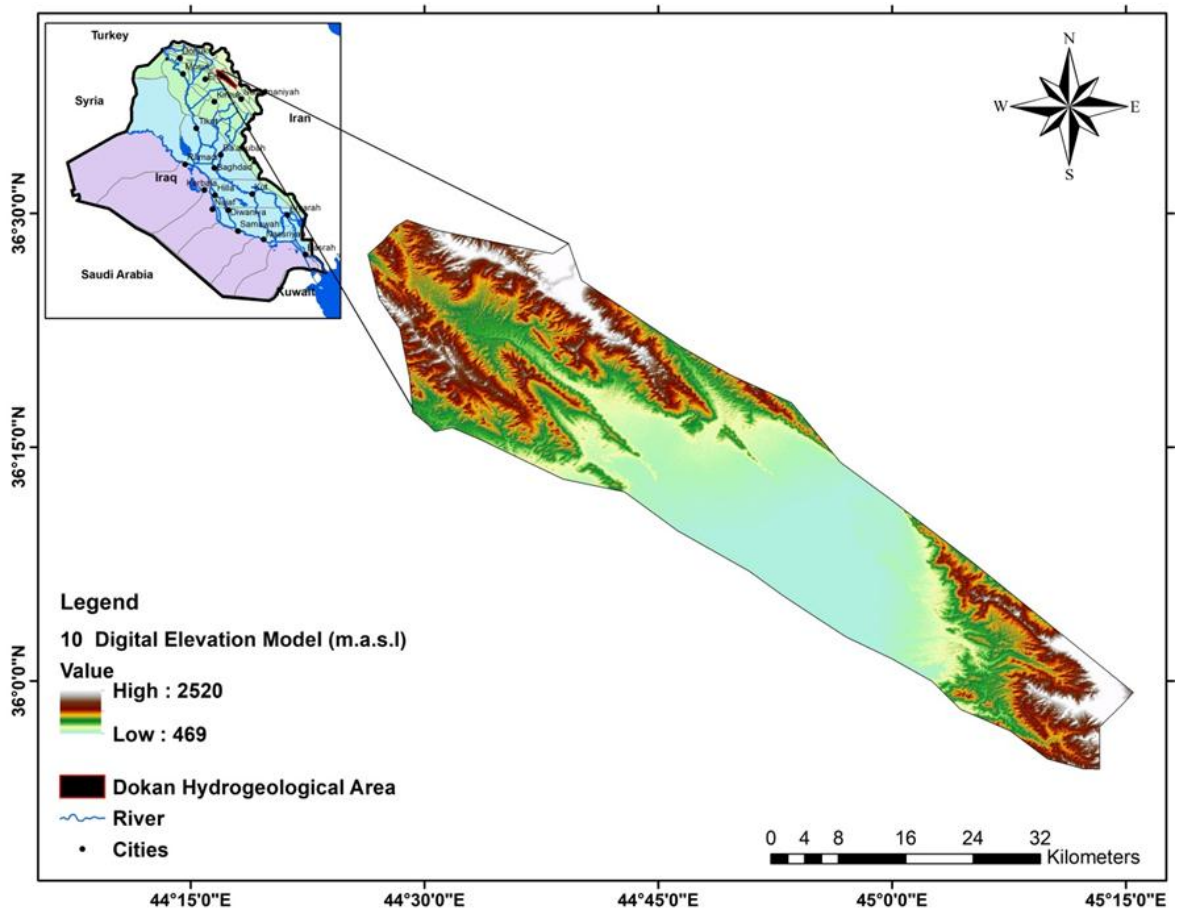
الشكل (3 - 18):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة سرسنك الهيدروجيولوجية.

الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة تتمثل في أنظمة الخزانات الجوفية الكارستية والكارستية المتشققة، بنوعيها المحصورة وغير المحصورة (Stevanovic and Markovic, 2004).

ووفقًا للجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014)، فقد أظهرت نتائج اختبارات الضخ التي أجريت في العديد من الآبار في هذه المنطقة الهيدروجيولوجية أن قيم النفاذية للخزانات الجوفية تتراوح بين (3 – 540 م²/يوم)، وقيم التوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 – 14.6 م/يوم)، وأن تصريف الآبار يتراوح بين (99 – 1749 م³/يوم)، في حين أن منسوب الماء الاستقراري قد تراوح بين (6 – 80 م) تحت سطح الأرض. بشكل عام، تتميز هذه المنطقة بمياه عذبة ذات ملوحة أقل من (1000 ملغم/لتر) وبنوعية مياه بيكربوناتية في الغالب.

7-3-3 منطقة دوكان الهيدروجيولوجية Dokan Hydrogeological Area

تمتد منطقة دوكان الهيدروجيولوجية من شمال شرق بحيرة دوكان إلى جنوب شرقها، لذا فهي تمثل منطقة مستجمعات مياه (Catchment Area) لهذه البحيرة. تغطي هذه المنطقة مساحة تبلغ حوالي (1440.8 كم²)، ويتدرج سطح الأرض بالارتفاع فيها من (469 م) إلى (2520 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-19). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن ضمن هذه المنطقة حوالي (640 ملم/سنة) و(16.3 درجة مئوية) و(2318 ملم) على التوالي للفترة (1979 – 2014).



الشكل (3 - 19):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة دوكان الهيدروجيولوجية.

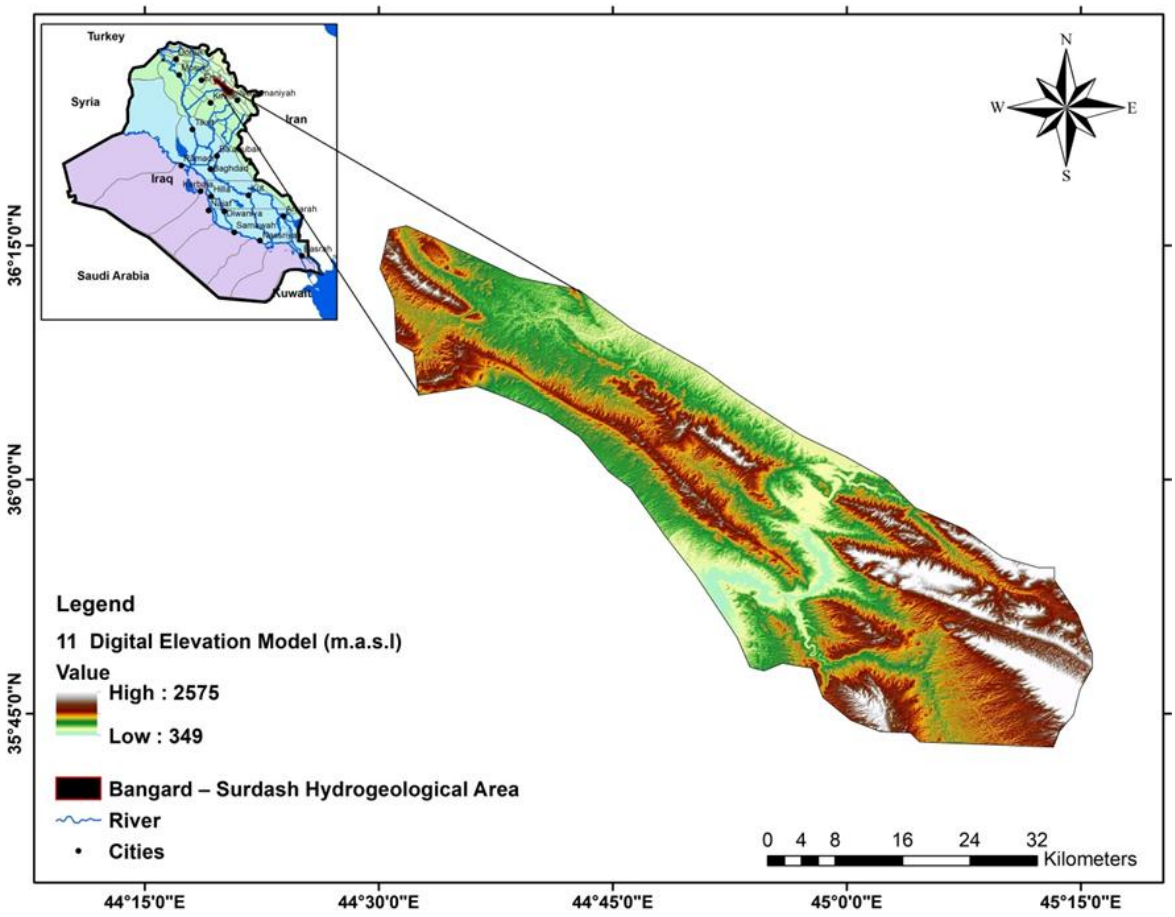
أظهرت المقاطع الليثولوجية للآبار المائية المحفورة في جنوب شرق بحيرة دوكان أن الخزانات الجوفية الرئيسة تتواجد ضمن الترسبات الحديثة وضمن أنظمة الخزانات الجوفية الكارستية والكارستية المتشققة، بنوعيها المحصور وغير

المحصور. بينما أظهرت المقاطع الليثولوجية للآبار المائية المحفورة في شمال غرب بحيرة دوكان (سهل رانيا) أن الخزانات الجوفية الرئيسة هي خزان الترسبات الحديثة وخزان باي حسن (Stevanovic and Markovic, 2004).

أشارت نتائج الضخ الاختباري للآبار إلى أن قيم النفاذية للخزانات الجوفية تتراوح بين (15 - 864 م²/يوم)، وقيم التوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.2 - 12.8 م/يوم)، بينما تراوحت قيم تصريف الآبار بين (53 - 2970 م³/يوم)، أما مستوى الماء الاستقراري فقد تراوح بين (3 - 61 م) تحت سطح الأرض. تتميز هذه المنطقة بمياه عذبة تتراوح ملوحتها بين (300 – 500 ملغم/لتر) ومعظمها مياه بيكربوناتية (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014).

8-3-3 منطقة بنگرد – سورداش الهيدروجيولوجية Bangard – Surdash Hydrogeological Area

تمثل منطقة بنگرد – سورداش الهيدروجيولوجية جزءًا من الحدود الجنوبية الغربية لإقليم الطيات العالية مع إقليم الطيات الواطئة، وهي جزء من منطقة مستجمع مياه (Catchment Area) نهر الزاب الصغير، وتغطي مساحة تبلغ حوالي (1497.5 كم²)، بارتفاعات تتراوح من (349 م) إلى (2575 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح بالشكل (3-20). إن المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة يبلغ (850 ملم/سنة) و(16.3 درجة مئوية) و(2191.5 ملم) على التوالي ، للفترة (1979 – 2014).



الشكل (3 - 20):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة بنگرد – سورداش الهيدروجيولوجية.

إن الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة تتواجد ضمن أنظمة الخزانات الجوفية الكارستية والمتشققة الكارستية بنوعيها المحصور وغير المحصور، مع تواجد خزانات جوفية ضمن الترسبات الحديثة في مناطق صغيرة ومواقع مختلفة (Stevanovic and Markovic, 2004).

وبحسب الجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014)، فقد أظهرت نتائج اختبارات الضخ التي أجريت في العديد من الآبار في هذه المنطقة، أن قيم نفاذية الخزانات الجوفية تتراوح بين (14 – 597 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.2 – 4.4 م/يوم)، وتصاريف الآبار تتراوح بين (330 – 1961 م³/يوم)، وأن منسوب الماء الاستقراري يتراوح بين (0.7 – 35 م) تحت سطح الأرض. تتميز هذه المنطقة بمياه جوفية عذبة تقل ملوحتها عن (500 ملغم/لتر) ومعظمها مياه من نوع البيكربونات.

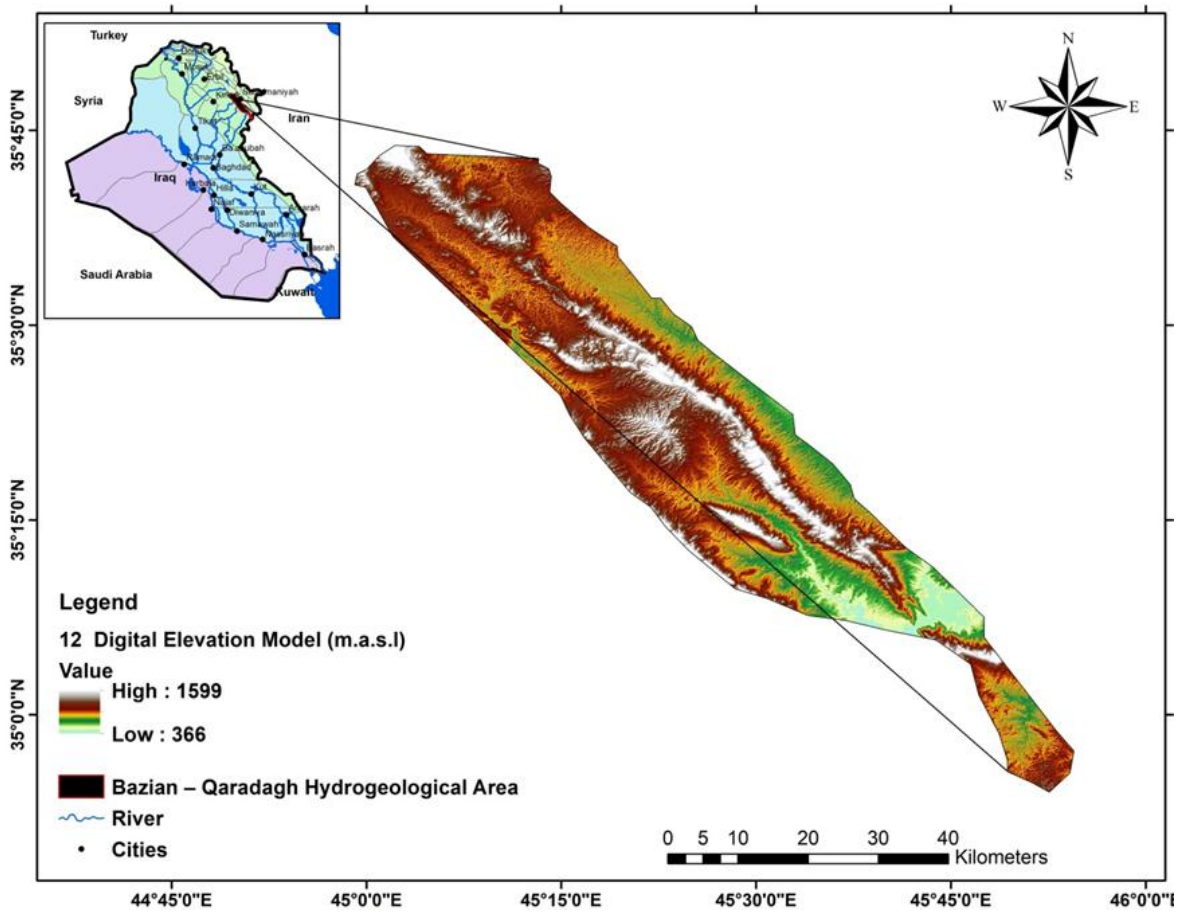
تشكل المناطق الهيدروجيولوجية سرسنك، ودوكان، وبنگرد - سورداش نظام جريان هيدروجيولوجي، أسميناه نظام جريان دوكان المركزي الهيدروجيولوجي (Central Dokan Hydrogeological Flow System). تم تحديد هذا النظام الهيدروجيولوجي بناءً على جريان المياه الجوفية المشترك والمتداخل بين هذه المناطق.

9-3-3 منطقة بازيان – قره داغ الهيدروجيولوجية Bazian – Qaradagh Hydrogeological Area

تمثل منطقة بازيان – قره داغ الهيدروجيولوجية الحدود الجنوبية الغربية لإقليم الطيات العالية مع إقليم الطيات الواطئة، وتمتد هذه المنطقة من بلدة بازيان في شمال غرب مدينة السليمانية إلى الحدود العراقية الإيرانية في الجنوب الشرقي. تبلغ مساحتها الإجمالية حوالي (1750.6 كم²) بارتفاعات تتدرج من (366 م) إلى (1599 م) فوق مستوى سطح البحر، وتمثل هذه المنطقة جزءًا من منطقة مستجمع مياه (Catchment Area) نهر العظيم، كما هو موضح في الشكل (3-21). يبلغ المعدل السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (695 ملم/سنة) و(18.5 درجة مئوية) و(2756.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979 – 2014).

الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة هي من النوعين المحصور وغير المحصور، وتشمل أنظمة الخزانات الجوفية الكارستية والكارستية المتشققة، ونظام خزان البختياري الجوفي (باي حسن والمقدادية)، بالإضافة إلى الخزانات الجوفية ضمن الترسبات الحديثة في مواقع مختلفة (Stevanovic and Markovic, 2004).

تشير نتائج الضخ الاختباري إلى أن قيم نفاذية للخزانات الجوفية تراوحت بين (4 – 749 م²/يوم)، وقيم التوصيلية الهيدروليكية تراوحت بين (0.2 – 20.6 م/يوم)، وتصاريف الآبار تراوحت بين (107 – 1620 م³/يوم)، بينما تراوح منسوب الماء الاستقراري بين (3 – 61 م) تحت سطح الأرض. تتميز هذه المنطقة بمياه عذبة تتراوح ملوحتها بين (300 – 500 ملغم/لتر) ومعظمها مياه بيكربوناتية (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014).



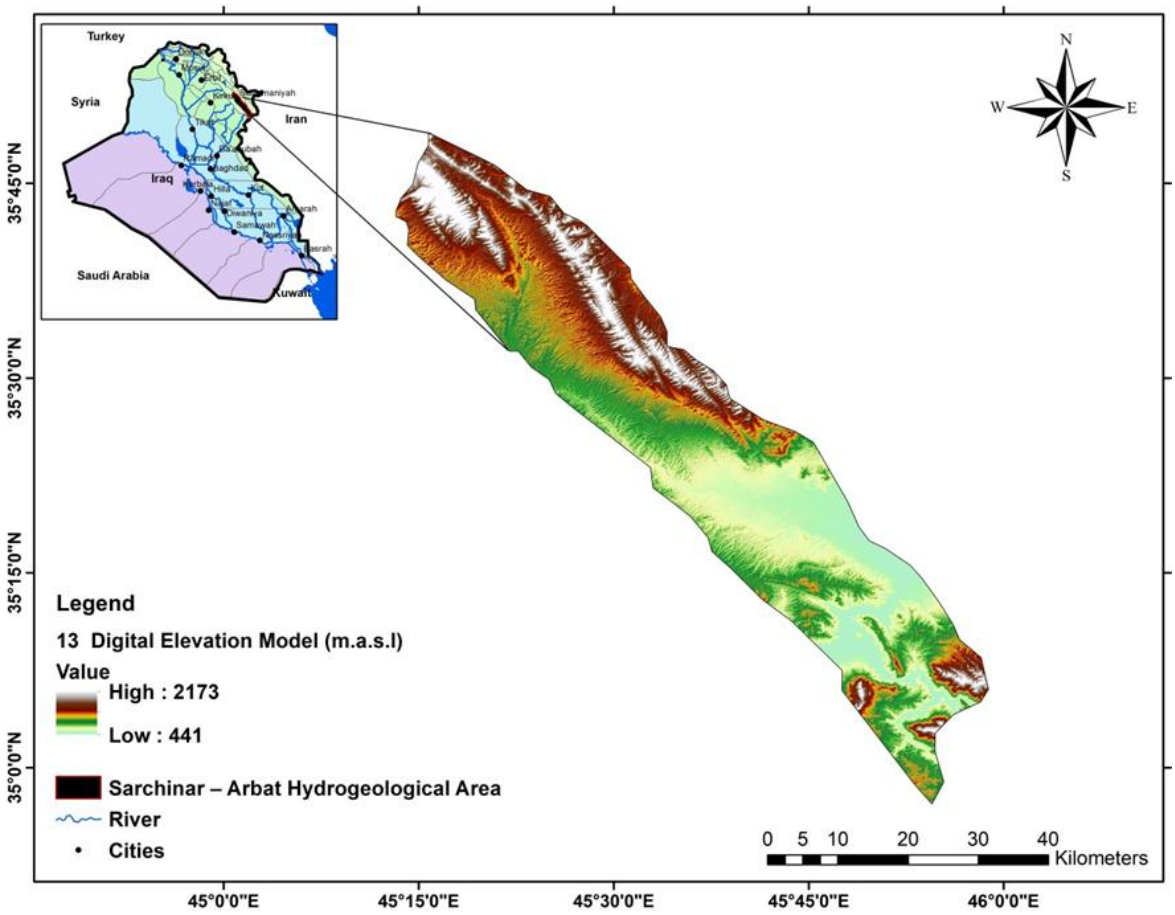
الشكل (3 - 21):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة بازيان – قره داغ الهيدروجيولوجية.

10-3-3 منطقة سرجنار – عربت الهيدروجيولوجية Sarchinar – Arbat Hydrogeological Area

تمتد منطقة سرجنار– عربت الهيدروجيولوجية من بلدة سرجنار في شمال غرب مدينة السليمانية إلى الحدود العراقية الإيرانية في الجنوب الشرقي، وهي جزء من منطقة مستجمعات مياه (Catchment Area) نهر ديالى. تغطي هذه المنطقة مساحة تقدر بـ (1608 كم²)، بارتفاعات تتدرج من (441 م) إلى (2173 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-22). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (760 ملم/سنة)، و(18 درجة مئوية)، و(2756.5 ملم) على التوالي للفترة (1979 – 2014).

الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة هي خزانات محصورة وغير محصورة ضمن أنظمة الخزانات الجوفية الكارستية والمتشققة الكارستية، مع وجود خزانات جوفية ضمن الترسبات الحديثة في مناطق صغيرة ومواقع مختلفة (Stevanovic and Markovic, 2004).

وبحسب الجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014)، فقد أظهرت نتائج اختبارات الضخ التي أجريت في العديد من الآبار أن قيم النفاذية للخزانات الجوفية تتراوح بين (5 – 409 م²/يوم)، وقيم التوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.2 – 4.9 م/يوم)، وأن قيم تصاريف الآبار قد تراوحت بين (52 – 1642 م³/يوم)، بينما كان منسوب الماء الاستقراري يتراوح بين (3 – 59 م) تحت سطح الأرض. في الوقت نفسه، تميزت هذه المنطقة بمياه عذبة ذات ملوحة أقل من (500 ملغم/لتر) ومعظمها مياه بيكربوناتية.



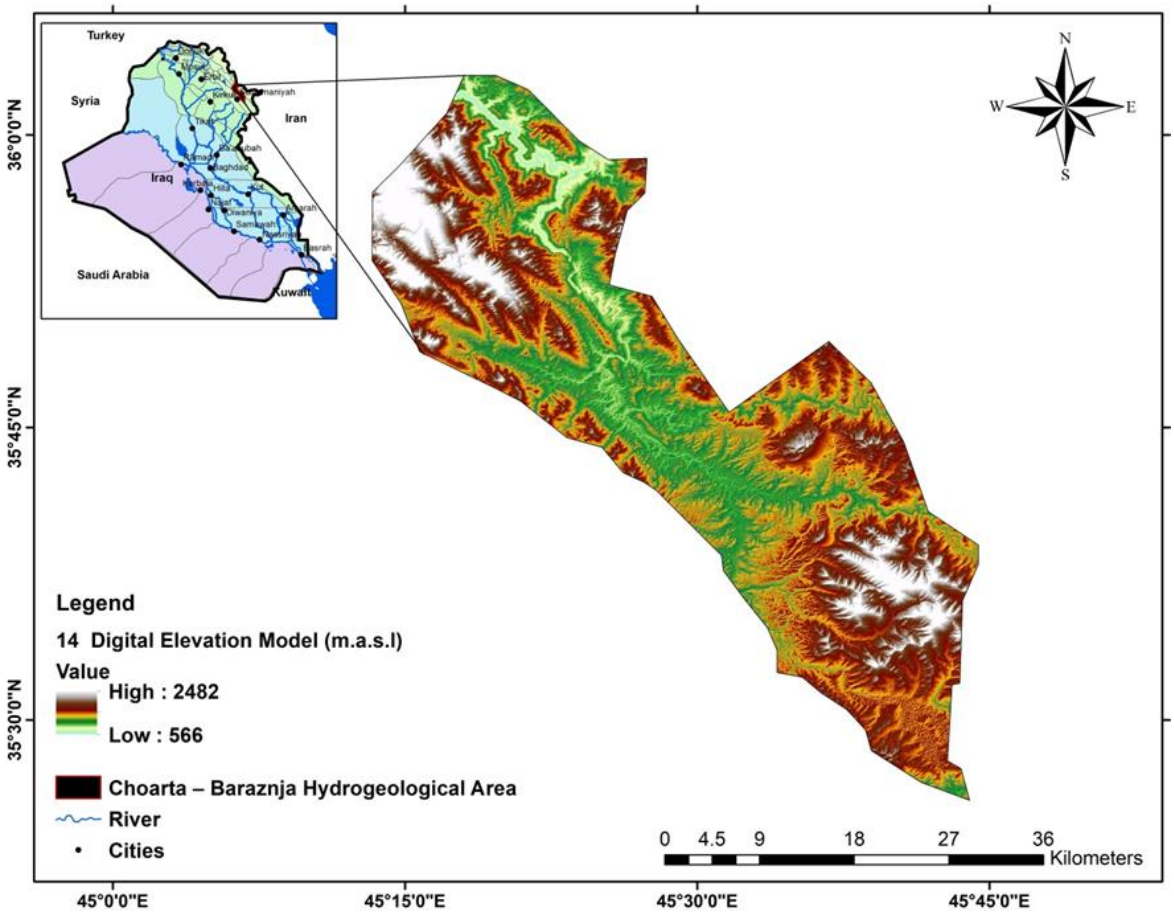
الشكل (3 - 22):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة سرجنار– عربت الهيدروجيولوجية.

11-3-3 منطقة جوارتا – برزنجه الهيدروجيولوجية Choarta – Baraznja Hydrogeological Area

تمتد هذه المنطقة من بلدة جوارتا في شمال شرق مدينة السليمانية إلى بلدة برزنجه، وهي جزء من منطقة مستجمع مياه (Catchment Area) نهر الزاب الصغير. تغطي مساحة تقدر بـ (1134.6 كم²)، بارتفاعات تتراوح من (566 م) إلى (2482 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-23). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (850 ملم/سنة)، و(16.3 درجة مئوية)، و(2191.5 ملم) على التوالي، وذلك للفترة (1979-2014).

أظهرت المقاطع الليثولوجية للآبار المائية التي تم حفرها في هذه المنطقة أن الخزانات الجوفية الرئيسة هي خزانات الترسبات الحديثة وأنظمة الخزانات الكارستية والكارستية المتشققة، مع نوعين من الخزانات الجوفية: خزانات محصورة وغير محصورة (Stevanovic and Markovic, 2004).

أشارت نتائج ضخ الاختباري في آبار هذه المنطقة إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (8 – 239 م²/يوم)، بينما تراوحت قيم التوصيلية الهيدروليكية بين (0.2 – 2.3 م/يوم)، وبتصاريف تتراوح بين (98 – 1382 م³/يوم)، وأن مستوى الماء الاستقراري تراوح بين (5 – 59 م) تحت سطح الأرض. تتميز هذه المنطقة بمياه عذبة تتراوح ملوحتها بين (300 – 500 ملغم/لتر) ونوع مياهها بيكربوناتية في الغالب (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014).



الشكل (3 - 23):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة جوارتا – برزنجه الهيدروجيولوجية.

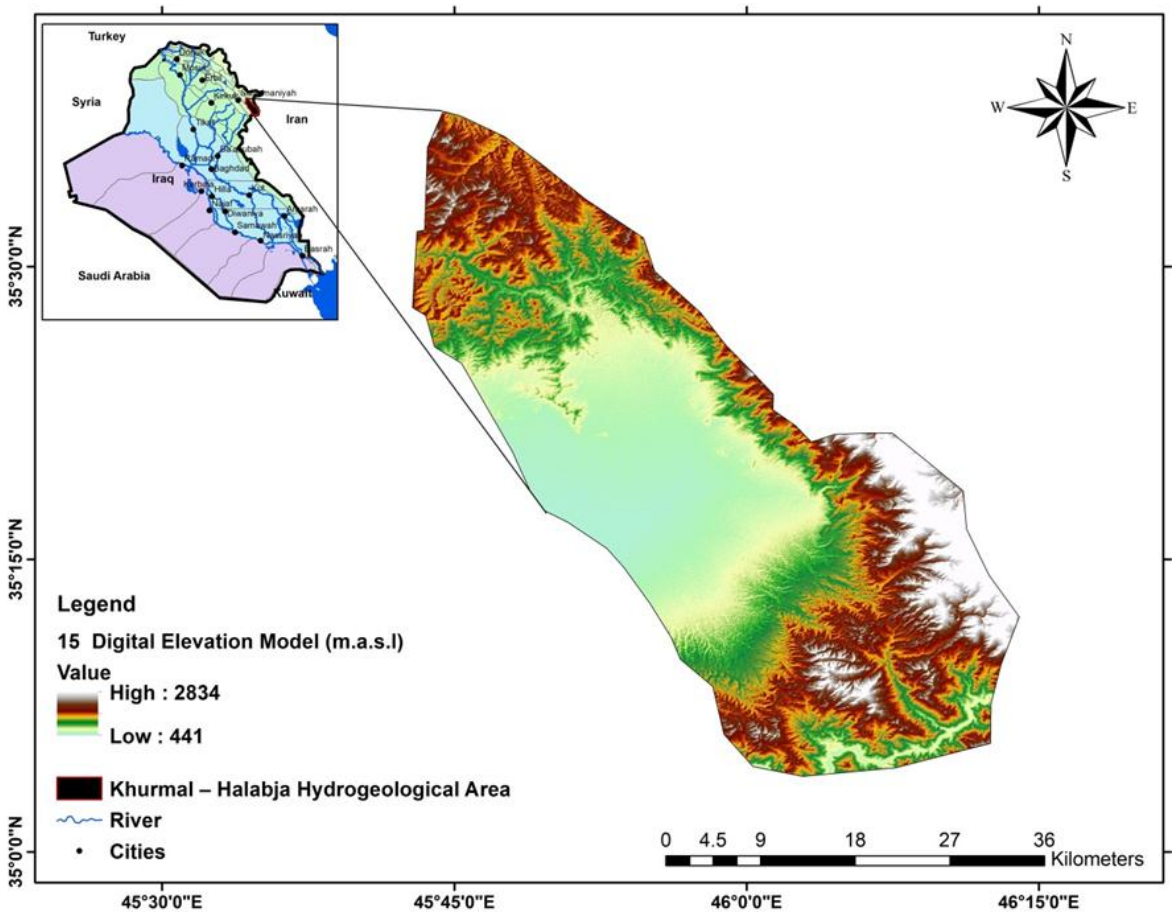
12-3-3 منطقة خورمالة – حلبجة الهيدروجيولوجية Khurmal – Halabja Hydrogeological Area

تمثل منطقة خورمالة – حلبجة الهيدروجيولوجية جزءاً صغيراً من الحدود الجنوبية لإقليم الطيات العالية مع إقليم التلاحم والزحف، وتبلغ مساحتها الكلية حوالي (1359.4 كم²). يتميز سطح الأرض فيها بارتفاعات تتراوح من (441م) إلى (2834م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-24). تتدفق المياه ضمن هذه المنطقة باتجاه سد دربنديخان من نهر تانجرو في الشمال ونهر سيروان ونهر زاليم (Zalim) في الشرق. يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (640 ملم/سنة)، (16.8 درجة مئوية)، و(2191.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979 – 2014).

تتميز هذه المنطقة بوجود نوعين من الخزانات الجوفية، المحصورة وغير المحصورة. وتتمثل الخزانات الجوفية الرئيسة في أنظمة الخزانات الجوفية الكارستية والمتشققة الكارستية (Stevanovic and Markovic 2004). تحتوي هذه المنطقة على بحيرة دربنديخان والعديد من الينابيع الكبيرة مثل ينابيع چاوگ (Chawg) وبيارا (Biara)، (Ali, 2007) .

أشارت نتائج الضخ الاختباري التي أجريت في العديد من الآبار ضمن هذه المنطقة إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (1.7 – 553 م²/يوم)، وتصاريف الآبار تتراوح بين (22 – 864 م³/يوم)، بينما تراوح مستوى الماء الاستقراري بين (5 – 50 م) تحت سطح الأرض. تشير نتائج التحليل الهيدروكيميائي إلى أن ملوحة المياه الجوفية تتراوح بين (200 – 885 ملغم/لتر) مع مياه من نوع بيكربونات. ووفقاً لعلي (Ali, 2007)، فإن هناك ثلاثة أنواع من تدفق المياه الجوفية تميز الخزانات في هذه المنطقة، وهي: الينابيع، والجريان تحت السطحي، والتدفق الصناعي عن طريق ضخ الآبار.

تشكل المناطق الهيدروجيولوجية بازيان – قره داغ، سرجنار – عربت، جوارتا – برزنجه، وخورمالة – حلبجة نظام جريان هيدروجيولوجي أسميناه نظام جريان شهرزور الهيدروجيولوجي (Sharazoor Hydrogeological Flow System). تم تحديد هذا النظام الهيدروجيولوجي بناءً على جريان المياه الجوفية المشترك والمتداخل بين هذه المناطق. على أي حال، يعتقد بعض الباحثين أن هذا النظام الهيدروجيولوجي هو عبارة عن حوض هيدروجيولوجي يسمى شهرزور– بيرامكرون.



الشكل (3 - 24):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة خورمالة – حلبجة الهيدروجيولوجية.

4-3 إقليم الطيات الواطئة الهيدروجيولوجي Low Folded Hydrogeological Region

يمتد إقليم الطيات الواطئة الهيدروجيولوجي من الحدود العراقية السورية في الشمال الغربي إلى الحدود العراقية الإيرانية في الجنوب الشرقي. يحده من الشمال والشمال الشرقي إقليم الطيات العالية الهيدروجيولوجي، ومن الجنوب والجنوب الغربي إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي، كما هو موضح في الشكل (1-3). يغطي هذا الإقليم حوالي (13.20%) من إجمالي مساحة العراق، بمساحة تقدر بـ(56930 كم²) تقريبًا (Yacoub et al., 2012). بشكل عام، يرتفع سطح الأرض في هذا الإقليم من الحدود الجنوبية الغربية بارتفاعات تتراوح بين (125 – 300م) فوق مستوى سطح البحر باتجاه الحدود الشمالية والشمالية الشرقية لتصل الارتفاعات إلى (900 – 1000م) فوق مستوى سطح البحر. لذلك، فهو يتميز بميزتين طبوغرافيتين رئيستين: الأجزاء الجبلية والسهول المنبسطة والمتموجة (Yacoub et al., 2012).

تكتونيًا، يقع هذا الإقليم ضمن الرصيف غير المستقر (Al-Kadhimi et al., 1996; Jassim and Buday, 2006 in Jassim and Goff,(2006); Fouad, 2012) ، ويتميز بسلسلة من الطيات الضيقة ذات السعات المختلفة، المنفصلة

عن بعضها البعض بواسطة طيات عريضة، والتي تتجه من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي، باستثناء جبل سنجار الذي يتجه من الشرق إلى الغرب.

يمثل نهر دجلة وروافده المورد الرئيس للمياه السطحية في هذا الإقليم، حيث يمر هذا النهر من الشمال إلى الجنوب في الجزء الغربي من هذا الإقليم، بينما تتدفق روافده: الزاب الكبير، الزاب الصغير، ديالى، والعظيم من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي.

تعتبر الوديان ضمن الطيات المقعرة التي تضم تكوينات حاملة للمياه وترسبات العصر الرباعي من أهم المناطق الهيدروجيولوجية في هذا الإقليم. تمثل تكوينات إنجانة ، المقدادية ، باي حسن وترسبات العصر الرباعي أهم التكوينات والترسبات الحاملة للمياه. لا تعتبر الطبقات الصخرية ضمن تكوين الفتحة الحاملة للمياه خزان جوفي في هذا الإقليم، لأنها تتكون من الأنهيدريت والجبس مع محتوى قليل من المياه الجوفية ذات نسبة عالية من الكبريتات. ومع ذلك، يستخدم المزارعون هذه المياه لأغراض الري وتربية الماشية، خاصة في الجزء الغربي من هذا الإقليم.

يمثل إقليم الطيات العالية الهيدروجيولوجي المصدر الرئيس لتغذية المياه الجوفية في هذا الإقليم، إضافة إلى الأمطار المباشرة. في حين يمثل نهر دجلة وروافده والآبار والينابيع مناطق التصريف الإقليمية له. تشير بيانات الآبار المحفورة إلى أن عمق المياه الجوفية يزداد في الأراضي المرتفعة وينخفض في الأجزاء الوسطى من المناطق الهيدروجيولوجية وبالقرب من مناطق التصريف. معظم هذه الآبار لها أعماق تتراوح بين (50 – 500 م) تحت سطح الأرض (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).

تنقسم حركة المياه الجوفية في هذا الإقليم إلى ثلاثة اتجاهات رئيسة مع بعض الاتجاهات المحلية بناءً على السمات الطبوغرافية والبنيوية. ففي الجزء الغربي من هذا الإقليم (غرب نهر دجلة)، تكون حركة المياه الجوفية من الشمال والشمال الغربي باتجاه الجنوب والجنوب الشرقي، كما هو موضح بالشكل (3-8). في شمال جبل سنجار، تكون حركة المياه الجوفية باتجاه الحدود العراقية – السورية. أما إلى الشرق من نهر دجلة، فتكون حركة المياه الجوفية من الشمال والشمال الشرقي باتجاه الجنوب والجنوب الغربي.

تزداد ملوحة المياه الجوفية من الشمال إلى الجنوب بقيم تتراوح بين (500 إلى أكثر من 7000 ملغم/لتر)، وترتفع عموماً باتجاه جريان المياه الجوفية، كما هو موضح بالشكل (3-9). تكون نوعية المياه الجوفية ضمن هذا الإقليم بيكربوناتية في مناطق التغذية وتتغير إلى كبريتية في مناطق التصريف.

قسّم إقليم الطيات الواطئة هيدروجيولوجياً إلى اثنتا عشرة منطقة هيدروجيولوجية رئيسة، وذلك وفقاً للخصائص الهيدروجيولوجية والجيولوجية والتضاريسية، على النحو التالي:

3-4-1 منطقة خازر- كومل الهيدروجيولوجية Khazir – Gomel Hydrogeological Area

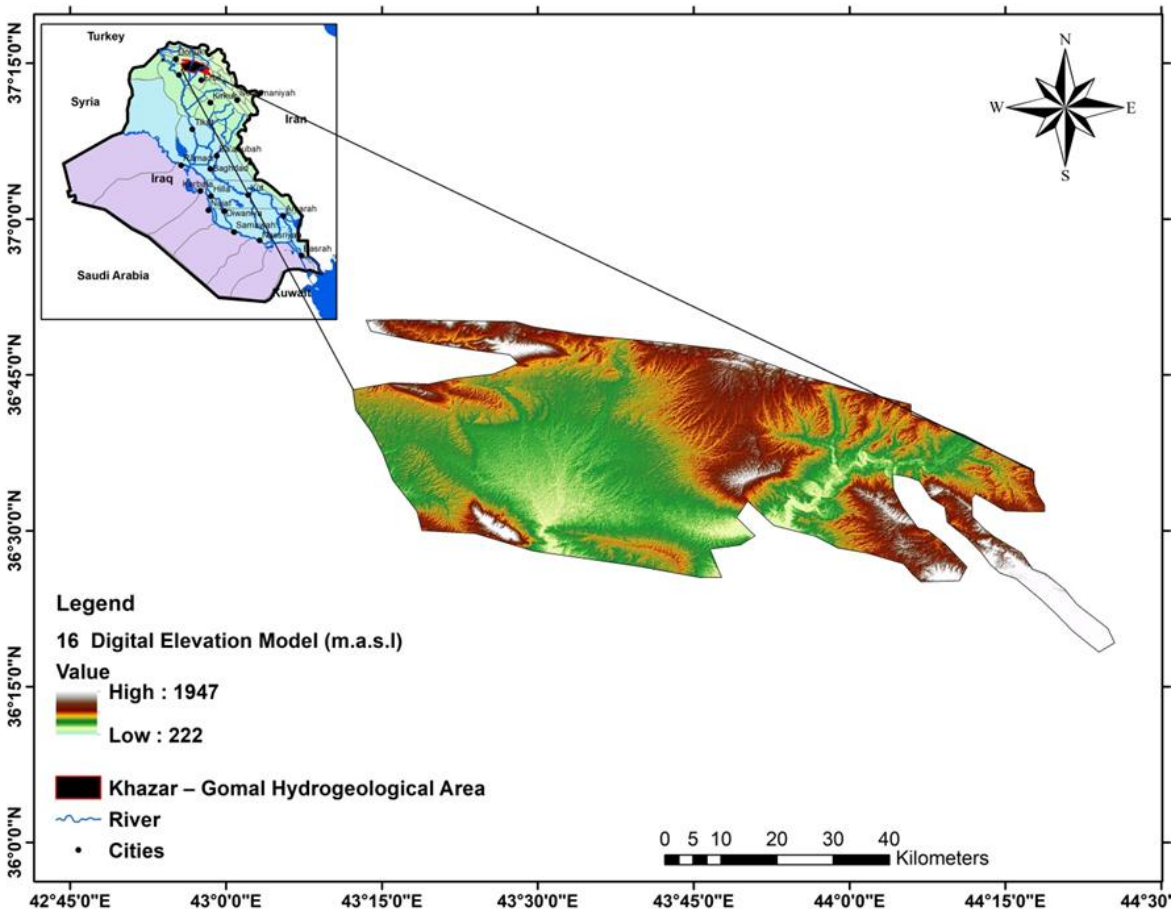
تحد منطقة خازر - كومل الهيدروجيولوجية من الشمال والجنوب قمم جبلية مرتفعة تتمثل في جبال عقرة ومقلوب وبردرش، وتتداخل هذه المنطقة مع أجزاء من منطقة حرير - شقلاوة الهيدروجيولوجية من الجنوب الشرقي، بينما تكون حدودها الغربية مع منطقة دهوك - القوش الهيدروجيولوجية، كما هو مبين بالشكل (3-1)، (Stevanovic and Markovic, 2004 and Krasny et al., 2006 in Jassim and Goff, 2006). تبلغ مساحتها الكلية حوالي (2940.5 كم²) بارتفاعات تتراوح بين (222 م) و(1947 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو مبين بالشكل (3-25).

تتدفق المياه خلال هذه المنطقة إلى نهر الزاب الكبير ورافديه نهري الخازر وكومل اللذين يمثلان منطقة تصريف مركزية للمياه الجوفية على طول نهر الزاب الكبير. ومع ذلك، فإن إقليم الطيات العالية الهيدروجيولوجي والأمطار يمثلان المصدر الرئيس لتغذية المياه الجوفية في هذه المنطقة. يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (850 ملم/سنة)، و(18 درجة مئوية)، و(2318 ملم) على التوالي، وذلك للفترة (1979 - 2014).

تتمثل الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة بخزانات من النوع المحصور وغير المحصور ضمن تكويني المقدادية وباي حسن، والخزانات الجوفية ضمن الترسبات الحديثة في مناطق صغيرة ومواقع مختلفة، (Stevanovic and Markovic, 2004).

تشير بيانات الآبار المائية إلى أن عمق المياه الجوفية يتراوح بين (30 - 40 م) تحت سطح الأرض. كما أن هناك العديد من الآبار المتدفقة ذاتيًا (Self-Flowing Wells) في هذه المنطقة، خاصة تلك التي تخترق الخزانات الجوفية العميقة.

أشارت نتائج الضخ الاختباري إلى أن قيم النفاذية للخزانات الجوفية تتراوح بين (100 - 7000 م²/يوم). تتميز هذه المنطقة بمياه عذبة تتراوح ملوحتها بين (300 - 700 ملغم/لتر) ومعظمها مياه بيكربوناتية، (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).

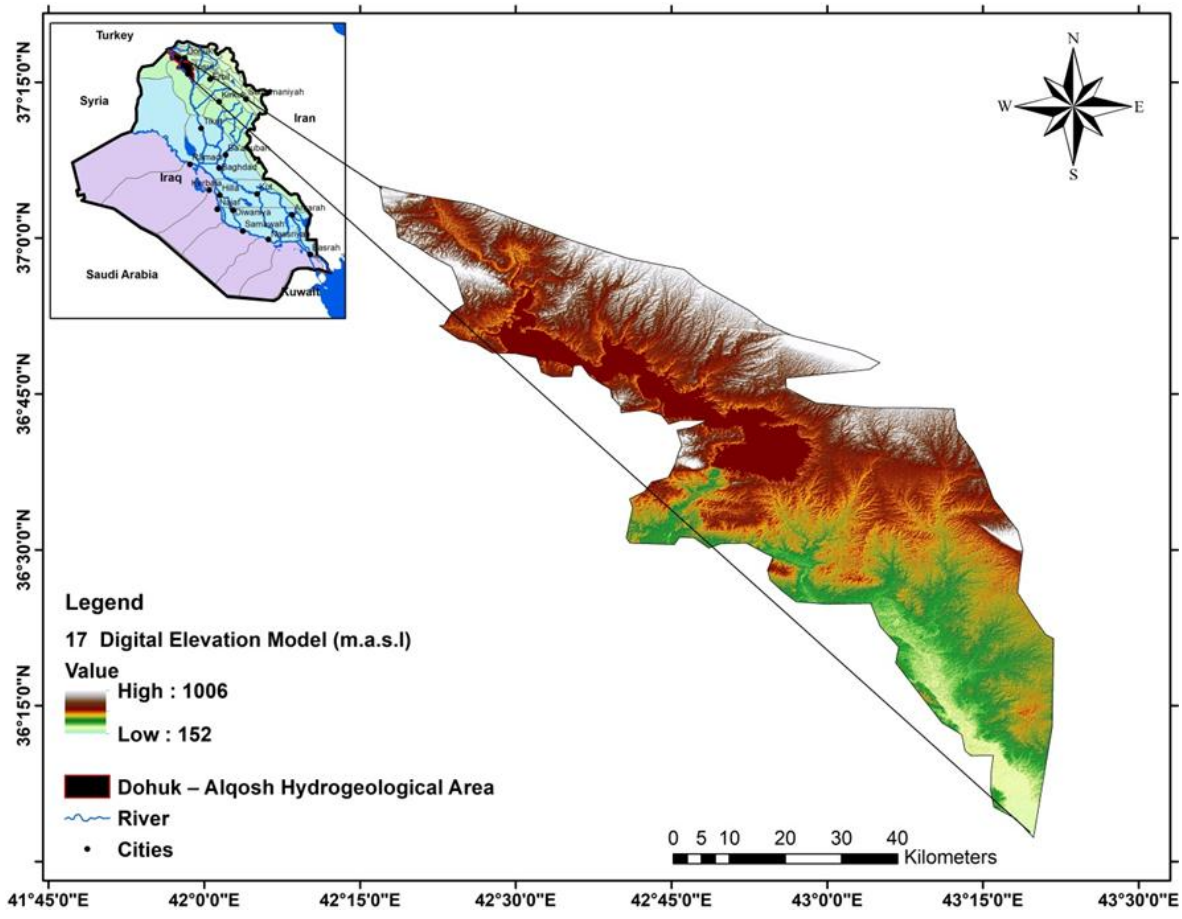


الشكل (3 - 25):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة خازر – كومل الهيدروجيولوجية.

