

تحليل هيدروغرافات آبار المياه الجوفية في منطقة الغوطة الشرقية وتحديد قيم التغذية الجوفية المتوقعة

اعداد الباحثة: هيا علي مندو¹

المشرف الرئيسي: د.م.محمود السباعي² المشرف المشارك: أ.د.م.معن سلامة³

ملخص البحث:

تُعتبر مناسبة المياه الجوفية المقيسة في آبار الرصد على المدى الطويل عن سلوك الطبقة الجوفية تحت الاجهادات المختلفة الممثلة بالتغذية والتصريف والجريان الجانبي. وللوصول الى إدارة مستدامة لهذا المصدر المهم لابد من تحقيق توازن بين تغذية المياه الجوفية، وتصريفها. تشكل المياه الجوفية للحامل المائي الحر في منطقة الغوطة الشرقية بريف دمشق مصدراً رئيسياً لمياه الري والشرب، وهي تتغذى بشكل رئيسي من الهطول المطري والمياه العائدة من الري ونتيجة لمحدودية البيانات المتاحة كان لا بد من التوصل الى منهجية مناسبة لتقدير التغذية للمياه الجوفية.

تم اجراء دراسة تحليلية للبيانات المتوفرة في الغوطة الشرقية حيث قسمت منطقة الدراسة الى أربع قطاعات رئيسية وتم تحديد العوامل الرئيسية المؤثرة في التغذية الجوفية لكل قطاع، وقد بينت النتائج تأثير هذه العوامل الممثلة بالراشح من الهطول المطري والري و الراشح من سرير نهر بردى وشبكة أفنية الري من محطة المعالجة بعدرا، في تغير مناسبة المياه الجوفية. أوضح تحليل هيدروغراف الآبار أن الوضع الجوفي شهد مرحلة تعافي واستقرار استمرت لمدة تقارب الثلاث إلى الأربع سنوات بعد عام 2017، لتشهد بعدها معظم الآبار انخفاض تدريجي في المناسيب المائية، وبعضها انخفاض حاد قد يؤدي إلى استنزاف الطبقة الجوفية ما لم يتم اتخاذ الاجراءات اللازمة من قبل الجهات المعنية لتنظيم عملية حفر الآبار بشكل عشوائي ومنع السحب الجوفي الجائر.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، التغذية الجوفية، الغوطة الشرقية، نهر بردى

1. طالبة دكتوراه، قسم هندسة وإدارة الموارد المائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة حمص

2. أستاذ مساعد، قسم هندسة وإدارة الموارد المائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة حمص

Analyzing the Hydrographs of Groundwater Wells in The Eastern Ghouta Region and Determining the Expected Groundwater Recharge Values

the researcher: Haya Ali Mando¹

Main supervisor: Dr. Mahmoud Al-Sebai²

Co-supervisor: Prof. Dr. Maan Salama³

Abstract

Groundwater levels measured from long-term monitoring wells reflect the behavior of the aquifer under different stresses resulted from recharge, discharge, and lateral flow. In order to achieve sustainable management of this important source, a balance must be achieved between groundwater recharge, and discharge. Groundwater in the eastern Ghouta area of rural Damascus is a major source of irrigation and drinking water, and it is mainly fed by rainfall, and returned water from irrigation. Due to the limited data available, it was necessary to find a suitable methodology for estimating groundwater recharge.

An analytical study was carried out on the available data in Eastern Ghouta. The study area was divided into four main sectors and the main factors affecting groundwater recharge in each sector were identified. The results showed the impact of these factors (represented by infiltration from rainfall and irrigation, leakage from the Barada River bed and the irrigation canals network from Adra treatment plant) on the fluctuation of groundwater levels

The hydrograph analysis of the wells showed that the groundwater situation witnessed a recovery and stability phase that lasted for a period of approximately three to four years after 2017, after which most wells witnessed a gradual decrease in water levels, and some of them a sharp decrease that may lead to the depletion of the groundwater aquifer unless the necessary measures are taken by the concerned authorities to regulate

the process of random well drilling and prevent groundwater overexploitation.

Keywords: Groundwater, groundwater recharge, Eastern Ghouta, Barada River.

¹ PhD student, Faculty of Civil Engineering, Homs university, Syria

² Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Homs University, Syria

³ Professor, Faculty of Civil Engineering, Homs University, Syria

1- مقدمة:

تُعد المياه الجوفية في منطقة الدراسة مصدراً رئيسياً للري ولتوفير مياه الشرب لعدد كبير من التجمعات السكانية المنتشرة في دمشق وريفها. تواجه هذه الموارد تحديات كبيرة نتيجة الحفر العشوائي للآبار والضخ الجائر مما يؤدي إلى استنزاف الطبقات الجوفية بمعدلات لا يمكن تعويضها فتكون كمية المياه التي تُضخ وتُستهلك أكبر من كمية المياه التي تُغذي الخزان الجوفي. يُضاف إلى ذلك، الضغوط الناجمة عن التغير المناخي الذي يزيد من تكرار حدوث حالات الجفاف، كما أن التغيرات في الأنشطة البشرية والزراعية والتوزيع السكاني بعد عام 2011 أثر بشكل ملحوظ على الموارد الجوفية. لذلك تكتسب دراسة تحليل مستويات المياه الجوفية أهمية كبيرة، حيث تعكس التأثيرات الطبيعية كالراشح من الهطول المطري والقرب والبعد من الشبكة النهرية والعوامل الاصطناعية كالري والضخ من الطبقة المائية [2]. ولتقييم الوضع المائي الجوفي في حوض دمشق تم رصد شبكة من الآبار البيزومترية منذ عام 1986 بهدف المراقبة الدورية لأعماق المياه الجوفية ودراسة تغيراتها مع الزمن [13]. ونتيجة للتغيرات الحادة في توزيع النشاطات البشرية والزراعية التي شهدتها منطقة الدراسة أصبح لا بد من إجراء تحليل للبيانات المتوفرة بهدف فهم الواقع الجوفي حالياً والمساعدة على التنبؤ بما سيؤول إليه الوضع الجوفي مستقبلاً.

2- هدف البحث:

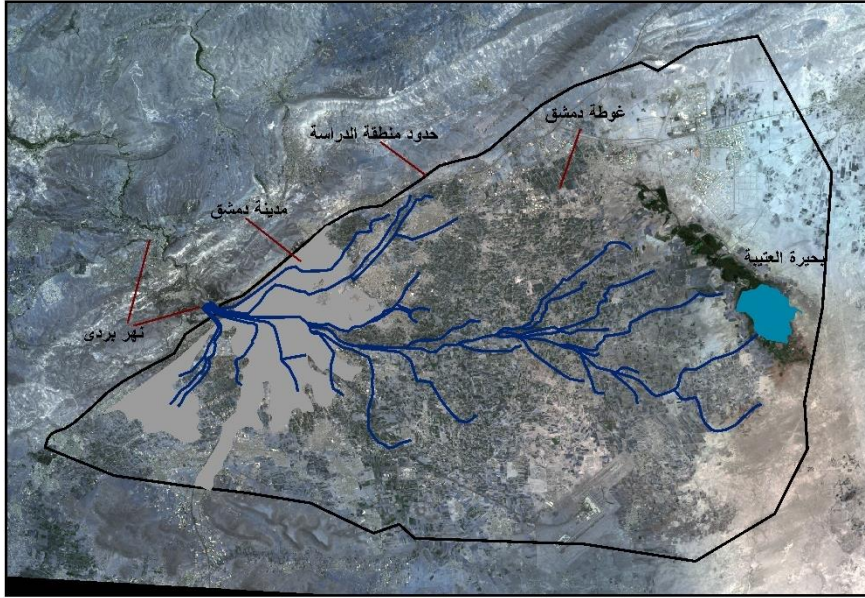
تقييم واقع المياه الجوفية الحالي للحامل المائي الحر (حامل الرباعي الأعلى والحديث) في منطقة الغوطة الشرقية (مساخياً وقطاعياً) في ظل محدودية البيانات ما بعد عام 2011.