3-4-2 منطقة دهوك – القوش الهيدروجيولوجية Dohuk – Alqosh Hydrogeological Area

تقع منطقة دهوك - القوش الهيدروجيولوجية غرب نهر دجلة، وتمتد من الحدود العراقية السورية في الشمال الغربي إلى ملتقى نهر دجلة مع نهر الزاب الكبير في الجنوب الشرقي، كما هو موضح بالشكل (3-1). يحد هذه المنطقة من الشمال والشمال الشرقي منطقة أتروش - دينارته الهيدروجيولوجية، ويحدها من الشرق والجنوب الشرقي منطقتا الخازر - كومل، وأربيل الهيدروجيولوجيتان. تبلغ مساحتها الكلية حوالي (3378 كم²)، ويتراوح ارتفاع سطح الأرض فيها من (152 م) إلى (1006 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح بالشكل (3-26). تصب مياه حوض هذه المنطقة في نهر دجلة، لذا فهي تمثل المنطقة الرئيسة لتصريف المياه الجوفية نحو نهر دجلة. تتحرك المياه الجوفية في هذه المنطقة باتجاه الجنوب الغربي وخاصة على طول نهر دجلة مع بعض الاتجاهات المحلية المختلفة اعتمادًا على السمات الطبوغرافية والبنيوية وخاصة في الأجزاء الشرقية من هذه المنطقة. يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار، ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (760 ملم/سنة)، و(18 درجة مئوية)، و(2191 ملم) على التوالي، وذلك للفترة (1979-2014).

يغطي تكوين إنجانة هذه المنطقة باستثناء الأجزاء الشرقية عند التلال المحدبة حيث تظهر تكوينات الفتحة وبلاسبي. كما توجد ترسبات العصر الرباعي بشكل رئيس بالقرب من نهر دجلة وفي بعض المواقع المختلفة في هذه المنطقة.



الشكل (3 - 26):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة دهوك – القوش الهيدروجيولوجية.

أظهرت المقاطع الليثولوجية للآبار المحفورة في هذه المنطقة أن الخزانات الرئيسة هي خزانا إنجانة وبلاسبي بنوعيهما؛ المحصور وغير المحصور.

أشارت نتائج اختبار الضخ لخزان إنجانة إلى أن معدل قيم النفاذية يتراوح بين (6.5 - 622 م²/يوم)، ومعدل قيم التوصيلية الهيدروليكية يتراوح بين (0.1 - 16.8 م/يوم)، أما قيم تصاريف الآبار فتراوحت بين (25 - 2890 م³/يوم)، بينما كان مستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (5 - 90 م) تحت سطح الأرض. كما أظهرت نتائج التحليل الهيدروكيميائي أن ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان تتراوح بين (450 - 4750 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية وبيكربوناتية النوع.

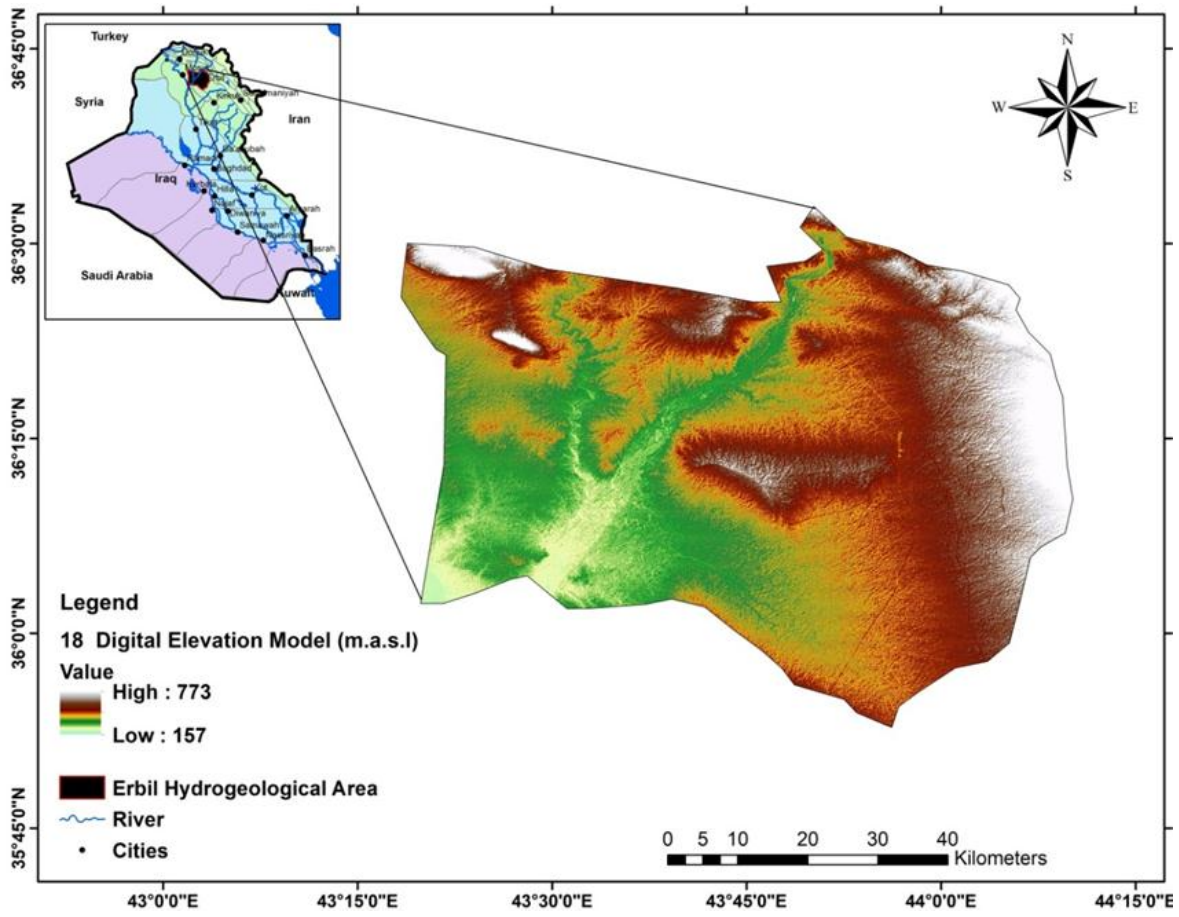
في حين أشارت نتائج الضخ في خزان بلاسبي إلى أن معدل قيم النفاذية يتراوح بين (4 - 375 م²/يوم)، وأن معدل قيم التوصيلية الهيدروليكية تراوح بين (0.1 - 5.1 م/يوم)، أما قيم تصاريف الآبار فقد تراوحت بين (60 - 2722 م³/يوم)، في حين كان مستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (6 - 108 م) تحت سطح الأرض. إن ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان تتراوح بين (187 - 1224 ملغم/لتر) وبنوعين من المياه الكبريتية والبيكربوناتية، (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012). على أي حال، في الآونة الأخيرة تعرض خزان تكوين إنجانة إلى استنزاف كبير في هذه المنطقة؛ مما أدى إلى نضوب المياه الجوفية فيه.

3-4-3 منطقة اربيل الهيدروجيولوجية Erbil Hydrogeological Area

تعد منطقة أربيل الهيدروجيولوجية من أهم المناطق الواعدة بالمياه الجوفية في إقليم الطيات الواطئة من حيث النوعية والكمية. وتتميز هذه المنطقة بالترسبات السميكة في وسط سهل أربيل والتي يصل سمكها إلى أكثر من (850) مترًا. تتمثل هذه المنطقة بالسهول الواسعة الممتدة إلى الجنوب من جبال بردرش وبيرمام. كما يمثل الامتداد الشمالي الغربي لتركيب كركوك (Kirkuk Structure) حدودها الجنوبية الغربية. أما الحدود الغربية والشرقية فتتمثل بحدود المناطق الهيدروجيولوجية المجاورة، (Krasny et al., 2006 in Jassim and Goff, 2006) . تغطي هذه المنطقة مساحة تقدر بحوالي (3752.5 كم²)، ويتدرج سطح الأرض بالارتفاع فيها من (157 م) إلى (773 م) فوق مستوى سطح البحر. تمثل هذه المنطقة مستجمعات المياه للروافد السفلى لنهري الخازر والزاب الكبير، كما هو موضح في الشكل (3-27). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (575 ملم/سنة)، و(19 درجة مئوية)، و(2234 ملم) على التوالي، للفترة (1979 - 2014).

إن الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية هو نحو نهر الزاب الكبير، وجزئيًا نحو نهر الخازر اللذين يمثلان المنطقة الرئيسة لتصريف المياه الجوفية في الجزء الغربي من هذه المنطقة. في الجزء الجنوبي من هذه المنطقة، تتدفق المياه الجوفية إلى الجنوب الغربي نحو نهر الزاب الصغير؛ حيث لعبت الخصائص الجيولوجية والطوبوغرافية دورًا أساسيًا في تحديد مناطق التصريف والتغذية في هذه المنطقة، (Krasny et al., 2006 in Jassim and Goff, 2006).

إن الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة هي الخزانات المحصورة وغير المحصورة الموجودة ضمن نظام خزان البختياري الجوفي (باي حسن والمقدادية)، مع خزان الترسبات الحديثة في مناطق صغيرة ومواقع مختلفة ، (Stevanovic and Markovic, 2004).



الشكل (3 - 27):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة أربيل الهيدروجيولوجية.

وبحسب الجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012)، فإن نتائج الضخ الاختباري لخزاني المقدادية وباي حسن أشارت إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (3 - 1296 م²/يوم) وقيم التوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 - 30.4 م/ يوم)، وأن معدل تصاريف الآبار يتراوح بين (5 - 4790 م³/ يوم)، وأن منسوب المياه الاستقراري يتراوح بين (25 - 40 م) تحت سطح الأرض. وفي الوقت ذاته، فإن ملوحة المياه الجوفية في هذه الخزانات تتراوح بين (100 - 1000 ملغم/ لتر) مع مياه كبريتية وبيكربوناتية النوع وكلوريدية على المستوى المحلي.

ومن ناحية أخرى، أشارت نتائج اختبار الضخ لخزان الترسبات الحديثة إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (10 - 1225 م²/يوم)، وقيم التوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.4 - 35.2 م/يوم)، أما تصاريف الآبار فقد تراوحت بين (122 - 2211 م³/يوم)، بينما تراوح مستوى الماء الاستقراري بين (10 - 30 م) تحت سطح الأرض. كما تراوحت ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان بين (500 - 700 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية وبيكربوناتية النوع.

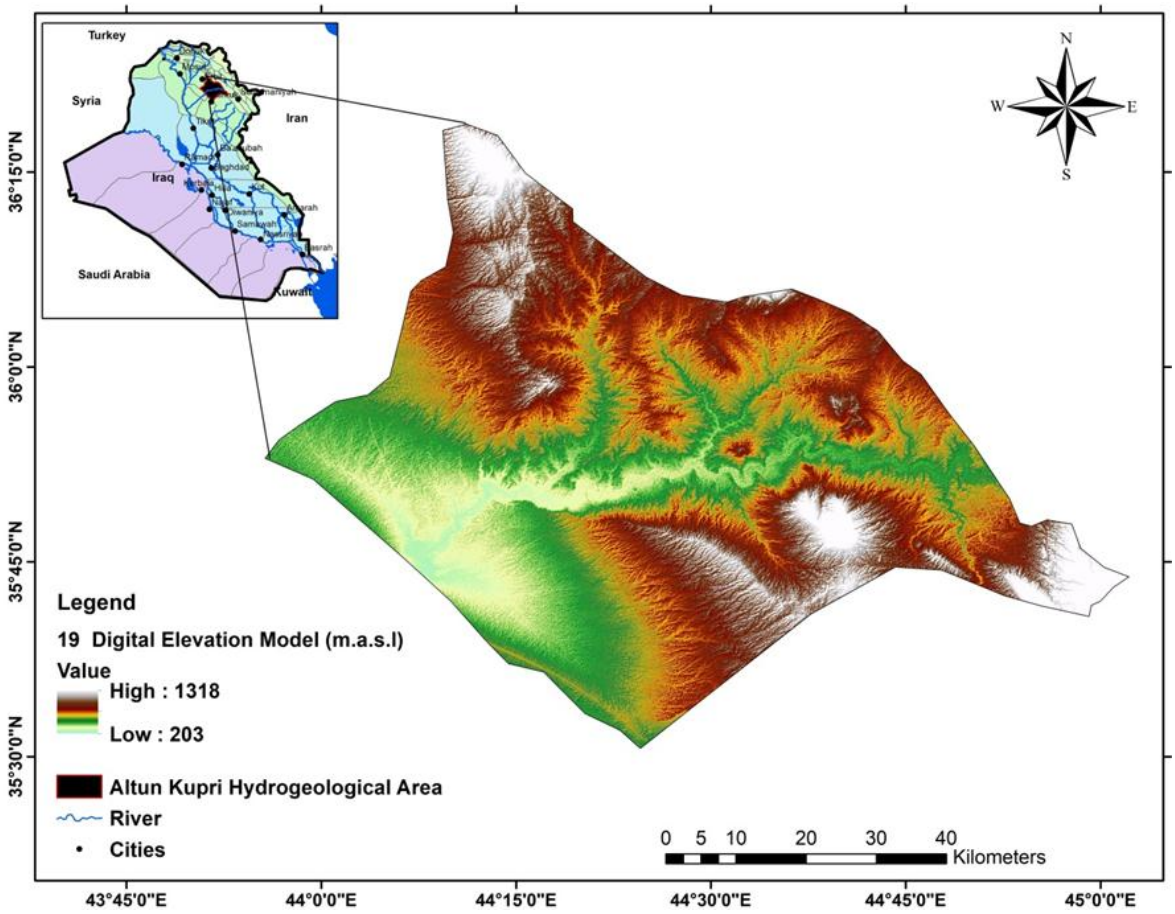
4-4-3 منطقة ألتون كوبري الهيدروجيولوجية Altun Kupri Hydrogeological Area

يحد هذه المنطقة من الشمال الشرقي إقليم الطيات المرتفعة، وتركيب كركوك من الجنوب الغربي. بينما تتمثل حدودها الشمالية الغربية والجنوبية الشرقية بحدود المناطق الهيدروجيولوجية المجاورة، (Krasny et al., 2006 in Jassim and Goff, 2006). تبلغ مساحتها الإجمالية حوالي (3885.7 كم²) بارتفاعات عن سطح الأرض تبدأ من (203 م) إلى (1318 م) فوق مستوى سطح البحر. تمثل هذه المنطقة منطقة مستجمعات المياه (Catchment Area) للأجزاء العليا من

نهر الزاب الصغير، الذي يمثل منطقة التصريف الإقليمية لهذه المنطقة الهيدروجيولوجية، كما هو موضح في الشكل (3-28). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن ضمن هذه المنطقة حوالي (575 ملم/سنة)، و(18 درجة مئوية)، و(2381.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979 - 2014).

الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة هي خزانات محصورة وغير محصورة ضمن نظام خزان البختياري الحبيبي (باي حسن والمقدادية)، بالإضافة إلى خزان الترسبات الحديثة في مناطق صغيرة ومواقع متفرقة.

أشارت نتائج الضخ الاختباري للآبار المحفورة ضمن خزاني المقدادية وباي حسن إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (4 - 1738 م²/يوم)، وقيم التوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 - 47.9 م/يوم)، وأن معدل تصاريف الآبار يتراوح بين (22 - 3888 م³/يوم)، أما مستوى الماء الاستقراري فقد تراوح بين (7 - 90 م) تحت سطح الأرض. أما ملوحة المياه الجوفية في هذين الخزانين فقد تراوحت بين (152 - 1260 ملغم/لتر) مع مياه بيكربوناتية وكبريتية النوع ، (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).



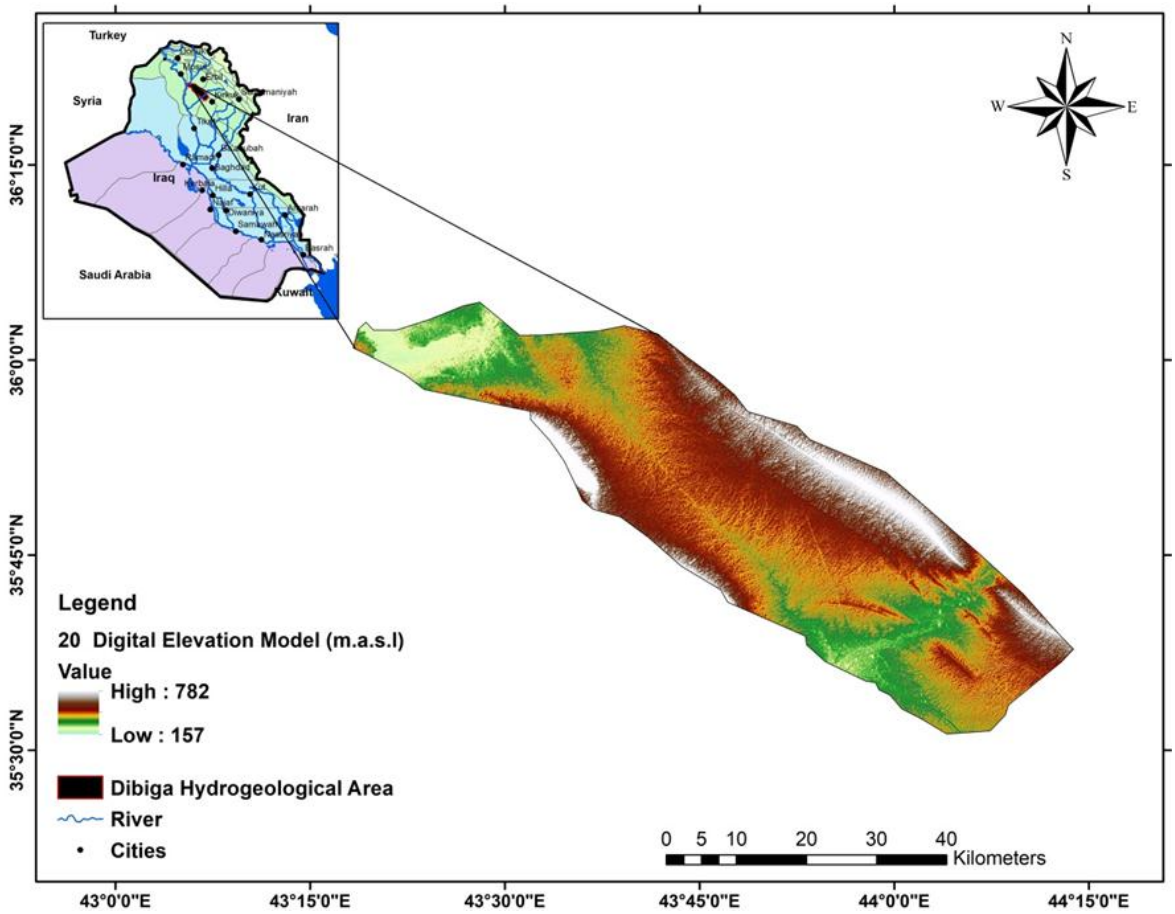
الشكل (3 - 28):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة آلتون كوبري الهيدروجيولوجية.

5-4-3 منطقة ديبكه الهيدروجيولوجية Dibiga Hydrogeological Area

تقع منطقة ديبكة الهيدروجيولوجية بين جبال الكوير في الشمال الشرقي وجبال قره جوغ وباتي وا (Batiwa) في الجنوب الشرقي (Krasny et al., 2006 in Jassim and Goff, 2006)، وتغطي مساحة تبلغ حوالي (1791.3 كم²)، بارتفاعات تتدرج من (157 م) إلى (782 م) فوق مستوى سطح البحر. تمثل هذه المنطقة مستجمعات المياه

(Watershed) في الجزء الأوسط من نهر الزاب الصغير، كما هو موضح في الشكل (3-29). يمثل نهر الزاب الصغير الحدود الهيدروجيولوجية الجنوبية الشرقية، بينما يمثل نهر الزاب الكبير الحدود الهيدروجيولوجية الشمالية الغربية. تتميز هذه المنطقة بالطيات المقعرة، والتي تتجه من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي والمملوءة بالترسبات الفتاتية لتكوينات المقدادية وباي حسن. تمثل الطيات المحدبة التي تحد هذه المنطقة حدود تقسيم المياه الجوفية (Groundwater Divide) ومصادر تغذيتها، (Krasny et al., 2006 in Jassim and Goff, 2006). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (440 ملم/سنة)، و(19 درجة مئوية)، و(2381.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979 - 2014).

تنقسم حركة المياه الجوفية في هذه المنطقة إلى اتجاهين؛ الأول هو الحركة نحو نهر الزاب الكبير في الاتجاه الشمالي الغربي، والثاني هو الحركة نحو نهر الزاب الصغير في الاتجاه الجنوبي الشرقي. إن الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة هي خزانات محصورة وغير محصورة ضمن تكوينات المقدادية وباي حسن، بالإضافة إلى خزان الترسبات الحديثة في مناطق صغيرة ومواقع متفرقة.



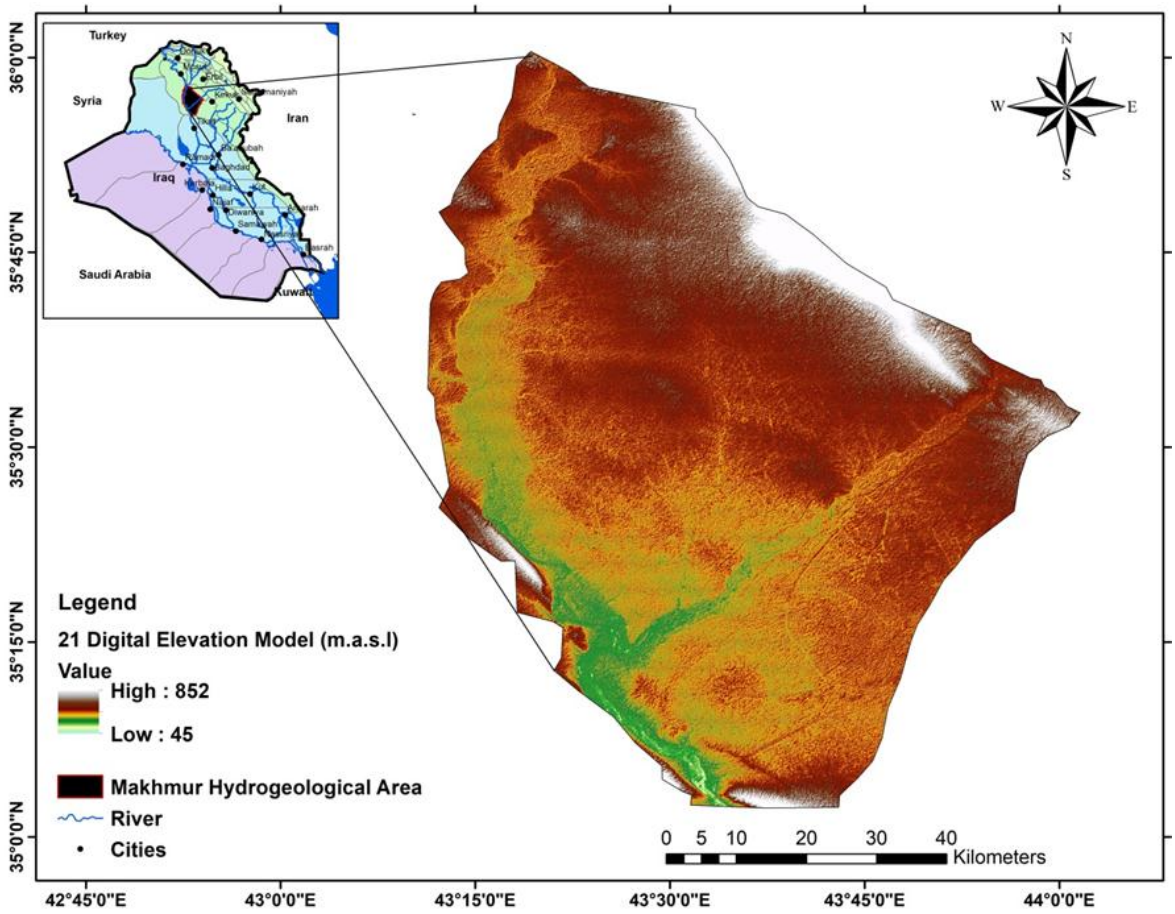
الشكل (3 - 29):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة ديبكة الهيدروجيولوجية.

أشارت نتائج اختبار الضخ في خزانات المقدادية وباي حسن إلى أن معدل قيم النفاذية يتراوح بين (5 - 1650 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 - 28.5 م/يوم)، أما تصاريف الآبار فقد تراوحت بين (30 - 3150 م³/يوم)، بينما كان منسوب الماء الاستقراري بين (20 - 80 م) تحت سطح الأرض. تتراوح ملوحة المياه الجوفية في هذه المنطقة

من مياه عذبة (أقل من 1000 ملغم/لتر) إلى مياه مالحة معتدلة (أكثر من 3000 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية وبيكربوناتية النوع بشكل رئيسي، (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).

6-4-3 منطقة مخمور الهيدروجيولوجية Makhmur Hydrogeological Area

تقع هذه المنطقة غرب نهر دجلة، يحدها جزء من سلسلة جبال حمرين في الجزء الجنوبي وجبل قره جوغ من الشمال الشرقي (Krasny et al., 2006 Jassim and Goff, 2006). تبلغ مساحتها الإجمالية حوالي (5192.5 كم²)، ويتدرج سطح الأرض فيها بالارتفاع من (45 م) إلى (852 م) فوق مستوى سطح البحر. تمثل هذه المنطقة منطقة مستجمعات المياه لأجزاء من نهري دجلة والزاب الكبير. وبالتالي، فإن هذه الأنهار تمثل منطقة التصريف الإقليمية لهذه المنطقة الهيدروجيولوجية، كما موضح في الشكل (3-30). وبالتالي، فإن المياه الجوفية تتدفق من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي باتجاه نهري دجلة والزاب الصغير. يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (380 ملم/سنة) و(23.4 درجة مئوية) و(2439.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979 - 2014).



الشكل (3 - 30):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة مخمور الهيدروجيولوجية.

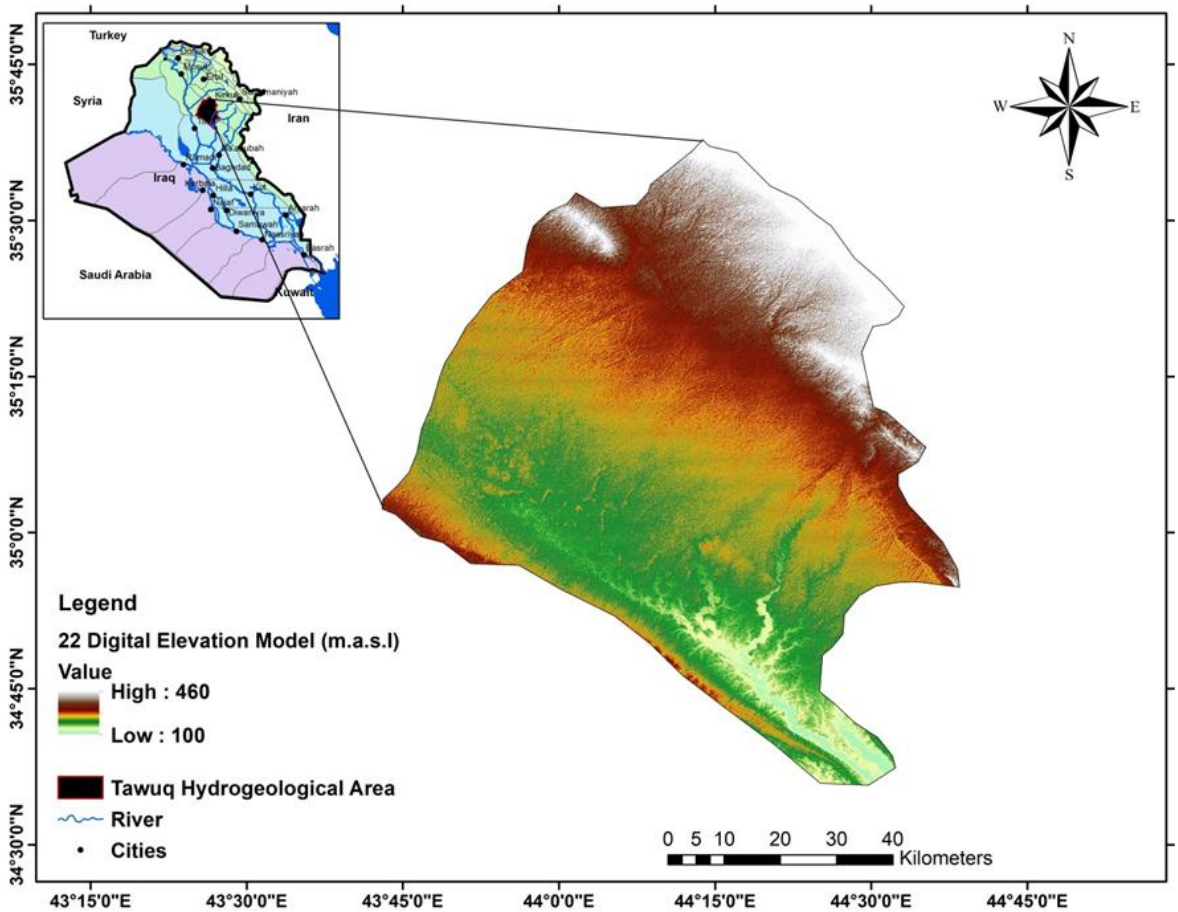
تتكون الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة من خزانات محصورة وغير محصورة ضمن نظام خزان بختياري الحبيبي (باي حسن والمقدادية)، مع خزان الترسبات الحديثة في مناطق صغيرة ومواقع مختلفة. أشارت نتائج اختبار الضخ لخزانات المقدادية وباي حسن وخزان الترسبات الحديثة إلى أن معدل النفاذية يتراوح بين (6-1350 م²/يوم)، ويتراوح معدل التوصيل الهيدروليكي بين (0.1-25.6 م/يوم)، وتتراوح تصاريف الآبار بين (20-3200 م³/يوم)، بينما تراوح

مستوى الماء الاستقراري بين (4-60 م) تحت سطح الأرض. تتراوح ملوحة المياه الجوفية في هذه الخزانات من مياه عذبة أقل من (1000 ملغم/لتر) إلى مياه معتدلة الملوحة أكثر من (7000 ملغم/لتر) ذات نوع كبريتي في الغالب (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).

7-4-3 منطقة داقوق الهيدروجيولوجية Tawuq Hydrogeological Area

تقع منطقة داقوق (باللغة التركمانية Tawuq) الهيدروجيولوجية بين سلسلة من التلال المنخفضة المحدبة ذات الاتجاه الشمالي الغربي – الجنوبي الشرقي، التي تمثل حدوداً معقدة لهذه المنطقة من الشمال الشرقي والشرق، ومن الشمال إلى الجنوب، من خلال سلسلة من الطيات المحدبة هي كركوك وداقوق وبلخانه (كفري). السهل الواسع الواقع جنوب شرق وجنوب مدينة كركوك يتضمن اتجاهاً إقليمياً سائداً لحركة المياه الجوفية يتجه نحو الجنوب الغربي (Krasny et al., 2006 in Jassim and Goff, 2006) . تغطي هذه المنطقة مساحة تقدر بحوالي (4775.4 كم²)، وبارتفاعات من (100 م) إلى (460 م) فوق مستوى سطح البحر. تمثل هذه المنطقة مستجمع المياه للمجرى الأوسط لنهر العظيم إلى الشمال الشرقي من جبل حمرين، الذي يمثل منطقة تصريف مركزي للمياه الجوفية في هذه المنطقة، كما هو موضح في الشكل (3-31). يشكل هطول الأمطار المصدر الرئيس لتغذية المياه الجوفية، إضافة إلى المياه المترشحة من الجداول التي تقع خارج الحدود الشمالية الشرقية لهذه المنطقة (Krasny et al., 2006 in Jassim and Goff, 2006).

إن الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة هي خزانات محصورة وغير محصورة ضمن نظام خزان بختياري الحبيبي (باي حسن والمقدادية)، مع خزان الترسبات الحديثة في مناطق صغيرة ومواقع مختلفة.

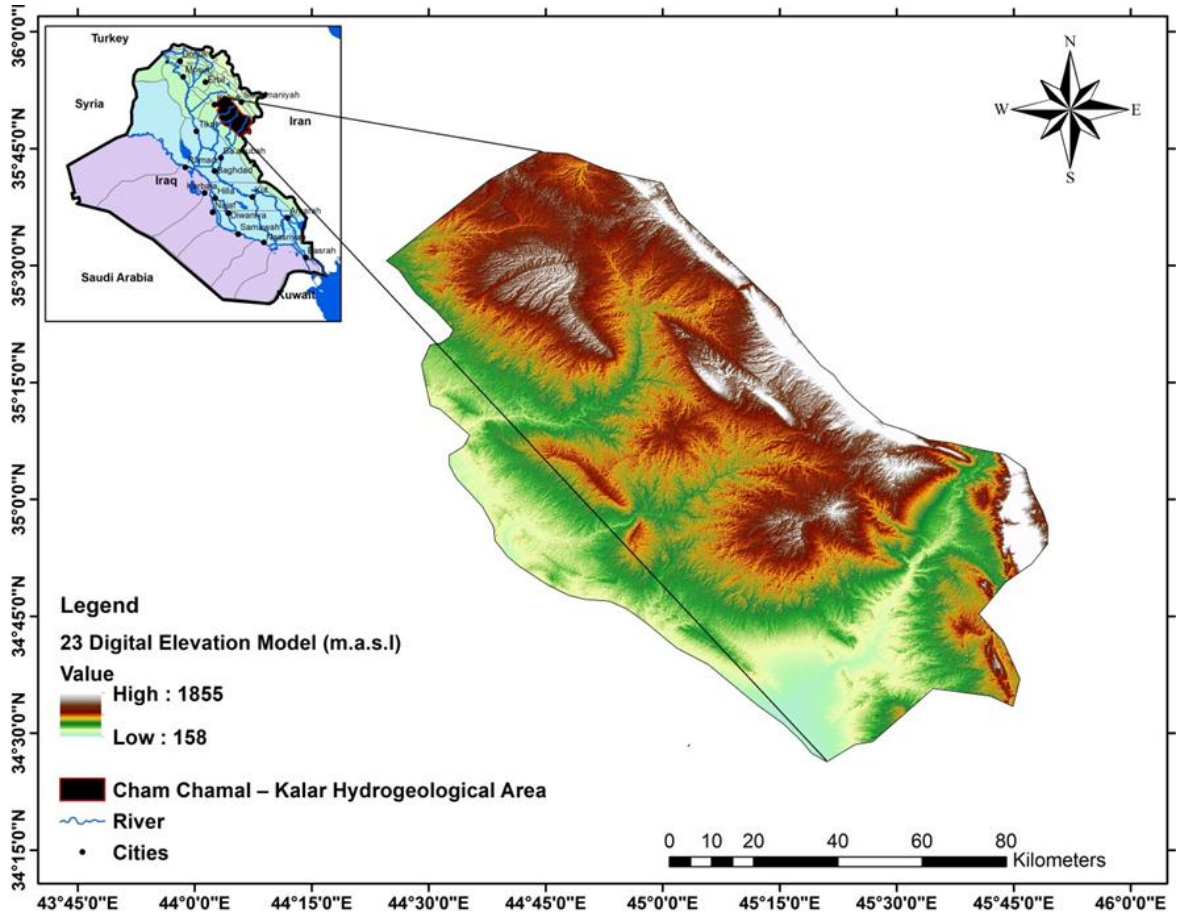


الشكل (3 - 31):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة داقوق الهيدروجيولوجية.

أشارت نتائج الضخ الاختباري لخزانات المقدادية وباي حسن وخزان الترسبات الحديثة إلى أن معدل قيم النفاذية يتراوح بين (3 - 2775 م²/يوم)، ومعدل التوصيلة الهيدروليكية يتراوح بين (0.1 - 57.8 م/يوم)، بينما تراوحت تصاريف الآبار بين (20 - 5460 م³/يوم). أما مستوى الماء الاستقراري فقد تراوح بين (1 - 90 م) تحت سطح الأرض. ملوحة المياه الجوفية في هذه الخزانات تتراوح من المياه العذبة أقل من (1000 ملغم/ لتر) إلى مياه مالحة أكثر من (8000 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع في الغالب. بشكل عام، تزداد الملوحة من مناطق التغذية إلى منطقة التصريف بسبب التغيرات الليثولوجية والبنيوية والطبوغرافية المختلفة على طول اتجاه جريان المياه الجوفية (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).

8-4-3 منطقة جمجمال – كلار الهيدروجيولوجية Cham Chamal – Klar Hydrogeological Area

تمثل هذه المنطقة الهيدروجيولوجية الحدود الشمالية الشرقية لإقليم الطيات الواطئة مع إقليم الطيات العالية، وتمتد من تركيب كركوك في الشمال والشمال الغربي إلى الحدود العراقية الإيرانية في الجنوب الشرقي. تبلغ مساحة هذه المنطقة الإجمالية حوالي (9863.1 كم²)، ويتراوح ارتفاع سطح الأرض فيها من (158 م) إلى (1855 م) فوق مستوى سطح البحر. تمثل هذه المنطقة منطقة مستجمعات المياه (Catchment Area) للروافد العليا لنهري العظيم وديالى. وبالتالي، فإن هذين النهرين يمثلان منطقة التصريف الإقليمية لهذه المنطقة الهيدروجيولوجية، كما هو موضح في الشكل (3-32).



الشكل (3 - 32):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة جمجمال - كلار الهيدروجيولوجية.

حدد ستيفانوفيتش وماركوفيتش (Stevanovic and Markovic, 2004) أجزاء كبيرة من هذه المنطقة ضمن حوضي جمجمال وسنكاو – بازيان. على أي حال، يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن ضمن هذه المنطقة حوالي (380 ملم/سنة)، و(20.9 درجة مئوية)، و(2805.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979 - 2014).

الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة هي خزانات محصورة وغير محصورة ضمن نظام خزان بختياري الحبيبي (باي حسن والمقدادية)، مع الخزان الجوفي ضمن الترسبات الحديثة في مناطق صغيرة ومواقع مختلفة. الحركة الإقليمية للمياه الجوفية في هذه المنطقة تتجه من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي (Krasny et al., 2006; Jassim and Goff, 2006).

أشارت نتائج الضخ الاختباري لخزاني المقدادية وباي حسن إلى أن معدل قيم النفاذية يتراوح بين (3 - 1950 م²/يوم)، وأن التوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 - 42.6 م/يوم)، وأن تصاريف الآبار تتراوح بين (20 - 3360 م³/ يوم)، أما منسوب المياه الاستقراري فقد تراوح بين (5 - 90 م) تحت سطح الأرض. كما أشارت نتائج التحليل الهيدروكيميائي إلى أن ملوحة المياه الجوفية في هذين الخزانيين تتراوح بين (150 - 1600 ملغم/لتر) مع مياه بيكربوناتية وكبريتية النوع (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).

9-4-3 منطقة قره تبه – خانقين – السعدية الهيدروجيولوجية Qara Tapa – Khanaqin – Al-Saadia Hydrogeological Area

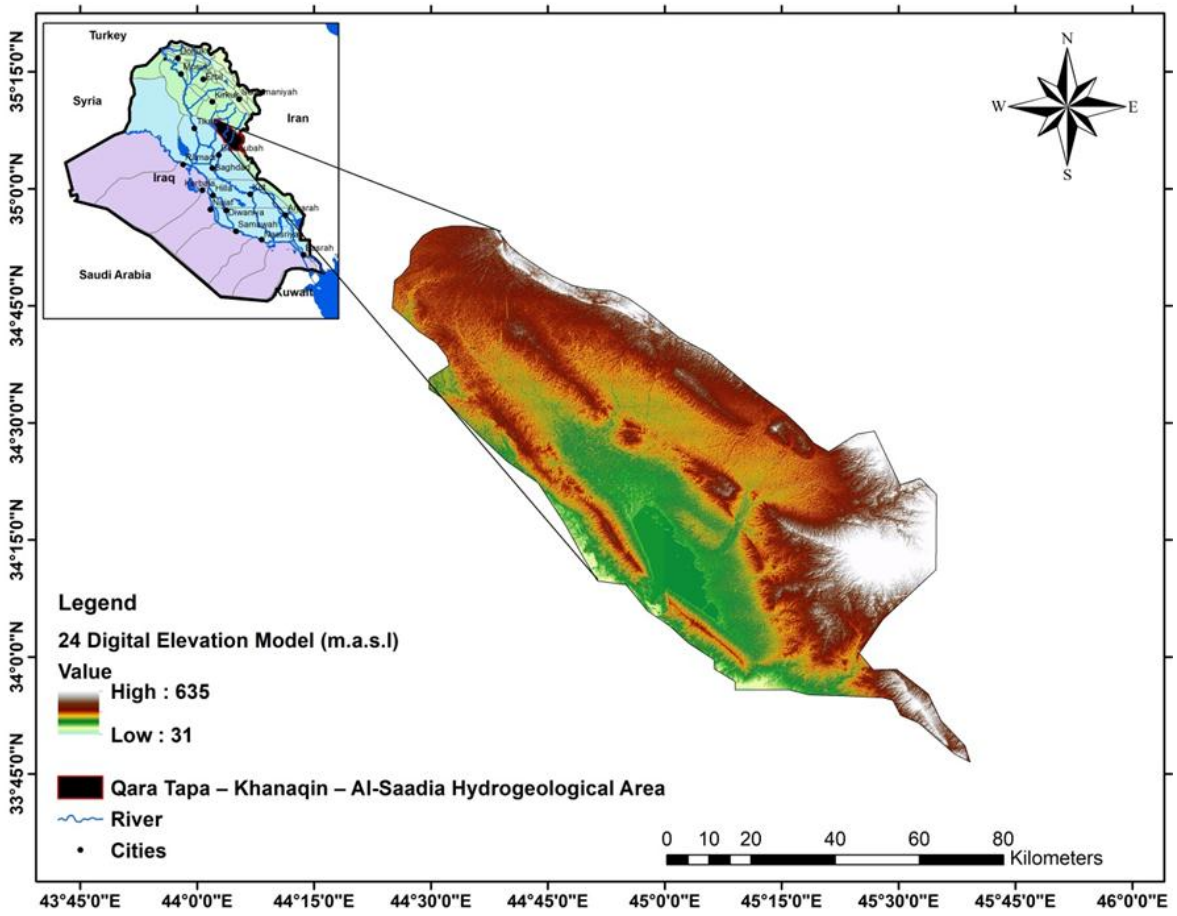
تمثل هذه المنطقة الحدود الجنوبية الشرقية لإقليم الطيات الواطئة مع إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجيان، وتمتد من نهر العظيم في الشمال الغربي إلى الحدود العراقية الإيرانية في الجنوب الشرقي. تمثل هذه المنطقة منطقة مستجمعات المياه (Catchment Area) للمجاري العليا لنهري العظيم وديالى وبحيرة حمرين. لذا، فإن هذه الأنهار والبحيرات تمثل منطقة التصريف الإقليمية لهذه المنطقة الهيدروجيولوجية، كما هو موضح بالشكل (3-33). تبلغ المساحة الإجمالية لهذه المنطقة حوالي (5195.9 كم²)، ويتراوح ارتفاع سطح الأرض فيها من (31 م) إلى (635 م) فوق مستوى سطح البحر.

يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (235 ملم/سنة)، و(24.2 درجة مئوية)، و(2815.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979 – 2014). وإن حركة المياه الجوفية بشكل عام هي من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي.

أظهرت المقاطع الليثولوجية للآبار المائية التي حُفرت في هذه المنطقة، أن الخزانات الرئيسة هي خزانات محصورة وغير محصورة ضمن نظام خزان البختياري الحبيبي (باي حسن والمقدادية)، بالإضافة إلى خزان الترسبات الحديثة في مناطق صغيرة ومواقع مختلفة.