3- مواد وطرائق البحث:

3-1 الخصائص الطبيعية والمناخية لمنطقة الدراسة:

أ- الموقع الجغرافي

تقع الغوطة الشرقية في الجزء السهلي الشرقي من حوض بردى والاعوج التي تمتد من السفوح الشرقية لسلسلة جبل قاسيون غرباً وحتى موقع بحيرة العتيبة شرقاً وبمساحة تقدر بحوالي 980km^2 ، وتعتبر من أكثر المناطق فعالية من الناحيتين الاجتماعية والاقتصادية كونها تحتضن مدينة دمشق وجزءاً من التجمعات السكانية الكبيرة في ريف دمشق وتتركز فيها زراعة الأشجار المثمرة والخضراوات والمحاصيل الاستهلاكية[6]، كما تتضمن جميع المناطق التي تروى بمياه نهر بردى وقنواتها الرئيسة والفرعية بعد خروجها من مدينة دمشق وتقع ضمنها أيضاً محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة دمشق في عدرا التي تغذي شبكة أقنية الري بالمياه المعالجة (الشكل: 1).



الشكل(1): حدود منطقة الدراسة في سهل الغوطة مع نهر بردى وفروعه.

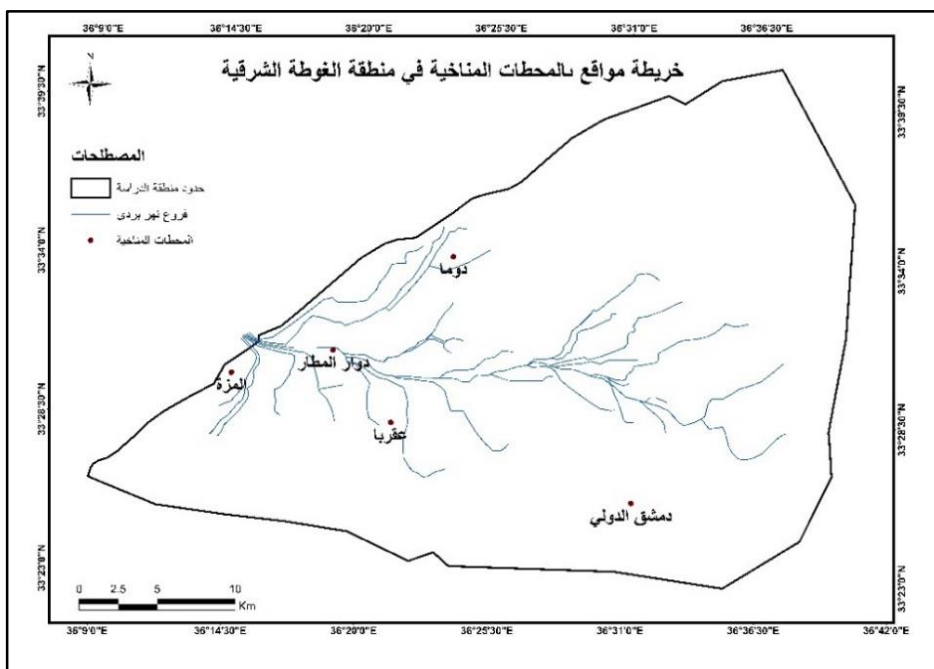
ب- الخصائص المناخية:

1. الهطول المطري Precipitation :