أشارت نتائج الضخ الاختباري في الآبار المخترقة لخزاني باي حسن والمقدادية إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (15 – 1170 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 – 24 م/يوم)، وتصاريف الآبار تتراوح بين (22 – 5400 م³/يوم)، بينما تراوح منسوب الماء الاستقراري بين (3 – 45 م) تحت سطح الأرض. كما أظهرت نتائج التحليل الهيدروكيميائي أن ملوحة المياه الجوفية في هذه الخزانات تتراوح بين (1000 – 4750 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية وبيكربوناتية وكلوريدية الأنواع.

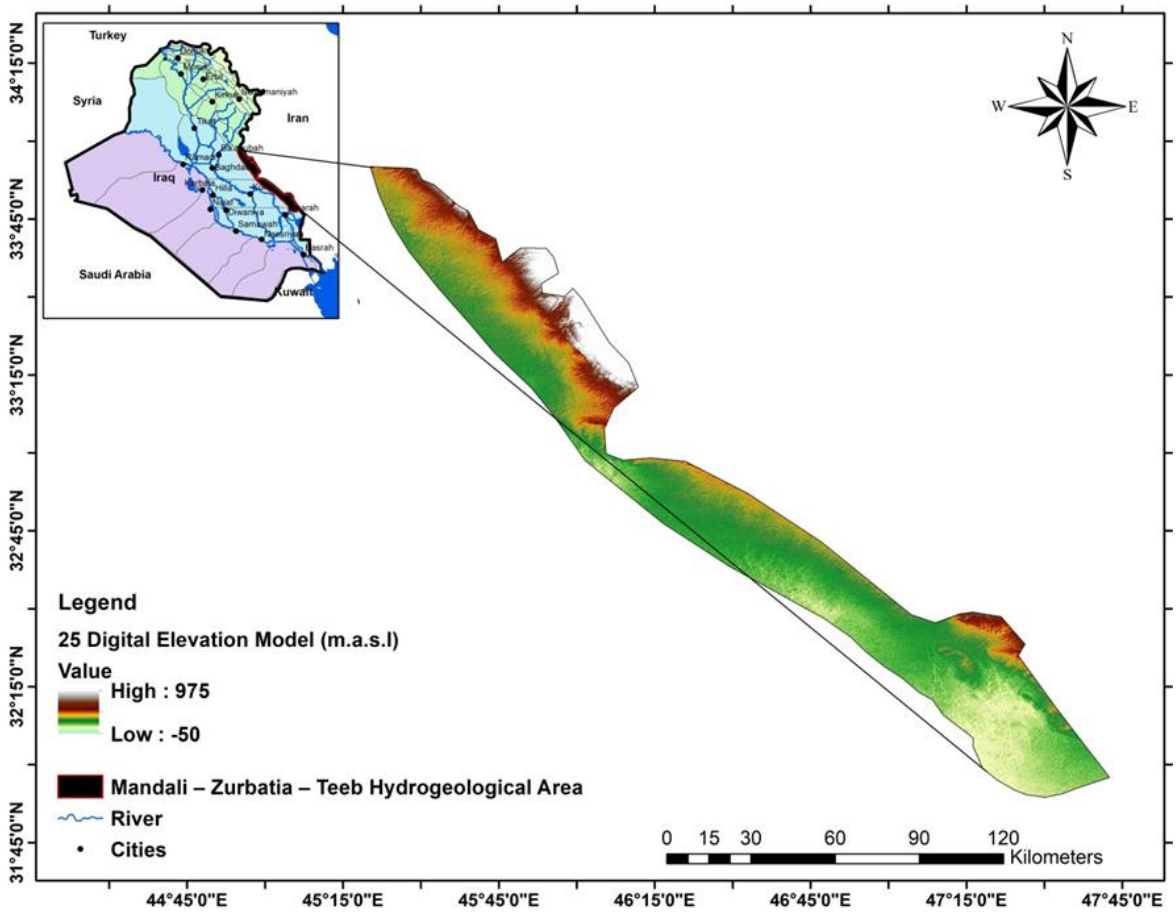
أما نتائج الضخ ضمن خزانات الترسبات الحديثة، فأشارت إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (20 – 540 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.4 – 35.5 م/يوم)، وتصاريف الآبار تتراوح بين (90 – 1650 م³/يوم)، بينما تراوح منسوب الماء الاستقراري بين (2 – 25 م) تحت سطح الأرض. في حين تراوحت ملوحة المياه الجوفية في هذه الخزانات بين (1000 – 5000 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية وبيكربوناتية النوع (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).



الشكل (3 - 33):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة قره تبه – خانقين – السعدية الهيدروجيولوجية.

10-4-3 منطقة مندلي – زرباطية – الطيب الهيدروجيولوجية Mandili – Zurbatiya – Teeb Hydrogeological Area

تمثل هذه المنطقة الامتداد الجنوبي الشرقي لإقليم الطيات الواطئة الهيدروجيولوجي، وهي عبارة عن حزام ضيق على طول الحدود العراقية الإيرانية، وتبلغ مساحتها الإجمالية حوالي (7285.9 كم²)، ويتراوح ارتفاع سطح الأرض فيها من (50 م) إلى (975 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-34). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن ضمن هذه المنطقة حوالي (185 ملم/سنة)، و(25.6 درجة مئوية)، و(3233.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979-2014). وتشير الدراسات إلى أن حركة المياه الجوفية الإقليمية في هذه المنطقة تتجه من الشرق إلى الغرب باتجاه إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي.



الشكل (3 - 34):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة مندلي – زرباطية – الطيب الهيدروجيولوجية.

تُظهر المقاطع الليثولوجية للآبار التي حُفرت في هذه المنطقة أن الخزانات الرئيسية تتواجد ضمن نظام خزان البختياري الحبيبي (باي حسن والمقدادية)، بالإضافة إلى خزان الترسبات الحديثة في مناطق صغيرة ومواقع مختلفة، مع وجود نوعين من الخزانات: خزانات محصورة وغير محصورة. أشارت نتائج الضخ الاختباري لخزاني باي حسن والمقدادية في مدينة مندلي وضواحيها إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (3 – 445 م^2/ يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 – 12.2 م/ يوم)، وتصاريف الآبار تتراوح بين (12 – 1620 م^3/ يوم)، بينما تراوح مستوى الماء الاستقراري بين (1.5 – 64 م) تحت سطح الأرض. بشكل عام، ملوحة المياه الجوفية في هذه الخزانات تتراوح بين (1000-5000 مليغرام/لتر) مع أنواع من المياه الكبريتية والكلوريدية (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).

أشارت نتائج الضخ في الآبار المخترقة لخزاني باي حسن والمقدادية في منطقة زرباطية – بدرة إلى أن معدل النفاذية يتراوح بين (7 – 533 م^2/ يوم)، والناقلية تتراوح بين (0.1 – 14.1 م^3/ يوم)، وتصاريف الآبار تتراوح بين (132 – 2224 م^3/ يوم)، ومنسوب الماء الاستقراري يتراوح بين (3 – 45 م) تحت سطح الأرض. كما أظهرت نتائج التحليل الهيدروكيميائي أن ملوحة المياه الجوفية في هذه الخزانات تتراوح بين (1000 – 7170 مليغرام/لتر) مع مياه كبريتية وكلوريدية النوع .

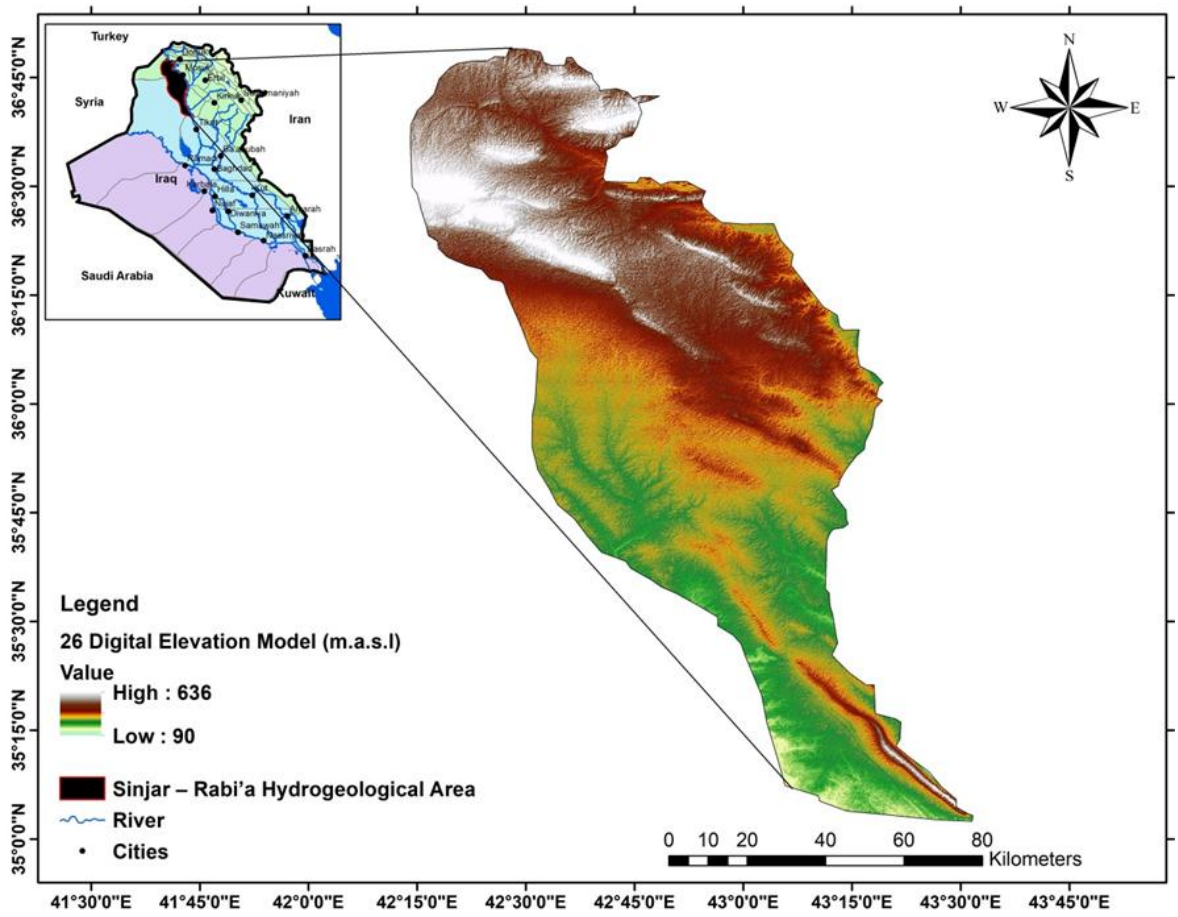
أما نتائج الضخ في الآبار المخترقة لخزاني باي حسن والمقدادية في منطقتي الطيب والفكة وما حولهما، فقد أظهرت أن معدل النفاذية يتراوح بين (12 – 290 م^2/يوم)، وأن معدل التوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.5 – 15.5 م/ يوم)، وأن

معدل تصريف الآبار يتراوح بين (115 – 1782 م^3/ يوم)، وأن منسوب المياه الاستقراري يتراوح بين (1 – 64 م) تحت سطح الأرض. وفي ذات الوقت، فإن ملوحة المياه الجوفية في هذين الخزانين تتراوح بين (1000 – 7170 مليغرام/لتر) مع مياه كبريتية وكلوريدية النوع (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).

كما أشارت نتائج الضخ في الخزانات الجوفية ضمن الترسبات الحديثة إلى أن معدل قيم النفاذية يتراوح بين (21 – 670 م^2/ يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.4 – 37.3 م/ يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (90 – 1650 م^3/ يوم). أما منسوب الماء الاستقراري فقد تراوح بين (2 – 35 م) تحت سطح الأرض. كما أظهرت نتائج التحليل الهيدروكيميائي أن ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان تتراوح بين (1000 – 7170 مليغرام/لتر) مع مياه كبريتية وبيكربوناتية النوع.

11-4-3 منطقة غرب دجلة الهيدروجيولوجية West Tigris Hydrogeological Area

تقع منطقة غرب دجلة الهيدروجيولوجية غرب نهر دجلة، وتمثل الحدود الشمالية والغربية لإقليم الطيات الواطئة الهيدروجيولوجي مع إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي. وهي تمتد من بحيرة سد الموصل في الشمال إلى منطقة الفتحة في الجنوب الشرقي كأراضٍ متموجة ذات ارتفاعات تتدرج بين (90 م) إلى (630 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-35).



الشكل (3 - 35):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة غرب دجلة الهيدروجيولوجية.

تبلغ المساحة الإجمالية لهذه المنطقة حوالي (5782.4 كم^2)، وتغطيها بشكل رئيس تكوينات الفتحة وإنجانة، بينما تغطي الترسبات الرباعية بعض أجزاء هذه التكوينات في مواقع مختلفة. يُعد هطول الأمطار المصدر الرئيس لتغذية المياه الجوفية

في هذه المنطقة. إن الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية هو باتجاه نهر دجلة. هذه المنطقة ليست مهمة من الناحية الهيدروجيولوجية لأن الخزان الجوفي الرئيس فيها هو الفتحة (الفارس الأسفل).

أشارت نتائج الضخ الاختباري لخزان الفتحة الجوفي إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (8 - 360 م²/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.1 - 8 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (7 - 13320 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (3 - 65.5 م) تحت سطح الأرض. تتراوح ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان بين (2100 - 10000 ملغم/ لتر) مع وجود مياه كبريتية النوع بشكل رئيس وكلوريدية على النطاق المحلي.

كما أشارت نتائج الضخ لخزان إنجانة الجوفي إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (3 - 626 م²/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.1 - 18.5 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (27 - 2970 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح من التدفق الذاتي (-1.2) إلى (100 م) تحت سطح الأرض. تراوحت ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان بين (450 - 7000 ملغم/لتر). أما نوعية المياه الجوفية في هذا الخزان فهي بشكل رئيس كبريتية وبيكربوناتية مع نوع كلوريدي على النطاق المحلي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).

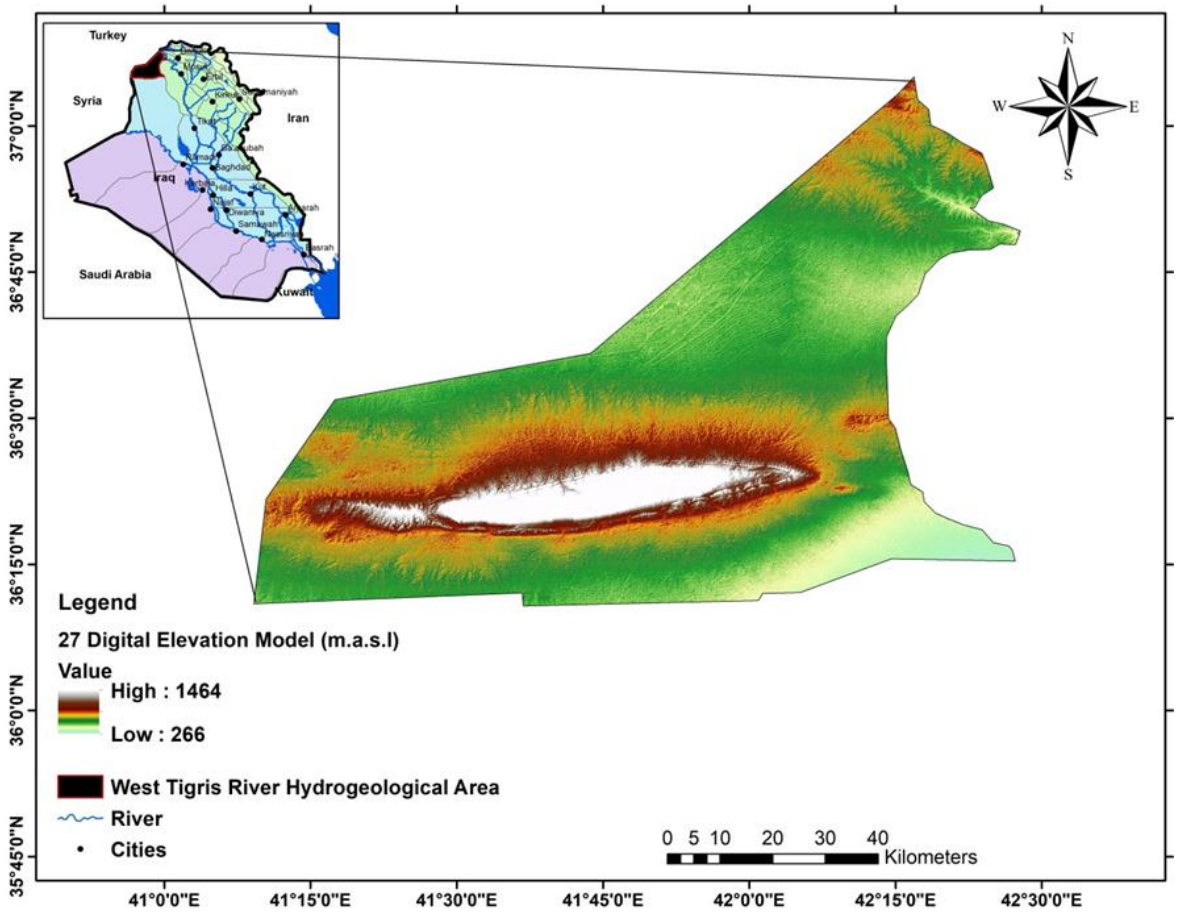
12-4-3 منطقة سنجار - ربيعة الهيدروجيولوجية Sinjar – Rabi'a Hydrogeological Area

تمتد هذه المنطقة من جنوب جبل سنجار إلى الحدود العراقية السورية. تغطي مساحة تقدر بحوالي (9198.1 كم²) بارتفاع يتراوح من (266 م) إلى (1464 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (3-36). يشكل جبل سنجار حاجزاً مائياً (Water Divide) بين سهل جنوب سنجار وسهل شمال سنجار - ربيعة (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012)، اذ يتحكم هذا الجبل في نمط حركة المياه الجوفية. ففي شمال سهل سنجار - ربيعة، تتحرك المياه الجوفية وتتدفق نحو الشمال والشمال الغربي، بينما في شرق هذا الجبل، تتجه حركة المياه الجوفية نحو نهر دجلة، وفي جنوب هذا الجبل، تكون حركة المياه الجوفية نحو الجنوب والجنوب الغربي والجنوب الشرقي، بشكل رئيس إلى منطقة الجزيرة، كما هو موضح في الشكل (3-8).

أظهرت بيانات الآبار المائية التي تم حفرها في هذه المنطقة، أن الخزانات الجوفية الرئيسة تتواجد ضمن تكوينات الفتحة وإنجانة وضمن الترسبات الحديثة في مواقع مختلفة، وبنوعيها المحصورة وغير المحصورة. أشارت نتائج اختبار الضخ لخزان الفتحة إلى أن النفاذية تتراوح بين (4 - 337 م²/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.1 - 6.8 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (104 - 1804 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (8 - 37 م) تحت سطح الأرض. تتراوح ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان بين (2500 - 7170 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية وكلوريدية النوع (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).

بينما أشارت نتائج اختبار الضخ لخزان إنجانة إلى أن النفاذية تتراوح بين (2 - 1274 م²/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.1 - 11.4 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (1 - 3960 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح من التدفق الذاتي (-0.6) إلى (67 م) تحت سطح الأرض. تتراوح ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان بين (110 - 16970 ملغم/لتر). أما نوعية المياه الجوفية في هذا الخزان فهي بشكل رئيس كبريتية وبيكربوناتية النوع مع نوع كلوريدي على النطاق المحلي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2012).

كما أشارت نتائج اختبار الضخ للخزان الجوفي في الترسبات الحديثة إلى أن النفاذية تتراوح بين (15 - 91 م²/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (1.4 - 6.7 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (104 - 415 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (4 - 15 م) تحت سطح الأرض. أما ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان فقد تراوحت بين (526 - 5463 ملغم/لتر) مع مياه ذات نوعية كبريتية.



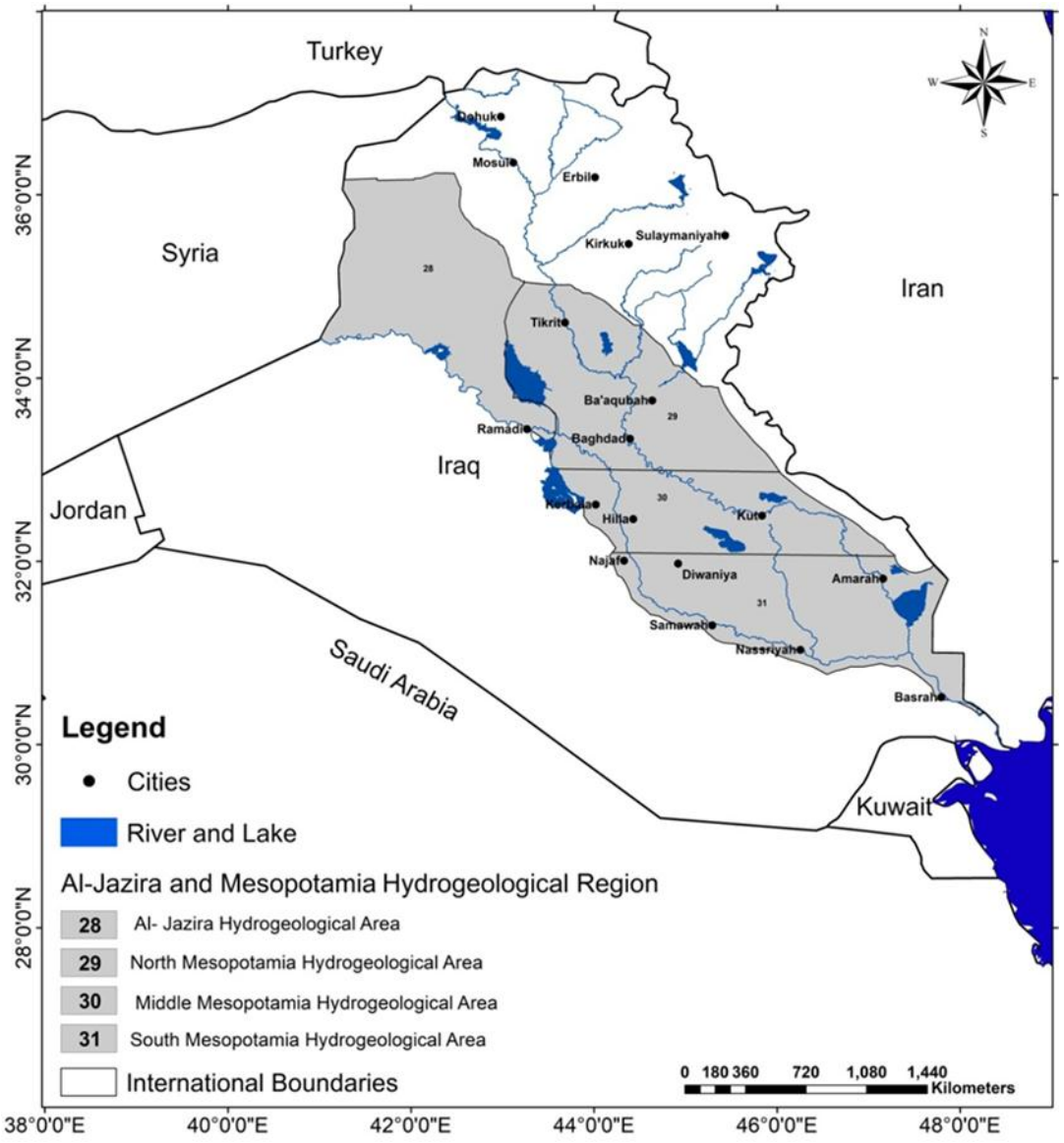
الشكل (3 - 36):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة سنجار - ربيعة الهيدروجيولوجية.

الفصل الرابعِ

إقليمَ الجزيرةِ وبلادِ ما بينَ النهرينِ الهيدروجيولوجيِ

4-1 إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي

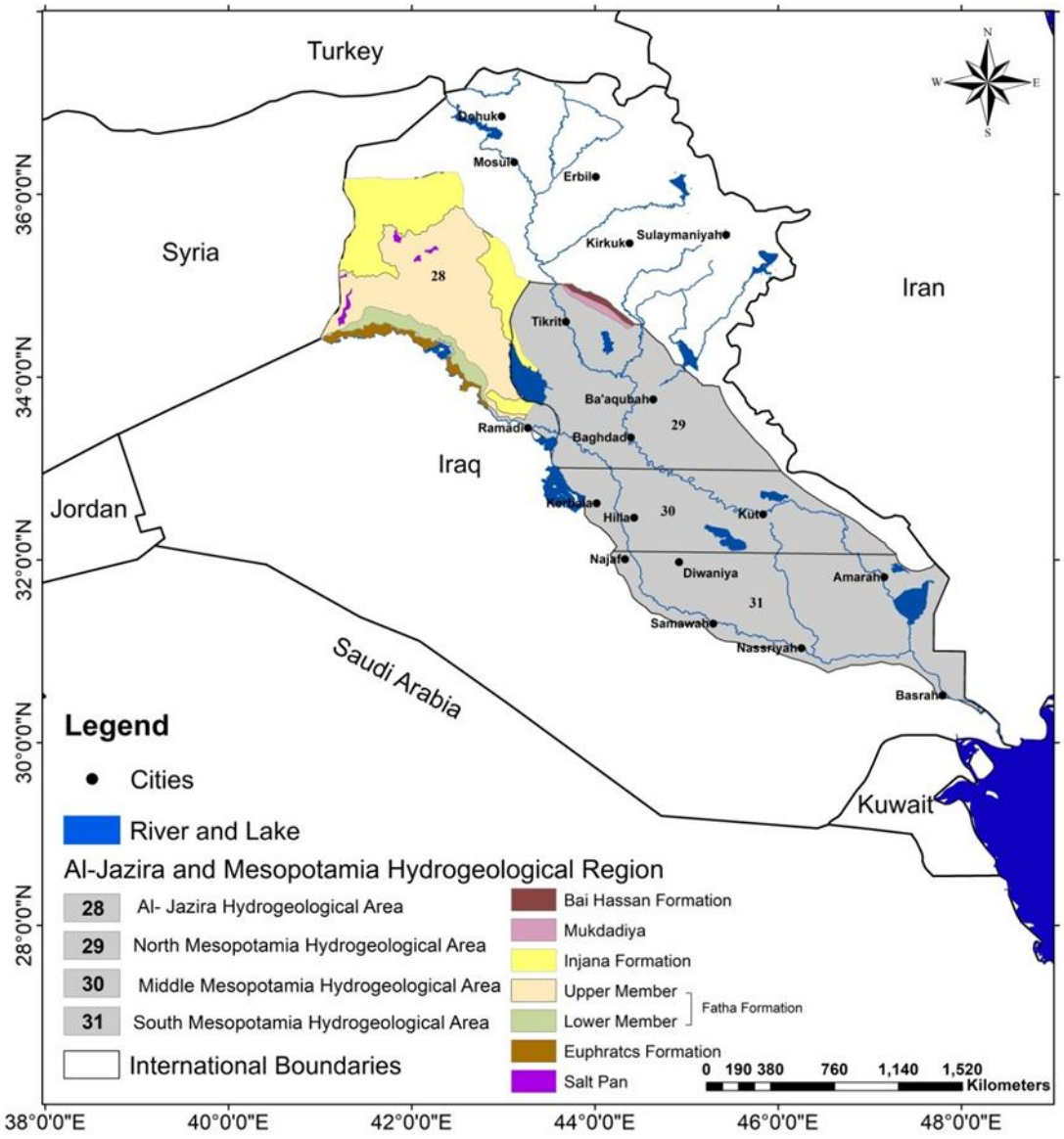
يمتد إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي بين إقليمي الطيات الواطئة والصحراء الهيدروجيولوجيين، ويشغل حوالي (145270 كم^2)، ويحده من الشمال جبل سنجار، وإقليم الطيات الواطئة من الشمال الشرقي إلى الجنوب الشرقي، والحدود العراقية السورية وإقليما الطيات الواطئة والصحراء الهيدروجيولوجيان من الغرب والجنوب الغربي والجنوب، والحدود العراقية الإيرانية في أقصى الجنوب الشرقي، كما هو مبين في الشكل (2-5). قُسم هذا الإقليم إلى أربع مناطق هيدروجيولوجية بناءً على السمات الهيدروجيولوجية والبنيوية والجيولوجية والطوبوغرافية، كما هو موضح في الشكل (4-1).



الشكل (4-1):- إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي.

وفقًا للخريطة الجيولوجية لسيساكيان (Sissakian, 2000)، تغطي هذا الإقليم تتابعات رسوبية من سحنات كربونية ومتبخرات وترسبات فتاتية، تتراوح أعمارها بين أوائل الميوسين والبليوسين - البليستوسين في منطقة الجزيرة الهيدروجيولوجية وبعض أجزاء سهل بلاد ما بين النهرين. في الوقت نفسه، تغطي الترسبات الرباعية معظم الأجزاء الأخرى من سهل بلاد ما بين النهرين. التكوينات التي تغطي الجزء الشمالي من هذه المنطقة هي الفرات والفتحة وإنجانة

والمقدادية وباي حسن. ينكشف تكوين الفرات (أوائل الميوسين) ضمن منطقة محدودة على طول نهر الفرات في جنوب وجنوب غرب منطقة الجزيرة الهيدروجيولوجية، كما هو موضح في الشكل (4-2). كما ينكشف تكوين الفتحة (الميوسين الأوسط) في الأجزاء الوسطى والجنوبية من منطقة الجزيرة الهيدروجيولوجية. بينما ينكشف تكوين إنجانة (أواخر الميوسين) في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية، وفي الأجزاء الشرقية والجنوبية من منطقة الجزيرة الهيدروجيولوجية. بالاضافة الى الجزء الشمالي الغربي من منطقة شمال بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجية. تنكشف تكوينات المقدادية وباي حسن (البليوسين - البليستوسين) في الجزء الشمالي الشرقي من منطقة شمال بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجية. بينما تغطي الترسبات الرباعية بقية أجزاء سهل بلاد ما بين النهرين، كما هو موضح في الشكل (4-2).

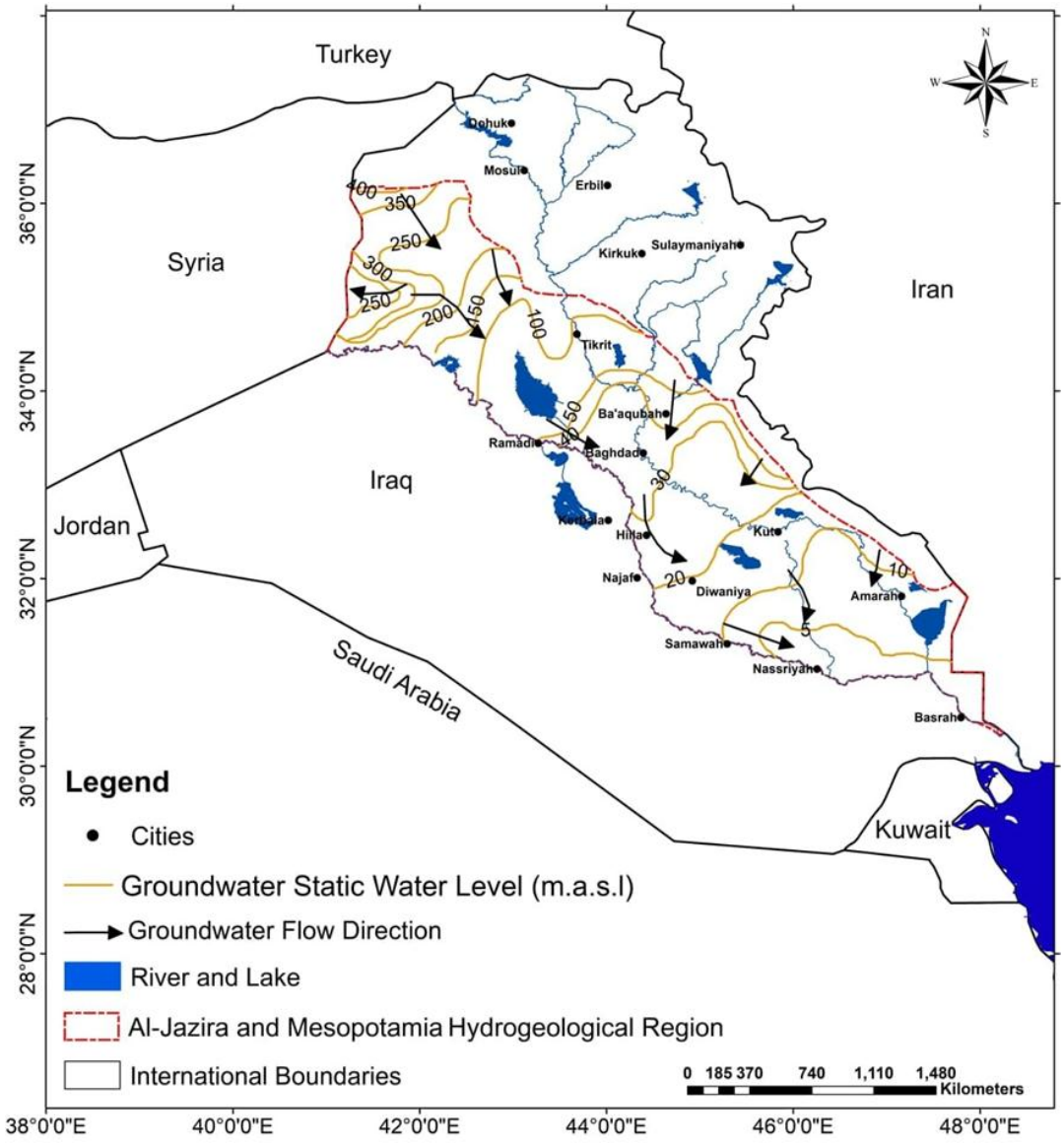


الشكل (4-2):- الخريطة الجيولوجية لإقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي، (Sissakian, 2000).

يتميز هذا الإقليم بتضاريس منبسطة مع طبوغرافية وعرة إلى متموجة وتلال معزولة متناثرة مع وديان ضحلة في منطقة الجزيرة، وبسهل مستوٍ ينحدر بلطف بين بغداد والبصرة ضمن سهل بلاد ما بين النهرين. من الناحية التكتونية، تمثل هذه المنطقة جزءًا من الرصيف غير المستقر (Al-Kadhimi et al., 1996). اعتبر جاسم وبوداي في جاسم وكوف

(Jassim and Buday, 2006 in Jassim and Goff, 2006) الجزء الأسفل من هذه المنطقة (سهل بلاد ما بين النهرين) جزءًا من الرصيف المستقر للصفيحة العربية. بينما يعتقد فؤاد (Fouad, 2012) أنه يمثل جزءًا خارجيًا من الصفيحة العربية (Outer Platform). كما اعتبر فؤاد (Fouad, 2012) منطقة سهل بلاد ما بين النهرين حوضًا أماميًا عميقًا أو غورًا التوائيًا (Foredeep) وقسمها إلى منطقتين فرعيتين: الجزيرة في الشمال والبصرة في الجنوب ، كما هو موضح في الشكل (1-6). يحتوي الحوض الأمامي العميق على العديد من التراكيب السطحية وتحت السطحية مع وجود أنشطة تكتونية حديثة تعتمد على الحركة والنشاط المختلفين في هذا الإقليم (Fouad, 2012).

إن الاتجاه العام لجريان المياه الجوفية هو من الشمال إلى الجنوب باتجاه بحيرة الثرثار في الجزء الشمالي من هذا الإقليم، وباتجاه مركز سهل بلاد ما بين النهرين في الأجزاء الوسطى والجنوبية منه، مع وجود تدفقات محلية للمياه الجوفية في اتجاهات مختلفة اعتمادًا على الخصائص الجيولوجية والطوبوغرافية والبنيوية، كما هو موضح في الشكل (4-3).



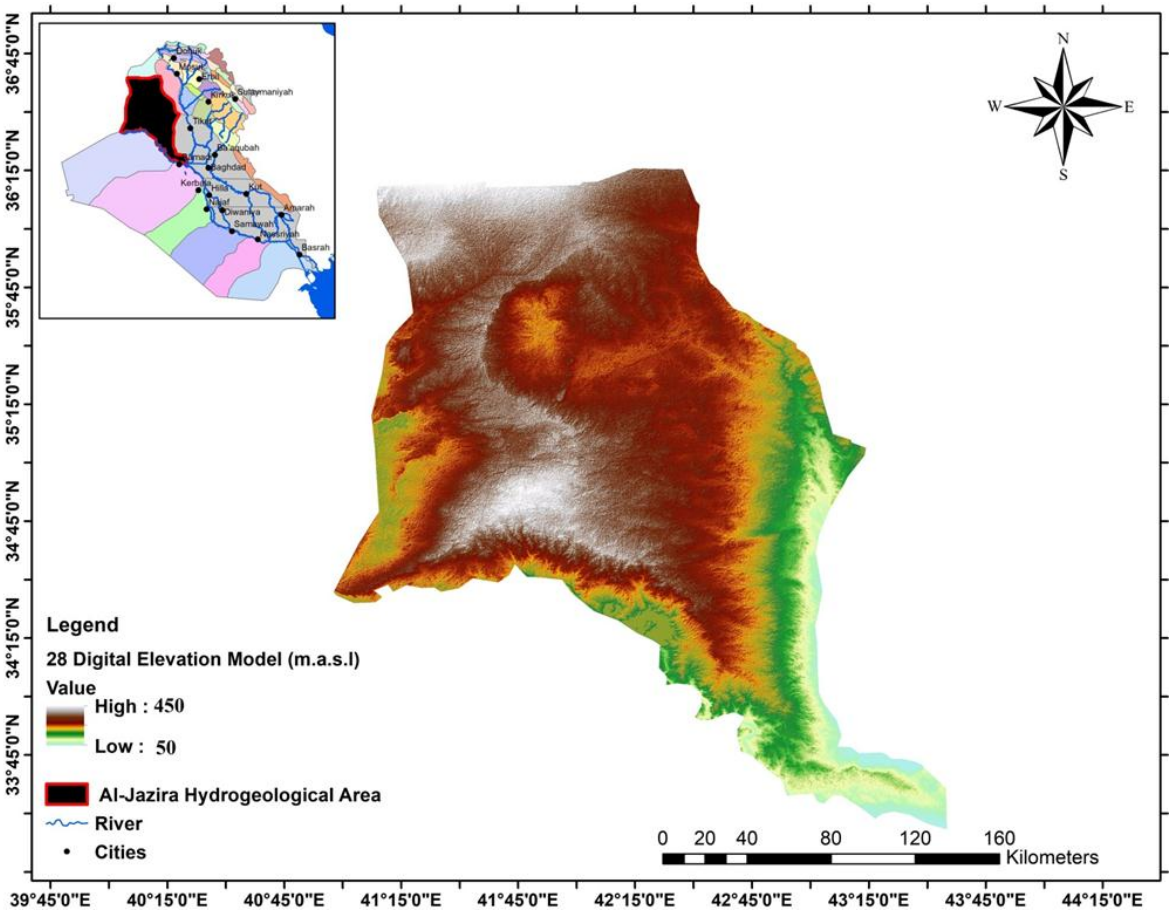
الشكل (4 - 3):- يوضح خريطة اتجاه تدفق المياه الجوفية في إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي.

يمثل سهل بلاد ما بين النهرين منطقة تصريف إقليمية لكامل نظام الخزانات الجوفية المتواجدة فيه، وقد شكل نهرا دجلة والفرات نظام الصرف لهذا السهل.

تزداد ملوحة المياه الجوفية في هذا الإقليم عموماً من مناطق التغذية في الجزء الشمالي باتجاه مناطق التصريف في الجزء الجنوبي، وتتميز نوعية المياه الجوفية بأنها كبريتية وكلوريدية، مع وجود مياه بيكربوناتية النوع في بعض المناطق. يعتبر هذا الإقليم أقل الأقاليم الهيدروجيولوجية أهمية في العراق بسبب رداءة المياه الجوفية فيه، التي تتميز بملوحة عالية جداً في معظم مناطقه الهيدروجيولوجية. ومع ذلك، يمكن وصف الظروف الهيدروجيولوجية لهذه المناطق بالتفصيل على النحو التالي:

2-4 منطقة الجزيرة الهيدروجيولوجية Al-Jazira Hydrogeological Area

تقع هذه المنطقة في الجزء الشمالي الغربي من العراق وتمتد من شمال سهل بلاد ما بين النهرين إلى جبل سنجار. يحدها من الشمال الشرقي والشرق إقليم الطيات الواطئة الهيدروجيولوجي والجزء الشمالي من سهل بلاد ما بين النهرين (Mesopotamian Plain) في الجنوب والجنوب الشرقي. من الغرب، تحدها الحدود العراقية - السورية ومن الجنوب الغربي والجنوب إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي، كما هو موضح في الشكل (4-1). تغطي مساحة تبلغ حوالي (36680.3 كم²) بارتفاع يتراوح من (450 م) إلى (50 م) فوق مستوى سطح البحر. تتدفق مستجمعات المياه عموماً بأتجاه بحيرة الثرثار، كما هو موضح في الشكل (4-4).



الشكل (4 - 4):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة الجزيرة الهيدروجيولوجية.

عكست الطبيعة الطبوغرافية في هذه المنطقة تواجد سهلين، هما سهل البعاج وسهل الحضر. يخترق هذان السهلان وادي الثرثار في الجزء الشرقي من هذه المنطقة، كما تخترقهما بعض الوديان التي تنحدر بلطف نحو الجنوب والجنوب الشرقي باتجاه بحيرة الثرثار ونهر الفرات. بالإضافة إلى ذلك، تنحدر بعض الوديان نحو الحدود العراقية - السورية ونحو مركز هذه المنطقة. وبشكل عام، تشكل هذه الوديان مستنقعات ملحية (Ma'ala, 2009). على اي حال، تتميز هذه المنطقة بمناخ شبه جاف، اذ يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (265 ملم/ سنة) و(21.8 درجة مئوية) و(2709.5 ملم) على التوالي، للفترة (1979 - 2014). يمثل هطول الأمطار المصدر الرئيس لتغذية المياه الجوفية، بينما تعتبر بحيرة الثرثار والمستنقعات الملحية مناطق التصريف الرئيسة للمياه الجوفية فيها (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009b).

تتحكم التراكيب والظروف الجيولوجية للتكوينات الحاملة للمياه في منطقة الجزيرة بشكل رئيس في حركة المياه الجوفية. تشكل التراكيب المحدبة وبعض التراكيب تحت السطحية حدوداً حاجزة (Araim, 1984). تلعب هذه التراكيب وظاهرة الكارست ضمن تكوين الفتحة دوراً مهماً في التحكم بحركة المياه الجوفية فيها. لذا، يختلف اتجاه حركة المياه الجوفية من مكان إلى آخر. اذ تم تمييز ثلاثة اتجاهات رئيسة لحركة المياه الجوفية وبعض الاتجاهات الثانوية في هذه المنطقة وفقاً للجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009b). ففي الأجزاء الشمالية تكون حركة المياه الجوفية نحو الجنوب ، وتأخذ اتجاهات مختلفة في المناطق الوسطى نحو المستنقعات الملحية أو السبخات التي تمثل انخفاضات طبوغرافية في هذه المنطقة. الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية نحو وادي الثرثار وبحيرة الثرثار ونحو نهر الفرات في الأجزاء الجنوبية الشرقية. أما بالنسبة للأجزاء الغربية والجنوبية الغربية، فتأخذ حركة المياه الجوفية اتجاهات مختلفة نحو الجنوب - الجنوب الشرقي، والغرب - الشمال الغربي باتجاه مستنقعات بوارة وألبو غارس وطويل الملحية على الحدود العراقية - السورية.

تظهر العديد من الينابيع في منطقة الجزيرة على طول الوديان ضمن تكوين الفتحة؛ بعضها يظهر ضمن ترسبات العصر الرباعي. تتميز هذه الينابيع بتصاريف محدودة وتسمى بينابيع منسوب المياه (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009b). يتراوح تصريف هذه الينابيع من أقل من (1 لتر/ثانية إلى 10 لتر/ثانية) (Krasny et al., 2006 in Jassim and Goff, 2006). تتميز هذه الينابيع بمياه جوفية عالية التمعدن، وبملوحة تزيد عن (20000 ملغم/لتر) خاصة بالقرب من المستنقعات الملحية، وتقل ملوحتها لتصبح ضمن نطاق (2500 - 6600 ملغم/لتر) في مناطق أخرى بعيده عن هذه المستنقعات (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009b).

الطبقات الصخرية والترسبات الحاملة للمياه تتواجد ضمن تكوينات الفتحة وإنجانة وترسبات العصر الرباعي، والتي تمثل الخزانات الرئيسة في هذه المنطقة وبنوعيها المحصور وغير المحصور.

A- خزان الفتحة الجوفي A- Fat'ha Aquifer

يتكون تكوين الفتحة من تعاقب الصخور الطينية والمارل والصخور الجيرية والجبس بترتيب منتظم (Ma'ala and Al-Kubaysi, 2009). وهو يتميز بوجود فجوات كارستية وكسور وقنوات ذوبان في طبقات الجبس. توجد المياه الجوفية في طبقات هذا التكوين ضمن هذه التراكيب (الفجوات والكسور) المتصلة بواسطة التكهف، وهي بشكل عام ذات نوعية رديئة لكونها ملوثة بتراكيز عالية من الكبريتات نتيجة الإذابة لطبقات الجبس التي تتكون بشكل رئيسي من كبريتات

الكالسيوم (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009b). ورغم ذلك، يستخدم الناس هذه المياه للري وتربية المواشي بسبب نقص موارد المياه السطحية في هذه المنطقة.

يشكل الجريان السطحي في الوديان الموسمية الناجم عن هطول الأمطار العديد من المستنقعات الملحية (السبخات) في منطقة انكشاف هذا التكوين، مما يشكل مصدراً إضافياً لملوحة المياه الجوفية. لذلك، لا نوصي باستخدام مياه هذا الخزان الجوفي لأغراض الشرب أو الزراعة.

وفقاً للجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009b)، أشارت نتائج الضخ الاختباري لخزان الفتحة إلى أن النفاذية تتراوح بين (2 - 246 م²/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.1 - 6.3 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (276 - 1555 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (3 - 49 م) تحت سطح الأرض. أما ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان فتتراوح بين (5320 - 19900 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع.

B- خزان إنجانة الجوفي Injana Aquifer

تم وصف تكوين إنجانة في الفصل السابق. ينكشف هذا التكوين بشكل واسع في الجزء الشمالي من منطقة الجزيرة، كما هو موضح في الشكل (4-2). ويتكون من تعاقب الحجر الرملي والحجر الغريني والحجر الطيني. تمثل طبقات الحجر الرملي الطبقات الرئيسة الحاملة للمياه ضمن هذا التكوين. لذلك، يعتبر الخزان الجوفي الأكثر أهمية. اخترقت العديد من الآبار العميقة في مواقع مختلفة هذا التكوين كلياً أو جزئياً، وأظهرت المقاطع الليثولوجية لهذه الآبار أن سمك هذا التكوين يتغير من مكان إلى آخر، اذ يتناقص بشكل تدريجي من المنطقة الجبلية نحو الأجزاء الوسطى من منطقة الجزيرة الهيدروجيولوجية.

أظهرت نتائج الضخ الاختباري الذي أجري في العديد من الآبار ضمن هذا الخزان الجوفي أن قيم النفاذية تتراوح بين (2 - 1274 م²/ يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.1 - 20 م/ يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (11 - 3960 م³/ يوم) ومستوى الماء الاستقراري يتراوح من الارتوازي إلى (67 م) تحت سطح الأرض. أما ملوحة المياه الجوفية فتتراوح بين (450 - 25353 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية وبيكربوناتية النوع ، ومع مياه كلوريدية النوع في بعض المواقع. بينما في الآبار المحفورة يدوياً تراوحت ملوحة المياه الجوفية بين (1189 - 7812 ملغم/ لتر) (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009b).

C – خزان الترسبات الحديثة (الرباعية) الجوفي Quaternary Sediments Aquifer

تغطي الترسبات الحديثة التكوينات الأقدم بالقرب من المناطق الجبلية في الأجزاء الشمالية من منطقة الجزيرة الهيدروجيولوجية، وتغطي بعض أجزاء تكوين الفتحة في المناطق الوسطى والجنوبية من هذه المنطقة. وهي تتكون بشكل رئيس من الغرين والحصى والرمل في الأجزاء الشمالية، ومن الفتاتات الصخرية والتربة الغرينية والجبسية في المناطق الوسطى والجنوبية. تتميز هذه الترسبات بسمك قليل يتراوح من متر واحد إلى بضعة أمتار، ويصل إلى أكثر من (30 م) بالقرب من المناطق الجبلية. لذلك، تعتبر خزانات جوفية معلقة (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009b). يتم استغلال المياه الجوفية من هذا الخزان بشكل رئيس من خلال الآبار المحفورة يدوياً.

وفقاً للجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009b)، أشارت نتائج الضخ الاختباري لهذا الخزان إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (5 - 257 م²/ يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.2 - 24.7 م/ يوم)، وتصريف

الآبار يتراوح بين (26 - 660 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (3 - 28 م) تحت سطح الأرض. أما ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان فتتراوح بين (526 - 2627 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع. أما في الآبار المحفورة يدوياً التي تم حفرها في الأجزاء الجنوبية من المنطقة فأن ملوحة المياه الجوفية تراوحت بين (2235 - 8400 ملغم/لتر).

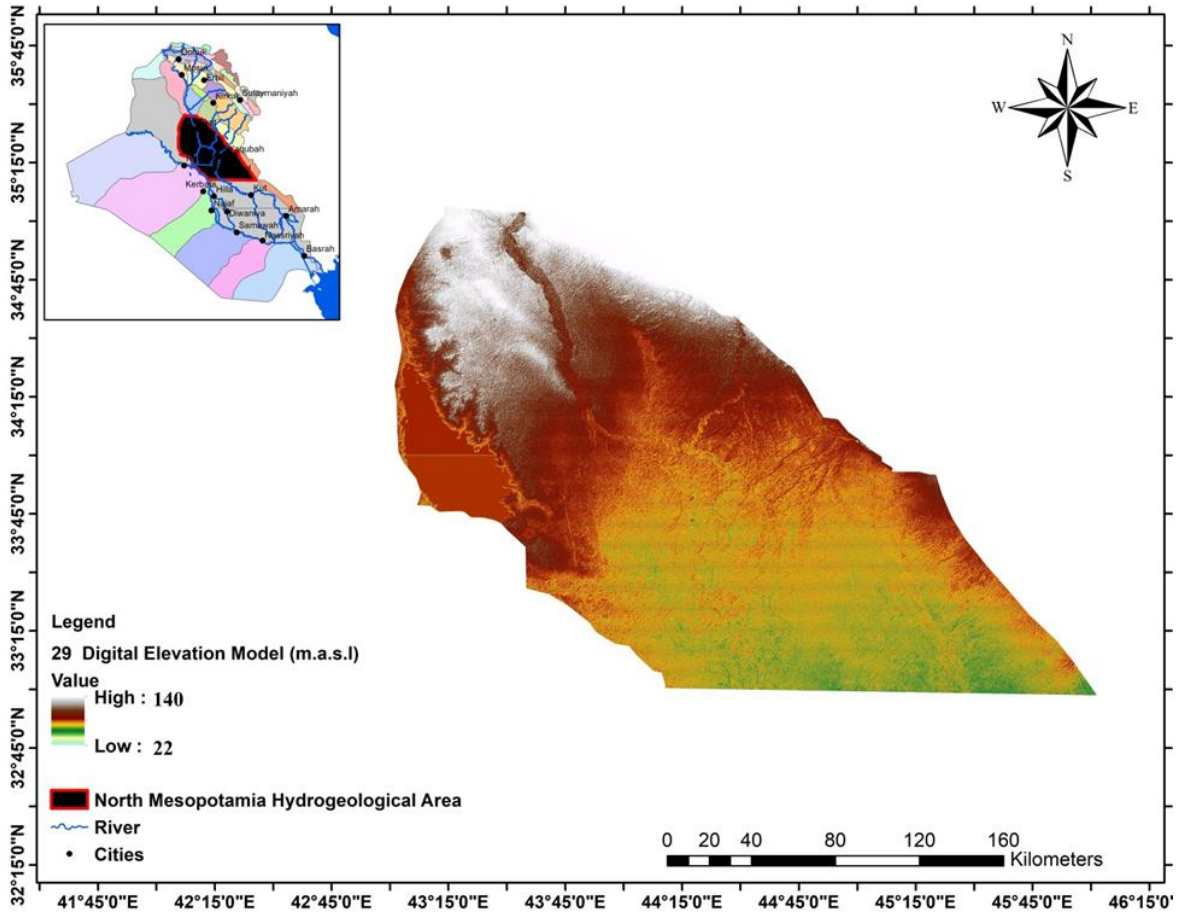
3-4 منطقة شمال بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجية North Mesopotamia Hydrogeological Area

تقع هذه المنطقة في الجزء الشمالي من سهل بلاد ما بين النهرين وتمتد من منطقة الفتحة إلى جنوب مدينة بغداد عند خط العرض ("00 '00 °33). يحدها من الشرق إقليم الطيات الواطئة الهيدروجيولوجي ومن الغرب إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي، كما هو موضح في الشكل (4-1). تغطي هذه المنطقة ترسبات حديثة مختلفة، وتكوينات باي حسن والمقدادية وإنجانة ضمن مواقع صغيرة من الأجزاء الشمالية الشرقية والشمالية الغربية على التوالي. ووفقاً للخريطة الجيولوجية، تغطي الكثبان الرملية أجزاء كبيرة من شمال هذه المنطقة، وبعضها لا يزال نشطاً (Sissakian, 2000). تُظهر المقاطع الليثولوجية للآبار المحفورة أن الترسبات الحديثة تتميز بسمك متغير من موقع إلى آخر، اذ تتراوح بين (5 م) إلى أكثر من (600 م) في منطقة جنوب بغداد. وبشكل عام، يزداد السمك هذه الترسبات باتجاه الجزء الجنوبي من هذه المنطقة.

تكتونياً، أشار الكاظمي وآخرون (Al-Kadhimi et al. 1996) إلى أن الطيات تحت السطحية المحدبة لا تزال في حالة ارتفاع، مثل طيات بلد وسامراء وتكريت وبيجي. وتشير هذه الطيات مع المعالم السطحية الأخرى إلى حركات تكتونية حديثة (Kumanan, 2001 and Cohen et al., 2002 in Fouad and Sissakian, 2011). على أي حال، تغطي هذه المنطقة مساحة تقدر بحوالي (35752.9 كم²) بارتفاع يتراوح من (140 م) في محيط منطقة الفتحة إلى (22 م) فوق مستوى سطح البحر في جنوب شرق بغداد، وهي تمثل الجزء الشمالي من مستجمع المياه (Watershed) لسهل بلاد ما بين النهرين، كما هو موضح في الشكل (4-5). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (180 ملم/سنة) و(24.6 درجة مئوية) و(2814 ملم) على التوالي، للفترة (1979 - 2014).

الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية في هذه المنطقة هو نحو مركز سهل بلاد ما بين النهرين مع بعض الاتجاهات المحلية المختلفة بناءً على السمات الطبوغرافية والتركيبية. بين مدينتي تكريت وبيجي، تكون حركة المياه من المرتفعات في جبال حمرين باتجاه نهر دجلة. هناك اتجاهان محليان لحركة المياه بين بحيرة الثرثار ونهر دجلة، غرباً نحو بحيرة الثرثار وشرقاً نحو نهر دجلة. بشكل عام، تعتبر بحيرة الثرثار وبحيرة الشاري الملحية والضفتان اليسرى واليمنى لنهر دجلة ونهري ديالى والعظيم مناطق التصريف الرئيسة للمياه الجوفية في هذه المنطقة. أما تغذية المياه الجوفية فتكون بشكل رئيس من مياه الأمطار والجداول وقنوات الري المترشحة إلى باطن الأرض (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2011).

تتواجد الخزانات الجوفية الرئيسة في الجزء الشمالي من هذه المنطقة ضمن تكوينات إنجانة والمقدادية وباي حسن والترسبات الحديثة. يُعد خزان الترسبات الحديثة الخزان الرئيس في معظم أجزاء هذه المنطقة، خاصة في الجزء الجنوبي. يقع خزان إنجانة في الجزء الغربي من الضفة اليمنى لنهر دجلة. يوجد خزان المقدادية على الضفة اليسرى لنهر دجلة. في الوقت نفسه، يوجد خزان باي حسن على طول المرتفعات في الأجزاء الشمالية الشرقية من هذه المنطقة (Ahmad and Al-Jiburi, 2005).



الشكل (4 - 5):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة شمال بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجية.

أشارت نتائج الضخ الاختباري لخزان إنجانة الجوفي إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (4 - 503 م²/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.1 - 47 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (58 - 1037 م³/يوم) ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (1.6 - 69 م) تحت سطح الأرض. بينما تراوحت ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان بين (300 - 6819 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية وكلوريدية النوع بشكل رئيس على النطاق المحلي (Ahmad and Al-Jiburi, 2005).

بينما أشارت نتائج الضخ لخزان المقدادية في محيط مدينة سامراء إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (3 - 774 م²/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.1 - 55.4 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (49 - 1452 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (2 - 95 م) تحت سطح الأرض. أما ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان فقد تراوحت بين (300 - 12000 ملغم/لتر). نوعية المياه الجوفية هي بشكل رئيس كبريتية مع نوع كلوريدي على النطاق المحلي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2011).

هناك بعض الآبار المحفورة في خزان باي حسن، وقد أظهرت نتائج الضخ الاختباري لهذه الآبار أن النفاذية تتراوح بين (4 - 829 م²/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.1 - 43 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (20 - 5862 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (2 - 48 م) تحت سطح الأرض. بينما تراوحت ملوحة المياه الجوفية في

هذا الخزان بين (334 - 11075 ملغم/لتر). أما نوعية المياه الجوفية فهي بشكل رئيس كبريتية مع نوع كلوريدي على النطاق المحلي (Ahmad and Al-Jiburi, 2005).

وفقًا لأحمد والجبوري (Ahmad and Al-Jiburi, 2005)، أشارت نتائج الضخ الاختباري لخزان الترسبات الحديثة إلى أن النفاذية تتراوح بين (21 - 555 م^2/ يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (1.5 - 29.7 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (16 - 657 م^3/يوم)، و مستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (1.5 - 21 م) تحت سطح الأرض. بينما تراوحت ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان بين (526 - 2627 ملغم/لتر) مع نوع مياه كبريتاتي ونوع كلوريدي على النطاق المحلي.

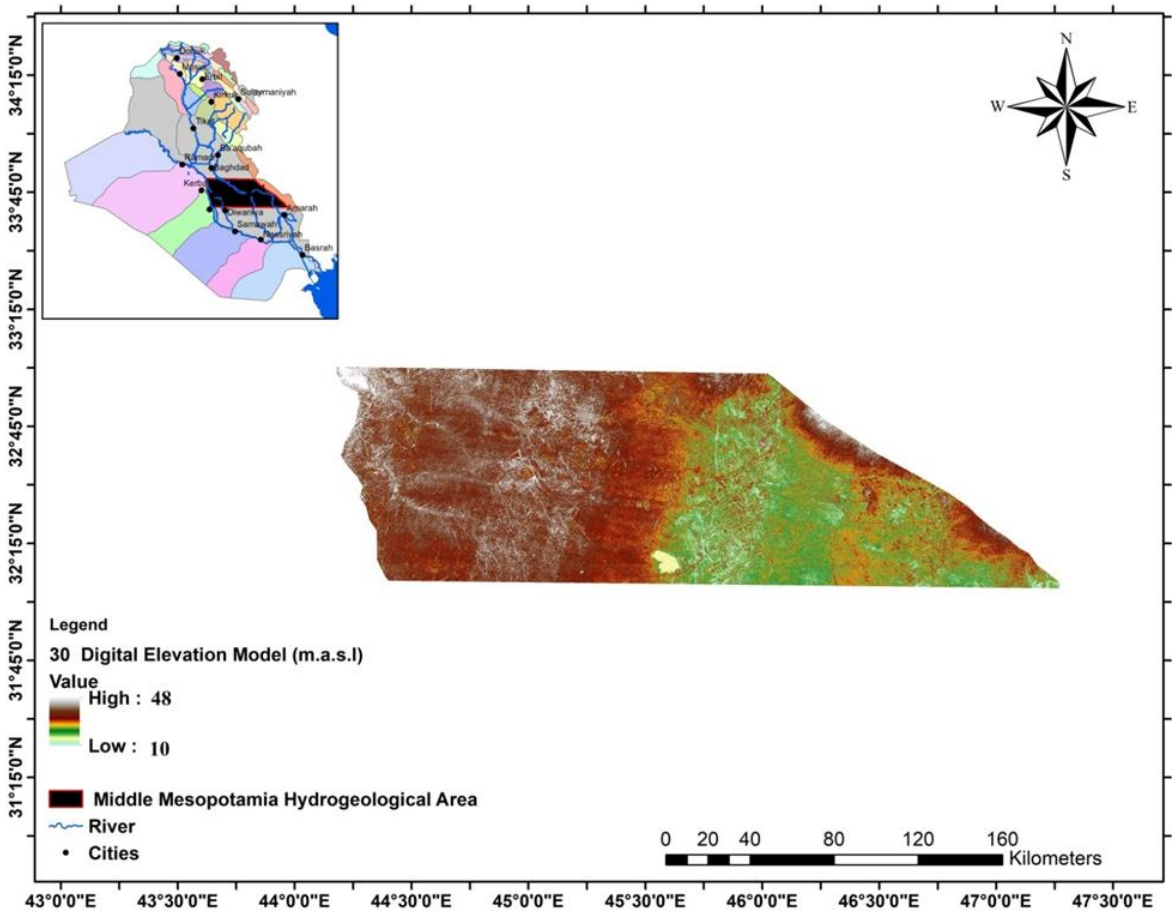
في المنطقة الواقعة بين مدينة سامراء وجنوب مدينة بغداد، يمثل خزان الترسبات الحديثة الخزان الرئيس. وقد أشارت نتائج الضخ الاختباري في هذا الخزان إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (6 - 1089 م^2/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.5 - 126 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (7 - 1118 م^3/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (1.0 - 15.2 م) تحت سطح الأرض، بينما تراوحت ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان بين (3000 - 42312 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية وكلوريدية النوع على النطاق المحلي (Ahmad and Al-Jiburi, 2005). بشكل عام، تكون ملوحة المياه الجوفية منخفضة بالقرب من ضفاف الأنهار وقنوات الري.

في الجزء الجنوبي الشرقي من هذه المنطقة، يُعد خزان الترسبات الحديثة الخزان الرئيس، ويتكون من ترسبات نهرية وترسبات المراوح الفيضية (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2011). أشارت نتائج الضخ لبعض الآبار المحفورة في خزان ترسبات المراوح الفيضية إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (4 - 1382 م^2/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (0.1 - 374.8 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (100 - 6480 م^3/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (0.6 - 48 م) تحت سطح الأرض، بينما تراوحت ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان بين (3000 - 96000 ملغم/ لتر) مع مياه كبريتية النوع (Ahmad and Al-Jiburi, 2005).

وفقاً لأحمد والجبوري (Ahmad and Al-Jiburi, 2005)، أشارت نتائج اختبار الضخ لخزان الترسبات الحديثة إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (21 - 555 م^2/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي يتراوح بين (1.5 - 29.7 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (16 - 657 م^3/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (1.5 - 21 م) تحت سطح الأرض، بينما تراوحت ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان بين (526 - 2627 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية وكلوريدية النوع على النطاق المحلي.

4- 4 منطقة وسط بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجية Middle Mesopotamia Hydrogeological Area

تمثل هذه المنطقة الجزء الأوسط من سهل بلاد ما بين النهرين، وتمتد من جنوب بغداد إلى خط العرض (32° 00' 00'') كما هو موضح في الشكل (4-1). تغطي هذه المنطقة مساحة تقدر بحوالي (22515.4 كم^2) بارتفاع يتراوح من (10 م) إلى (48 م) فوق مستوى سطح البحر. يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (132 ملم/سنة) و(26.1 °م) و(3614 ملم) على التوالي، للفترة (1979 – 2014). وهي تمثل مستجمع المياه (Watershed) للجزء الأوسط من سهل بلاد ما بين النهرين، كما هو موضح في الشكل (4 – 6). تغطي هذه المنطقة ترسبات حديثة مختلفة، تشكل معظمها الطبقات الرئيسة الحاملة للمياه فيها.



الشكل (4 - 6):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة وسط بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجية.

في الجزء الغربي من هذه المنطقة ضمن محيط مدينة كربلاء، أشارت نتائج الضخ الاختباري للخزان الجوفي إلى أن معدل قيم النفاذية يتراوح بين (10 – 165 م²/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (35 – 596 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (0 – 7 م) تحت سطح الأرض. أما ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان فإنها تتراوح بين (3000 – 42200 ملغم/لتر) بنوع مياه كبريتي ونوع مياه كلوريدي في المناطق الواقعة على طول نهر الفرات (Al-Jiburi, 2002). بشكل عام، تكون ملوحة المياه الجوفية منخفضة بالقرب من ضفاف الأنهار وقنوات الري وفي الآبار الضحلة.

أشارت نتائج الضخ الاختباري للخزان الجوفي في محيط مدينتي الكوت وعلي الغربي اللتين تمثلان الأجزاء الوسطى والشرقية من هذه المنطقة إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (13 – 742 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.8 – 72 م/يوم)، وتصاريف الآبار تتراوح بين (132 – 864 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (2 – 14 م) تحت سطح الأرض. أما ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان فقد تراوحت بين (3000 – 149000 ملغم/لتر) بنوعي مياه كبريتي وكلوريدي في المناطق الواقعة على طول نهر دجلة (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2011).

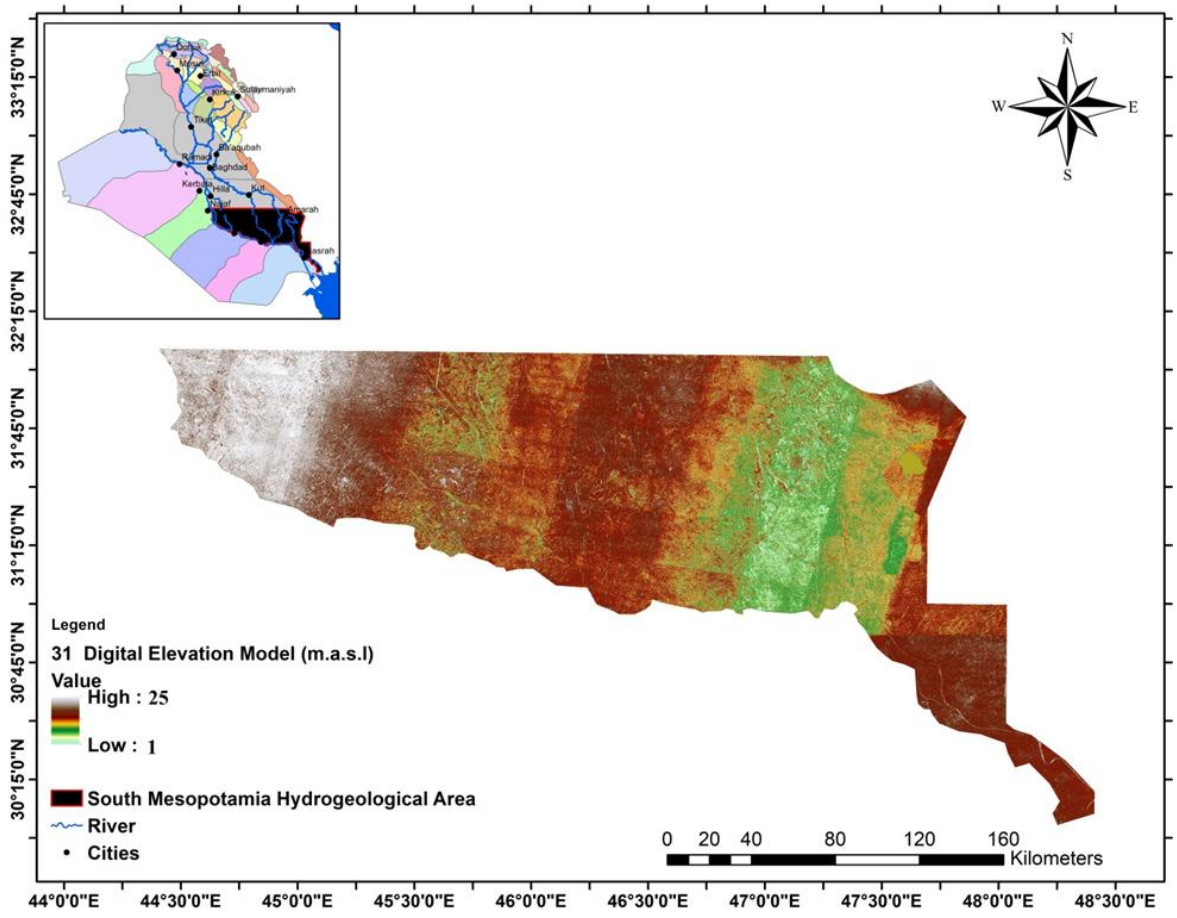
5-4 منطقة جنوب بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجية Southern Mesopotamia Hydrogeological Area

تقع هذه المنطقة في الجزء الجنوبي من سهل بلاد ما بين النهرين. وهي تمتد من جنوب خط العرض ("00 '00 °32) إلى الخليج العربي، كما هو موضح في الشكل (4-1). تغطي هذه المنطقة أهوار ذات مساحات شاسعة، خاصة في ضواحي الناصرية والعمارة. وتغطي مساحة تبلغ حوالي (33971.7 كم²) بارتفاعات تتراوح من (1 م) إلى (25 م) فوق مستوى

سطح البحر. يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (110 ملم/سنة) و(26.4 درجة مئوية) و(3610 ملم) على التوالي، للفترة (1979 - 2014). تمثل هذه المنطقة مستجمع المياه (Watershed) للجزء الأسفل من سهل بلاد ما بين النهرين، كما هو موضح في الشكل (4-7).

الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية في هذه المنطقة هو نحو أنهار الغراف ودجلة والفرات وشط العرب والأهوار والمستنقعات والتي تمثل مناطق تصريف المياه الجوفية الرئيسة فيها. يتميز الجزء الغربي من هذه المنطقة بوجود السبخات والسهول الطينية (Mudflats)، وبوجود آبار ذاتية التدفق نظرًا لكونه يمثل منطقة اتصال بين سهل بلاد ما بين النهرين مع الجزء الجنوبي من الصحراء العراقية مع وجود أنظمة تصدع كثيفة تتميز بها هذه المنطقة (Araim, 1990). أشارت نتائج الضخ الاختباري للآبار المحفورة ضمن الخزان الجوفي في هذه المنطقة إلى أن النفاذية تتراوح بين (36 - 439 م²/ يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (1.1 - 36.6 م/ يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (65 - 528 م³/ يوم) ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (2 - 8 م) تحت سطح الأرض. أما ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان فتتراوح بين (3000 - أكثر من 82000 ملغم/لتر) مع مياه كلوريدية وكبريتية النوع (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2011).

تشكل مناطق شمال ووسط وجنوب بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجية نظام جريان هيدروجيولوجي مشترك أسميناه نظام جريان بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي (Mesopotamian Hydrogeological Flow System). تم تحديد هذا النظام الهيدروجيولوجي بناءً على جريان المياه الجوفية المشترك والمتداخل بين هذه المناطق.



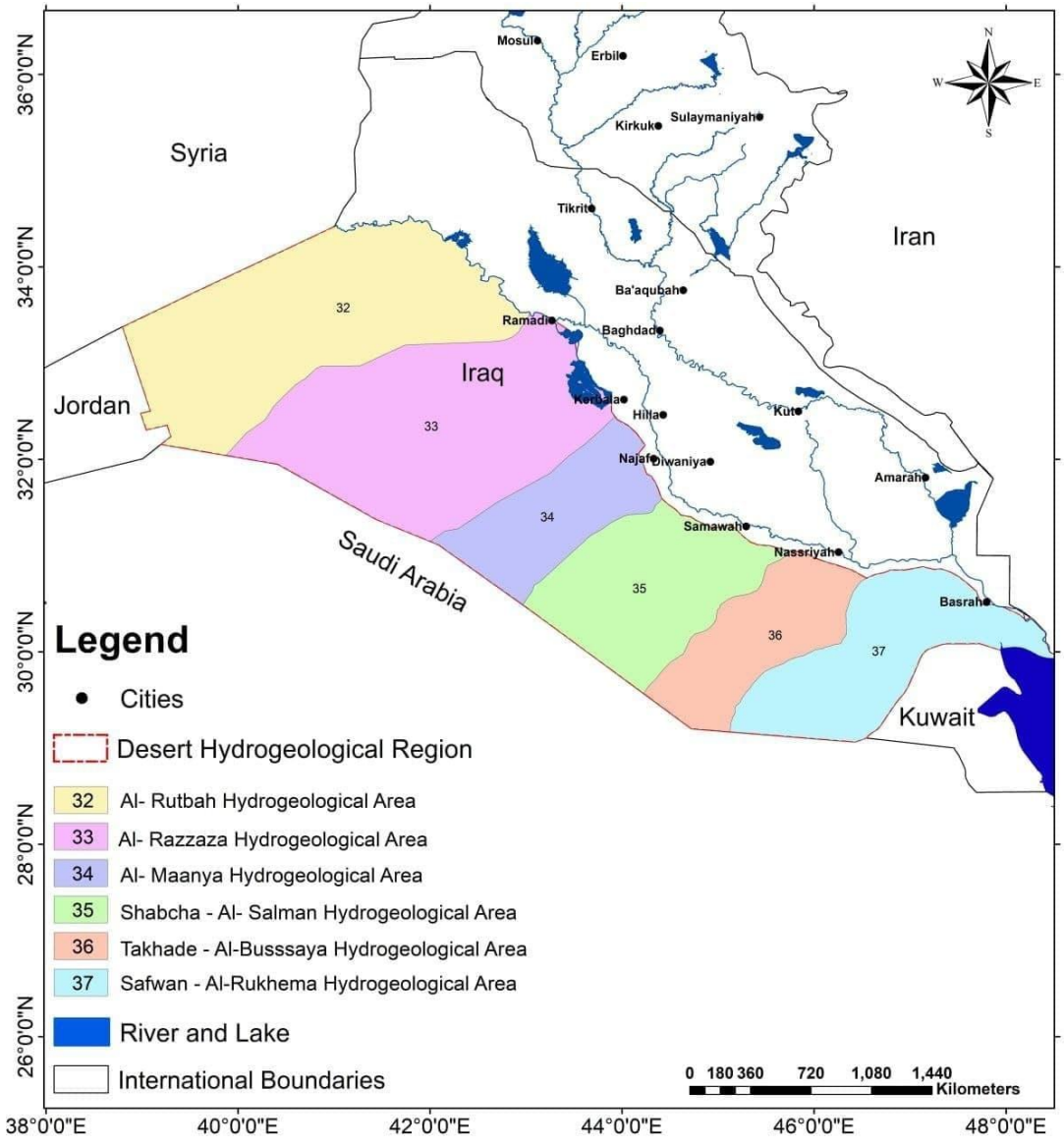
الشكل (4 - 7):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (Watersheds) لمنطقة جنوب بلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجية.

الفصل الخامسِ

إقليمَ الصحراءِ الهيدروجيولوجيّ

1-5 إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي

يمثل إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية من العراق، ويغطي مساحة تُقدَّر بحوالي (180,000 كم²)، وهو ما يمثل حوالي (44.03 %) من مساحة العراق الإجمالية. يمتد هذا الإقليم من الحدود العراقية - السورية في الشمال والشمال الغربي إلى الحدود العراقية - السعودية في الجنوب الغربي والحدود العراقية - الكويتية في الجنوب. كما تحده الحدود العراقية - الأردنية من الغرب، بينما يحده من الشمال الشرقي وحتى الجنوب الشرقي إقليم الجزيرة وبلاد ما بين النهرين الهيدروجيولوجي ، كما هو موضح في الشكل (5-1).



الشكل (5-1):- إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي.

من الناحية الفيزيوغرافية، تم تقسيم الصحراء العراقية إلى صحراء غربية وجنوبية، وفقاً لخلف (Al-Khalaf, 1959). تشكل الصحراء الغربية حوالي (27.22%) من مساحة العراق الإجمالية، وتغطي حوالي (104000كم^2). يحدها من الشمال والشمال الغربي الحدود العراقية - السورية ، و نهر الفرات من الشمال والشمال الشرقي، ومن الغرب الحدود العراقية - الأردنية والعراقية - السعودية، ومن الجنوب وادي الخر (Sissakian and Mohammed, 2007). أما

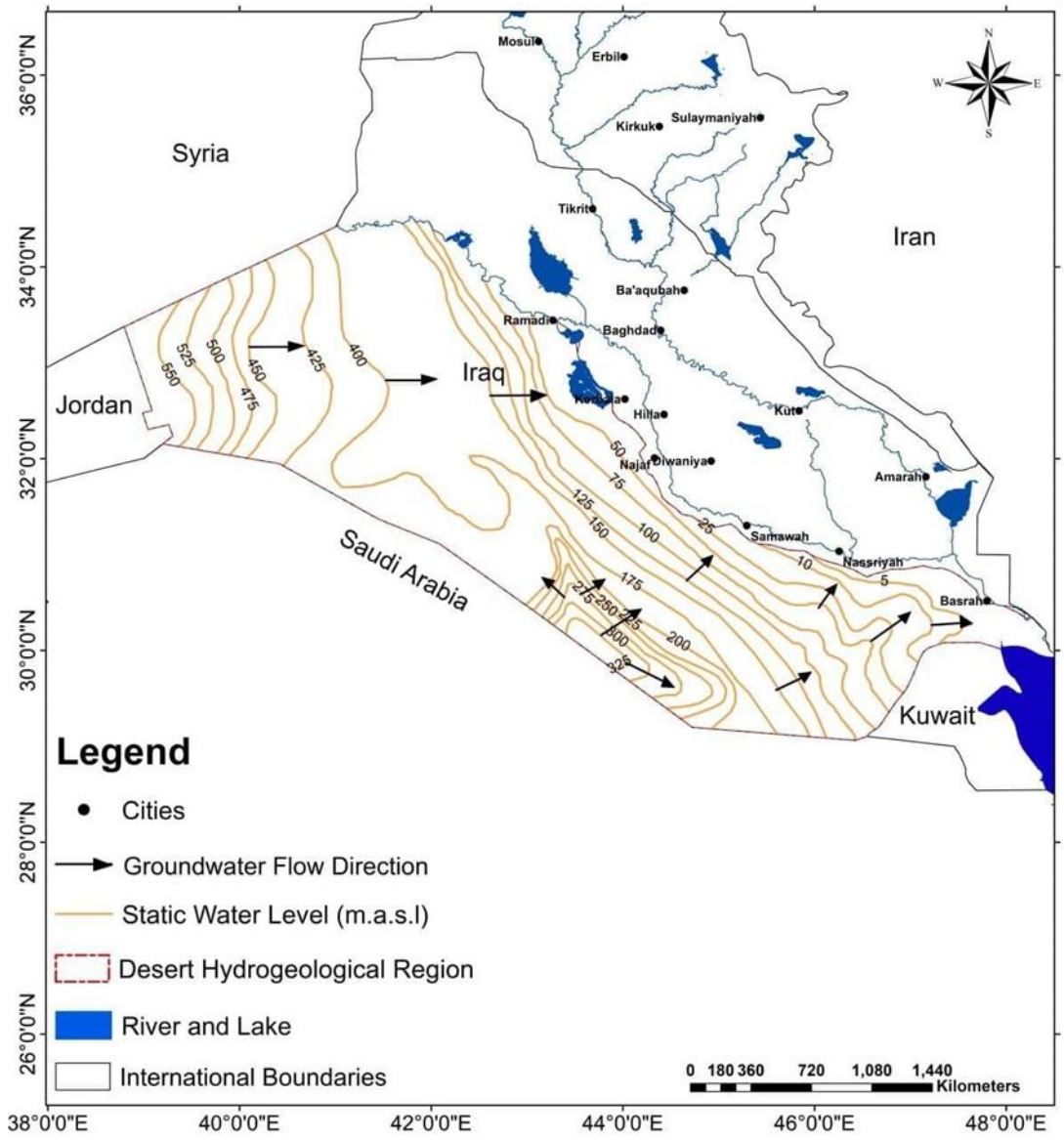
الصحراء الجنوبية فتغطي حوالي (76000كم^2)، وهو ما يمثل حوالي (16.81%) من مساحة العراق الإجمالية. وهي تمتد من نهر الفرات في الشمال والشمال الشرقي، ومن وادي الخر في الشمال الغربي إلى الحدود العراقية - السعودية في الجنوب والجنوب الغربي، والحدود العراقية - الكويتية في الجنوب الشرقي (Ma'ala, 2009c).

طوبوغرافيا، تتميز الصحراء العراقية بانخفاض تدريجي في الارتفاع من الغرب إلى الشرق، مع وجود بعض الاستثناءات. وهي تمثل امتداداً للجزء الشمالي من الهضبة الإقليمية لشبه الجزيرة العربية (Ma'ala, 2009c). وفقًا لمعلا (Ma'ala, 2009c) وحمزة (Hamza, 1997)، تحتوي هذه المنطقة على العديد من المعالم أو السمات الطبوغرافية الإيجابية والمنخفضة. تتمثل المعالم الإيجابية بجبل عنة في الشمال، وجبل عنزة في الغرب، وهضبة كربلاء - نجف في الشرق، وجبل سنام في الجنوب، بالإضافة إلى بعض الهضاب المنعزلة. أما المنخفضات الرئيسة فهي الكعرة، والنخيب، وشنانة، والبريت، والجثوم، وبحيرات حديثة، الحبانية، الرزازه ، وبحر النجف، وهور الملح، وبحيرة ساوة، وسبخة السماوة، ومنخفضات صليبات. تتميز الصحراء العراقية بغطاء تربة رقيق وسحنات رسوبية مكونة من تتابعات الصخور الجيرية والصخور الفتاتية والمتبخرات (Hamza, 1997).

تكتونياً، تقع الصحراء العراقية في الرصيف المستقر للصفيحة العربية، وتتميز بتكتونية الكتل (Block Tectonics) والصدوع الكبيرة، مثل صدع الفرات وصدع أبو جير (Jassim and Buday in Jassim and Goff, 2006). وأشار فؤاد (Fouad, 2004 and 2007) إلى أن نطاق صدع الفرات يمتد إلى نطاق صدع أبو جير. بالإضافة إلى ذلك، هناك العديد من التراكيب والصدوع تحت السطحية التي تلعب دوراً مهماً في تحديد الظروف الهيدروجيولوجية في هذا الإقليم ، مثل مرتفع الرطبة والصفاوي، والعديد من الصدوع التي يمكن رؤيتها في الخريطة التكتونية للعراق لجاسم وبوداي في جاسم وكوف (Jassim and Buday in Jassim and Goff, 2006).

من وجهة النظر الهيدروجيولوجية، قسم هذا الإقليم إلى ست مناطق هيدروجيولوجية بناءً على الخصائص الهيدروجيولوجية والتركيبية والجيولوجية والطبوغرافية، كما هو موضح في الشكل (5-1). الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية في هذا الإقليم هو نحو الشمال الشرقي والجنوب الشرقي باتجاه مناطق التصريف على طول الضفة اليمنى لنهر الفرات وبحيرة الرزازة وسهل ما بين النهرين، مع بعض الاتجاهات المحلية المختلفة التي تكونت بناءً على الخصائص الطبوغرافية والتركيبية، كما هو موضح في الشكل (5-2).

إن مصادر تغذية المياه الجوفية في الصحراء العراقية هي الأمطار المباشرة والمياه المترشحة من الوديان ذات الجريان الموسمي، ومعظم هذه الوديان تمتد من المملكة العربية السعودية. تختلف ملوحة المياه الجوفية في هذا الإقليم من مكان إلى آخر اعتمادا على نوع الطبقات الحاملة للمياه وأعماقها. ومع ذلك، فإنها تزداد عمومًا من مناطق التغذية إلى مناطق التصريف على طول نهر الفرات وسهل ما بين النهرين، مع وجود قيم ملوحة محلية في بعض المناطق.



الشكل (5-2):- يوضح خريطة اتجاه تدفق المياه الجوفية في إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي.

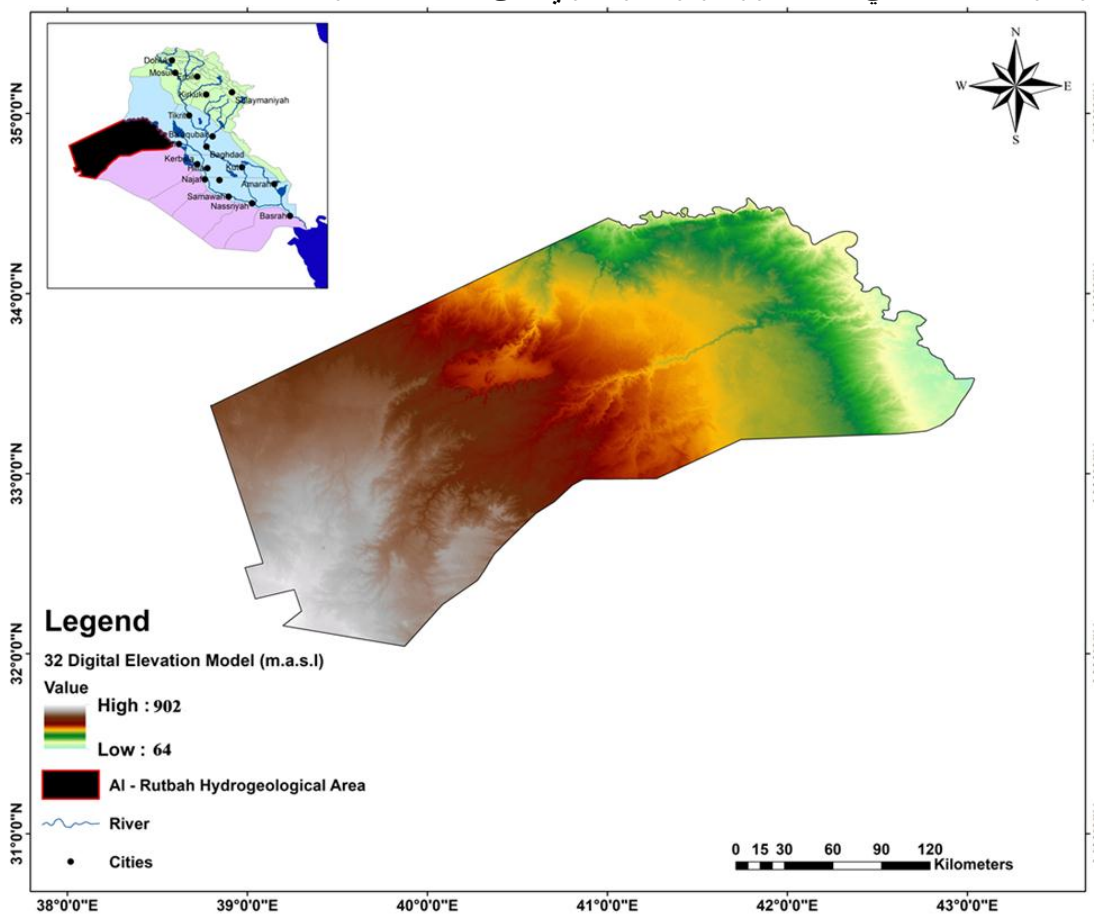
2-5 المناطق الهيدروجيولوجية Hydrogeological Areas

قسم إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي إلى ست مناطق هيدروجيولوجية رئيسة كما يلي :

1-2-5 منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية Al- Rutbah Hydrogeological Area

تغطي منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية مساحة تبلغ حوالي (56,000 كم²)، وتمثل تقريبًا (27.3%) من إجمالي مساحة الصحراء العراقية، كما هو موضح في الشكل (5-1). يحدها الحدود العراقية السورية من الشمال الغربي والغرب، والضفة اليمنى لنهر الفرات من الشمال والشرق، والحدود العراقية - الأردنية والعراقية - السعودية من الغرب، وصدع عامج - سامراء - حلبجة من الجنوب. ترتفع هذه المنطقة تدريجيًا من الشرق إلى الغرب بارتفاعات تتراوح بين (64 م) إلى (902 م) فوق مستوى سطح البحر، وتتدفق المياه ضمن مستجمعات المياه (Watershed) إلى نهر الفرات، كما هو موضح في الشكل (5-3). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (164 ملم/سنة)، و(17.8 درجة مئوية)، و(2977.5 ملم) على التوالي، للفترة من (1979 إلى 2014).

إن الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية في هذه المنطقة هو نحو الشرق والجنوب الشرقي إلى منطقة التصريف المتمثلة بالضفة اليمنى لنهر الفرات. أشارت بعض الدراسات مثل (Jassas *et al.*, 2019) إلى وجود مقسم مائي ناتج عن ارتفاع الرطبة، اذ تتجه المياه الجوفية في الجزء الغربي من مدينة الرطبة نحو الغرب إلى ما وراء الحدود العراقية. لم تذكر جميع الدراسات الهيدروجيولوجية هذا المقسم المائي ضمن هذا الجزء من الصحراء الغربية بسبب أن التكوينات الحاملة للمياه قد ترسبت في هذه المنطقة قبل حدوث ارتفاع الرطبة ، حسب ماورد في (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2007) . ربما وبشكل محلي، قد تتواجد حركات للمياه الجوفية في اتجاهات مختلفة في جميع أنحاء هذه المنطقة، خاصة داخل خزانات الطيارات والجيد، ولكن بشكل عام، تتجه المياه الجوفية نحو الشرق على طول الضفة اليمنى لنهر الفرات. تتم تغذية معظم الخزانات الجوفية في هذه المنطقة من خلال سقوط الأمطار المباشر على مكاشف الطبقات الصخرية الحاملة للمياه، وكذلك من خلال ترشح مياه الأودية الموسمية عبر الطبقات النفاذة والشقوق والتصدعات والفواصل والتجاويف إلى الخزانات الجوفية الضحلة. إن الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة الهيدروجيولوجية هي خزانات صوفي، الكعرة، ملصه، محيور، الرطبة، الطيارات، عكاشات، أم الرضمة، الدمام، والفرات. معظم هذه الخزانات تتواجد ضمن طبقات صخرية متصدعة، وتتكون بشكل أساسي من صخور كربونية وتحتوي على مياه قليلة الملوحة.