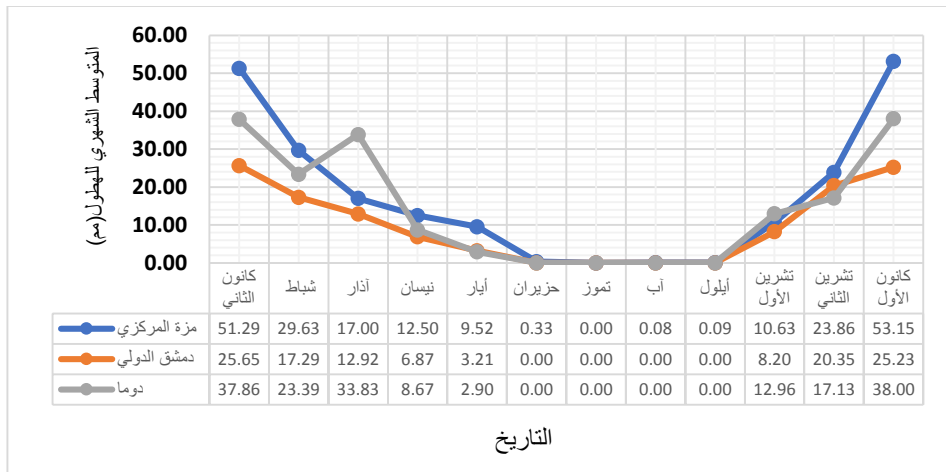
تتميز منطقة الدراسة بهطول مطري محدود مع تدرج بالقيم يتوافق مع الارتفاع الطبوغرافي للمنطقة أي تتناقص القيم كلما اتجهنا نحو الشرق[3]، يبين الشكل (2) محطات الرصد المناخية الموزعة ضمن منطقة الدراسة وهي (دوما، المزة، عقربا، دمشق الدولي، دوار المطار) [7]، ويبين الجدول (1) الارتفاع الطبوغرافي للمحطات المناخية ضمن منطقة الدراسة، أما الشكل (3) يبين المعدلات الشهرية الوسطية للهطول المطرية من عام 2010 حتى عام 2023 في هذه المحطات.

الجدول(1): احداثيات المحطات المناخية والارتفاع الطبوغرافي لها

الرقم التسلسلي	اسم المحطة المناخية	X UTM	Y UTM	Z(متر)
1	دوما	258263	3717410	666
2	مزة المركزي	244034	3710020	786
3	دوار المطار	250553	3711440	685
4	دمشق الدولي	269522	3701492	607
5	عقربا	254245	3706790	658



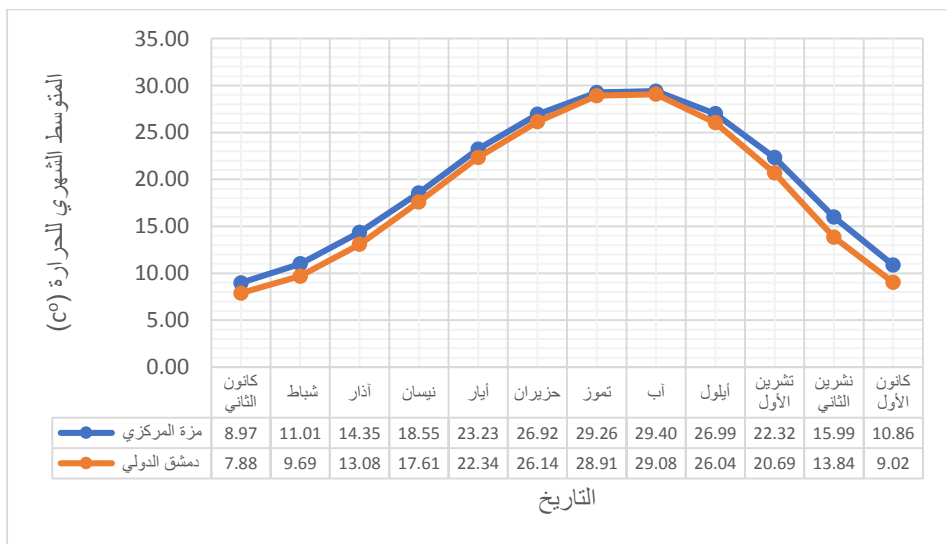
الشكل(2): مواقع المحطات المناخية في منطقة الدراسة



الشكل (3) المعدلات الشهرية الوسطية للهطولات المطرية في المحطات المناخية من عام 2010 حتى عام 2023

2. درجات الحرارة Temperature:

تتفاوت درجات الحرارة من منطقة الى أخرى حسب الارتفاع عن سطح البحر، وتتراوح عموماً ما بين $19.8-40.8$ °C في فصل الصيف و $7-12$ °C في فصل الشتاء [3] ، ويبين الشكل (4) درجات الحرارة المأخوذة من محطة مزة المركزي ودمشق الدولي [7].