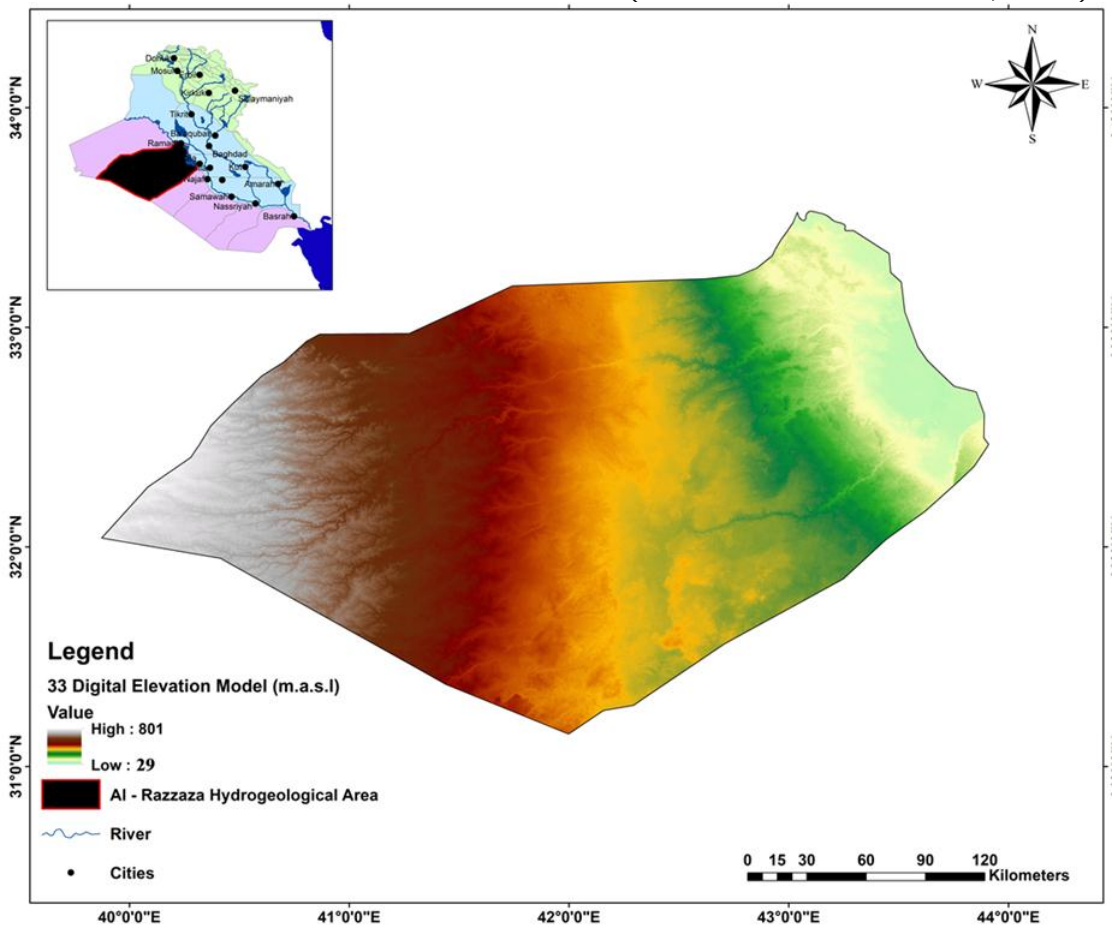
الشكل (5-3):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (watershed) لمنطقة الرطبة الهيدروجيولوجية.

5-2-2 منطقة الرزازة الهيدروجيولوجية Al-Razzaza Hydrogeological Area

تمثل منطقة الرزازة الهيدروجيولوجية حوالي (29.3%) من مساحة الصحراء العراقية الإجمالية، وتغطي تقريبًا (60,000 كم²) وتتراوح ارتفاعاتها من (29 م) إلى (801 م) عن سطح البحر، وتزداد تدريجيًا من الشرق إلى الغرب مع

بعض الاستثناءات كما هو موضح بالشكل (5-4). يحد هذه المنطقة صدع عامج – سامراء – حلبجة من الشمال، والضفة اليمنى لنهر الفرات من الشرق، والحدود العراقية السعودية من الغرب وصدع ديالى من الجنوب، وبالتالي تمثل هذه المنطقة منطقة مستجمعات مياه نهر الفرات.

إن الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية هو نحو الشرق بأتجاه الضفة اليمنى لنهر الفرات. ومحليًا، قد تتواجد اتجاهات مختلفة لحركة المياه الجوفية في جميع أنحاء هذه المنطقة، اعتمادًا على الوضع الجيولوجي للتكوينات الحاملة للمياه وطبيعة التراكيب والتضاريس. بشكل عام، تقع منطقة تصريف المياه الجوفية في هذه المنطقة على طول الضفة اليمنى لنهر الفرات. اذ يتم تصريف هذه المياه تحت الأرض إلى نهر الفرات وبحيرات الحبانية والرزازة أو إلى الينابيع الموجودة في هذه المنطقة (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2007).



الشكل (5-4):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (watersheds) لمنطقة الزازة الهيدروجيولوجية.

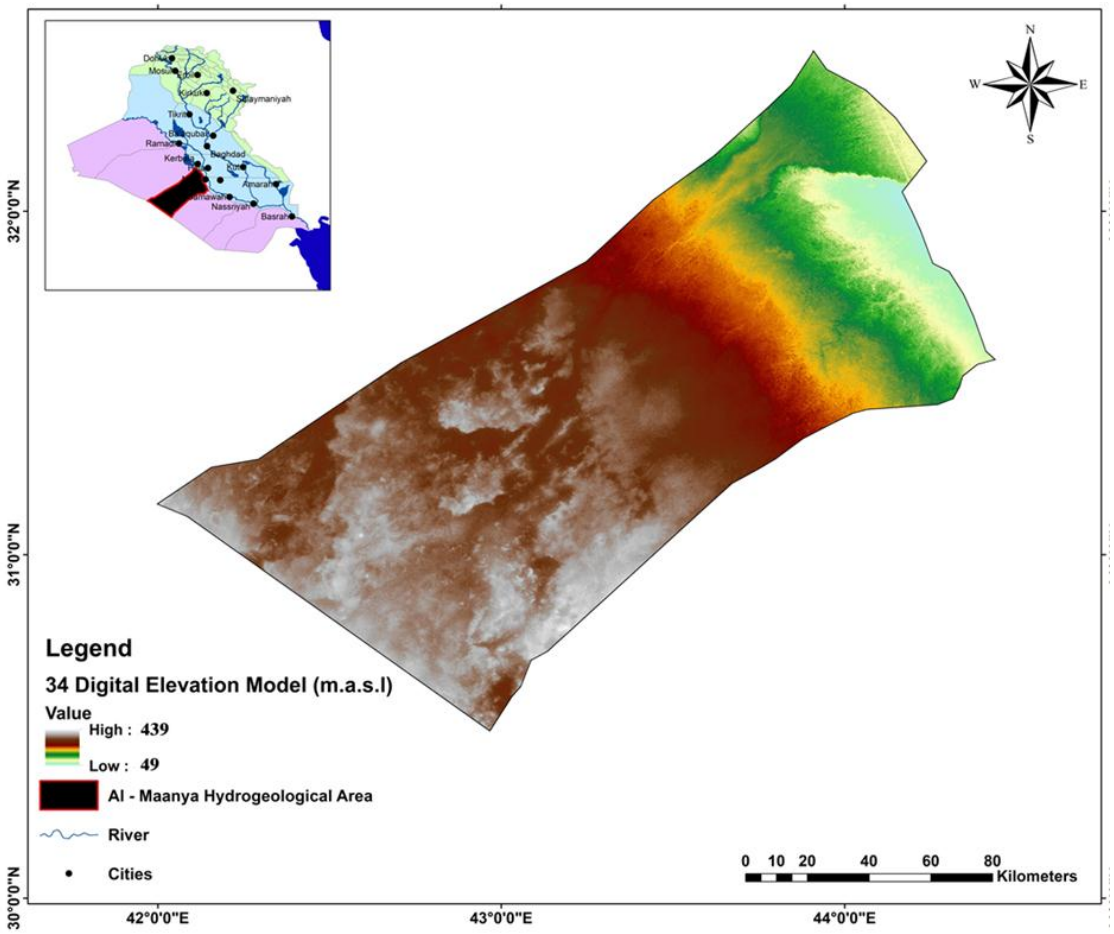
مياه الأمطار هي المصدر الرئيس لتغذية المياه الجوفية في هذه المنطقة، بالإضافة إلى الحركة العمودية للمياه الجوفية من الخزانات الجوفية العميقة إلى الخزانات الجوفية العليا. وعلى أي حال، فإن المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة هو حوالي (99.5 ملم/سنة)، و(21.1 درجة مئوية) و(2755 ملم) على التوالي، للفترة (1979 - 2014).

إن الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة هي الكعرة، ملصة، محيوير، الرطبة، والهارثة، الطيارات، أم ارضمة، والدمام.

3-2-5 منطقة المعانية الهيدروجيولوجية Al- Maanya Hydrogeological Area

يحد منطقة المعانية الهيدروجيولوجية من الغرب والشرق الحدودُ العراقية السعودية والضفةُ اليمنى لنهر الفرات، على التوالي. ويحدها من الشمال منطقة الرزازة الهيدروجيولوجية. بينما تتمثل الحدود الجنوبية لها بصدع رحيماوي - الحلة. تغطي هذه المنطقة حوالي (16000 كم^2)، وهو ما يمثل نسبة (7.8٪) من إجمالي مساحة الصحراء العراقية، وهي ترتفع تدريجياً من الشرق إلى الغرب بارتفاعات تتراوح بين (49 م) و(434 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (5-5).

تتدفق المياه ضمن مستجمعات المياه نحو نهر الفرات، الذي يمثل منطقة التصريف لهذه المنطقة، بالإضافة إلى الينابيع الواقعة على طول نطاق صدع أبو جير الإقليمي. يمثل الجزء الغربي من هذه المنطقة منطقة التغذية التي تتمثل في مياه الأمطار والمياه المترشحة من جريان المياه السطحي في الوديان الموسمية. الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية هو نحو الشرق على طول الضفة اليمنى لنهر الفرات. محليًا، تحدث حركات للمياه الجوفية ذات اتجاهات مختلفة في هذه المنطقة، خاصة بالقرب من الحدود العراقية السعودية، اعتمادًا على الوضع الجيولوجي للتكوينات الحاملة للمياه وطبيعة التراكيب والتضاريس، كما هو موضح في الشكل (5-2). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة تقريبًا (99.5 ملم/سنة)، و(23.7 درجة مئوية) و(2812 ملم) على التوالي، وذلك للفترة (1979 - 2014). الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة هي خزانات الهارثة، الطيارات، أم ارضمة، والدمام.

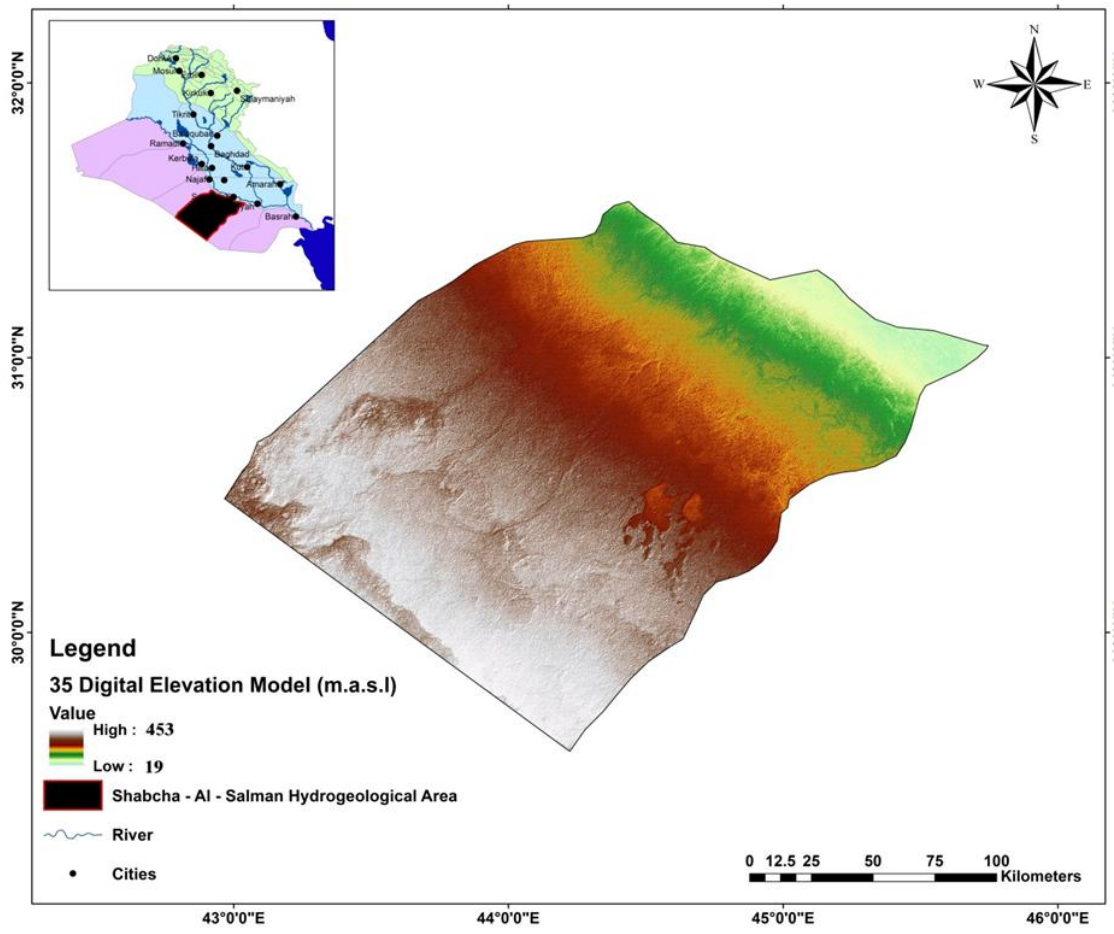


الشكل (5-5):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (watershed) لمنطقة المعاينة الهيدروجيولوجية.

4-2-5 منطقة شبجة - السلمان الهيدروجيولوجية Shabcha – Al- Salman Hydrogeological Area

تقع هذه المنطقة بين منطقة المعانية الهيدروجيولوجية في الشمال ومنطقة تخاديد - بصية الهيدروجيولوجية في الجنوب، وتحدها من الغرب والشرق الحدودُ العراقية السعودية والضفةُ اليمنى لنهر الفرات، على التوالي. يمثل صدع تخاديد - سوق الشيوخ - العمارة الحد الفاصل بين هذه المنطقة ومنطقة تخاديد - بصية الهيدروجيولوجية. تشكل هذه المنطقة تقريبًا (9.9٪) من إجمالي مساحة الصحراء العراقية، اذ تغطي مساحة تبلغ حوالي (20000 كم^2) بارتفاعات تتراوح بين (19 م) و(453 م) فوق مستوى سطح البحر، وتزداد تدريجيًا من الشرق إلى الغرب مع بعض الاستثناءات، كما هو موضح في الشكل (5-6).

تتدفق المياه ضمن مستجمعات المياه نحو نهر الفرات، الذي يمثل منطقة تصريف المياه في هذه المنطقة، بالإضافة إلى الينابيع وبحيرة ساوه التي تقع على طول نطاق صدع أبو جير. إن الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية هو نحو الشرق على طول الضفة اليمنى لنهر الفرات. محليًا، تحدث اتجاهات تدفق مختلفة في هذه المنطقة، خاصة بالقرب من الحدود العراقية السعودية قرب منطقة الصفاوي، اعتمادًا على الوضع الجيولوجي للتكوينات الحاملة للمياه وطبيعة التراكيب والتضاريس، كما هو موضح في الشكل (5-2).



الشكل (5-6):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (watershed) لمنطقة شبجة - السلمان الهيدروجيولوجية.

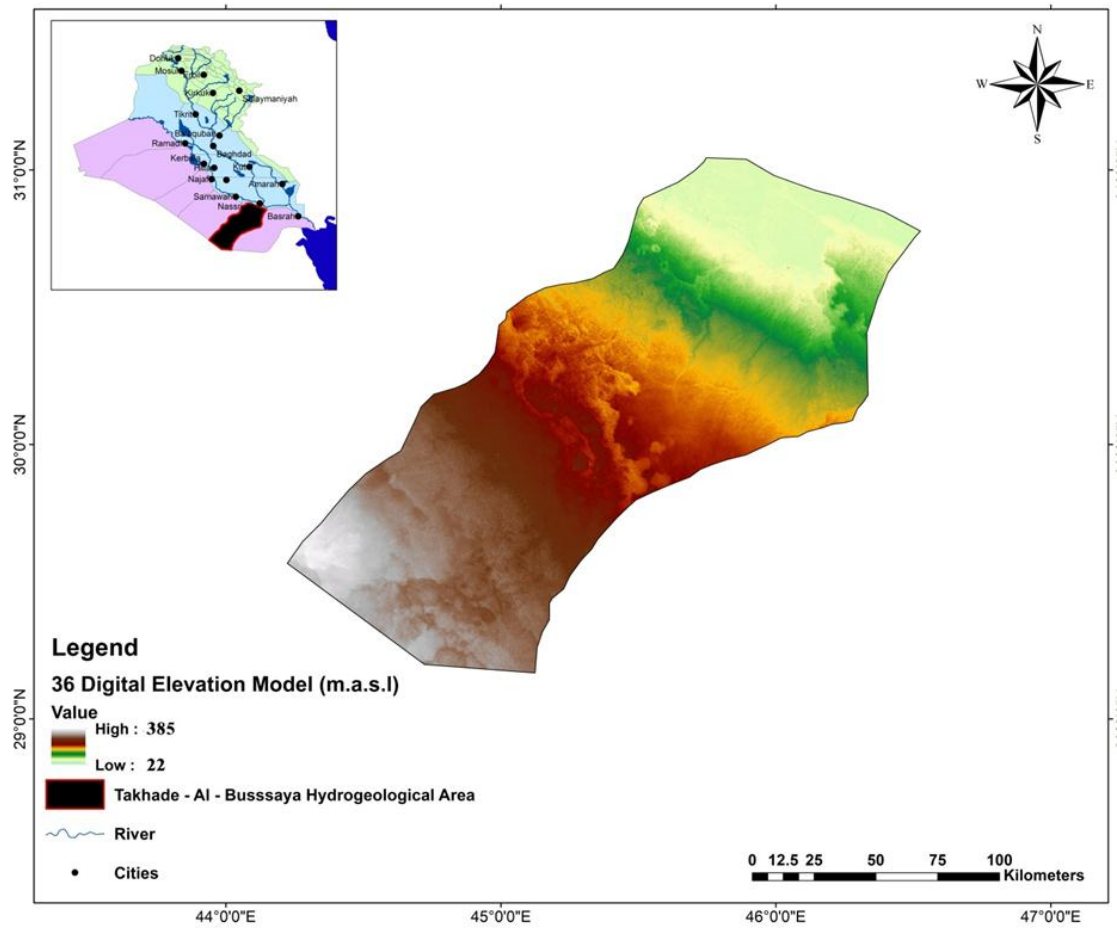
تعتبر الأمطار الساقطة المصدرالرئيس لتغذية المياه الجوفية، كما تمثل الحركة العمودية للمياه الجوفية من الخزانات الجوفية العميقة إلى الخزانات الجوفية العليا مصدرًا آخر للتغذية. إن المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة

والتبخر الكامن في هذه المنطقة هو حوالي (99.5 ملم/سنة)، و(24.1 درجة مئوية) و(3312 ملم) على التوالي، وذلك للفترة (1979 - 2014). إن الخزانات الجوفية الرئيسة في هذه المنطقة هي خزانات الطيارات ،أم ارضمة والدمام.

5-2-5 منطقة تخاديد – بصية الهيدروجيولوجية Takhade – Busssaya Hydrogeological Area

تغطي هذه المنطقة (31000 كم^2) تقريبًا، وتمثل حوالي (15.1%) من إجمالي مساحة الصحراء العراقية. وهي تقع بين منطقة شبجة - السلمان الهيدروجيولوجية في الشمال ومنطقة صفوان - الرخيمة الهيدروجيولوجية في الجنوب، ويحدها من الغرب والشرق الحدودُ العراقية - السعودية ونهرُ الفرات على التوالي. يمثل صدع بصية - القرنة الحد الفاصل بين هذه المنطقة ومنطقة صفوان - الرخيمة الهيدروجيولوجية. طوبوغرافيًا، يرتفع سطح الأرض في هذه المنطقة تدريجيًا من الشرق إلى الغرب بارتفاعات تتراوح بين (22 م) و(385 م) فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في الشكل (5-7).

يمثل نهر الفرات والعيون الواقعة على طول صدع أبو جير منطقة التصريف الإقليمية لهذه المنطقة، لذا فهي تمثل إحدى مناطق مستجمعات المياه (Watersheds) لنهر الفرات. أما مناطق التغذية للخزانات الجوفية في هذه المنطقة فتقع في الجزء الغربي منها، والتي تتمثل بالأمطار الساقطة والمياه المترشحة من الجريان السطحي في الوديان الموسمية.



الشكل (5-7):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (watersheds) لمنطقة تخاديد - بصية الهيدروجيولوجية.

الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية هو نحو الشمال الشرقي على طول الضفة اليمنى لنهر الفرات، مع تواجد اتجاهات محلية مختلفة لحركة المياه الجوفية في هذه المنطقة اعتمادًا على الوضع الجيولوجي للتكوينات الحاملة للمياه وطبيعة التراكيب والتضاريس، خاصة بالقرب من الحدود العراقية - السعودية في منطقة أنصاب، كما هو موضح في الشكل

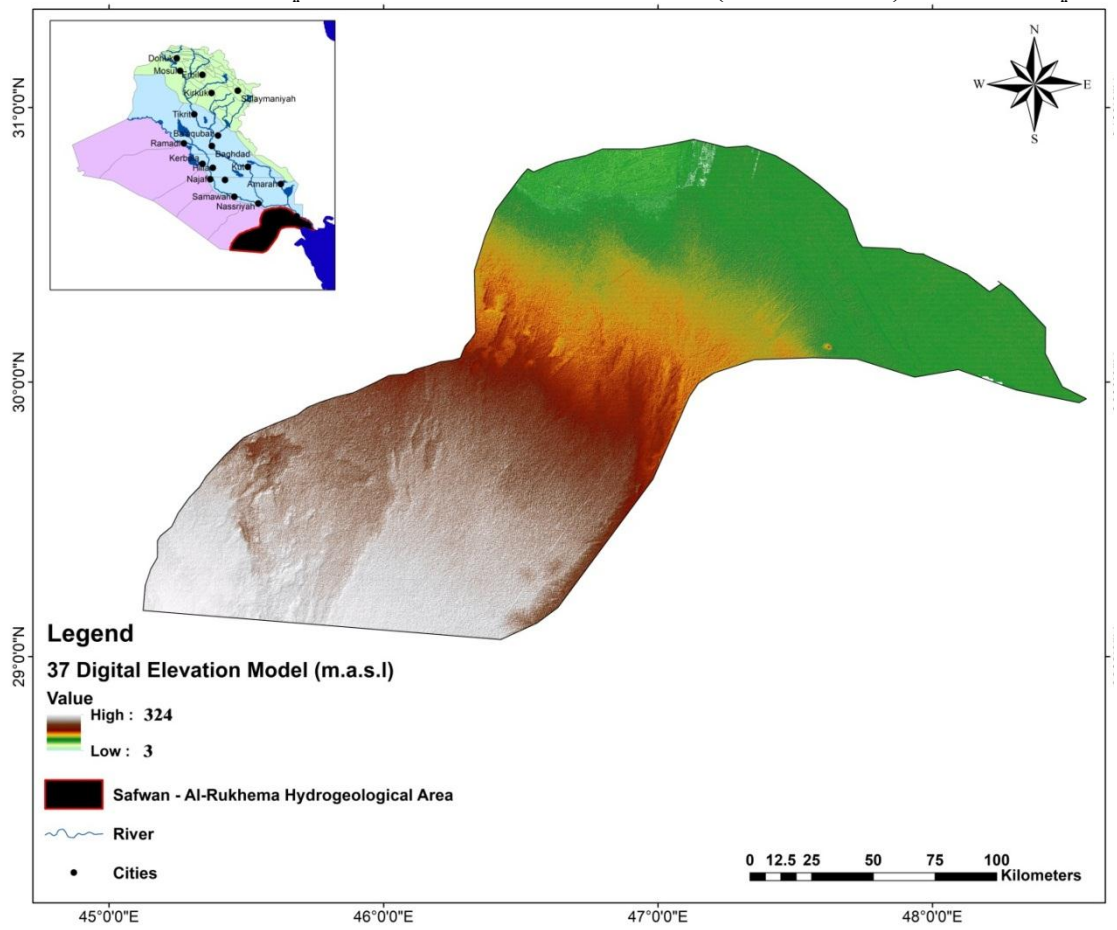
(5-2). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (99.5 ملم/سنة)، و(23.7 درجة مئوية) و(3412 ملم) على التوالي، وذلك للفترة (1979 - 2014).

تعتبر تكوينات الطيارات ، أم ارضمة ، الدمام ، الغار/الفرات والدبدبة التكوينات الرئيسة الحاملة للمياه في هذه المنطقة.

6-2-5 منطقة صفوان - الرخيمة الهيدروجيولوجية Safwan – Al-Rukhema Hydrogeological Area

تقع هذه المنطقة في الجزء الجنوبي الغربي من الصحراء العراقية بين الحدود العراقية - السعودية - الكويتية ومنطقة تخاديد - بصية الهيدروجيولوجية. وهي تمثل حوالي (10.7%) من إجمالي مساحة الصحراء العراقية، اذ تغطي تقريبًا (22000 كم^2)، بارتفاعات تتراوح بين (3 م) و(324 م) فوق مستوى سطح البحر، والتي تزداد تدريجيًا من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي مع بعض الاستثناءات، كما هو موضح في الشكل (5-8). تمتد هذه المنطقة الهيدروجيولوجية خارج العراق إلى الكويت والمملكة العربية السعودية.

يمثل نهري الفرات وشط العرب منطقة التصريف الاقليمية لهذه المنطقة. أما منطقة التغذية فتقع في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من هذه المنطقة، وتتمثل في مياه الأمطار والمياه المترشحة من الجريان السطحي في الوديان الموسمية. إن الاتجاه العام للمياه الجوفية هو نحو الشرق والجنوب الشرقي، كما هو موضح في الشكل (5-2). يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر الكامن في هذه المنطقة حوالي (99.5 ملم/سنة) و(26.3 درجة مئوية) و(4000 ملم) على التوالي، وذلك للفترة (1979 - 2014). يعتبر خزان الدبدبة الخزان الرئيس في هذه المنطقة.



الشكل (5-8):- يوضح خريطة مستجمعات المياه (watershed) لمنطقة صفوان - الرخيمة الهيدروجيولوجية.

3-5 الخزانات الجوفية الرئيسة في إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي Main Aquifers in the Desert Hydrogeological Region

أظهرت التحريات الهيدروجيولوجية والمسوحات الجيوفيزيائية وجود أربعة عشر تكوينًا رئيسًا حاملًا للمياه في إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي. تتراوح أعمار هذه التكوينات من العصر البرمي ضمن حقبة الحياة القديمة إلى عصر البليوسين - البلايستوسين ضمن الحقبة الحديثة، كما هو موضح في الجدول (5-1).

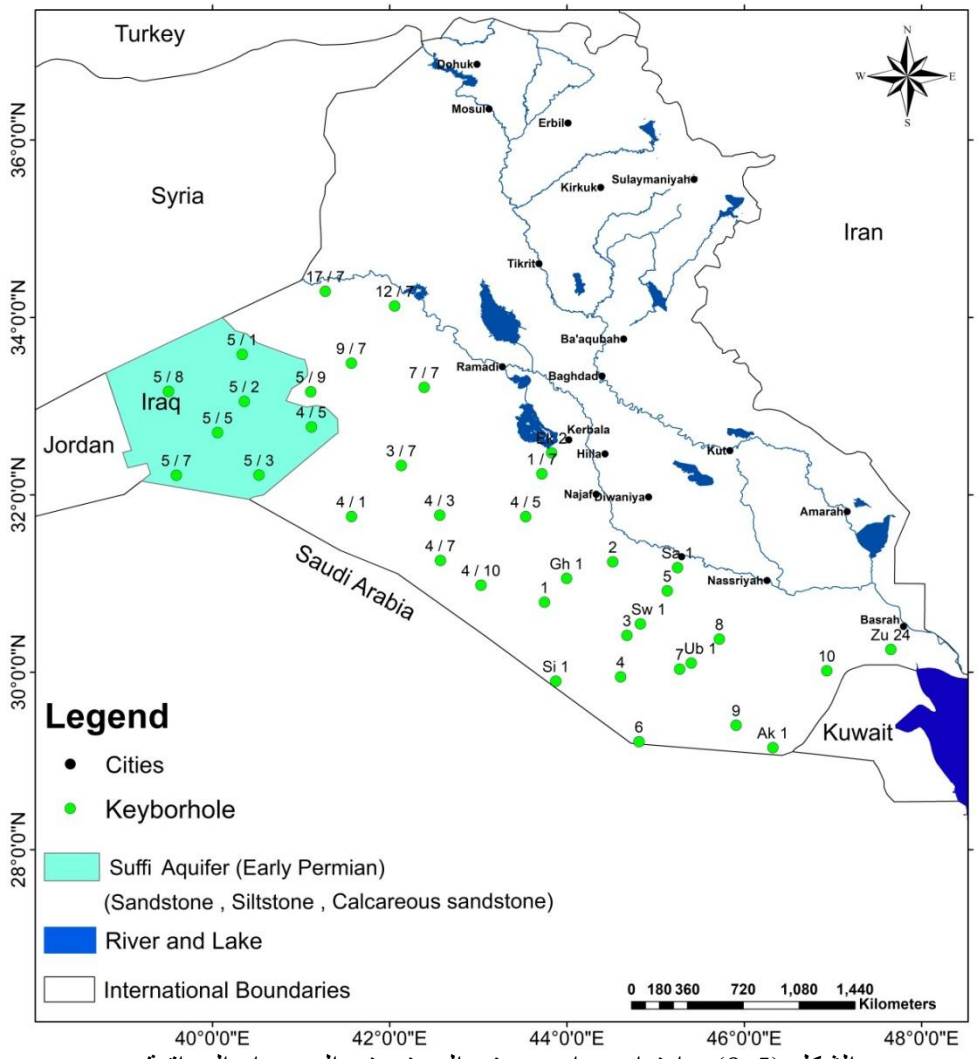
الجدول (5-1):- المعلومات الهيدروجيولوجية الرئيسة للخزانات الجوفية في الصحراء العراقية.

ت No.	الخزان Aquifer	نوع الخزان Type of Aquifer	الطبقة الحاملة للمياه Water Bearing Strata	العمر Age
1	Suffi	Confined	Sandstone and Carbonate Rocks	Middle Permian
2	Ga`ara	Mostly Confined	sandstones	Early – Late Permian
3	Mulussa	Mostly Confined	Carbonate Rocks	Late Triassic
4	Muhaiwir	Unconfined	Carbonate Rocks and Sandstone	Middle Jurassic
5	Rutbah	Unconfined	Sands and Sandstone	Late Cretaceous, Cenomanian
6	Hartha	Confined	Carbonate Rocks	Late Campanian – Early Maastrichtian
7	Tayarat	Confined	Carbonate Rocks	Late Maastrichtian
8	Akashat Equivalent of Umm Er Radhuma	Mostly Confined	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Middle – Late Paleocene
9	Umm Er Radhuma	Mostly Confined	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Middle – Late Paleocene
10	Dammam	Mostly Unconfined	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Early – Late Eocene
11	Euphrates	Mostly Unconfined	Karstic Fracture Carbonate Rocks	Early Miocene
12	Char Equivalent of Euphrates	Partly Confined	Sandstone, Pebbly Sandstone and Limestone	Early Miocene
13	Injana-Dibdbba	Mostly Unconfined	Sandstone and Siltstone	Late Miocene
14	Dibdbba	Mostly Unconfined	Pebbly Sandstone and Sandstone	Pliocene – Pleistocene

تعتبر هذه التكوينات أكثر التكوينات الحاملة للمياه امتدادًا وأهمية في هذه المنطقة نظرًا لمحتواها المائي العالي، وهي تتكون من الصخور الجيرية والفتاتية، وتتضمن الخزانات الجوفية المحصورة، وشبه المحصورة، وغير المحصورة. وسيتم وصف الخصائص الهيدروجيولوجية والهيدروكيميائية لهذه الخزانات الجوفية بشكل موجز، وكما يلي:

1-3-5 خزان صوفي الجوفي Suffi Aquifer

تكوين الصوفي هو التكوين الوحيد الحامل للمياه ضمن حقبة الحياة القديمة. أعيد تسميته من قبل جاسم وبوداي في جاسم وكوف (Jassim and Buday in Jassim and Goff, 2006) إلى اسم تكوين بير الراح. يشير سيساكيان ومحمد (Sissakian and Mohammed, 2007) إلى أن هذا التكوين يعتبر وحدة غير رسمية. يعود عمر هذا التكوين إلى العصر البرمي ويتكون بشكل رئيس من تناوب الحجر الطيني والسجيل (الطفل) والحجر الرملي (بأحجام حبيبات مختلفة) والحجر الجيري الدولوميتي، مع وجود طبقات من السجيل الأسود مع الحجر الرملي في الجزء الأسفل من هذا التكوين (Sissakian and Mohammed, 2007). إن هذا التكوين يشابه من الناحية الليثولوجية تكوين الكعرة الموجود فوقه، ما عدا احتواءه على طبقات أكثر من الصخور الجيرية والمتبخرات (Consortium, 1981). يمثل هذا التكوين الحامل للمياه مصدراً مهماً غير مستغل للمياه الجوفية الى وقتنا الحالي ؛ نظراً لوجوده على أعماق كبيرة، وهو يمتد تحت السطح على مساحة تقارب (38000 كم^2) في الأجزاء الغربية من إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي، كما موضح في الشكل (5-9).



الشكل (5-9):- امتداد خزان صوفي الجوفي في الصحراء العراقية.

لا تتوفر أي بيانات حديثة عن هذا الخزان، فجميع البيانات التي تم الحصول عليها كانت من الآبار العميقة التي حفرت في القاطع رقم (5) من قبل كونسورتيوم (Consortium, 1981)، ضمن منطقتي الرطبة والرزازة الهيدروجيولوجيتين. اخترقت هذه الآبار هذا الخزان جزئيًا، كما هو مبين في الجدول (5-2). وقد أظهر الوصف الليثولوجي للبئر (KH 5/1) وجود نطاقين من الطبقات الحاملة للمياه ضمن هذا التكوين. فُحص النطاق الأول على عمق بين (720 إلى 1350 م) مع الخزان الأسفل ضمن تكوين الكعرة، وقد أظهرت النتائج أن قيم النفاذية كانت بحدود (100 م^2/يوم). بينما فُحص النطاق الثاني على عمق (855 – 1350م)، وأظهرت نتائج الفحص أن معدل قيم النفاذية بلغ (37 م^2/يوم). في حين بلغ معدل التصريف (535م^3/يوم)، وكان منسوب الماء الاستقراري على عمق (57.8م) تحت سطح الأرض. كما أظهرت نتائج الضخ للآبار الأخرى (KH 5/3 وKH 5/5)، أن معدل النفاذية كان (36م^2/ يوم) ومعدل التصريف (704م^3/يوم)، وكان منسوب الماء الاستقراري على عمق (316.6م) تحت سطح الأرض للبئر (KH 5/3). وفي المقابل، كان معدل النفاذية (350م^2/ يوم)، ومعدل التصريف (1000م^3/ يوم)، وكان منسوب الماء الاستقراري على عمق (300.3م) تحت سطح الأرض للبئر (KH 5/5)، (Consortium, 1981).

أظهرت نتائج التحليل الهيدروكيميائي لعينة من مياه البئر (KH 5/5) أن ملوحة المياه كانت بحدود (2332 ملغم/لتر) مع مياه من نوع صوديوم- كلوريدية، وهذه النتائج تشبه نتائج التحليل لمياه خزان الكعرة. وهذا يدل على عدم وجود حد فاصل بين خزان الكعرة الجوفي والخزان الأعلى ضمن تكوين الصوفي. لذلك، نعتقد بوجود اتصال هيدروليكي بين هذين الخزانين.

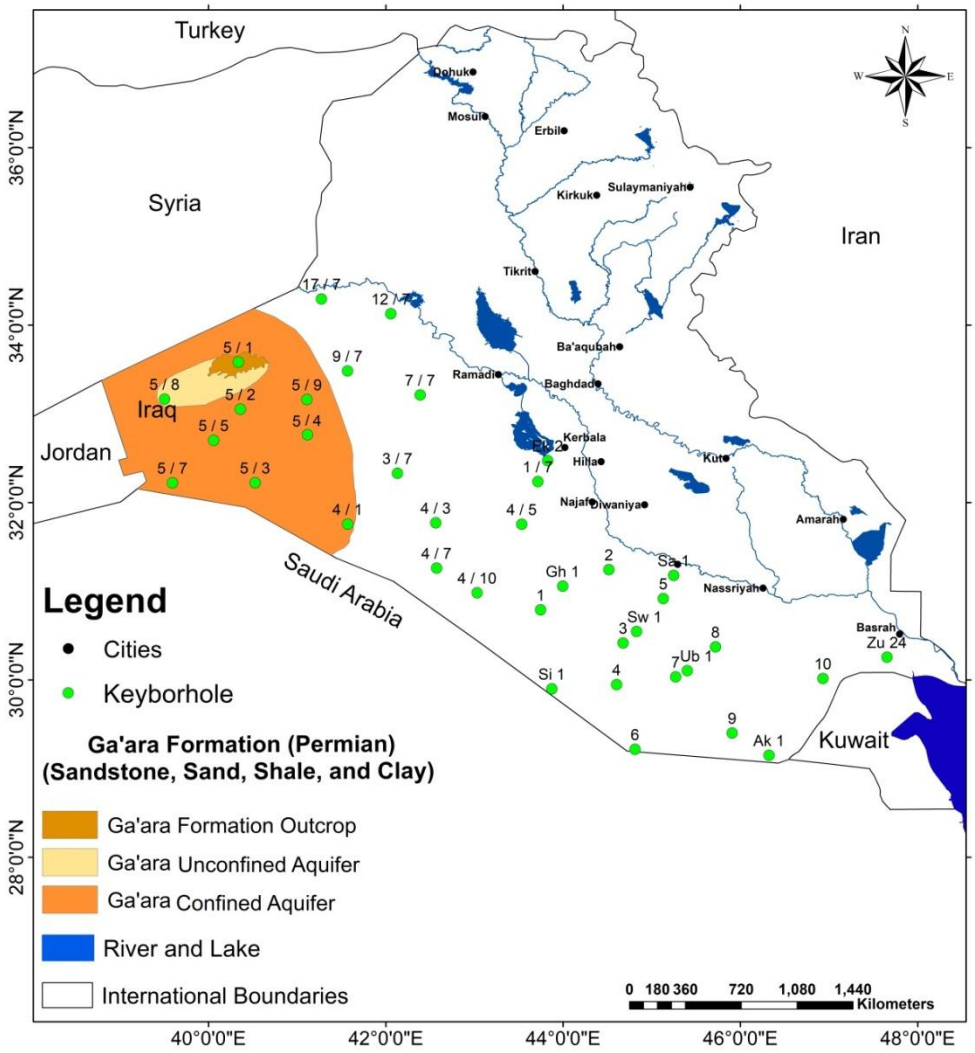
كما يظهر التحليل الكيميائي لعينة مياه من البئر (KH 5/1) أن ملوحة المياه الجوفية كانت بحدود (8316 ملغم/لتر)، مما يشير إلى وجود تأثير للسجيل الأسود (Black Shale) الذي يتواجد في الجزء الأسفل من هذا التكوين على المياه الجوفية. في الوقت نفسه، يشير الجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al – Bassrawi, 2007) إلى أن هذه المياه قد تمثل مياهًا نفطية أو قد تكون مختلطة مع مياه نفطية عميقة. على أي حال، تقع منطقة تغذية خزان الصوفي الجوفي خارج الحدود العراقية (Consortium, 1981).

الجدول (5-2):- سمك الاختراق في تكوين الصوفي.

رقم البئر Well No.	العمق المخترق Penetration Depth (m)	السمك المخترق Penetrated Thickness (m)
KH 5/1	720 – 1600	880
KH 5/2	870 – 950	80
KH 5/3	1055 – 1200	145
KH 5/4	475 – 600	125
KH 5/5	385 – 850	465
KH 5/7	700 – 750	50
KH 5/8	750 – 802.2	52.5

2-3-5 خزان الكعرة الجوفي Ga`ara Aquifer

يمتد تكوين الكعرة (البيرمي المبكر - المتأخر) في الجزء الشمالي الغربي من الصحراء العراقية، ويشغل مساحة تقدر بـ (45000 كم^2) تقريبًا، وتنكشف طبقاته فقط في منخفض الكعرة ضمن مساحة تبلغ (1500 كم^2) (Al Jawad and Ridha, 2008)، كما هو موضح في الشكل (5-10). يتكون هذا التكوين من حجر رملي أحمر ومتعدد الألوان، وحجر غريني، وسجيل، وحجر طيني. طبقات الحجر الرملي مسامية وتتناوب مع طبقات الحجر الطيني ذات النفاذية المنخفضة. وهي في الغالب متوسطة إلى ناعمة الحبيبات، بينما يندر وجود الحجر الرملي خشن الحبيبات (Tamer Agha, 1989). أدى التناوب بين طبقات الحجر الرملي والحجر الطيني إلى وجود أكثر من خزان جوفي ضمن هذا التكوين بأنواع محصورة، وشبه محصورة، وغير محصورة. تشكل الطبقات المائية الحاملة للمياه ضمن هذا التكوين الخزانات الجوفية الرئيسة في الجزء الشمالي الغربي من إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي، كما انها تمثل أعمق خزان جوفي في بعض المواقع، وفقًا (Consortium, 1981).



الشكل (5-10):- يوضح امتداد خزان الكعرة الجوفي ، (Al Jawad and Ridha, 2008).

اِخْتَرَقتْ الطبقات الحاملة للمياه في هذا التكوين بشكل كامل وجزئي بواسطة العديد من الآبار في منطقتي الرطبة والرزازة الهيدروجيولوجيتين، كما هو موضح في الجدول (5-3). وأشارت بيانات هذه الآبار إلى وجود خزانين جوفيين

ضمن طبقات هذا التكوين، خزان أعلى وخزان أسفل. الخزان العلوي في هذا التكوين هو خزان جوفي غير محصور أو شبه محصور. الخصائص الهيدروليكية لهذا الخزان أشارت إلى أن معامل النفاذية يتراوح بين (0.5 - 620 م^2/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 - 13.9 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (48 - 540 م^3/يوم)، أما مستوى الماء الاستقراري فقد تراوح بين (29.8 - 461 م) تحت سطح الأرض.

الجدول (5-3):- سمك الاختراق في تكوين الكعرة، (Al-Jiburi and Al – Bassrawi, 2007).

نوع الاختراق Type of penetration	السمك المخترق Penetrated Thickness	العمق المخترق Penetration Depth	رقم البئر Well No.
Fully	720	0 – 720	KH 5/1
Fully	716	154 – 870	KH 5/2
Fully	670	385 – 1055	KH 5/3
Fully	293	92 – 385	KH 5/5
Fully	458	242 – 700	KH 5/7
Fully	423	750 – 802.2	KH 5/8
Partial	233	167 – 400	RW-3
Partial	300	120 – 425	RW-5
Partial	5	162 – 167	RW-9
Partial	425	80 – 505	BH 2
Partial	50.6	229.5 – 280.1	BH 6
Partial	29	333 – 362	BH 15
Partial	34	773 – 807	KH 4/1

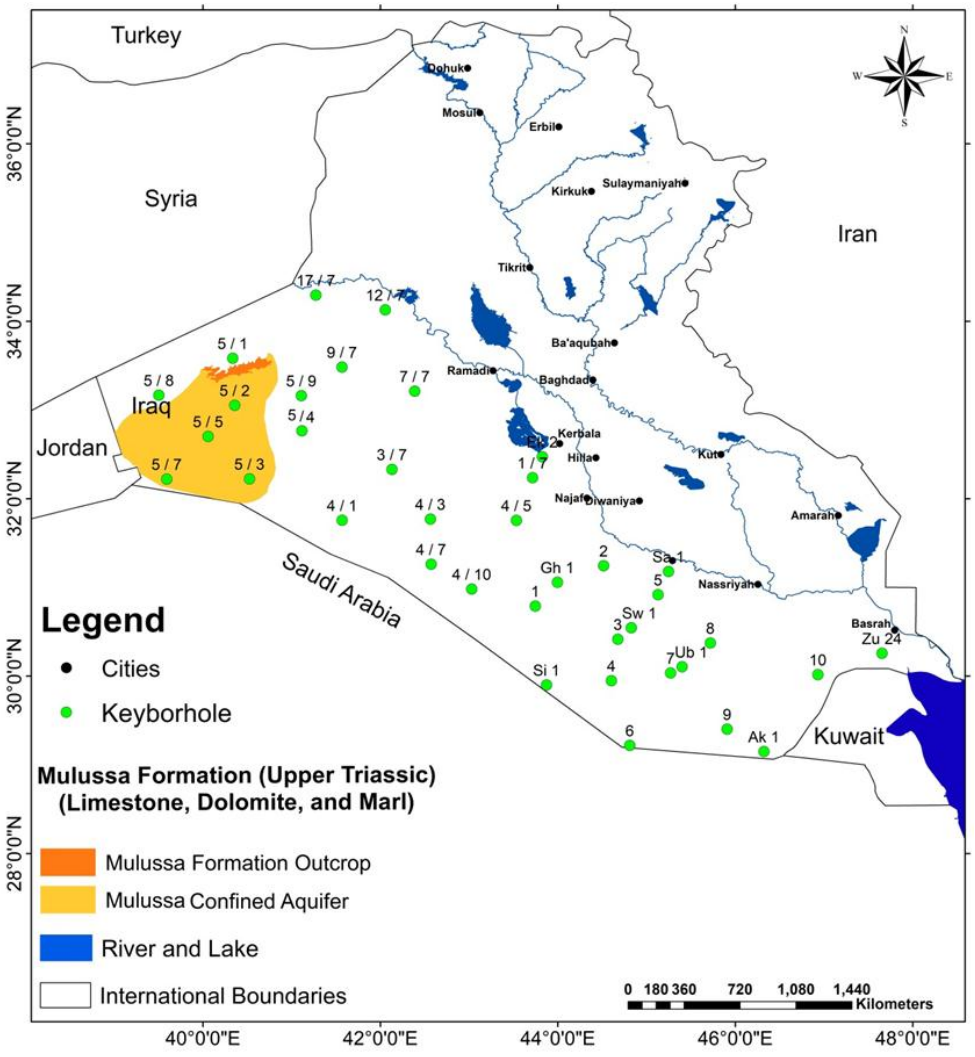
فيما يتعلق بالخزان الأسفل، تشير البيانات المتوفرة إلى أنه في الغالب خزان جوفي محصور ، تراوح معامل نفاذيته بين (10 - 250 م^2/ يوم)، وتراوحت التوصيلية الهيدروليكية له بين (0.1 - 19 م/يوم)، بينما تراوح تصريف الآبار فيه بين (226 - 2872 م^3/ يوم)، أما مستوى الماء الاستقراري فقد تراوح بين (83.5 - 379.5 م) تحت سطح الأرض.

أظهرت بيانات التحليل الهيدروكيميائي أن ملوحة المياه الجوفية في الخزان العلوي تتراوح بين (318 - 2279 ملغم/لتر)، بينما كانت في الخزان الأسفل على حيث تراوحت بين (1120 - 2208 ملغم/لتر). بشكل عام، تتواجد أنواع مختلفة من المياه ضمن الطبقات الصخرية الحاملة للمياه في هذا الخزان: مياه كلوريدية، وكبريتية، وبيكربوناتية (Consortium, 1981).

بالمقارنة، يعتبر الخزان العلوي أفضل من الخزان الأسفل؛ لأنه يحتوي على كميات كبيرة من المياه الجوفية ذات النوعية الجيدة. على أي حال، يتم تغذية الخزان العلوي مباشرة من هطول الأمطار على مكاشف صخور هذا التكوين، وكذلك من خلال ترشح المياه السطحية من الوديان الموسمية الجريان (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2007).

3-3-5 خزان ملصة الجوفي Mulussa Aquifer

يتكون تكوين ملصة (الترياسي المتأخر) من الدولوميت والحجر الجيري الدولوميتي والحجر الجيري، وأحيانًا يكون رمليًا، مع تداخلات من المارل والطين. ينكشف هذا التكوين فقط في منخفض الكعرة في الجزء الغربي من إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي، اذ تعرض لعمليات التجوية والتعرية في المناطق الواقعة بين منخفض الكعرة ونهر الفرات (Jassim and Buday in Jassim and Goff, 2006). يعتبر هذا التكوين خزانًا مائيًا في المنطقة الواقعة جنوب غرب منخفض الكعرة ضمن منطقتي الرطبة والرزازة الهيدروجيولوجيتين، ويشغل مساحة تقارب (19300 كم²) (Al Jawad and Ridha, 2008)، كما هو موضح في الشكل (5-11). يعتبره بعض الباحثين خزانًا جوفيًا معلقًا فوق خزان الكعرة ضمن منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية ، ويزداد عمقًا تدريجيًا ليتحول إلى خزان جوفي محصور بدل الخزان المعلق تدريجيًا في شمال وجنوب هذه المنطقة (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2007).



الشكل (5-11):- يوضح امتداد خزان ملصة الجوفي ، (Al Jawad and Ridha, 2008).

أظهرت العديد من الآبار التي تخترق هذا الخزان الجوفي كليًا أو جزئيًا أنه يتميز بسمك متغير من منطقة إلى أخرى. ففي بئر (KH 5/6)، الذي يقع حاليًا خارج الحدود العراقية (في الأردن)، ظهر هذا الخزان على عمق يتراوح بين (440 - 525 م)، وبسمك يبلغ حوالي (85 م). أما في البئر (KH 5/9)، فقد ظهر هذا الخزان على عمق يتراوح بين (438 - 580 م)، وبسمك إجمالي بلغ (142 م). بينما في بئر (KH 5/2)، بلغ سمك هذا الخزان الجوفي حوالي (131 متر). بشكل عام، ينتهي امتداد هذا الخزان عند حافة منخفض الكعرة.

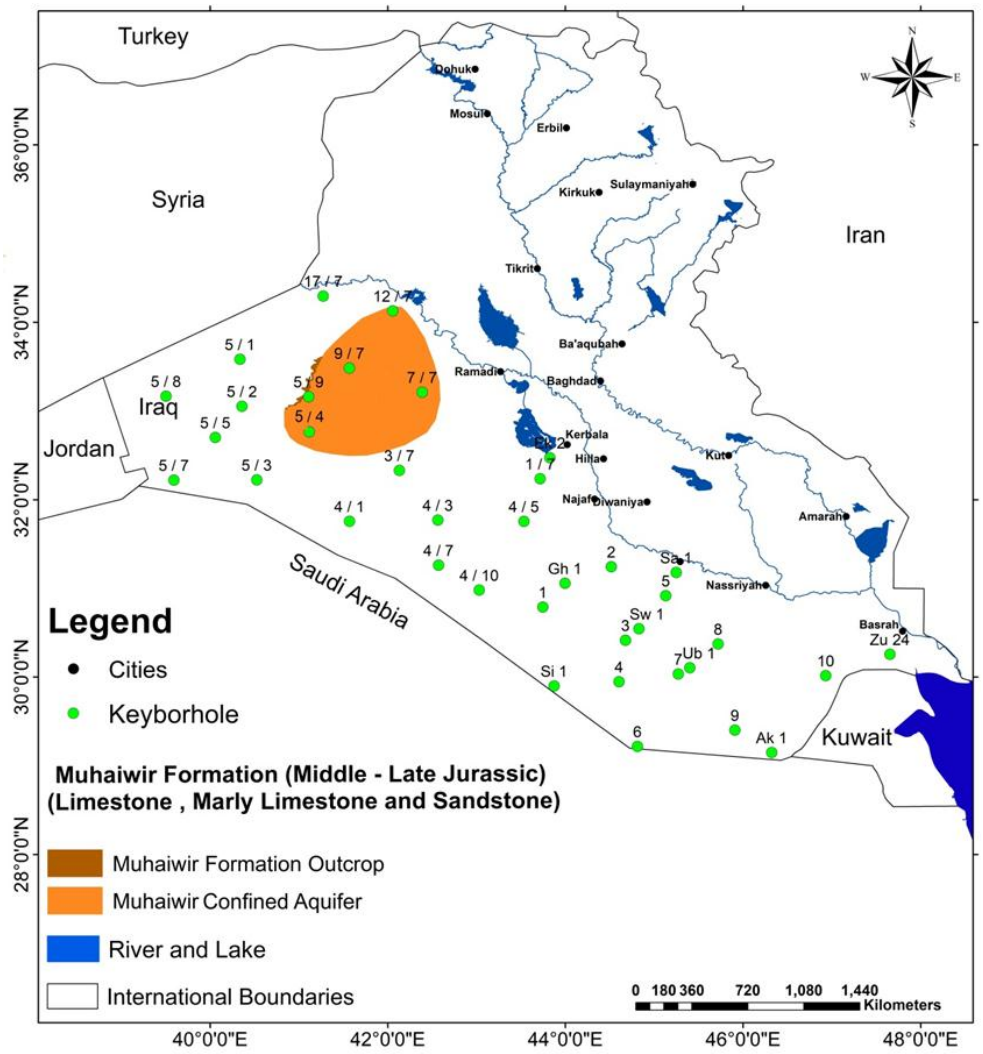
أظهرت نتائج الضخ الاختباري التي أجريت في العديد من الآبار أن قيم النفاذية في هذا الخزان الجوفي تتراوح بين (0.8 - 397 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.03 - 4.4 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح من (22 - 864 م³/يوم)، وأن مستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (2 - 350 م) تحت سطح الأرض. تشير هذه النتائج إلى وجود اختلافات واسعة في الخصائص الهيدروليكية لهذا الخزان؛ قد تكون هذه الاختلافات بسبب طبيعة وخصائص الطبقات الحاملة للمياه ضمن هذا التكوين والمكونة من الدولوميت والحجر الجيري الدولوميتي ذات التجاويف والفجوات القليلة. لذلك، تم تصنيف هذا الخزان الجوفي على أنه ذو نفاذية عالية إلى متوسطة وتوصيلية هيدروليكية قليلة إلى متوسطة (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2007).

كما أشارت نتائج التحليل الهيدروكيميائي إلى أن ملوحة المياه الجوفية ضمن هذا الخزان قد تراوحت بين (265 - 2943 ملغم/لتر) مع مياه بيكربوناتية وكلوريدية وكبريتية النوع على التوالي. بشكل عام، هو يمتيز بمياه عذبة أقل من (1000 ملغم/لتر). لذلك، فهي تمثل أفضل نوعية مياه متوفرة في مدينة الرطبة والمناطق المحيطة بها (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2002b; Al-Dabbaj and Al-Khashab, 2002a) in (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2015). إن منطقة التغذية لهذا الخزان الجوفي هي مرتفع الرطبة على طول وادي حوران وروافده. بالإضافة إلى ذلك، تعتبر مكاشف هذا التكوين في الجزء الجنوبي من منخفض الكعرة مصدرًا آخرًا للتغذية (Hussien and Fayyadh, 2011).

5-3-4 خزان محيور الجوفي Muhaiwir Aquifer

تكوين محيور (الجوراسي الأوسط) هو وحدة غير متجانسة نسبيًا، تتكون بشكل رئيسي من جزأين. يتكون الجزء العلوي من الحجر الجيري المتناوب مع الحجر الرملي والحجر الجيري المارلي، بينما يتكون الجزء الأسفل بشكل رئيسي من الحجر الجيري مع نطاقات رقيقة من الحجر الرملي (Jassim and Buday in Jassim and Goff, 2006). ينكشف هذا التكوين في وادي حوران، الواقع على بعد (10 كم) شرق قصر محيور (Sissakian and Mohammed, 2007). امتداده تحت السطحي غير واضح، خاصة في الأجزاء الغربية من مدينة الرطبة، كما هو موضح في الشكل (5-12)، اذ يظهر فقط في الآبار (KH 5/9، 5/4، 7/7، 7/9، و12/7) الواقعة ضمن منطقتي الرطبة والرزازة الهيدروجيولوجيتين، كما هو مبين في الجدول (5-4). ومع ذلك، تتميز الطبقات الحاملة للمياه في هذا التكوين بمحتوى مائي جيد وكبير بسبب وجود التجاويف والفراغات (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 20015).

أشارت نتائج الضخ الاختباري التي أُجريت في هذا الخزان الجوفي إلى أن قيم النفاذية تتراوح بين (9 - 1243 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 - 9.3 م/يوم)، وتصاريف الآبار تتراوح بين (46 - 1296 م³/يوم). أما مستوى الماء الاستقراري فقد تراوح بين (99.6 - 306.4 متر) تحت سطح الأرض. كما أشارت نتائج التحليل الهيدروكيميائي إلى أن ملوحة المياه الجوفية قد تراوحت بين (355 - 5868 ملغم/لتر)، مع وجود مياه بيكربوناتية وكلوريدية وكبريتية النوع.



الشكل (5-12):- يوضح امتداد خزان محيور الجوفي ، (Al Jawad and Ridha, 2008).

الجدول (5-4): سمك الاختراق في تكوين محيور، (Consortium, 1978 and 1981).

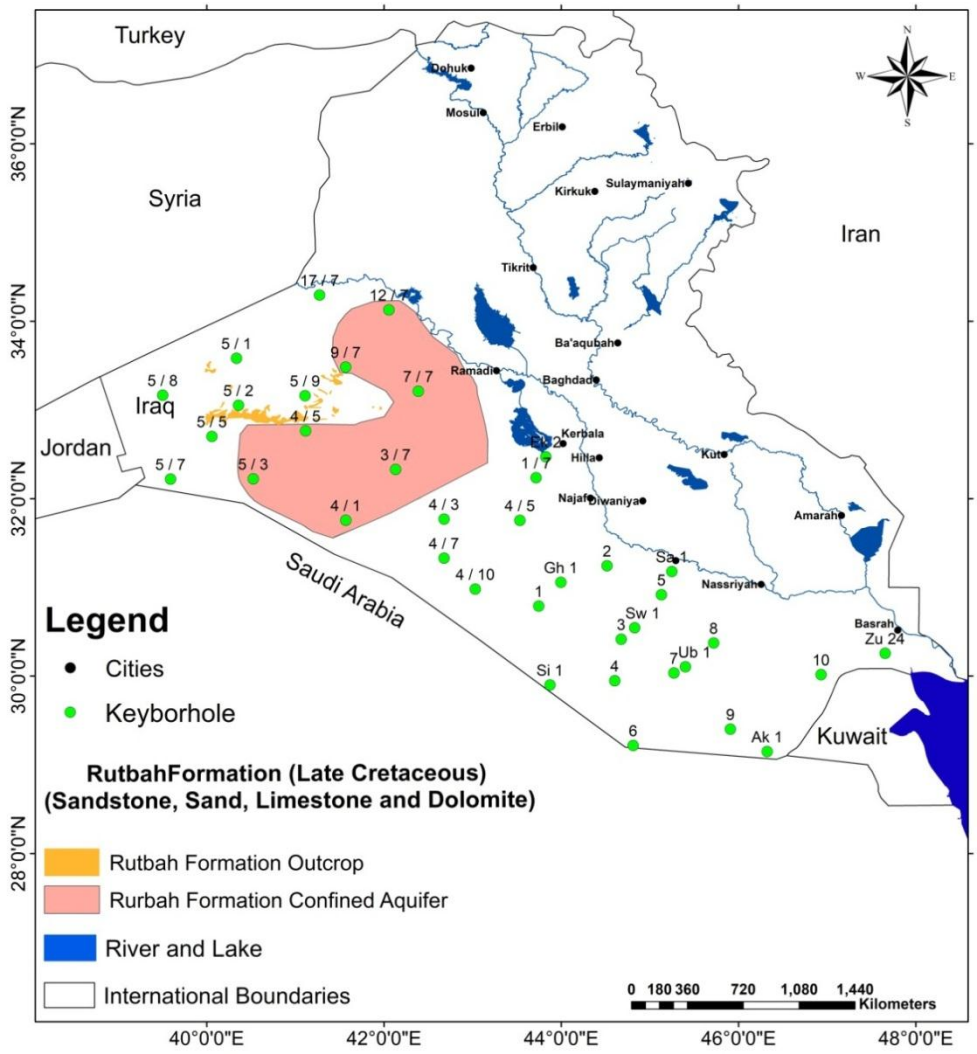
رقم البئر Well No.	العمق المخترق Penetration Depth (m)	سمك الاختراق Penetrated Thickness (m)	نوع الاختراق Type of penetration
KH 5/4	714 – 870	139	Fully
KH 5/9	870 – 950	190	Fully
KH 7/7	714 – 870	156	Partial
KH 7/9	199 – 580	381	Fully
KH 7/12	552 – 902	350	Partial

وفقًا للدراسة التي أجراها (Consortium) في عامي (1978 و 1981)، تم التمييز بين نوعين من الخزانات الجوفية في البئر (KH 9/7). أظهرت نتائج التحليل الهيدروكيميائي لنموذجين من مياه هذه الخزانات أن ملوحة المياه في الخزان

الجوفي العلوي، الواقع على عمق يتراوح بين (225 - 320 م) كانت (580 ملغم/لتر) مع مياه من نوع البيكربونات. في حين أن ملوحة المياه في الخزان الجوفي الأسفل، الواقع على عمق يتراوح بين (367 - 500 م) كانت (14398 ملغم/لتر) مع مياه من نوع الكلوريدات. ويشير هذا إلى أن نوع المياه البيكربوناتية يُظهر المصدر القريب والمباشر لتغذية المياه الجوفية. على الجانب الآخر، يُرجح أن مياه الخزان الجوفي الأسفل تنبعث من تسرب المياه النفطية العميقة إلى هذا الخزان الجوفي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2015).

5-3-5 خزان الرطبة الجوفي Rutbah Aquifer

أكد معظم الباحثين أن تكوين الرطبة (الطباشيري المتأخر، السينومانيان) ينكشف في وادي حوران على بعد حوالي (20 كم) جنوب مدينة الرطبة، ثم يمتد تحت سطح الأرض جنوبًا وشرقًا ليشكل خزانًا مائيًا في مناطق الرطبة والرزازة والمعانية الهيدروجيولوجية، كما هو موضح في الشكل (5-13). يتكون هذا التكوين من حجر رملي ناعم إلى خشن الحبيبات، وأحيانًا يكون حصويًا وكوارتزيتيًا. ثم يتحول تدريجيًا إلى طين غريني مارلي أصفر، دولوميتي محليًا، وحجر جيري غريني رملي مع محار (Jassim and Buday in Jassim and Goff, 2006; Sissakian and Mohammed, 2007).



الشكل (5-13):- يوضح امتداد خزان الرطبة الجوفي ، (Al Jawad and Ridha, 2008).

اخترق هذا الخزان المائي كليًا و جزئيًا بواسطة العديد من الآبار في مواقع مختلفة من إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي، كما هو موضح في الجدول (5-5). وقد أظهرت المقاطع الليثولوجية لهذه الآبار أنه يتميز بسمك متغير من موقع إلى آخر. اذ بلغ أكبر سمك له (301.6 م) في البئر (B4/7)، الواقع شمال البئر (KH 7/7)، بينما كان أقل سمك له (20 م) في البئر (4/5).

أظهرت عملية الضخ الاختباري في البئر (B4/7) أن قيم النفاذية لهذا الخزان كانت (2533 م^2/يوم)، والتوصيل الهيدروليكي (16.6 م/يوم)، وتصريف البئر (1924 م^3/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري (155.2 م) تحت سطح الأرض. كذلك، أشار التحليل الهيدروكيميائي لعينة من مياه هذا الخزان إلى أن الملوحة كانت (2590 ملغم/لتر)، وأن الماء من النوع الكلوريدي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2015).

كما أظهرت نتائج الضخ الاختباري لهذا الخزان في البئر (B13/7) الواقع شمال شرق البئر (KH 7/9) ضمن منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية، أن النفاذية كانت (500 م^2/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية (9 م/يوم)، وتصريف البئر (219 م^3/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري (223.7 م) تحت سطح الأرض. وبالمقارنة، أشار التحليل الهيدروكيميائي لعينة مياه من هذا البئر إلى أن ملوحة المياه الجوفية كانت (1250 ملغم/لتر) مع نوع مياه كبريتاتي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2015).

الجدول (5-5):- سمك الاختراق في تكوين الرطبة (Al-Jiburi and Al – Bassrawi, 2007).

رقم البئر Well No.	العمق المخترق Penetration Depth (m)	سمك الاختراق Penetrated Thickness (m)	نوع الاختراق Type of penetration
KH 5/3	76 – 280	65	Fully
KH 5/4	76 – 96	20	Fully
KH 7/3	476.25 – 695	218.75	Fully
KH 7/7	0 – 199	199	Fully
KH 7/9	357.5 – 552.5	195	Fully
KH 7/12	127 – 263	136	Fully
B 4/7	0 – 301.6	301.6	Partial
B 13/7	0 – 246	246	Partial
B 7/3	29 – 250	211	Fully
B 7/12	437.5 – 534.5	97	Fully
KH 1/4	546 – 679	133	Fully

في البئر (KH 4/1) الواقع غرب مدينة النخيب ضمن منطقة الرزازة الهيدروجيولوجية، أشارت نتائج الضخ الاختباري لهذا الخزان إلى أن قيم النفاذية كانت عالية جدًا، وكان تصريف البئر (639 م^3/يوم). في حين كان مستوى الماء الاستقراري على عمق (235.5 م) تحت سطح الأرض. وفي الوقت نفسه، أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينة مياه من هذا الخزان أن ملوحة المياه الجوفية كانت (1000 ملغم/لتر) مع مياه كلوريدية النوع (Idrotechneco, 1977).

بشكل عام، أظهرت نتائج الضخ الاختباري التي أُجريت في آبار عديدة أخرى أن معدل قيم النفاذية يتراوح بين (2 – 7000 م^2/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.2 – 19.8 م/يوم)، ومعدل تصريف الآبار يتراوح بين (52 – 2920 م^3/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (150.5 – 256 م) تحت سطح الأرض. بالإضافة إلى ذلك، تشير نتائج التحليل الهيدروكيميائي إلى أن ملوحة المياه الجوفية ضمن هذا الخزان كانت تتراوح بين (1000 – 3000 ملغم/لتر)، مع أنواع المياه البيكربوناتية والكلوريدية والكبريتية (Consortium, 1978 and 1981). تعكس هذه البيانات أن خزان الرطبة يتمتع بمحتوى مائي كبير. لذا، فهو يمثل أحد أهم الخزانات الرئيسة ضمن مناطق الرطبة ، الرزازة والمعانية الهيدروجيولوجية (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2015).

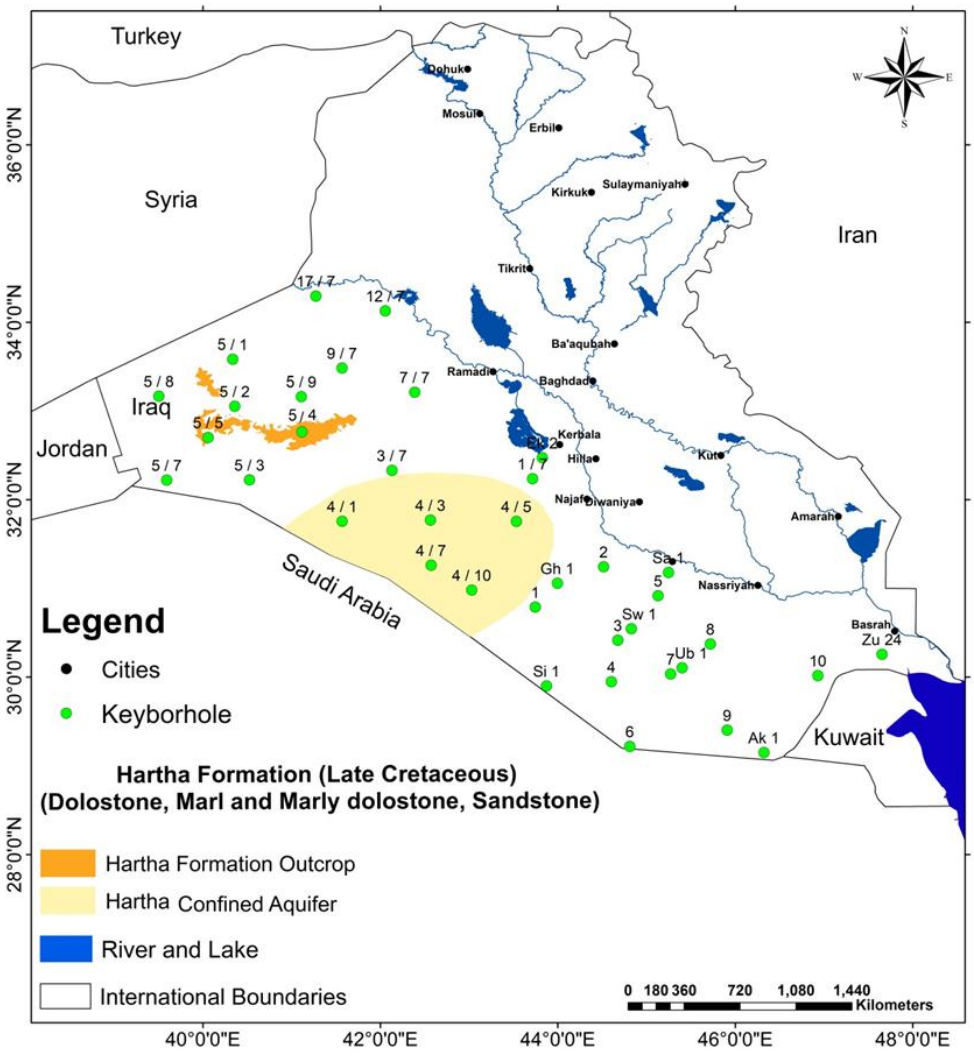
6-3-5 خزان الهارثة الجوفي Hartha Aquifer

ينكشف تكوين الهارثة (الكامبانيان المتأخر - الماسترختيان المبكر) في جنوب مدينة الرطبة بمساحة تقارب (1550 كم^2) تقريبًا، ثم يمتد تحت سطح الأرض في معظم أجزاء العراق باستثناء أقاليم التلاحم والزحف، والطيات العالية والواطئة (Sissakian and Mohammed, 2007). يعتبر هذا التكوين خزانًا مائيًا فقط في منطقتي الرزازة والمعانية الهيدروجيولوجيتين، وبمساحة (32718 كم^2) (Al Jawad and Ridha, 2008)، كما هو موضح في الشكل (5-14).

يتكون هذا التكوين بشكل رئيس من صخور جيرية وفتاتية. قسم المبارك وأمين (Al-Mubarak and Amin, 1983) هذا التكوين إلى عضوين في الصحراء الغربية: عضو جيري علوي وعضو فتاتي أسفل. يتناوب العضو الجيري العلوي بين الحجر الدولوميتي والمارل والحجر الدولوميتي المارلي والحجر الرملي المتناوب مع المارل. وفي الوقت نفسه، يتكون العضو الفتاتي الأسفل من الكونكلوميرات (المدملكات)، والحجر الرملي الحصوي والحجر الدولوميتي الرملي.

يتميز هذا الخزان الجوفي بسمك متغير في المواقع المختلفة وسط إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي ، كما هو موضح في الجدول (5-6). حيث يبلغ سمكه (426 م) في البئر (KH 4/3)، و(407 م) في البئر (KH 4/10)، و(394 م) في البئر (KH 4/7) ضمن منطقة المعانية الهيدروجيولوجية، ثم يقل السمك قليلًا باتجاه الشمال والشمال الغربي ليصل إلى (371 م) في البئر (KH 4/5) و(311 م) في البئر (KH 4/1) ضمن منطقتي الرزازة والمعانية الهيدروجيولوجيتين (Idrotechneco, 1977). يمكن وصف نتائج الضخ الاختباري التي أجريت في هذه الآبار باختصار كما يلي:

في البئر (KH 4/1) الواقع غرب مدينة النخيب ضمن منطقة الرزازة الهيدروجيولوجية، كانت قيم النفاذية عالية جدًا، وكان تصريف البئر (785.3 م3/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري (260.7 م) تحت سطح الأرض. وفي المقابل، أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينة مياه من هذا البئر أن ملوحة المياه الجوفية كانت بحدود (1500 ملغم/لتر) مع مياه كلوريدية النوع (Idrotechneco, 1977).



الشكل (5-14):- يوضح امتداد خزان الهارثة الجوفي ، (Al Jawad and Ridha, 2008).

الجدول (5-6):- سمك الاختراق في تكوين الهارثه (Idrotechneco، 1977).

نوع الاختراق Type of penetration	السمك المخترق Penetrated Thickness (m)	العمق المخترق Penetration Depth (m)	رقم البئر Well No.
Fully	311	168 – 479	KH 4/1
Fully	426	260 – 686	KH 4/3
Fully	371	569 – 941	KH 4/5
Fully	394	262 – 656	KH 4/7
Fully	407	391 – 798	KH 4/10

أظهرت نتائج الضخ الاختباري لهذا الخزان في البئر (KH 4/3) الواقع جنوب شرق البئر (KH 4/1) ضمن منطقة الرزازة الهيدروجيولوجية أن قيمية النفاذية كانت (2 م^2/يوم)، وكان تصريف البئر (198.7 م^3/يوم)، أما مستوى الماء الاستقراري فقد كان على عمق (117.95 م) تحت سطح الأرض. أشار التحليل الهيدروكيميائي لعينة مياه من هذا الخزان إلى أن ملوحة المياه الجوفية كانت (4006 ملغم/لتر) مع نوع مياه كبريتاتي (Idrotechneco, 1977).

في البئر (KH 4/5) الواقع جنوب شرق البئر (KH 4/1) ضمن منطقة المعانية الهيدروجيولوجية، تشير نتائج الضخ الاختباري لهذا الخزان الجوفي إلى أن النفاذية كانت (163.9 م^2/يوم)، وتصريف البئر (803.5 م^3/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري (39.5 م) تحت سطح الأرض. وفي الوقت نفسه، أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينة مياه من هذا الخزان الجوفي أن ملوحة المياه الجوفية كانت (4800 ملغم/لتر) من نوع المياه الكبريتية (Idrotechneco, 1977).

أظهرت نتائج الضخ الاختباري لهذا الخزان الجوفي في البئر (KH 4/7) الواقع ضمن منطقة المعانية الهيدروجيولوجية أن معدل النفاذية كان (181.4 م^2/يوم)، وتصريف البئر كان (164.7 م^3/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري (205.1 م) تحت سطح الأرض. كما أشار التحليل الهيدروكيميائي لعينة من مياه هذا الخزان الجوفي إلى أن ملوحة المياه الجوفية كانت (1800 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع (Idrotechneco, 1977).

في البئر (KH 4/10) الواقع ضمن منطقة المعانية الهيدروجيولوجية، أظهرت نتائج الضخ الاختباري لهذا الخزان الجوفي أن معدل النفاذية كان (588 م^2/يوم)، وتصريف البئر (2032 م^3/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري (117.7 م) تحت سطح الأرض. وفي الوقت نفسه، أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينة من مياه هذا الخزان أن ملوحة المياه الجوفية كانت (1868.8 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع (Idrotechneco, 1977).

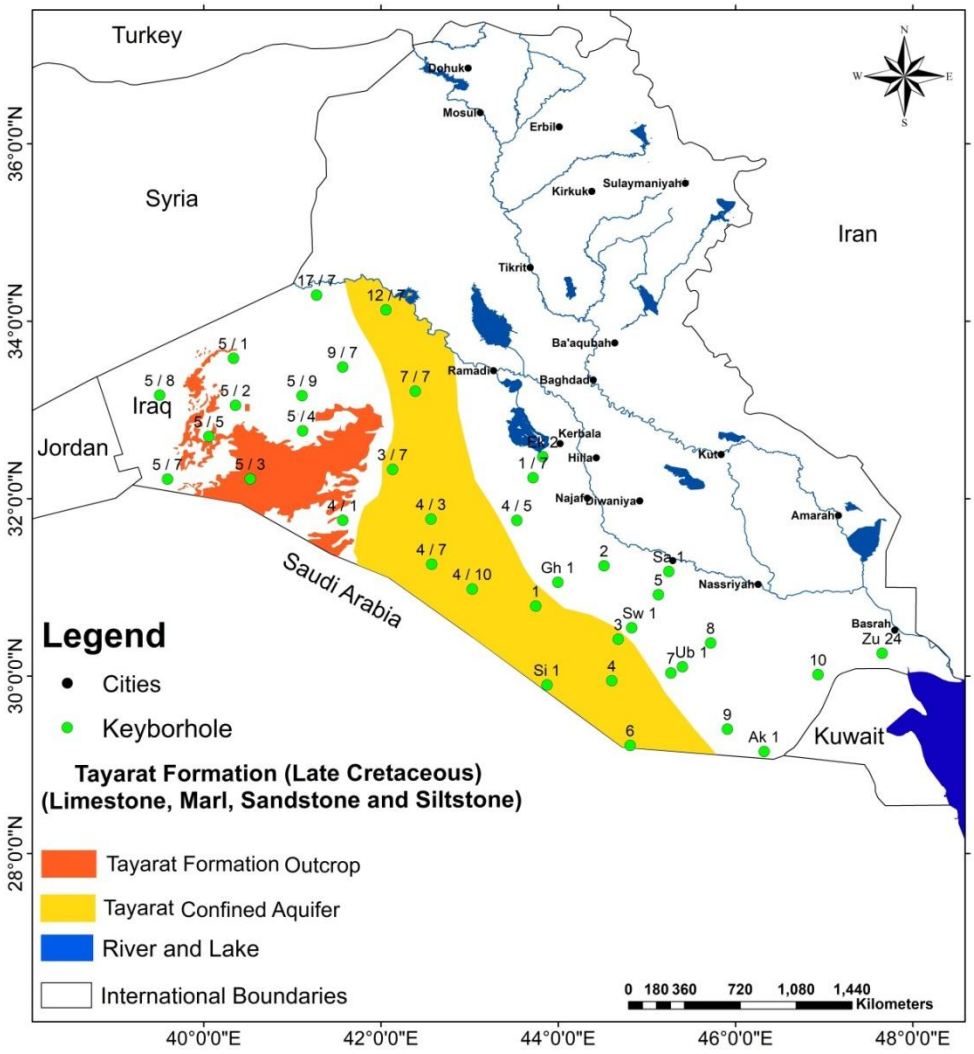
بشكل عام، أظهرت نتائج الضخ الاختباري وجود اختلاف كبير في قيم النفاذية لهذا الخزان الجوفي من بئر إلى آخر؛ وذلك بسبب الاختلاف في نوع الطبقات الصخرية الحاملة للمياه والاختلاف في الوضع التركيبي والجيولوجي. على سبيل المثال، تتواجد المسامية الثانوية في الطبقات الصخرية نتيجة وجود الشقوق والتكسرات فيها، وتكون أكثر تواجدًا في المناطق المتأثرة بالصدوع والحركات التكتونية (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2015)، اذ تلعب هذه المسامية دورًا كبيرًا في تحديد قيم النفاذية للطبقات الحاملة للمياه. على أي حال، أظهرت هذه النتائج أيضًا أن ملوحة المياه الجوفية تزداد عمومًا باتجاه الجنوب. لذلك، فإن أفضل منطقة لاستثمار المياه الجوفية في هذا الخزان الجوفي هي بالقرب من البئر (KH 4/1) لأنها تقع بالقرب من مناطق التغذية.

يتحول تكوين الهارثة إلى خزان نفطي في البئر (KH 7/1) الواقع شمال شرق البئر (KH 4/5)، ويستمر كخزان نفطي باتجاه المناطق الجنوبية من إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي.

5-3-7 خزان الطيارات الجوفي Tayarat Aquifer

وصف تكوين الطيارات (الماسترختي) لأول مرة في العراق من قبل بلن وآخرين (Bellen et al., 1959) في جبل الطيارات، الواقع على بعد (36 كم) جنوب مدينة الرطبة. ينكشف هذا التكوين على نطاق واسع في الجزء الأوسط من الصحراء الغربية، ويتكون من الحجر الجيري، والحجر الجيري الطيني، والحجر الجيري الدولوميتي المارلي، والحجر الدولوميتي. أحيانًا يتكون من الكونكلوميرات والحجر الغريني الرملي المغطى بالمارل مع عقد الصوان في الجزء الأسفل (Buday and Hak, 1980).

يعتبر الجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2015) أن خزان الطيارات الجوفي هو الخزان الأكثر أهمية ضمن جميع المناطق الهيدروجيولوجية في إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي، خاصة في مناطق عكاشات والرطبة ضمن منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية. لم تُظهر الدراسات الهيدروجيولوجية للآبار العميقة أي دليل على أن هذا التكوين هو خزان جوفي في هذه المناطق، اذ ظهر كخزان جوفي فقط في الأجزاء الشرقية والجنوبية الغربية من الصحراء الغربية والجزء الغربي من الصحراء الجنوبية. لذا، فإن الخزان الجوفي ضمن تكوين الطيارات أحد أهم الخزانات الجوفية الرئيسة ضمن أجزاء من إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي وليس جميعها، كما هو موضح في الشكل (5-15).



الشكل (5-15):- يوضح امتداد خزان الطيارات الجوفي ، (Al Jawad and Ridha, 2008).

اختُرق خزان الطيارات الجوفي كليًا و جزئيًا بواسطة العديد من الآبار في مواقع مختلفة ضمن إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي. أظهرت المقاطع الليثولوجية لهذه الآبار أنه يتميز بامتداد تحت سطحي غير واضح، خاصة في الآبار KH 12/7 و 7/7 و 7/3) لأنه يندمج مع تكوينات أخرى. على أي حال، وفقًا لـ Consortium (1978)، و Idrotechneco (1977) و GEOSURV (1983) ، يمكن وصف الخصائص الهيدروجيولوجية لهذا الخزان الجوفي في مواقع مختلفة وباختصار كما يلي:

تُظهر المقاطع الليثولوجية للبئر (KH 12/7) الواقع غرب مدينة حديثة ضمن منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية أن سمك تكوين الطيارات هو (73 م)، وقد ظهر على عمق (165 م). تم إجراء عملية الضخ الاختباري للجزء العلوي من الطبقات الحاملة للمياه ضمن هذا التكوين عند الفترة العمقية (0 - 390 م) مع الجزء الأسفل من تكوين أم ارضمة. أشارت نتائج الضخ إلى أن قيم النفاذية بلغت (4039 م^2/يوم)، وأن تصريف البئر بلغ (1296 م^3/يوم)، وأن مستوى الماء الاستقراري كان على عمق (99 م) تحت سطح الأرض. كما أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينة مياه من هذا الجزء أن ملوحة المياه الجوفية كانت (2528 ملغم/لتر) مع مياه كلوريدية النوع.

أظهرت نتائج الضخ الاختباري لهذا الخزان الجوفي في البئر (KH 7/7) الواقع غرب منطقة الكيلو 160 ضمن منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية أن معدل النفاذية كان (3607 م^2/يوم)، وتصريف البئر كان (2208 م^3/يوم)، بينما كان مستوى الماء الاستقراري على عمق (108.9 م) تحت سطح الأرض. في الوقت نفسه، أشار التحليل الهيدروكيميائي لعينة من مياه هذا الخزان الجوفي إلى أن ملوحة المياه الجوفية كانت بحدود (1914 ملغم/لتر) مع مياه كلوريدية النوع.

أظهرت نتائج الضخ الاختباري لهذا الخزان الجوفي في البئر (KH 3/7) الواقع شمال منطقة النخيب ضمن منطقة الرزازة الهيدروجيولوجية أن معدل النفاذية كان (4070 م^2/يوم)، وتصريف البئر كان (2200 م^3/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري كان على عمق (150.6 م) تحت سطح الأرض. وفي الوقت نفسه، أشار التحليل الهيدروكيميائي لعينة من مياه هذا الخزان الجوفي إلى أن ملوحة المياه الجوفية كانت بحدود (2312 ملغم/لتر) مع مياه كلوريدية النوع.

تظهر المقاطع الليثولوجية للبئر (KH 4/3) الواقع جنوب منطقة النخيب ضمن منطقة الرزازة الهيدروجيولوجية أن سمك تكوين الطيارات هو (146.5 م)، وقد ظهر على عمق (15 م). تم إجراء الضخ الاختباري للطبقات الحاملة للمياه في الجزء الأسفل من هذا التكوين مع الطبقات العليا من تكوين الهارثة الذي يقع أسفله ضمن الفترة العمقية (127 - 311 م). أشارت نتائج الضخ الاختباري لهذا الجزء إلى أن معدل النفاذية كان (555 م^2/يوم)، وبتصريف (2469 م^3/يوم)، وأن منسوب الماء الاستقراري كان على عمق (117 م) تحت سطح الأرض. كما أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينة من مياه هذا الجزء أن ملوحة المياه الجوفية كانت بحدود (3407 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع.

في البئر (KH 4/5) الواقع جنوب شرق منطقة النخيب ضمن منطقة المعانية الهيدروجيولوجية، أظهرت المقاطع الليثولوجية أن تكوين الطيارات يقع على عمق (324 م)، ويستمر إلى عمق (434 م) وبسمك (110 م). تم إجراء الضخ الاختباري للطبقات الحاملة للمياه في الجزء الأسفل من هذا التكوين وعلى الفترة العمقية (424.5 – 426 م). أشارت نتائج الضخ لهذا الجزء إلى أن قيمة النفاذية كانت (0.1 م²/يوم)، وتصريف البئر كان (75 م³/يوم) ومستوى الماء الاستقراري كان على عمق (137.2 م) تحت سطح الأرض. بيّن التحليل الهيدروكيميائي لعينة المياه من هذا الجزء أن ملوحة المياه الجوفية كانت بحدود (4115 ملغم/لتر)، وأن المياه ذات نوع كبريتي.

تظهر المقاطع الليثولوجية للبئر (KH 4/7) الواقع جنوب غرب منطقة النخيب ضمن منطقة المعانية الهيدروجيولوجية أن سمك تكوين الطيارات بلغ (129.6 م) وقد ظهر على عمق (132.4 م). تم إجراء الضخ الاختباري للجزء العلوي من الطبقات الحاملة للمياه على أعماق تتراوح بين (88 - 203 م) مع الجزء الأسفل من تكوين أم ارضومة. أشارت نتائج الضخ إلى أن قيم النفاذية كانت (293.7 م²/يوم)، وتصريف البئر كان (959.04 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري كان

(84.9 م) تحت سطح الأرض. وفي الوقت نفسه، أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينة من مياه هذا الجزء أن ملوحة المياه الجوفية كانت بحدود (3030 ملغم/لتر) مع مياه كبريتاتية النوع.

أظهر البئر (KH 4/10) الواقع جنوب منطقة النخيب ضمن منطقة المعانية الهيدروجيولوجية أن سمك تكوين الطيارات (150.9 م) ويظهر على عمق (240.2 م). وقد تم فحص الجزء العلوي من الطبقات الحاملة للمياه في هذا التكوين وعلى فترة عمقية (101 – 370 م) مع الجزء الأسفل من تكوين الدمام. أشارت نتائج الفحص إلى أن معدل النفاذية كان (3801.6 م²/يوم)، وتصريف البئر كان (803.52 م³/يوم)، اما منسوب الماء الاستقراري فقد كان على عمق (103.2 م) تحت سطح الأرض. وفي المقابل، أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينة المياه من هذا الجزء أن ملوحة المياه الجوفية كانت (3522 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع. كما تم في هذا البئر فحص الجزء الأسفل من الطبقات الحاملة للمياه في هذا التكوين على فترة عمقية (341.5 – 464 م) مع الطبقات العليا من تكوين الهارثة. وأشارت نتائج الفحص إلى أن معدل النفاذية كان (1209.6 م²/يوم)، وتصريف البئر كان (1900.8 م³/يوم)، بينما كان مستوى الماء الاستقراري على عمق (103.2 م) تحت سطح الأرض. أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينة المياه من هذا الجزء أن ملوحة المياه الجوفية كانت (2960 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع.

يُلاحظ من المعلومات المذكورة أعلاه أنه لا توجد بيانات دقيقة عن خزان المياه الجوفية في تكوين الطيارات في المنطقة الواقعة بين الآبار (KH 12/7) و(KH 4/10)، حيث تم إجراء معظم عمليات الضخ الاختباري لهذا الخزان مع خزانات أخرى في نفس الوقت.

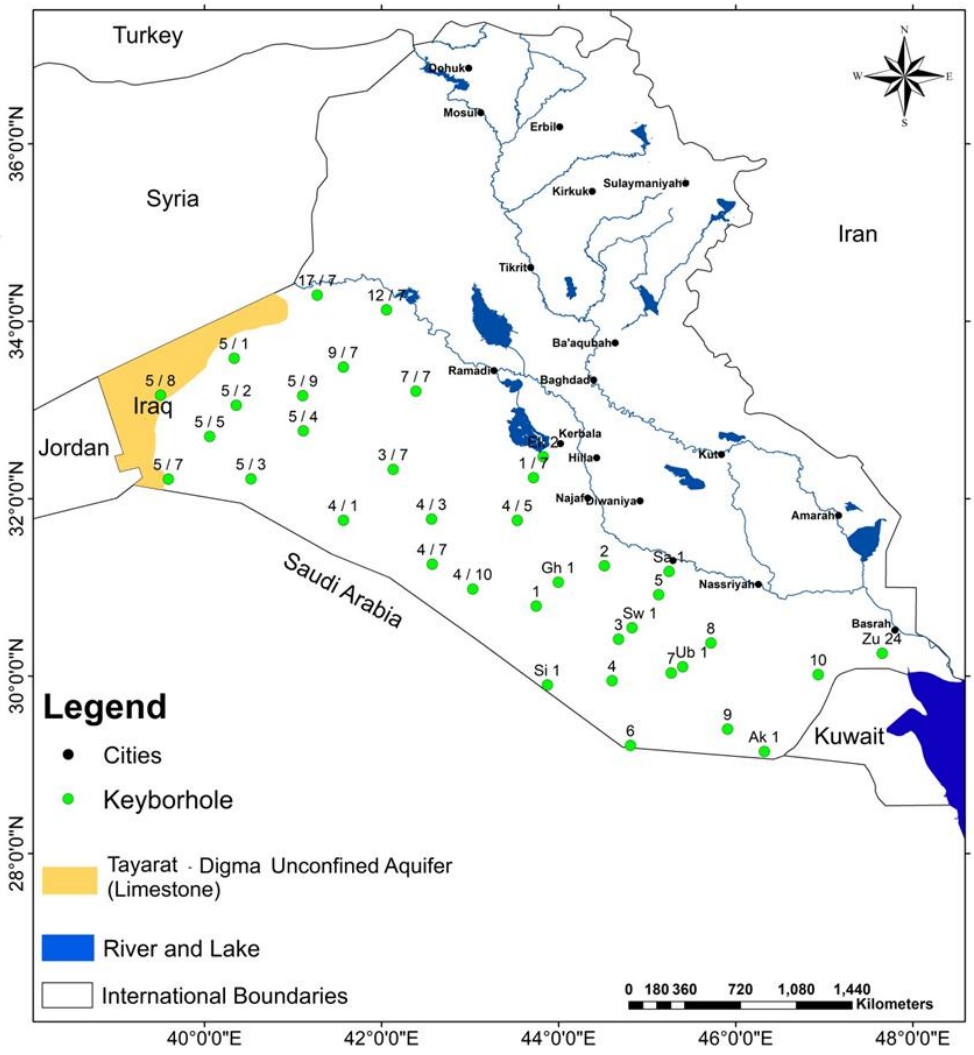
المقاطع الليثولوجية للبئر (KH 3) الواقع في منطقة الشبجة ضمن منطقة شبجة - السلمان الهيدروجيولوجية، تشير إلى أن تكوين الطيارات يظهر على عمق (397 م). كما أشارت نتائج الضخ الاختباري لهذا الخزان الجوفي إلى أن قيم النفاذية كانت (0.5 م²/يوم)، وكان تصريف البئر (86 م³/يوم)، بينما كان مستوى الماء الاستقراري (5.6 م) تحت سطح الأرض. كما أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينة من مياه هذا الجزء أن ملوحة المياه الجوفية كانت (2000 ملغم/لتر) مع مياه كبريتاتية نوع.