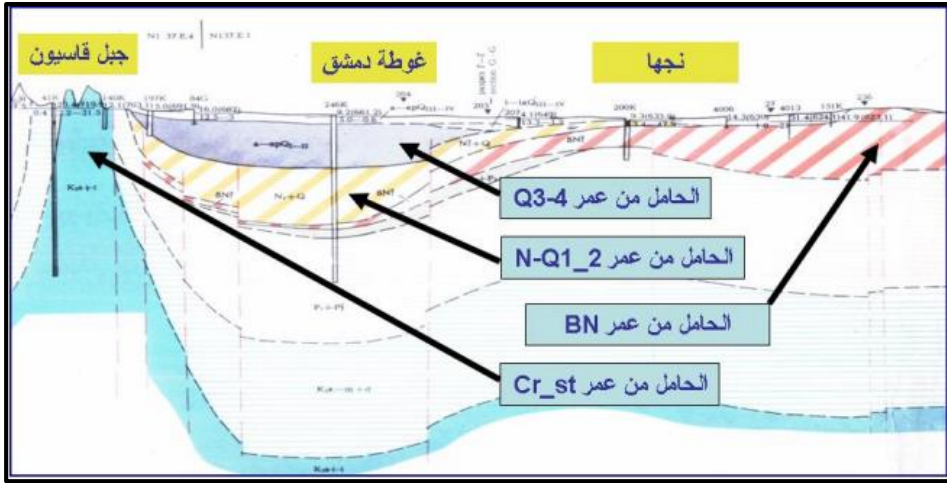
الشكل (4): المتوسط الشهري لتغير درجات الحرارة من عام 2010 حتى عام 2023

ت- الخصائص الهيدروجيولوجية:

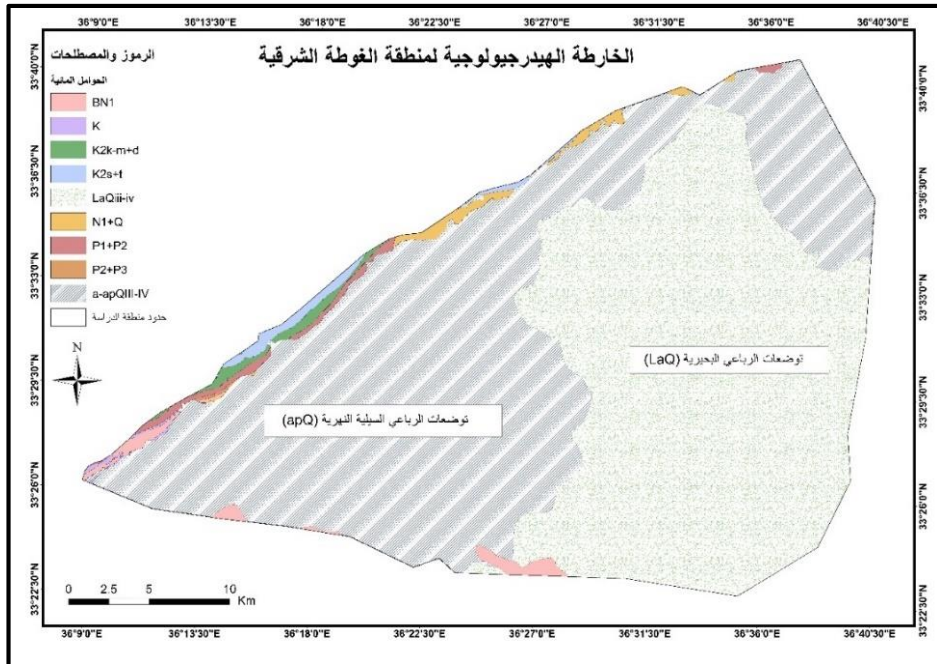
يتضمن حوض دمشق طبقتين مائتين رئيسيتين: الأولى تتكشف في المناطق الجبلية من عمر الكريتاسي الأعلى، والثانية تقع في منخفض دمشق وتعود لعمر النيوجين والرباعي ويعتبر حامل الرباعي بسماكة وسطية 400 م من أهم الحوامل المائية في الغوطة والتي تتميز بخصائص هيدروليكية عالية [4] ، يمكن تقسيم حامل الرباعي من الناحية الجيولوجية الى نوعين من التوضعات: التوضعات النهرية السيلية من عمر (apQ3_4) التي تمتد من سفح جبل قاسيون باتجاه منخفض دمشق محتلاً محيط مدينة دمشق ، تتميز هذه الصخور بخواص رشحية عالية حيث قيم معامل الناقالية المائية الوسطية تقدر بحوالي 900 م²/يوم.