أظهرت المقاطع الليثولوجية للبئر (KH 4) الواقع ضمن منطقة تخاديد - بصية الهيدروجيولوجية أن السمك الكلي المخترق في هذا التكوين هو (225 م). أشارت نتائج الضخ الاختباري لهذا الخزان الجوفي ضمن الفترة العمقية (220 - 445 م) إلى أن قيم النفاذية كانت (1883 م²/يوم)، وتصريف البئر كان (700 م³/يوم)، بينما كان مستوى الماء الاستقراري على عمق (53.5 م) تحت سطح الأرض. في الوقت نفسه، أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينة المياه من هذا الخزان الجوفي أن ملوحة المياه الجوفية كانت (4040 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع.

تظهر المقاطع الليثولوجية للبئر (KH 6) الواقع في منطقة أنصاب ضمن منطقة تخاديد - بصية الهيدروجيولوجية أن سمك تكوين الطيارات يبلغ (253.1 م) وقد ظهر على عمق (270 م). تشير نتائج اختبارات الضخ لهذا الخزان الجوفي إلى أن قيم النفاذية كانت (77 م²/يوم)، وكان تصريف البئر (691 م³/يوم)، وكان مستوى الماء الاستقراري (69 م) تحت سطح الأرض. وفي الوقت نفسه، أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينة المياه من هذا الجزء أن ملوحة المياه الجوفية كانت (1981 ملغم/لتر) مع مياه كبريتاتية النوع.

يتحول تكوين الطيارات إلى خزان نفطي في مناطق جنوب بحيرة الرزازة وهضبة كربلاء - النجف باتجاه الجنوب، باستثناء منطقة السلمان وفقًا للمقاطع الليثولوجية للبئر(KH 7/1) ، وآبار النفط (Mj-1 ، Mj-2، Kf-3، Wk-1، و-Zu 24).

أشارت بعض الدراسات الهيدروجيولوجية مثل تلك التي أجراها الجبوري والبصراوي-(Al-Jiburi and Al Basrawi, 2014)، وحسين (Hussien, 2018) إلى أن تكوين دكمة (جيد Jeed) (ماستريختيان) يشكل خزانًا جوفيًا مع تكوين الطيارات في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية من منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية على طول الحدود العراقية - السورية. يُطلق على هذا الخزان اسم "خزان الطيارات - جيد الجوفي Tayarat-Jeed Aquifer "، كما هو موضح في الشكل (5-16). يتكون كلا التكوينين في هذه المنطقة بشكل رئيس من الحجر الجيري والحجر الجيري الدولوميتي والطباشيري، ويتميزان بوجود الشقوق والكسور (Al-Jiburi and Al-Basrawi 2014).



الشكل (5-16):- يوضح امتداد خزان طيارات - جيد الجوفي ، (Hussien, 2018).

اخترق خزان الطيارات- جيد كليًا وجزئيًا بواسطة العديد من الآبار في مواقع مختلفة من منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية. أظهرت المقاطع الليثولوجية لهذه الآبار أنه يتميز بسمك متغير من مكان إلى آخر، كما هو موضح في

الجدول (5-7). أعلى سمك للخزان بلغ (162.6 م) في البئر (BH 1) الواقع في شمال غرب منطقة عكاشات بالقرب من الحدود العراقية - السورية، بينما كان أقل سمك له (38 م) في البئر (BH 11) الواقع بالقرب من منطقة عكاشات (GEOSURV, 1976 in Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014).

أظهرت نتائج الضخ الاختباري لهذا الخزان أن قيم النفاذية تتراوح بين (2.2 - 120 م²/يوم)، و تصاريف الآبار تتراوح بين (33 - 272 م³/يوم)، بينما تراوح مستوى الماء الاستقراري بين (42.3 - 232.7 متر) تحت سطح الأرض. كما أظهرت نتائج التحليل الهيدروكيميائي أن ملوحة المياه الجوفية تتراوح بين (485 - 2000 ملغم/لتر) مع مياه بيكربوناتية وكبريتاتية النوع (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2007).

الجدول (5-7):- سمك الاختراق في خزان الطيارت – جيد الجوفي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014).

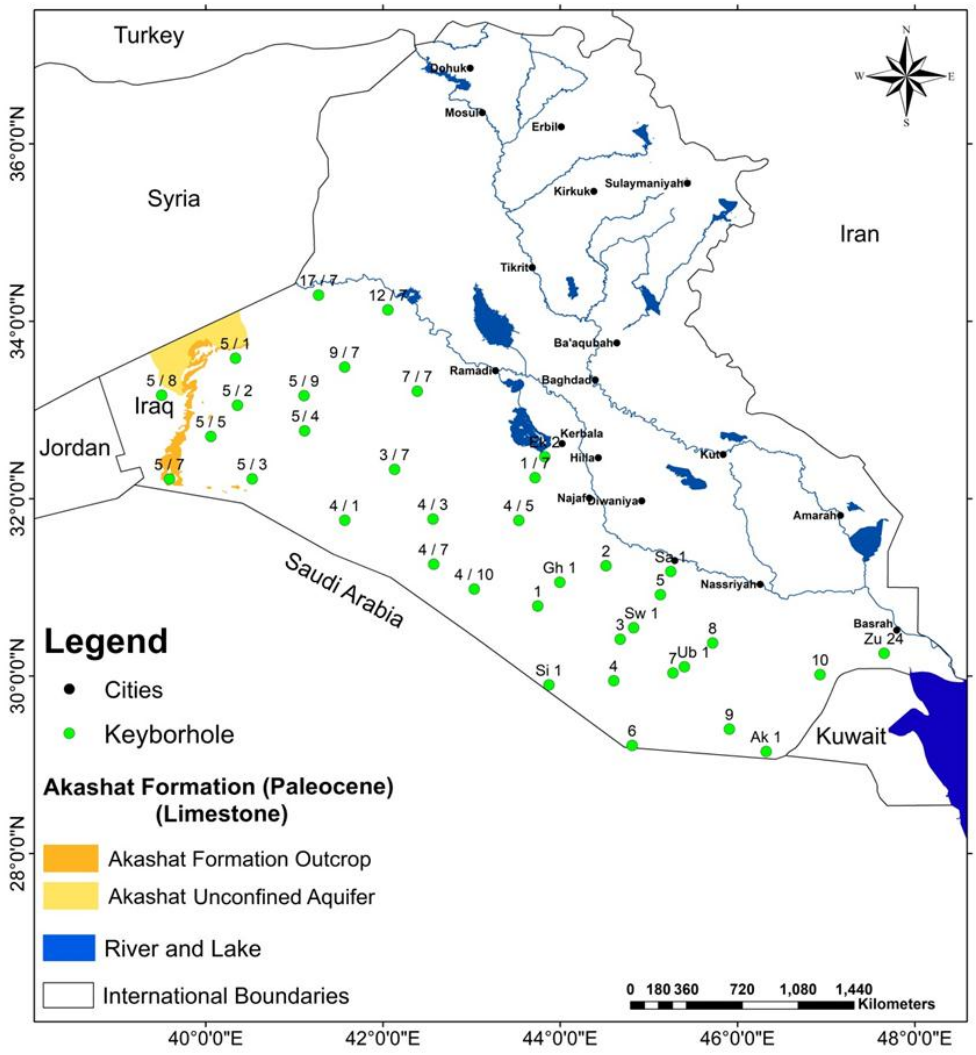
نوع الاختراق Type of penetration	السمك المخترق Penetrated Thickness (m)	العمق المخترق Penetration Depth (m)	رقم البئر Well No.
Partial	88.9	176.6 – 265.5	KH 5/8
Fully	162.6	113 – 275.6	BH 1
Fully	80	0 – 80	BH 2
Fully	41	16.5 – 57.5	BH 3
Fully	162	162.5 – 325	BH 5
Fully	160	96.5 – 229.5	BH 6
Partial	81.6	74 – 155.6	BH 7
Partial	106	91 – 197	BH 10
Partial	38	112 – 150	BH 11
Partial	89.3	42 – 131.3	BH 12
Partial	133	546 – 679	BH 13
Fully	151	182 – 333	BH 15
Fully	161	330 – 491	BH 16

5-3-8 خزان عكاشات الجوفي Akashat Aquifer

يُعتبر تكوين عكاشات (الباليوسين الأوسط - المتأخر) سابقًا جزءًا من تكوين أم ارضمة، وقد أُضيف إلى العمود الطبقي للعراق من قبل جاسم وآخرون (Jassim et al., 1984) . وفقًا لسيساكيان ومحمد (Sissakian and Mohammed, 2007)، استُخدم اسم تكوين عكاشات بدلاً من تكوين أم ارضمة منذ عام 1990 من قبل المسح الجيولوجي العراقي في

المنطقة الواقعة في الجزء الشمالي الغربي من الصحراء الغربية العراقية. يتكون هذا التكوين بشكل رئيسي من تناوب الحجر الجيري الفوسفاتي، والفوسفورايت، والكونكلوميرات الفوسفاتي أو البريشيا (Al-Bassam et al., 1990)

تُظهر المقاطع الليثولوجية للآبار التي اخترقت هذا التكوين - كليًا أو جزئيًا - امتدادًا محدودًا له، اذ يُمثّل خزانًا جوفيًا في منطقة صغيرة تقع في الجزء الشمالي الغربي من منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية على طول الحدود العراقية – السورية، كما هو موضح في الشكل (5-17).



الشكل (5-17):- يوضح امتداد خزان عكاشات الجوفي.

البيانات المتاحة عن هذا الخزان الجوفي تم الحصول عليها من الجبوري والبصراوي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2014)، وقد أظهرت هذه البيانات أنه يتميز بسمك متغير من موقع إلى آخر، كما هو موضح في الجدول (5-8). حيث يظهر هذا الجدول أن أكبر سمك لهذا الخزان الجوفي هو (95.5 م) في البئر (BH 5) الواقع جنوب غرب منطقة مكر الذيب، بينما كان أقل سمك له (4.5 م) في البئر (BH 3) الواقع جنوب غرب منجم عكاشات. أظهرت نتائج الضخ الاختباري أن هذا الخزان الجوفي يتميز بتصريف منخفض. اذ أظهرت هذه النتائج أن قيم النفاذية تتراوح بين (2-620 م²/يوم)، وتصاريف البئر تتراوح بين (53-475 م³/يوم)، بينما تراوح مستوى الماء الاستقراري بين (26.6-69.7 م) تحت سطح الأرض. في الوقت نفسه، أظهر التحليل الهيدروكيميائي لعينات من مياه هذا الخزان أن ملوحة المياه الجوفية

تتراوح بين (179-1072 ملغم/لتر)، وأن نوع المياه هو بيكربونات بشكل رئيس مع وجود مياه كلوريدية النوع (Al- Jiburi and Al-Basrawi, 2014) . على الرغم من التصريف المنخفض لهذا الخزان الجوفي، إلا أنه يحتوي على مياه عذبة بسبب التغذية المباشرة من مياه الأمطار والمياه المترشحه من الجريان السطحي في الوديان الموسمية.

الجدول (5-8):- سمك الاختراق في تكوين عكاشات (Al- Jiburi and Al-Basrawi, 2014).

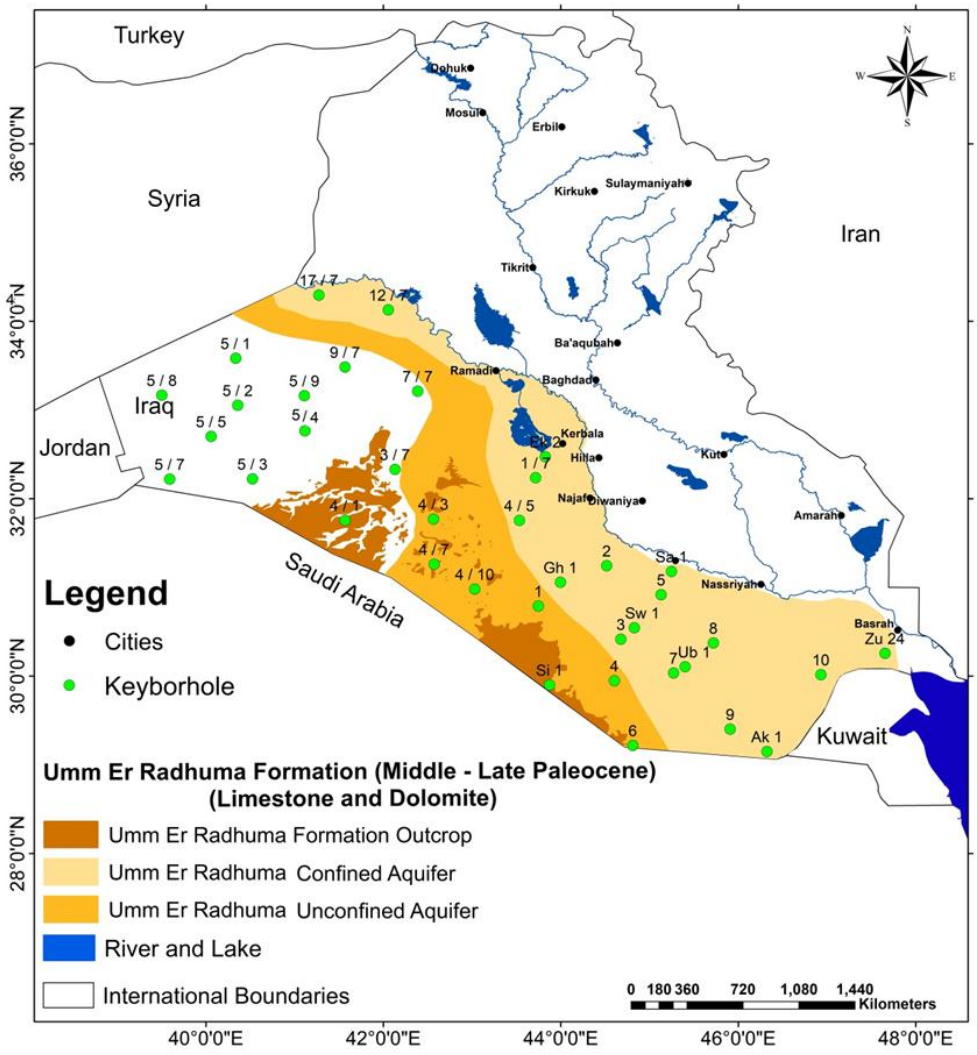
رقم البئر Well No.	العمق المخترق Penetration Depth (m)	السمك المخترق Penetrated Thickness (m)	نوع الاختراق Type of penetration
BH 1	48 – 113	65	Fully
BH 3	12 – 16.5	4.5	Fully
BH 5	67 – 162.5	95	Fully
BH 6	7.5 – 69.5	62	Fully
BH 7	40 – 74	34	Fully
BH 9	30.5 – 80	49.5	Partial
BH 10	41 – 91	50	Fully
BH 11	41 – 112	71	Fully
BH 12	23 – 66.5	43.5	Fully
BH 13	5 – 42	27	Fully
BH 14	28 – 83.5	55.5	Partial
BH 15	114 – 182	67	Fully
BH 16	246 – 330	84	Fully

5-3-9 خزان أم ارضمة الجوفي Umm Er Radhuma Aquifer

تم وصف تكوين أم ارضمة (الباليوسين الأوسط - المتأخر) لأول مرة في بئر نفط أم ارضمة في المملكة العربية السعودية. تم وصفه لأول مرة في جنوب العراق في بئر نفط الزبير (3) من قبل أون وناصر (Owen and Nasr, 1958). حُدد له مقطع سطحي نموذجي من قبل جاسم وآخرون (Jassim et al., 1984) في منطقة النخيب في الصحراء الغربية وفقًا لسيساكيان ومحمد (Sissakian and Mohammed, 2007). ينكشف هذا التكوين كحزام موازٍ للحدود العراقية - السعودية في الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية من الصحراء العراقية (من منطقة البريت إلى ضواحي أنصاب) (Al-Mubarak and Amin, 1983). يتكون بشكل رئيس من الحجر الجيري الدولوميتي والدولومايت مع طبقات رقيقة من الأنهيدريت (Sissakian and Mohammed, 2007). يُعتبر هذا التكوين واحدًا من أهم الخزانات الجوفية الرئيسة ضمن جميع المناطق الهيدروجيولوجية في إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي؛ لأنه يتميز بالشقوق والكسور والتجاويف ذات

المحتوى المائي العالي والجيد، ويكون على شكل خزان جوفي محصور وغير محصور في معظم أجزاء إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي (Al-Jiburi and Al-Basrawi 2007)، كما هو موضح في الشكل (5-18).

يقع الخزان الجوفي المحصور في الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية من الصحراء الغربية ومعظم أجزاء الصحراء الجنوبية، ويغطي مساحة (60,068 كم²). في المقابل، يقع الخزان الجوفي غير المحصور في غرب الجزء الشمالي الشرقي من الصحراء الغربية والأجزاء الغربية والجنوبية الغربية من الصحراء الجنوبية بالقرب من الحدود العراقية - السعودية، ويغطي مساحة (91,766 كم²) (Al-Fatlawi, 2011).



الشكل (5-18):- يوضح امتداد خزان أم ارضمة الجوفي، (Al Jawad and Ridha, 2008).

يمثل خزان أم ارضمة الجوفي نظامًا هيدروجيولوجيًا معقدًا مع خزانات جوفية أخرى ضمن تكوينات جيولوجية أخرى، مثل تكوينات الطيارات والدمام. ومع ذلك، فإن منطقة تغذية هذا الخزان الجوفي تمتد على نطاق واسع داخل وخارج الحدود العراقية ضمن المملكة العربية السعودية، التي تُعد مناطقها مصدرًا جيدًا للتغذية (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009).

تم اختراق هذا التكوين كليًا وجزئيًا بواسطة العديد من الآبار العميقة في مواقع مختلفة من إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي. أظهرت المقاطع الليثولوجية لهذه الآبار أنه يتميز بسمك متغير من مكان إلى آخر، حيث بلغ أكبر سمك

لهذا التكوين (500 م) في الصحراء الجنوبية حول منطقة السلمان وجنوب شرق الصحراء الجنوبية ضمن مناطق شبجة - السلمان وتخاديد - بصية الهيدروجيولوجية، ثم يقل هذا السمك باتجاه الصحراء الغربية إلى أقل من (50 م) في المنطقة الواقعة شمال بحيرة الرزازة وجنوب خزان القادسية ضمن منطقة الرزازة الهيدروجيولوجية (Al-Fatlawi, 2011).

تظهر خريطة سمك هذا التكوين التي رسمها الفتلاوي (Al-Fatlawi, 2011) أن نهر الفرات يشكل نهاية الحد الطبيعي للتكوين في الشرق، حيث يصبح أعمق تحت قاع النهر باتجاه سهل بلاد ما بين النهرين. كما تظهر الخريطة اختفاء التكوين حول مرتفع الرطبة وباتجاه الحدود العراقية - الأردنية - السعودية؛ بسبب تحوله الى تكوين عكاشات.

تمثل المناطق المحيطة بمرتفع الرطبة في الشمال الشرقي والشرق والجنوب الشرقي، ومناطق انكشاف التكوين داخل العراق وعلى الحدود العراقية - السعودية في الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية من إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي حدود الخزان الجوفي غير المحصور. يتحول خزان أم ارضمة غير المحصور إلى خزان محصور عند امتداده شرقًا نحو نهر الفرات في مناطق حصيبة، عنه، هيت، بحر النجف، وصولًا إلى جنوب منطقة الأنصاب في الأجزاء الجنوبية من إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي. تمثل منطقة امتداد الخزان الجوفي غير المحصور والطبقات الصخرية المنكشفة لهذا التكوين جميع مناطق تغذية الخزان الجوفي. وفقًا للجواد وآخرون (Al Jawad et al., 2001) و (Al-Fatlawi, 2011)، يتراوح السمك المشبع للخزان الجوفي غير المحصور بين (50 م) في غرب الصحراء الجنوبية بالقرب من الحدود الدولية ضمن المناطق الهيدروجيولوجية تخاديد - بصية وصفوان - الرخيمة إلى (213 م) في الشرق حيث يصبح الخزان الجوفي غير المحصور محصورًا.

هنالك مصدران رئيسان لتغذية خزان أم ارضمة الجوفي. الأول يتمثل بالأمطار، التي تعتبر مصدرًا أساسيًا لتغذية المياه الجوفية، اذ تتسبب مياه الأمطار فيضانات في الوديان والمنخفضات، ثم يتسرب جزء منها إلى الأسفل عبر مكاشف التكوين. أما الثاني، فيكون عن طريق جريان المياه الجوفية عبر الكسور والشقوق والقنوات الجوفية من المملكة العربية السعودية. تعتبر الينابيع الواقعة على طول نطاق صدع أبو جير أو التدفق الجوفي إلى سهل بلاد ما بين النهرين مناطق تصريف هذا الخزان. محليًا، قد تحدث انحرافات عن الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية بسبب الطبيعة الجيولوجية والتركيبية والطبوغرافية للمناطق، مما يؤثر على الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية (Al-Fatlawi, 2011).

يمكن تقسيم الاتجاه الإقليمي لحركة المياه الجوفية في خزان أم ارضمة الجوفي إلى نوعين. النوع الأول يقع في مناطق الرطبة والرزازة الهيدروجيولوجيتين. في هذه المناطق، تتدفق المياه الجوفية باتجاه الشرق والشمال الشرقي. ولكن محليًا، يأخذ جريان المياه الجوفية اتجاهات مختلفة في جميع أنحاء هذه المناطق بناءً على الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية والتركيبية .(Al Jiburi and Al Basrawi, 2007) النوع الثاني من حركة المياه الجوفية ضمن خزان أم ارضمة يتواجد في مناطق المعانية، شبجة - السلمان، تخاديد - بصية، وصفوان - الرخيمة الهيدروجيولوجية. في هذه المناطق، تتدفق المياه الجوفية من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي والجنوب الشرقي، باتجاه مناطق التصريف على طول نهر الفرات، هور الحمار، وشط العرب.(Al Jiburi and Al Basrawi, 2007)

أشار الفتلاوي (Al-Fatlawi, 2011) إلى وجود حركة عمودية للمياه الجوفية داخل خزان أم ارضمة صعودًا إلى خزان الدمام. تتمثل الحركة العمودية للمياه الجوفية في تسرب المياه من خزان أم ارضمة إلى خزان الدمام الذي يقع فوقه. يُعزى التسرب العمودي بين الخزانين إلى فرق الضغط الهيدروستاتيكي الذي ينشأ بينهما بوجود الشقوق والكسور، اذ يكون

ضغط خزان أم ارضمة أعلى من ضغط خزان الدمام، مما يؤدي إلى تسرب المياه صعودًا عبر الشقوق والكسور والفجوات نتيجة للتصريف الطبيعي والاصطناعي من الخزان العلوي. يلعب التصريف الاصطناعي بسبب الضخ دورًا مهمًا في تحديد اتجاه وسرعة تدفق المياه الجوفية (Al-Jawad et al.,2001; AL-Azawi, 2009). أكد الزبيدي وثابت (Al-Zubedi and Thabit,2014) الاتصال الهيدروليكي بين خزاني أم الرضمة والدمام اعتمادًا على تقنية التصوير ثنائي الأبعاد للمقاومة النوعية في المنطقة الواقعة ضمن نطاق صدع أبو جير جنوب بحيرة الرزازة، جنوب غرب مدينة كربلاء، اذ أدى الاتصال الهيدروليكي بين هذه الخزانات إلى تشابه قيم المقاومة النوعية لطبقات الدمام وأم ارضمة، فظهرت كأنها طبقة واحدة في جميع مقاطع المقاومة النوعية.

وفقًا لـ Consortium (1978)، و Idrotechneco (1977) ، و(GEOSURV (1983) ، يمكن وصف الخصائص الهيدروليكية لهذا الخزان الجوفي في مواقع مختلفة بإيجاز على النحو التالي:

1- أظهرت نتائج الضخ الاختباري التي أُجريت في العديد من الآبار ضمن مناطق الرطبة والرزازة الهيدروجيولوجية أن معامل النفاذية يتراوح بين (2 - 1550 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 - 21.1 م/يوم)، ويتراوح تصريف الآبار بين (2 - 3960 م³/يوم)، ومستوى المياه الاستقراري يتراوح من الارتوازي إلى (170.3 م) تحت سطح الأرض. كما أظهرت نتائج التحليل الهيدروكيميائي أن ملوحة المياه الجوفية تتراوح بين (278 - 6640 ملغم/ لتر) مع نوعية مياه كلوريدية وبيكربوناتية وكبريتاتية.

2- أظهرت نتائج الضخ الاختباري التي أُجريت في العديد من الآبار ضمن مناطق المعانية، شبجة - السلمان، تخاديد - بصية، وصفوان - الرخيمة الهيدروجيولوجية أن معامل النفاذية يتراوح بين (3 - 2100 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.1 - 21.1 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (33 - 3266 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (6.6 - 142.7 م) تحت سطح الأرض. كما تراوحت ملوحة المياه الجوفية في هذه المناطق بين (167 - 4500 ملغم/لتر) مع نوعية مياه كبريتاتية سائدة ومياه كلوريدية النوع وبعض المياه بيكربوناتية النوع.

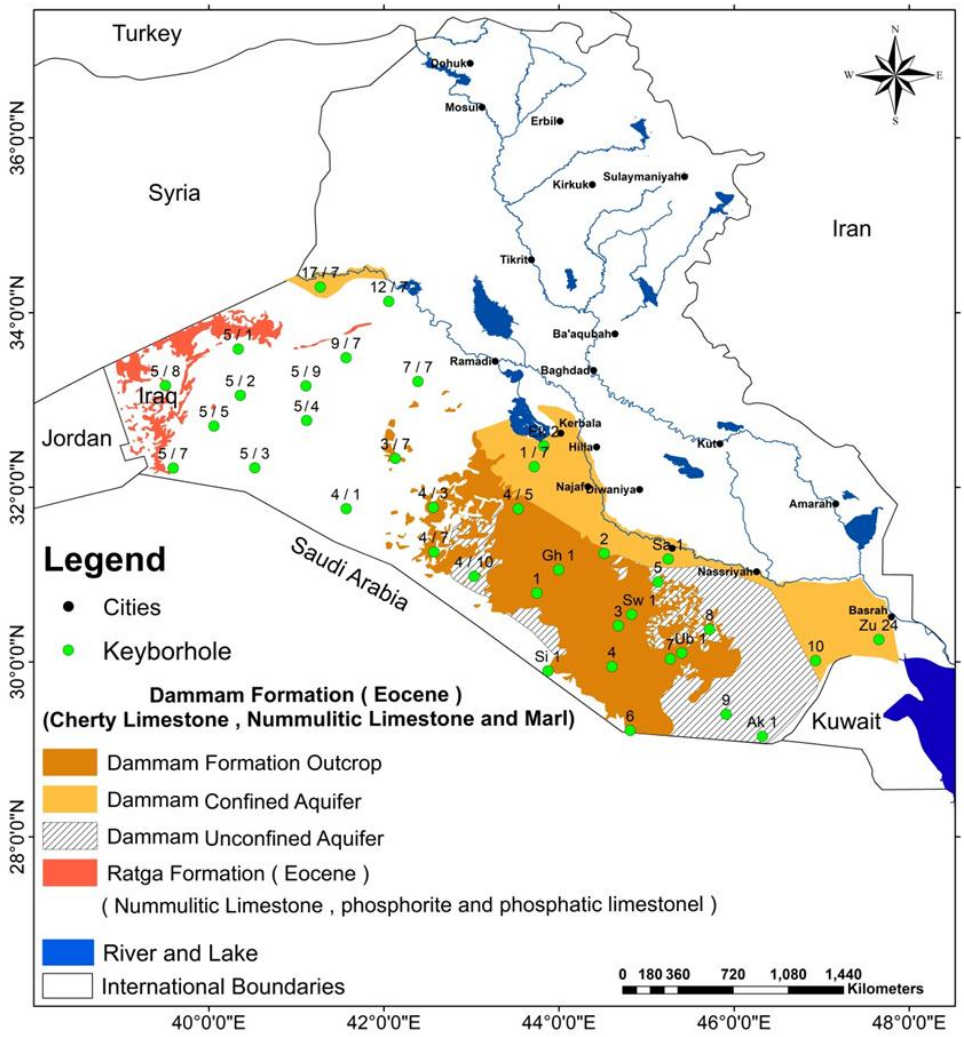
أشار الفتلاوي (Al-Fatlawi, 2011) إلى أن التغيرات في قيم النفاذية تعكس خزانًا جوفيًا شديد التباين بسبب الاختلافات في كثافة الكسور ومسامية الصخور داخل خزان أم ارضمة الجوفي. كما أشار إلى أن أفضل نوعية للمياه في هذا الخزان توجد في مناطق الرطبة والرزازة الهيدروجيولوجيتين، اذ تتم تغذيتها من وادي حوران والوديان الأخرى.

10-3-5 خزان الدمام الجوفي Dammam Aquifer

وصف تكوين الدمام (الإيوسين المبكر - المتأخر) لأول مرة في المملكة العربية السعودية على قبة الدمام. في العراق، قام أون وناصر (Owen and Nasr,1958) بوصف المقطع النموذجي لهذا التكوين في بئر النفط الزبير (3) (Jassim and Buday, 2006 in Jassim and Goff, 2006). ينكشف هذا التكوين على نطاق واسع في الصحراء الجنوبية وبعض أجزاء الصحراء الغربية، كما هو موضح في الشكل (5-19). في الأجزاء الشمالية الغربية من الصحراء الغربية بالقرب من الحدود العراقية السورية والحدود العراقية الأردنية، ينكشف تكوين الرطكة، وهو تكوين مكافئ لتكوين الدمام. لا يحتوي تكوين الرطكة على مياه لأنه يقع فوق المستوى الإقليمي للمياه الجوفية في هذه المنطقة (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2007). على أي حال، يتكون تكوين الدمام بشكل رئيسي من الحجر الجيري والحجر الجيري الدولوميتي مع المارل والصوان. في الصحراء الجنوبية، تم تقسيم هذا التكوين إلى ثلاثة أعضاء: أسفل وأوسط وعلوي من قبل المبارك

وأمين (Al-Mubarak and Amin,1983). كما تم تقسيم كل عضو إلى وحدات مختلفة. يسمى العضو الأسفل تكوين جل (Jil Formation) . عرّف تمر- آغا (Tamar-Agha,1982) هذا العضو لأول مرة تحت اسم تكوين السلمان (Salman Formation) ، ثم قدمه المبارك وأمين (Al-Mubarak and Amin,1983) تحت اسم عضو جل (Jil Member). وأخيرًا، اقترح جاسم وآخرون (1984) استخدام تكوين جل. وفقًا لتمر-آغا (Tamar-Agha,2016)، اعتُبر تكوين جل عضوًا أسفلًا لتكوين الدمام.

يعتبر تكوين الدمام من أهم الخزانات الجوفية في إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي. يتميز بامتداد واسع ومسامية ثانوية مرتبطة بالشقوق التي تتحكم في الخصائص الهيدروليكية للخزانات الجوفية (Krasny et al., 2006 in Jassim and Goff, 2006). تظهر المشاهدات الحقلية أن الحجر الجيري لتكوين الدمام بالقرب من السطح متجوٍّ ومتصدع ومتكهف، مما يعزز النفاذية. هذا الخزان الجوفي هو الأكثر استثمارًا في المناطق الهيدروجيولوجية التالية: الرزازة، المعانية، الشبجة - السلمان، وتخاديد - بصية؛ نظرًا لوقوعه بالقرب من سطح الأرض مع محتوى جيد وكبير من المياه الجوفية. يوجد نوعان من الخزانات الجوفية ضمن هذا التكوين: خزانات جوفية محصورة وغير محصورة، كما هو موضح في الشكل (5-19).



الشكل (5- 19):- يوضح امتداد خزان الدمام الجوفي، (Al Jawad and Ridha, 2008).

يُشكل هذا الخزان الجوفي مع خزان أم ارضومة وحدة هيدروجيولوجية معقدة على نطاق إقليمي من خلال اتصالات هيدروليكية بينهما وتشابه في كمية المياه وملوحتها (Consortium, 1978). تظهر نتائج التحليل الهيدروكيميائي أن معظم عينات المياه الجوفية من خزان الدمام لها رائحة غاز كبريتيد الهيدروجين (H2S)، خاصة في المناطق الواقعة في الأجزاء الجنوبية من الصحراء الغربية والأجزاء الشمالية من الصحراء الجنوبية بسبب عمليات ذوبان صخور الأنهيدريت ضمن تكوين أم ارضومة. وهذا مؤشر مهم على الاتصال الهيدروليكي بين خزاني أم ارضومة والدمام. يتجلى تأثير نطاق فالق أبو جير بوضوح على حركة المياه الجوفية وتغذيتها في هذه المناطق، وخاصة في خزان الدمام. لذلك، يُلاحظ نوعان من حركة المياه الجوفية في هذه المنطقة. الأول هو حركة أفقية من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي باتجاه نهر الفرات، وهو ما يتطابق مع الاتجاه العام في وسط إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي. والثاني هو حركة عمودية للمياه الجوفية تمثل صعود المياه من خزان أم ارضومة إلى خزان الدمام الذي يقع فوقه.

في أقصى شمال غرب الصحراء العراقية وعلى طول نهر الفرات ضمن منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية، يتميز تكوين الدمام بسمك متغير من موقع إلى آخر، حيث يتراوح بين (85-298 م) استنادًا إلى المقاطع الليثولوجية لبئر (KH 17/7) والآبار النفطية في حقل عكاس. في البئر(KH 17/7) ، يظهر تكوين الدمام على عمق (178 م) ويمثل خزانًا جوفيًا محصورًا. على أي حال، أظهرت نتائج الضخ الاختباري التي أُجريت في آبار هذه المنطقة أن معامل النفاذية (1556 م²/يوم)، والتصريف (1987 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري (105.37 م) تحت سطح الأرض (Consortium, 1978).

في المنطقة الواقعة غرب بحيرة الرزازة بين ضواحي الرحالية وشثاثة ضمن منطقة الرزازة الهيدروجيولوجية، يكون خزان الدمام محصورًا وله سمك متغير يتراوح بين (50-100 م). أظهرت نتائج الضخ الاختباري الذي أُجري في العديد من آبار هذه المناطق أن معامل النفاذية يتراوح بين (20.115-600.25 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.67-19.96 م/يوم)، و تصريف الآبار يتراوح بين (130-1980 م³/يوم) ومستوى الماء الاستقراري يتراوح من الارتوازي إلى (21 م) تحت سطح الأرض. كما أظهرت نتائج التحليل الهيدروكيميائي أن ملوحة المياه الجوفية تتراوح بين (1000 و1806.4 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع. الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية في هذه المنطقة الهيدروجيولوجية هو من الغرب إلى الشرق باتجاه بحيرة الرزازة، التي تمثل منطقة التصريف (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2007; Al-Shamari, 2014) . هناك العديد من الينابيع في منطقة شثاثة تمثل أيضًا منطقة تصريف لخزان الدمام. في الآونة الأخيرة، انخفض مستوى المياه الجوفية في هذه الينابيع بسبب الاستثمار الجائر للمياه الجوفية والتغيرات المناخية التي تميزت بفترات طويلة من الجفاف.

في منطقة هضبة كربلاء - النجف ضمن منطقتي الرزازة والمعانية الهيدروجيولوجيتين، أظهرت المقاطع الليثولوجية للآبار التي حفرتها الهيئة العامة للمياه الجوفية أن تكوين الدمام يقع على أعماق تتراوح بين (180 - 220 م) وبسمك يتراوح بين (198 - 210 م) (Al-Ghanimy, 2013; G.C.W.G, 2021). أظهرت نتائج الضخ الاختباري الذي أُجري في العديد من آبار هذه المنطقة أن قيم النفاذية تتراوح بين (31.37 - 2480 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.7 - 27.56 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (691 - 1900 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري

يتراوح بين (15 - 25.4 م) تحت سطح الأرض. كما أشارت نتائج التحليل الهيدروكيميائي إلى أن ملوحة المياه الجوفية تتراوح بين (1834 – 3218 ملغم/لتر)، مع مياه كبريتية النوع.

أظهرت العديد من الآبار التي حُفرت في هضبة كربلاء دون استخدام الحجز بالأسمنت تلوثًا بالمواد البيتومينية (Bitumen) على أعماق (70 م و120 م) ضمن تكوين الفتحة (الفارس الأسفل) الذي يقع فوق تكوين الدمام (Al-Ghanimy, 2013; G.C.W.G, 2021). لذا، وللتغلب على خطر التلوث بهذه المواد ضمن هذه المنطقة، يجب استخدام معدات الحفر الحديثة وحجز الآبار المحفورة بالأسمنت. على أي حال، لم يظهر هذا التلوث في هضبة النجف وإنما فقط في هضبة كربلاء؛ ربما لأن صدع الرحيماوي – الحلة يمثل حداً هيدروجيولوجياً يمنع صعود وانتقال المواد البيتومينية إلى هضبة النجف.

في المنطقة الواقعة بين منطقة المعانية وطار النجف مرورًا بمناطق بحر النجف ضمن منطقة المعانية الهيدروجيولوجية، يتميز تكوين الدمام بسمك متغير من موقع إلى آخر، حيث يتراوح بالسمك من (50 م) إلى أكثر من (150 م). توجد العديد من الينابيع في منطقة بحر النجف تمثل مناطق تصريف للخزانات الجوفية، مثل الرحيمية والأسويد والرهبان ومظلوم. أظهرت نتائج الضخ الاختباري الذي أُجري في العديد من آبار هذه المنطقة أن معامل النفاذية يتراوح بين (63.3 – 841 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (7.3 – 15.6 م/يوم) وتصريف الآبار يتراوح بين (432 – 777.4 م³/يوم) ومنسوب الماء الاستقراري يتراوح من الارتوازي إلى (24 م) تحت سطح الأرض. كما أشارت نتائج التحليل الهيدروكيميائي إلى أن ملوحة المياه الجوفية تتراوح بين (1750 – 2514 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2007). الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية في هذه المنطقة هو من الغرب إلى الشرق باتجاه بحر النجف (Al-Jawad et al., 2001; AL-Azawi, 2009).

يعتبر تكوين الدمام في معظم أجزاء منطقة شبجة - السلمان الهيدروجيولوجية خزانًا مائيًا غير محصور، ويتحول إلى خزان محصور في الجزء الشرقي من هذه المنطقة ويكون على شكل نطاق ضيق موازٍ لنهر الفرات، كما هو موضح في الشكل (5-19). أظهرت المقاطع الليثولوجية للآبار التي اخترقت تكوين الدمام بشكل كامل في هذه المنطقة الهيدروجيولوجية أنه يتميز بسمك متغير من موقع إلى آخر، حيث يتراوح متوسط سمكه في أطراف منطقة شبجة بين (110 - 120 م). أما في المنطقة القريبة من البئر النفطي غليصان 1 (Gh 1) شرق منطقة شبجة، يبلغ سمك تكوين الدمام (130 م)، ولكنه جاف وخالي من المياه وفقًا للتقارير الهيدروجيولوجية لـ .(G.C.W.G., 2021) بينما يتراوح سمك هذا التكوين في منطقة السلمان بين (140 - 160 م)، ثم يزداد باتجاه منطقة الرحاب، جنوب شرق مدينة السماوة، ليصل إلى أكثر من (180 م).

أما في منطقة الشنافية الواقعة جنوب غرب محافظة الديوانية، يمثل خزان الدمام الخزان الرئيس في هذه المنطقة. وتشير البيانات المتوفرة إلى وجود خزانين ضمن صخور هذا التكوين. الخزان العلوي في هذا التكوين غير محصور ويقع على أعماق تتراوح بين (30 - 50 م). أما الخزان الأسفل فهو محصور ويقع على أعماق تزيد عن (55 م).

أظهرت نتائج الضخ الاختباري الذي أجري في العديد من الآبار في منطقة شبجة - السلمان الهيدروجيولوجية أن معامل النفاذية يتراوح بين (60.9 - 2158.4 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.761 - 2.53 م/يوم)، و تصريف الآبار يتراوح بين (457 - 3219 م³/يوم)، أما مستوى الماء الاستقراري فقد تراوح من الارتوازي إلى (30 م) تحت سطح

الأرض. كما تراوحت ملوحة المياه الجوفية في هذه المنطقة بين (1827 و 3219 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع. الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية في هذه المنطقة هو من الغرب إلى الشمال الشرقي والشرق، والتي تمثل منطقة التصريف (Al-Jawad et al., 2001; ALi, 2021) . كما تمثل العديد من الينابيع مناطق تصريف لخزان الدمام في هذه المنطقة، مثل الكثاري والعميد وعيون بحيرة ساوه. في الآونة الأخيرة، انخفض مستوى المياه الجوفية في هذه الينابيع وعيون بحيرة ساوه بسبب الاستثمار الجائر للمياه الجوفية والتغيرات المناخية التي أدت إلى انخفاض في كمية الأمطار الساقطة التي تشكل المصدر الرئيس لتغذية هذا الخزان.

في المنطقة الواقعة بين تخاديد وبصيه في منطقة تخاديد – البصيه الهيدروجيولوجية يتراوح سمك تكوين الدمام من (130 م) في منطقة تخاديد إلى (190 م) في منطقة بصيه. أظهرت نتائج الضخ الاختباري ضمن هذه المنطقة أن معامل النفاذية يتراوح بين (55.7 – 2041.4 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (2.2 – 3.53 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (345 – 6542 م³/يوم). ومستوى الماء الاستقراري يتراوح من الارتوازي إلى (170 م) تحت سطح الأرض، كما تتراوح ملوحة المياه الجوفية بين (2568 - 3569 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع. الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية في هذه المنطقة هو من الغرب إلى الجنوب الشرقي (Al-Jawad et al., 2001; ALi, 2021).

في المنطقة الواقعة بين بصية والزبير ضمن منطقة سفوان – الرخيمة الهيدروجيولوجية، يعتبر خزان الدمام عميقًا وغير مستغل، لذا لا نمتلك أية بيانات دقيقة عنه.

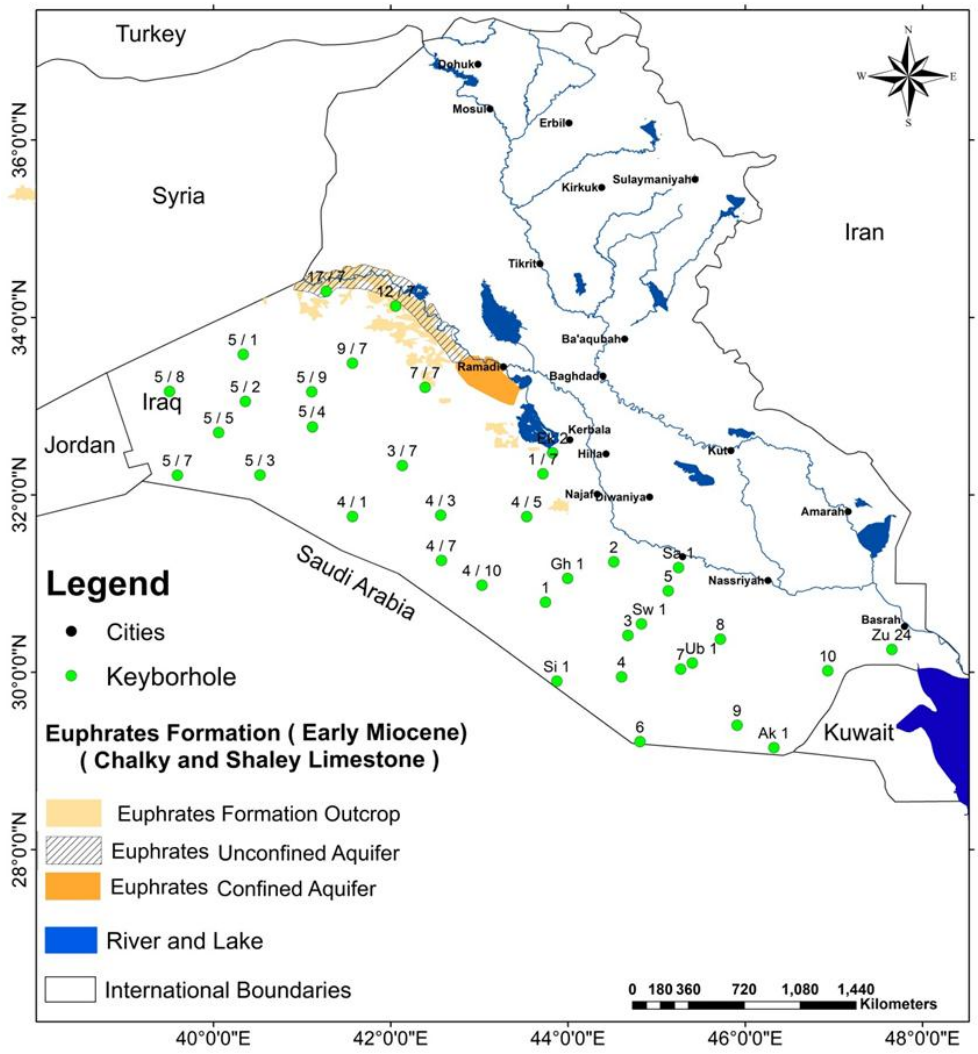
الاتجاه الإقليمي لحركة المياه الجوفية ضمن خزان الدمام في إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي هو عمومًا نحو الشرق والشمال الشرقي على طول نهر الفرات. ولكن محليًا، يتخذ جريان المياه الجوفية اتجاهات مختلفة ضمن بعض المناطق الهيدرولوجية اعتمادًا على الوضع الجيولوجي والطوبوغرافي والتركيبي (Al Jiburi and Al Basrawi, 2007 and 2009).

11-3-5 خزان الفرات الجوفي Euphrates Aquifer

الموقع النموذجي لتكوين الفرات (الميوسين المبكر) يقع على طول وادي الفحيمي في مدينة عنه (Bellen *et al*., 1959) . وبعد أن غمرت بحيرة سد حديثة هذا المقطع نتيجة إنشاء السد؛ اختار جاسم وآخرون (Jassim et al., 1984) موقعًا آخر في وادي جبباب للوحدتين السفلى والعليا (A و B) ومقطعًا نموذجيًا تكميليًا آخر في وادي ربيع للوحدة العليا (C) في محيط مدينة عنه. على أي حال، ينكشف تكوين الفرات على نطاق واسع كحزام موازٍ لنهر الفرات من الحدود العراقية - السورية بالقرب من القائم، ويمتد نحو عنه وحديثة وهيت وشثاثة. ثم يظهر في سفوح الوديان في بعض الأجزاء الجنوبية من الصحراء الغربية، مثل ثميل وغدف، وبعض الوديان الصغيرة في جنوب بحيرة الرزازة (Sissakian and Mohammed, 2007). كما ينكشف في أجزاء مختلفة من الصحراء الجنوبية، مثل شرق الرحبة وغرب الرحاب ومحيط السلمان. في المنطقة الواقعة بين الرحاب وبصية ضمن بادية السماوة، يتداخل هذا التكوين مع تكوين الغار لتشكيل وحدة طباقية تعرف باسم الفرات - الغار (Euphrates – Ghar)، (Sissakian and Mohammed, 2007).

يتكون هذا التكوين بشكل رئيس من الكونغلوميرات الحصوي متبوعًا بطبقات من الحجر الجيري الذي يحتوي على متحجرات في الوحدة السفلى، ومن تتابع الحجر الجيري والبريشيا والدولومايت مع عدسات أفقية وطبقات من الصخر الأخضر في الوحدة العليا (Jassim *et al*., 1984).

يعتبر تكوين الفرات خزانًا مائيًا علويًا فقط ضمن منطقتي الرطبة والرزازة الهيدروجيولوجيتين على طول نهر الفرات بين مدينة القائم وبحيرة الرزازة، مع وجود نوعين من الخزانات: المحصورة وغير المحصورة، كما هو موضح في الشكل (5-20).



الشكل (5- 20):- يوضح امتداد خزان الفرات الجوفي، (Al Jawad and Ridha, 2008).

يمتد الخزان المحصور من شمال بحيرة الرزازة إلى جنوب مدينة كبيسة ضمن منطقة الرزازة الهيدروجيولوجية، ويمتد كخزان غير محصور حتى الحدود العراقية - السورية بالقرب من مدينة القائم ضمن منطقة الرطبة الهيدروجيولوجية. إن هذه المناطق بشكل عام تمثل مناطق تصريف للعديد من الخزانات الجوفية (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2007).

وفقًا لكراسني وآخرين (Krasny *et al.*, 2006 in Jassim and Goff, 2006)، فإن العديد من الينابيع ضمن هذا التكوين وعلى طول صدع أبو جير لها تصاريف كبيرة مثل حقلان وهيت وشثاثة والإمام أحمد بن هاشم، اذ تتسرب مياه الأمطار إلى الكهوف والشقوق، وتتدفق باتجاه نهر الفرات، وتتجمع في تكوين الفرات، ثم تتدفق على شكل ينابيع من هذا الخزان. بعض مياه هذه الينابيع ذات ملوحة عالية وملوثة أو تحمل هيدروكربونات لأنها تأتي من أعماق كبيرة. وعلى سبيل المثال، فإن ينابيع حقلان تنشأ في المدملكات القاعدية (الكونكلوميرات) لتكوين الفرات ولها تصريف إجمالي يصل إلى (600 لتر/ثانية) مع مياه لها رائحة كبريتيد الهيدروجين. تبلغ تصاريف ينابيع شثاثة حوالي (1000 لتر/ثانية)، وأكبر ينابيع

شثاثة هو عين كبيرة لها تصريف يبلغ حوالي (150 لتر/ثانية) (Krasny *et al*., 2006 in Jassim and Goff, 2006).

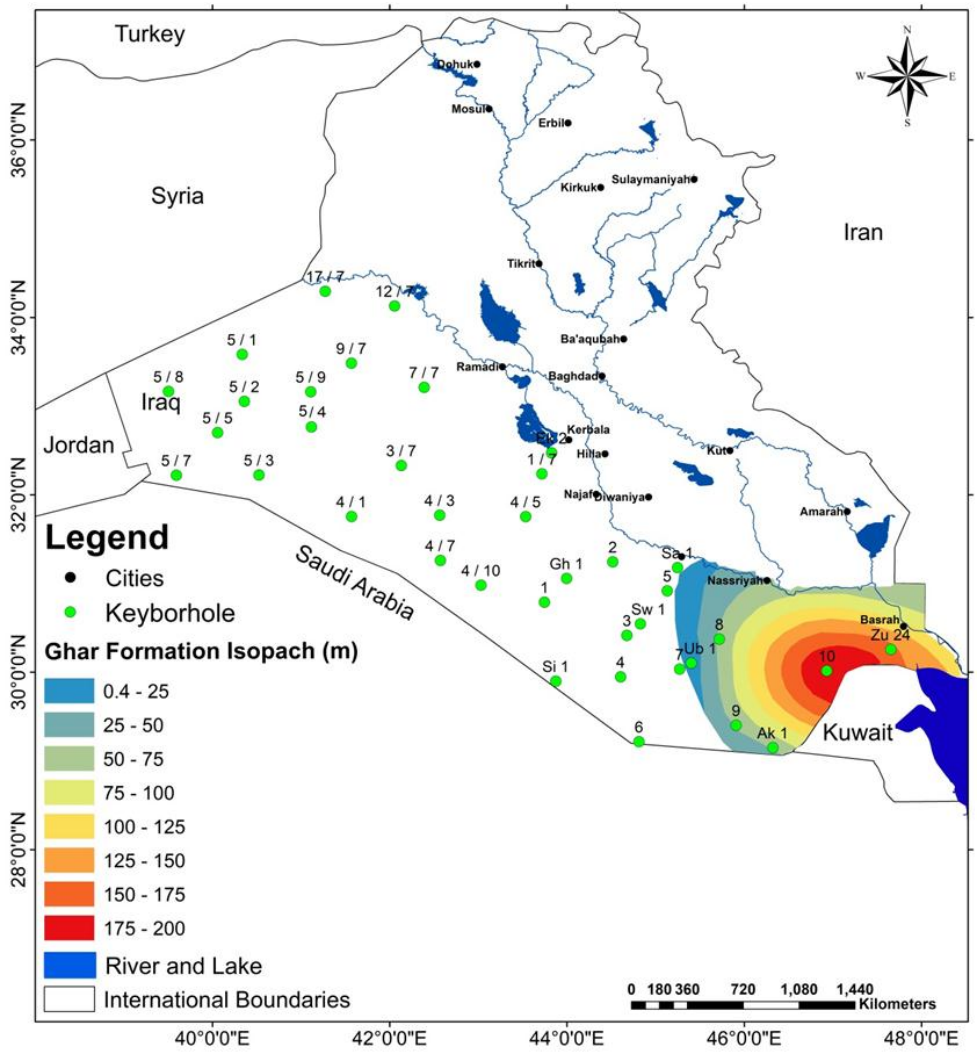
بشكل عام، يتراوح عمق الآبار المائية المحفورة في هذا الخزان بين (50-100 م). أظهرت نتائج الضخ الاختباري الذي أجري في هذه الآبار أن معامل النفاذية يتراوح بين (3-1750 م²/يوم)، وأن التوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.2-29.5 م/يوم)، وأن تصريف الآبار يتراوح بين (43-6600 م³/يوم)، وأن مستوى الماء الاستقراري يتراوح من الارتوازي إلى (64 م) تحت سطح الأرض. كما تتميز الآبار المحفورة على طول صدع أبو جير بتصاريف كبيرة. اما ملوحة المياه الجوفية فقد تراوحت بين (2000 - 5000 ملغم/لتر) مع مياه كبريتية النوع (Krasny *et al*., 2006 in Jassim and Goff, 2006; Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2007).

12-3-5 خزان الغار الجوفي Ghar Aquifer

وصف تكوين الغار (الميوسين المبكر) لأول مرة في بئر النفط الزبير (3) من قبل أوين وناصر (Owen and Nasr, 1958)، كما ذكر في (Bellen *et al*., 1959). ينكشف هذا التكوين في الصحراء الجنوبية ويتحول تدريجيًا إلى تكوين الفرات في الضفة الشرقية لفيضة أم الهشيم. قام جاسم وآخرون (Jassim et al., 1984) برسم خرائط انتشار هذا التكوين في ثلاث مناطق ضمن إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي. على أي حال، في الجنوب الغربي من مدينة الناصرية عند منطقة بصية وبالقرب من أبو غار، يتكون من حجر رملي كلسي وحجر جيري طيني ورملي (Jassim Buday, 2006 in Jassim and Goff, 2006). يتميز هذا التكوين في الصحراء الجنوبية بسمك متغير من مكان إلى آخر، حيث يتراوح بين (25-206 م). لكن بشكل عام، يزداد سمك هذا التكوين باتجاه الحدود العراقية الكويتية ليصل إلى أكثر من (200 متر) في بئر (10)، وفقًا لـ (GEOSURV, 1983) ، كما هو موضح في الشكل (5-21).

يعتبر تكوين الغار خزانًا مائيًا فقط في منطقة بصية ضمن منطقة تخاديد - بصية الهيدروجيولوجية. ووفقًا لقاعدة بيانات الهيئة العامة للمياه الجوفية، فإن له امتدادًا محدودًا مع مياه رديئة النوعية في الغالب.

بشكل عام، يتراوح عمق الآبار المائية المحفورة في هذا الخزان الجوفي ضمن هذه المنطقة بين (100- 175 م). أظهرت نتائج الضخ الاختباري الذي أجري في بعض هذه الآبار أن معامل النفاذية يتراوح بين (21 - 246 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (1.3 - 14 م/يوم)، وتصريف الآبار يتراوح بين (99 - 881 م³/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (20 - 35 م) تحت سطح الأرض. أما ملوحة المياه الجوفية في هذا الخزان فتتراوح بين (1966 - 64853 ملغم/لتر) مع نوع مياه كلوريدية سائدة (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009).



الشكل (5-21):- يوضح خريطة خطوط تساوي السمك لتكوين الغار.

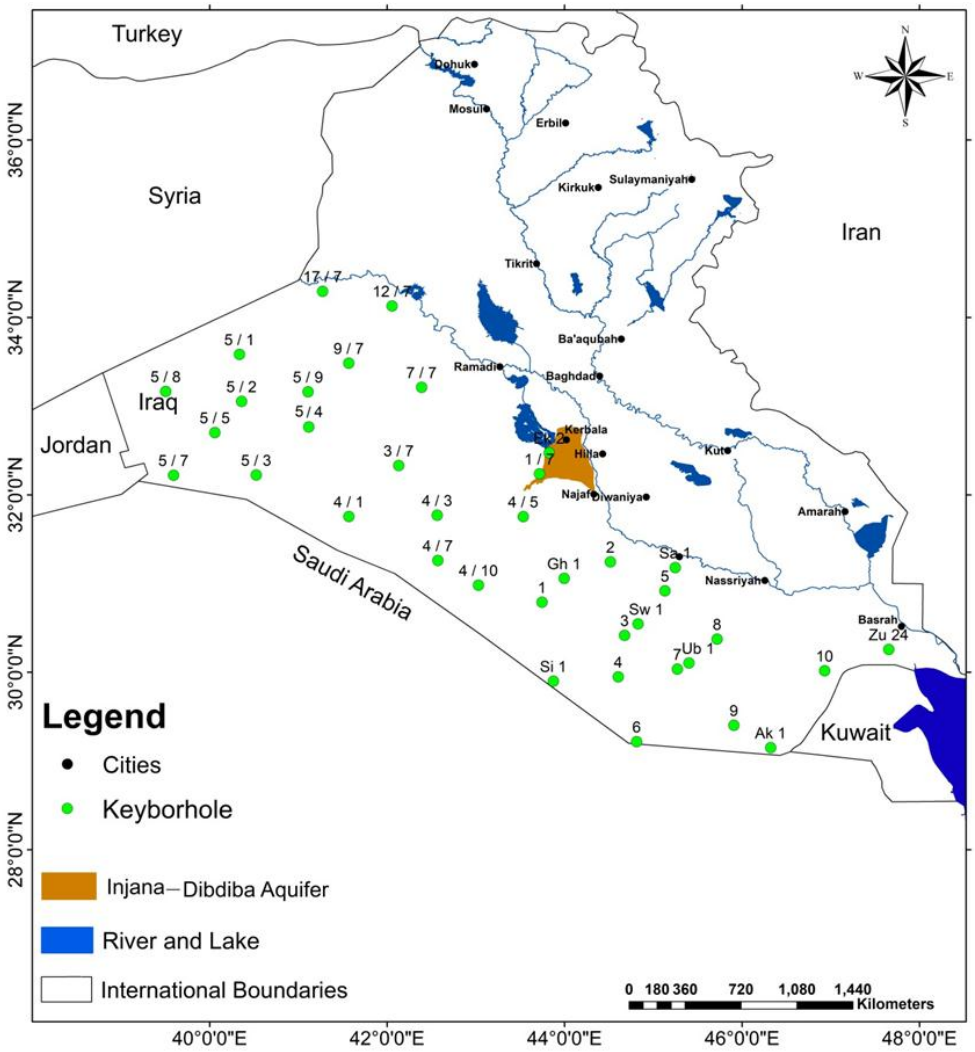
13-3-5 خزان إنجانة - دبدبة الجوفي Injana - Dibdibba Aquifer

تكوين الفارس الأعلى (الميوسين المتأخر) الذي يعرف حاليًا بتكوين إنجانة في العراق حسب التسمية التي وضعت من قبل جاسم وآخرين (Jassim *et al.*, 1984). اذ تم تحديد مقطع نموذجي فرعي بالقرب من منطقة إنجانة على طول الجناح الشمالي الشرقي لجبل حمرين (Jassim and Buday, 2006 in Jassim and Goff, 2006). ينكشف هذا التكوين في الصحراء العراقية ضمن هضبة كربلاء - نجف كحزام ضيق على طول طار السيد وطار النجف (Hassan et al., 2002; Hassan 2007) . يتكون هذا التكوين من تناوب الحجر الطيني والحجر الغريني والحجر الرملي الكلسي، مع طبقات رقيقة من الحجر الجيري المارلي (Al-Mehadi *et al.*, 1975). قسم حسن (Hassan, 2007) هذا التكوين في هضبة كربلاء - النجف إلى وحدتين رئيسيتين: الوحدة الفتاتية السفلى ووحدة الحجر الطيني العليا المكونة للكهوف. تتناوب الوحدة الفتاتية السفلى بين صخور فتاتية مختلفة (حجر طيني، حجر رملي، وحجر غريني) بسمك يزيد عن (25 م). بينما تتكون وحدة الحجر الطيني العليا المكونة للكهوف من حجر طيني، يتغير أحيانًا إلى حجر طيني غريني بشكل جانبي أو عمودي، بسمك يصل إلى (6.0 م) أو أكثر في بعض الأماكن (Hassan and Al-Khateeb, 2005).

وصف حسن وآخرون (Hassan *et al.*, 2002)، وحسن (Hassan, 2007) تكوين الدبدبة في هضبة كربلاء - نجف على طول طار السيد وطار النجف بسمك يتراوح بين (1- 18م). في طار السيد يتراوح سمكه بين (1-15.5 م). وفقاً للعاني ومعلة (Al-Ani and Ma'ala, 1983b) في جاسم والجبوري (Jassim and Al-Jiburi, 2009)، يتكون هذا التكوين من رمال وحجر رملي وحصى (أو حجر رملي حصوي) سيئة الفرز.

يعتبر معظم الباحثين أن الخزان الجوفي الرئيس في هضبة كربلاء - نجف الواقعة ضمن منطقتي الرزازة والمعانية الهيدروجيولوجيتين هو خزان الدبدبة. لكن، تعتقد هيئة المسح الجيولوجي العراقية أن هذا الخزان الجوفي يقع ضمن صخور تكوين إنجانة. لذا، وبما أن أعماق الآبار المحفورة في هضبة كربلاء - نجف تتراوح بين (25 - 60 م)، وأن سمك تكويني إنجانة والدبدبة يبلغ تقريبًا (60 م)، لذلك يجب أن يكون هذا الخزان الجوفي هو خزان إنجانة - دبدبة، خاصة في المناطق القريبة من طار السيد وطار النجف وباتجاه الشرق، وذلك لوقوعه ضمن هذه التكوينات وامتداده على كامل مساحة الهضبة، كما هو موضح في الشكل (5-22).

تتم تغذية هذا الخزان الجوفي مباشرة من الأمطار الساقطة داخل الهضبة. ومع ذلك، على مدى الثلاثين عامًا الماضية، أدى تغير المناخ وزيادة الطلب على المياه الجوفية إلى انخفاض في مناسيب المياه الجوفية ضمن هذا الخزان، حيث انخفضت مناسيب المياه بمقدار (10 م) ضمن هذه الهضبة.



الشكل (5- 22):- يوضح امتداد خزان إنجانة - دبدبة الجوفي.

استنادًا إلى نتائج الدراسات الحديثة، أظهرت نتائج الضخ الاختباري أن قيم النفاذية تتراوح بين (18 - 897 م²/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.6 - 37.4 م/يوم)؛ وتصاريف الآبار تتراوح بين (51 - 103 م³/يوم)، وأن مستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (7 - 30 م) تحت سطح الأرض. بالإضافة إلى ذلك، تشير نتائج التحليل الهيدروكيميائي إلى أن ملوحة المياه الجوفية تتراوح بين (2500 - 5000 ملغم/لتر)، مع مياه كبريتية النوع.

14-3-5 خزان الدبدبة الجوفي Dibdibba Aquifer

وصف مكفايدن (Mcfayden, 1938) لأول مرة الموقع النموذجي لتكوين الدبدبة (البليوسين - البليستوسين) في منطقة البرجيسية جنوب غرب مدينة البصرة. حدد أوين وناصر (Owen and Nasr,1958) التتابع السطحي وتحت السطحي لهذا التكوين. في بئر النفط الزبير (3) يكون سمك هذا التكوين (305 م) كما ورد في (Bellen *et al*., 1959). ينكشف تكوين الدبدبة في الجزء الجنوبي الغربي من الصحراء العراقية بين الحدود العراقية السعودية الكويتية ومنطقة بصية. وفقًا للعاني ومعلة (Al-Ani and Ma'ala (1983b) in Jassim and Al-Jiburi, 2009) ، يتكون هذا التكوين من رمال وحجر رملي وحصى (أو حجر رملي حصوي) سيئة الفرز. في شمال وشمال غرب منطقة صفوان - الرخيمة الهيدروجيولوجية في المنطقة الواقعة بين هور الحمار والحدود العراقية - السعودية - الكويتية يغطي هذا التكوين مروحة غرينية لوادي الباطن التي تمثل ترسبات العصر الرباعي ، كما هو موضح في الشكل (5- 23).

في الجزء الجنوبي الغربي من إقليم الصحراء الهيدروجيولوجي ضمن منطقة صفوان - الرخيمة الهيدروجيولوجية، يحتوي تكوين الدبدبة على طبقة من الحجر الطيني الصلب تسمى "جوجب"، تفصل طبقات الخزان الجوفي إلى خزانين جوفيين غير محصور وشبه محصور. توجد هذه الطبقة على أعماق مختلفة تتراوح بين (10-18 م)، وهي ذات سمك متغير (Al-Kubaisi, 1996). على أي حال، يزداد سمك الخزان الجوفي باتجاه الغرب ليصل إلى (55 م) بالقرب من منطقة بصية بسبب زيادة سمك تكوين الدبدبة في هذا الاتجاه، بينما يقل سمكه باتجاه الجنوب والشرق إذ يتراوح بين (15-20 م). لذا، جميع الآبار المحفورة ضمن هذا الخزان الجوفي لها أعماق تتراوح بين (20-50 م).

يتميز الخزان الجوفي غير المحصور أو الطبقة المائية العليا بملوحة لا تتجاوز (10,000 ملغم/لتر)، بينما تتميز الطبقة المائية شبه المحصورة أو السفلى بملوحة تزيد عن (10,000 ملغم/لتر) (Al-Kubaisi, 1996; Al‑Sudani, 2019). بشكل عام، تزداد ملوحة المياه الجوفية في خزان الدبدبة باتجاه الشرق والشمال الشرقي.

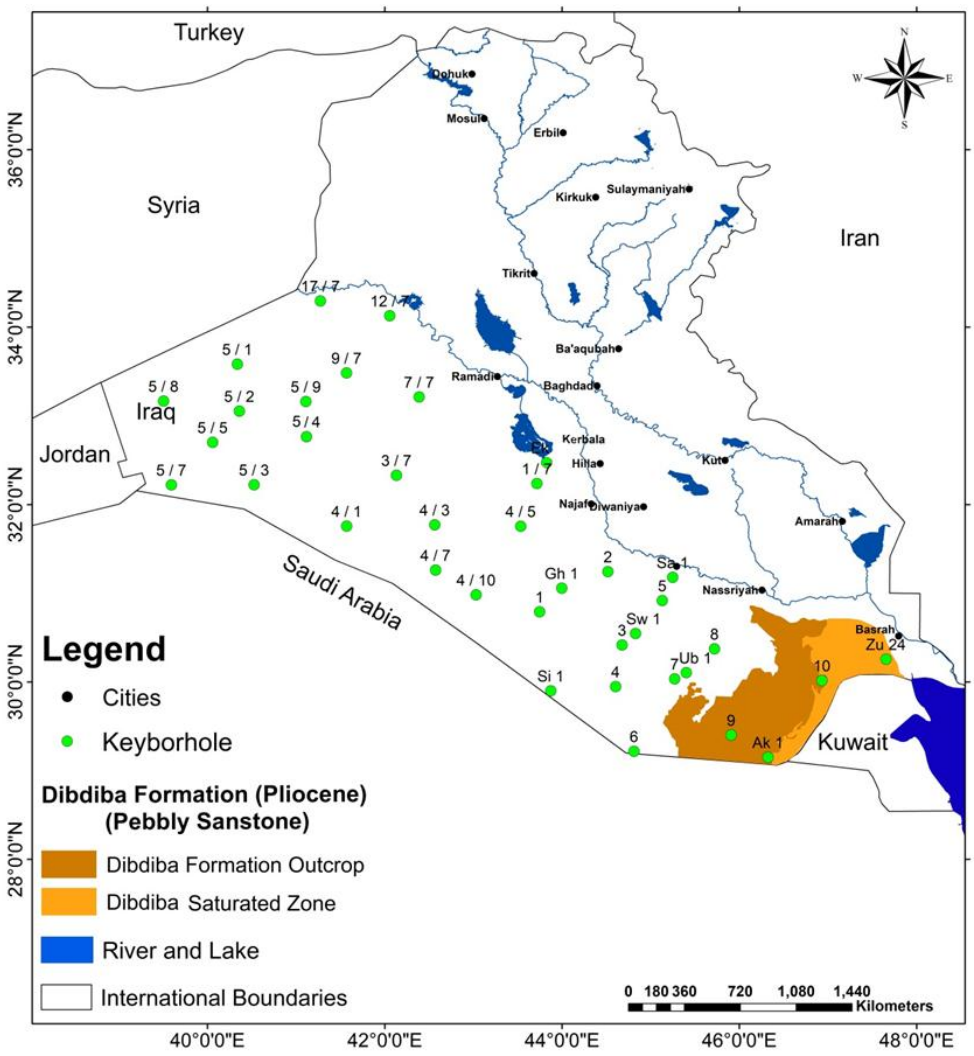
إن اتجاه جريان المياه الجوفية ضمن هذا الخزان هو من المنطقة الجنوبية نحو الغرب والشمال والشرق والشمال الشرقي والتي تمثل مناطق تصريف مياه هذا الخزان.

بشكل عام، أظهرت نتائج الضخ الاختباري في هذا الخزان الجوفي أن قيم النفاذية تتراوح بين (15 - 265 م^2/يوم)، والتوصيلية الهيدروليكية تتراوح بين (0.3 - 25.1 م/يوم)؛ وتصاريف الآبار تتراوح بين (86 - 1037 م^3/يوم) ومستوى الماء الاستقراري يتراوح بين (11 - 31 م) تحت سطح الأرض. بالإضافة إلى ذلك، اشارت نتائج التحليل الهيدروكيميائي إلى أن ملوحة المياه الجوفية تتراوح بين (4790 - 35710 ملغم/لتر)، مع مياه كلوريدية النوع (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009).

وفقاً لنتائج التحريات الهيدروجيولوجية التي أجرتها هيأة المسح الجيولوجي (1983)، لم يحتوِ تكوين الدبدبة على مياه جوفية في بئرين عميقين (KH 9 و KH 10) واللذان يقعان في الأجزاء الغربية من مناطق انكشافه ضمن مناطق صفوان

- الرخيمة وتخاديد - بصية الهيدروجيولوجية ، ربما بسبب ترشح مياه الأمطار إلى التكوينات الاعمق عبر الطبقات عالية النفاذية في هذا التكوين (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2009). على اي حال، تمثل مناطق انكشاف هذا التكوين مناطق تغذيته.

مقارنةً بالمواصفات القياسية الخاصة بجودة المياه الجوفية للاستخدامات المختلفة، تشير النتائج إلى أن المياه الجوفية في هذا الخزان غير صالحة للشرب والصناعة والري ولشرب الحيوانات والبناء بسبب التراكيز العالية للأيونات. ورغم ذلك، يستخدم المزارعون هذه المياه للري ولشرب الحيوانات (Al-Sudani, 2019).



الشكل (5- 23):- يوضح امتداد خزان الدبدبة الجوفي، (Al Jawad and Ridha, 2008).

المصادرُ

Abdulnaby, W., (2018). Structural Geology and Neotectonics of Iraq, Northwest Zagros. Chapter 4 in Tectonic and Structural Framework of the Zagros Fold-Thrust Belt, Volume 3, 1st Edition, Elsevier, pp. 53-73.

Ahamad, H.S. and Al-Jiburi, H.K., (2005). Hydrogeological and hydrochemical study of Samarra Quadrangle (NI-38-6), scale 1: 250 000. GEOSURV, Int. Rep. No. 2949.

Al - Jiburi, H.K., and Al-Basrawi, N.H.,(2002). Hydrogeological and Hydrochemical Study of Shithatha Quadrangle sheet (NI – 38- 13). Scale 1:250 000. GEOSURV.

Al Jawad, S.B. and Ridha, S.A. (2008). Evaluation of Groundwater Resources in Iraq and Their Management. Unpublished report in Arabic. Ministry of Water Resources, Baghdad.

Al-Ani, M.Q. and Ma'ala, K.A., (1983b). Report on the regional geological mapping of north of Busaiya area. GEOSURV, Int. Rep. No. 1349.

Al-Ansari, N. A. (2020). Topography and Climate of Iraq. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, Vol. 11, No. 2, pp1-13.

Al-Ansari, N. A., (2021). Water Resources of Iraq. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering, Vol. 11, No. 2*, pp. 15-34.

Al-Azawi A.A., (2009). Evaluation and management of groundwater in Baher Al-Najaf. M.Sc. Thesis (Unpublished), University of Baghdad, College of Science, Iraq, 196p.

Al-Bassam, K.S., Karim, S.A., Hassan, K.M., Saeed, L., Yakta, S., and Salman, M., (1990). Report on geological survey of the Upper Cretaceous – Lower Tertiary phosphorite bearing sequence, Western Desert, Iraq. GEOSURV, Int. Rep. No. 2008.

Al-Dabbaj, A.A. and Al-Khashab, S.N., (2002a). Hydrogeological and hydrochemical study of Rutbah and Saba`a Ebyar Quadrangles (NI-37-11 & NI-37-10), scale 1: 250 000, GEOSURV, Int. Rep. No. 2798.

Al-Fatlawi, A. N., (2011). Hydrogeological study for Umm Er Radhuma aquifer-west of Iraq , Ph.D. Thesis (Unpublished), University of Baghdad, college of Science, Iraq, 210p.

Al-Ghanimy, M.A., (2013). The hydrogeology of dammam aquifer in the west and south west of karbala city. M.Sc. Thesis (Unpublished), University of Baghdad, college of Science.139p.

Ali, H., Ali, (2021). Hydrogeological Study of the Upper Al-Dammam Aquifer- Southwest-Iraq, Ph.D. Thesis (Unpublished), University of Baghdad, college of Science, Iraq, 192p.

Al-Jawad, S.B., Al-Dabach, R.H., Mohsa, M.S.J., Abd-AlHadi, H.A., Bashoo, D.Y., Hana, F.H.N., Al-Azawi, H.A., (2001). The comprehensive book national program to the best usage of water resources in Al Furat basin, the main axis the fourth, sub axis first and second, hydrogeological water aquifers in western desert–west and south Al Furat River, PP.276-307.

Al Jawad, S.B. and Ridha, S.A. (2008). Evaluation of Groundwater Resources in Iraq and Their Management. Unpublished report in Arabic. Ministry of Water Resources, Baghdad.

Al-Jiburi, H.K. and Al-Basrawi, N.H. (2015). Hydrogeological map of Iraq, scale 1: 1000 000, 2nd edition. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Vol.11, No.1, pp. 17-26.

Al-Jiburi, H.K. and Al-Basrawi, N.H., (2012). Hydrogeology. In: Geology of Low Folded Zone. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining* .Special Issue. pp. 133− 157.

Al-Jiburi, H.K. and Al-Basrawi, N.H., (2014a). Hydrogeology. In: Geology of High Folded Zone. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue. pp. 163− 183.

Al-Jiburi, H.K.S. and Al-Basrawi, N.H., (2002b). Hydrogeological and hydrochemical study of Wadi Tabbal Quadrangle (NI-37-16), scale 1: 250 000, GEOSURV, Int. Rep. No. 2797.

Al-Jiburi, H.K.S. and Al-Basrawi, N.H., (2007). Hydrogeology of Iraqi Western Desert, *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue, pp. 125- 144.

Al-Jiburi, H.K.S. and Al-Basrawi, N.H., (2008). Hydrogeology of Iraqi Southern Desert, *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue, pp. 77-91.

Al-Jiburi, H.K.S. and Al-Basrawi, N.H., (2009). Hydrogeology of Al-Jazira Area, *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue, pp. 71-84.

Al-Jiburi, H.K.S. and Al-Basrawi, N.H., (2011). Hydrogeology of the Mesopotamia Plain, *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue, pp. 83- 103.

Al-Jiburi, H.K.S. and Al-Basrawi, N.H., (2014b). Hydrogeology of the Western Part of the Iraqi Western Desert, *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Vol.10, No.2, pp. 1-20.

Al-Kaabi, Fadhil, K., (2009). Hydrogeochemistry and evaluation some Selected wells, northeast Maysan city. M.Sc. thesis, Basrah University, Iraq, (unpublished), (in Arabic), 116p.

Al-Kadhimi, J.M.A., Sissakian, V.K., Fattah, A.S. and Deikran, D.B., (1996). Tectonic Map of Iraq, scale1: 1000 000, 2nd edit., GEOSURV, Baghdad, Iraq.

Al-Khalaf, Jassim M., (1959). Lectures in Iraq's Physical, Economical and Human Geography, League of Arab States, Institute of High Arabic Studies, pp.444.

Al-Kubaisi Q.Y., (1996). Hydrogeology of Dibdibba aquifer in Safwan- Zubair area, south of Iraq. Unpub. Ph. D. Thesis, College of Science, University of Baghdad, 173p. (in Arabic).

Al-Madhlom, Q., Bo Nordell, Chabuk, A., Al-Ansari. Nadhir, Lindblom, J., Laue, J. and Hussain, H.,M., (2020). Potential use of UTES in Babylon Governorate, Iraq. *Groundwater for Sustainable Development Journal. 10 (2020) 100283.*

Al-Mehaidi, H.M., Vejlupek, M. and Yacoub, S.Y., (1975). Report on the regional geological mapping of Shithatha – Habbariya area GEOSURV, int. rep. No. 679.

Al-Mubarak, M. and Amin, R.M., (1983). Report on the regional gological mapping of the eastern part of the Western Desert and western part of the Southern Desert. GEOSURV int. rep. No. 1380.

Al-Qayim, B., (1989). Diagenetic model of a rffe complex, Aqra-Bakhme Formaation (Late Cretaceous) northeastern Iraq. Acta Mineralogica-Perographica, Szeged, XXX, PP. 149-159.

Al-Shamari, Muthana M., (2014). Groundwater quality evolution in Tar AL-Sayyed area, South Razaza Lake, Central Iraq. M.Sc. Thesis (Unpublished), University of Baghdad, college of Science.145p.

Al-Shwaily, A.Kh., Al-Mosawi, H.A., Al-Saffi, I.K., Bashir, W.Ph., Ibrahim, A.A., Al-Jubouri, B.S., Al-Kubaisi, K.N., Mahmood, A.A. and Al-Shawi, S.A., (2012). Semi detailed geological mapping of Sulaimaniyah – Surdash area. GEOSURV, int. rep. No. 3340.

Al-Sudani H.I.Z., (2019). Groundwater system of Dibdibba sandstone aquifer in south of Iraq. *Applied Water Science*, 9:72.

Al-Zubedi, A. S., and Thabit, J. M., (2014). Comparison between 2D imaging and vertical electrical sounding in aquifer delineation: a case study of south and south west of Samawa City (IRAQ). *Arabian Journal of Geosciences* 7, pp.173-180.

Ahamad, H.S. and Al-Jiburi, H.K., (2005). Hydrogeological and hydrochemical study of Samarra Quadrangle (NI-38-6), scale 1: 250 000. GEOSURV, Int. Rep. No. 2949.

Amin, Dara, F., H., (2009). Hydrogeological Assessment of the Cretaceous Stratigraphic Units Exposed Along the North-Eastern Limb of Azmar Anticlinorium, Sulaimany, Ne Iraq. *Iraqi Journal of Science*, Vol.50, No.1, pp. 56 – 66.

Anning, D.W., and Konieczki, A.D., (2005). Classification of hydrogeological areas and hydrogeological flow systems in the Basin and Range Physiographic Province, Southwestern United States: U.S. Geological Survey Professional Paper 1702, 37 p.

Aqrawi, A.A.M., Goff, J.C., Horbury, A.D., Sadooni, F.N., (2010). The petroleum geology of Iraq. Stat oil Scientific Press.

Araim, H.I., (1990). Regional Hydrogeology of Iraq. GEOSURV, int. rep. No. 1450.

Baban, Dler H. and Lawa, F.A., (2016). Palynological and Stratigraphical Evidences on the Age of the Outcropped Khabour Formation near Chalki Nasara Village, Kurdistan Region, Northern Iraq. *Journal of Zankoy Sulaimani,* Special Issue, GeoKurdistan II, pp.293-318.

Bellen, R.C., Dunnington, H.V., Wetzel, R. and Morton, D., (1959). Lexique Stratigraphic International. Asia, Fasc. 10a, Iraq, Paris.

Buday, T., and Hak, J., (1980). Report on geological survey of the western part of the Western Desert, Iraq.GEOSURV, Int. Rep. No. 1000.

Consortium-Water Development Projects, Consortium Yugoslavia, (1978). Western Desert, Block 7,Hydrogeological and Hydrochemical Exploration Works. Baghdad, Iraq.

Consortium-Water Development Projects, Consortium Yugoslavia, (1981). Western Desert, Block 5,Hydrogeological and Hydrochemical Works. Baghdad, Iraq.

FAO. (2008). Irrigation in the Middle East region in figures, Aquastat Survey – 2008. pp. 199-214.

Fatah, Kaiwan, Seeyan, S. and Jirjees, Shevan, (2020). Morphometric Analysis Using Geo-Information Techniques for Different Watersheds in Northeastern Part of Erbil City, Kurdistan Region, North Iraq. *Iraqi Geological Journal*.53, 2A, pp.88-104.

Fouad, S.F., and Sissakian, V.K., (2011). Tectonic and Structural Evolution of the Mesopotamia Plain, Iraqi Bulletin of Geology and Mining, Special Issue, pp. 33- 46.

Fouad, S.F.A., (2004). Contribution to the structure of Abu Jir Fault Zone. Iraqi Geological Journal, Vol. 32/33, pp. 63 – 73.

Fouad, S.F.A., (2007). Tectonic and Structural Evolution of the Iraqi Western Desert. Iraqi Bulletin of Geology and Mining, Special Issue, pp. 29- 50.

Fouad, Saffa F.A., (2012). Western Zagros Fold – Thrust Belt, Part II: The High Folded Zone, Iraqi Bulletin of Geology and Mining, Special Issue, pp. 53- 71.

Fouad, Saffa F.A., (2015). Tectonic Map of Iraq, Scale 1: 1000 000, 3rd Edition, 2012. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, V.11, No.1, pp. 1– 7.

G.C.G.W., General Commission for Ground Water, (2021). Drilled wells data in the Karbala – Najaf Plateau, Geology department database.

GEOSURV, (1983). Hydrogeology, Hydrochemistry and Water Resources in the Southern Desert (Blocks 1, 2, 3). GEOSURV, Int. Rep. Nos. 1250 – 1256.

Idrotechneco-Consult Progetti, (1977). Hydrogeological Exploration (Block 4), Final Report, GEOSURV,No 26.

Iraqi Organization for Meteorological Information, (2015). Climate data of Iraq for the period (1979 – 2014), Baghdad, Iraq.

Hamza, N.M., (1997). Geomorphological Map of Iraq, scale 1: 1 000 000. GEOSURV, Baghdad, Iraq.

Hamza, N.M.,(2007). Geomorphology in Geology of Iraqi Western Desert. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue, No.1,pp. 9– 27.

Hassan, A. H. and al Kubaisi, Q. Y., (2002). The fourth axis and the third subaxis, natural recharge for the ground water in the western desert. Second part. pp. 308-310.

Hassan, K. M., (2007). Stratigraphy of Karbala-Najaf Area, Central Iraq. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, 3(2):53-62.

Hassan, K.M. and Al-Khateeb A.A., (2005). Piping in a Cave-Forming Claystone, Injana Formaation, Karbala –Najaf area. *Iraqi Geology Journal* ,Vol., No.1, pp. 34 – 38.

Hassan, K.M., Al-Khateeb, A.A.G., Khlaif, H.O., Kadhum, M.A. and Saeed, F.S., (2002). Detailed geological survey for mineral exploration in Karbala – Najaf area.Part 1, Geology. GEOSURV, int. rep. No. 2874.

Hussien, B. and Fayadh A., (2011). Impact of intense exploitation on groundwater balance and flow within Mullusi aquifer, (arid zone - west Iraq). *Arab. J. of Geosci.*, 6(7), pp.2461-2482.

Hussien, B., (2018). Determination of Lateral Hydraulic Connection of the Regional Aquifers in the Western Desert-Iraq using Hydrochemical and Hydrogeological data. *Iraqi Journal of Science, Vol. 59, No.1C*, pp. *534-551.*

Jassas, Hussein A., Al‐Bahadily, H. A., and Al‐Saady, Y. I., (2019). Integrating hydrogeological, geophysical, and remote‐sensing data to identify fresh groundwater resources in arid regions: a case study from Western Iraq. *Environmental Earth Sciences*. 78:521.

Jassim, R .Z. and Al-Jiburi, B.S., (2009). Geology of the Iraqi Southern Desert "Stratigraphy". *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue, pp. 53 – 76.

Jassim, S.Z. and Buday, T.,(2006). Chapter fourth, pp.45-56: In Jassim and Goff, editors, Geology of Iraq 2006; Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, 341p.

Jassim, S.Z., Karim, S.A., Basi, M.A., Al-Mubarak, M.A. and Munir, J., (1984). Final Report on the Regional Geological Survey of Iraq, Vol.3, Stratigraphy. GEOSURV, Int. Rep. no. 1447.

Khalaf, Rasul M., and Hassan, Waqed H., (2016). Estimation the hydrogeological characteristics of Al-Dammam confined aquifer in the west and southwest of Karbala city, Iraq. https://www.researchgate.net/publication/292375164**.**

Khare, Deepak, Jat M. Kumar, MishraP. K., (2017). Groundwater Hydrology: An Overview, www.researchgate.net/publication/321145446. 27 P.

Khayyun, Thair, S. and Mahdi, Hasan H., (2020). Predicted Climate Change Impact on Groundwater Flow for the Upper Zone of Iraqi Aquifers. *Journal of Southwest Jiaotong University*, Vol. 55 No. 2, pp 1-25.

Krasny, J., (1983a). Hydrogeology and hydrochemistry of the foothill zone. Manuscript repot. GEOSURV, Baghdad.

Krasny, J., Alsam, S. and Jassim, S.Z. (2006). Hydrology, pp. 251-287: In Jassim and Goff, editors, Geology of Iraq, 2006; Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, 341p.

Ma'ala, Kh.A. , (2009a). Geomorphology of Al-Jazira Area. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue, pp. 5- 31.

Ma'ala, Kh.A. , (2009c). Geomorphology of Iraqi Southern Desert. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining,* Special Issue, pp. 7- 33.

Ma'ala, Kh.A., and Kifah N. Al-Kubaysi , (2009b). Stratigraphy of Al-Jazira Area. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue, pp. 49- 70.

Macfadyen, J. A., (1938). Water supplies in Iraq, Ministry of Economics and Communication, 1: 232.

Mohammed, I.Q., Lawa, F.A., Hazza, S.H., Al-Mutwali, M.M., Mohammed, A.K.A., (2021). Facies associations and stratigraphic classification of the Upper Campanian – Maastrichtian – Mesopotamian Foreland Basin, Iraq. https://www.researchgate.net/publication/356980206_55_.

Mustafa, O., Merkel, B., and Weise, S.M., (2015). Assessment of Hydrogeochemistry and Environmental Isotopes in Karst Springs of Makook Anticline, Kurdistan Region, Iraq. *Hydrology.* 2, PP.48-68.

Owen, R.M.S. and Nasr, S.N., (1958). The stratigraphy of the Kuwait – Basrah area. In: Weeks, G.L. (Ed.).Habitat of Oil Symposium. A.A.P.G., Tulsa.

Sissakian, V.K. and Salman, B.M., (2007). Geology of the Iraqi Western Desert "Stratigraphy". *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*,, Special Issue, p. 51 – 124.

Sissakian, V.K., (2000). Geological Map of Iraq, 3rd edit., scale 1: 100 000. GEOSURV, Baghdad, Iraq.

Sissakian, V.K., Al-Jiburi, B.S., (2014a). Stratigraphy of the High Folded Zone. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue, No.6, pp. 73– 161.

Sissakian, V.K., Kadhim, T.H., Jab'bar, M.F.A., (2014b). Geomorphology of the High Folded Zone. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue, PP. 7–51.

Stevanovic, Z. and Markovic, M., (2004). Hydrogeology of Northern Iraq. Vol.2. General Hydrogeology and Aquifer Systems. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, 246p.

Tamar-Agha, Mazin Y. and Saleh A. Safaa, (2016). Petrology, Mineralogy and Diagenesis of the Rus and Jil Formaations (l- Eocene) in Najif and Samawa areas, Southern Iraq. *Iraqi Journal of Science,* Vol. 57, No.2C, pp.1504-1520.

Tamer-Agha, M.Y., (1989). Report on the Detailed Geological Mapping of the Southern Rim of the Ga'ara Depression. Unpub. Report, part one, GEOSURV. Library No. 1779 ,195P.

Wilson, E.M., (1983). Engineering Hydrology, 2nd edit. Macmillan Press Ltd., London, 232p.

Yacoub, S.Y., (2011). Geomorphology of the Mesopotamia Plain. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue, No.4, pp. 7– 32.

Yacoub, Sabah Y , Othman, Arsalan A. and Kadhim, Talal H., (2012). Geomorphology of The Low Folded Zone. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, Special Issue, No.5,pp. 7–37.

Yousuf, Mahmood A., Rapantova, Nada and Younis, Jalal H.,(2018). Sustainable Water Management in Iraq (Kurdistan) as a Challenge for Governmental Responsibility. *Water journal*, 10, 1651.pp.1-19.