بينما تتكشف التوضعات البحرية الرباعية من عمر (laQ3_4) على الجزء الشرقي من غوطة دمشق الشرقية، تتراوح سماكتها ما بين 50 إلى 100 م ، وتصل قيم الناقالية المائية الى حوالي 450 م²/يوم وتقوم على هذا الحامل معظم الأنشطة الزراعية في منطقة الغوطة.

ويمكن من الناحية الهيدروجيولوجية التمييز بين أربع تشكيلات متميزة عن بعضها، وكل تشكيلة تشكل بحد ذاتها طبقة مائية لها امتداداً مكانياً معيناً وتمتلك خصائص هيدروليكية متشابهة، وتتكون بالمجمل من تكتلات رسوبية من الحصى والرمال تتناقص أبعادها كلما اتجهنا شرقاً لتصبح على شكل رسوبيات غضارية رملية بالقرب من بحيرة العتيبة والتي تمثل رسوبات الرباعي الحديث. يوضح الشكل (5) مقطع هيدروجيولوجي مار ضمن منطقة الغوطة بدءاً من جبل قاسيون- منطقة الربوة مروراً بمنطقة جرمانا وينتهي في منطقة نجها، ويوضح الشكل (6) الخريطة الهيدروجيولوجية في منطقة الدراسة.



الشكل (5): مقطع هيدروجيولوجي في غوطة دمشق يمر من جبل قاسيون - الغوطة (منطقة جرمانا) - منطقة نجها



الشكل (6): الخارطة الهيدروجيولوجية في منطقة الدراسة [13]

3-2 الدراسات المرجعية:

تُفُذت العديد من الدراسات المائية في حوض دمشق من قبل جهات مختلفة بهدف دراسة الموارد المائية في الحوض [4,15,10]. ومن أهمها الدراسة الهيدرولوجية التي قام بها الجانب السوفييتي عام 1974 في حوض دمشق بهدف تقدير الاحتياطي الاستثماري للمياه الجوفية في المنطقة من خلال القيام بمجموعة من الأعمال الجيولوجية والهيدرولوجية المتضمنة أعمال الحفر وتجارب الضخ لدراسة واقع المياه الجوفية العميقة في غوطة دمشق وتم دراسة المصادر الرئيسية لتغذية المياه الجوفية عام 1986 وتحديد الموازنة المائية للحوض [13]. فيما قام المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (ACSAD) عام 2008 ببناء نموذج رياضي لحركة المياه الجوفية في حوض دمشق بهدف دراسة الإدارة المثلى لموارد المياه الجوفية في سهل دمشق وحمايتها من الاستنزاف، حيث تم دراسة نظام حركة المياه الجوفية في المنطقة واعداد خرائط تساوي مناسب للمياه الجوفية خلال الفترة الزمنية (2000-2004) وقد بينت النتائج التدهور الكمي الذي بدأت تشهده بعض المناطق من حيث انخفاض مناسيب المياه الجوفية والذي يتم استعاضته خلال السنوات المطيرة [3]. ومن ثم درس الباحث قاسم نتوف "تطور الميزان المائي في الغوطة باستخدام مجموعة من الطرق لرصد التبدلات والتغيرات الزمانية والمكانية التي طرأت عليها خلال فترة ثلاثين عاماً (1990-2011)، وقد بينت هذه الدراسة مراحل الاستقرار والهبوط المختلفة التي مر بها الخزان المائي الجوفي في غوطة دمشق الشرقية [6].

3-3 طرائق البحث:

تم الحصول على البيانات المتعلقة بشبكة الرصد الهيدرولوجية التي تشمل قياسات لأعماق المياه الجوفية أجريت بإشراف وزارة الموارد المائية، حيث يتوزع في منطقة الدراسة حوالي 35 بئر بيزومتري تخترق توضعات حامل الرباعي الأعلى والحديث وكونغولوميرا النيوجين المبينة في الشكل (7). تغطي قياسات بعض هذه الآبار فترة زمنية تبلغ عشر سنوات (2000-2011) وبعضها يغطي فترة زمنية تشمل الفترة السابقة يضاف إليها الأعوام من (2018-2023) وهنا نلاحظ غياب فترة المراقبة خلال الأعوام (2012-2017) في جميع آبار الرصد. وقد اقتصرت المراقبة الدورية لأعماق

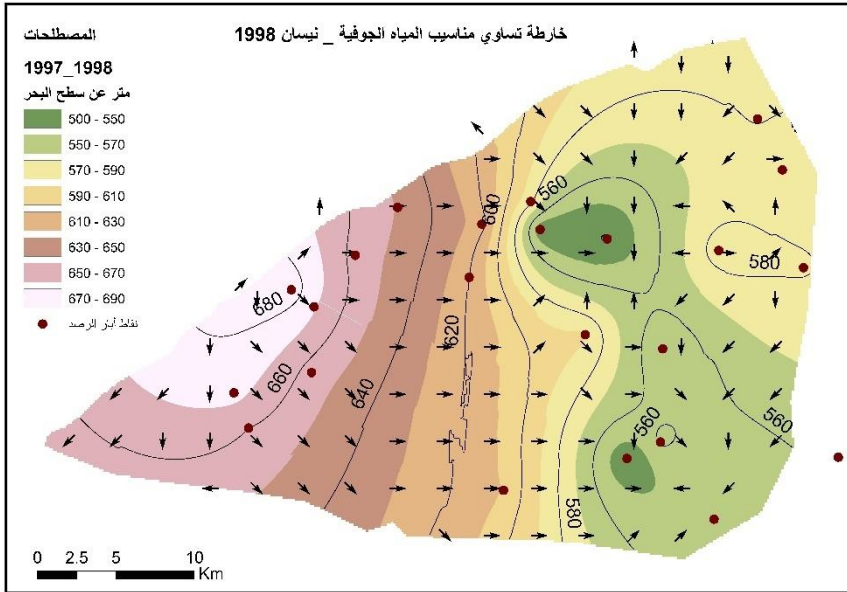
نتيجة لتحليل البيانات المتوفرة تبين وجود عدة فجوات تتعلق بكمية ونوعية البيانات الجوفية الخاصة بآبار الرصد في منطقة الدراسة، يعود أحد الأسباب الرئيسية لذلك إلى عدم إمكانية إجراء قياسات حقلية لآبار الرصد في منطقة الغوطة الشرقية خلال الفترة الزمنية (2011-2018). وبالتالي تم اعتماد المنهجية التالية في تحليل الواقع الجوفي في منطقة الغوطة الشرقية :

- مساحياً، لتحديد حركة المياه الجوفية من خلال رسم خرائط تساوي مناسيب المياه الجوفية باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS خلال الفترات الزمنية التي تتوفر فيها بيانات كافية وقراءات شهرية لمنسوب المياه الجوفية في آبار الرصد وتم اختيار الأعوام الهيدرولوجية (1997-1998)، (2001-2002)، (2003-2004)، (2010-2011).
- قطاعياً، تقسيم منطقة الدراسة الى أربع قطاعات جوفية بحيث يحتوي كل قطاع على مجموعة من الآبار البيزومترية التي تمتلك خصائص متشابهة من حيث نوع الطبقة الجوفية والمعدنية المائية والبعد والقرب عن الشبكة النهرية، ومن حيث تغير مناسيب المياه الجوفية مع الزمن (هيدروغراف البئر) وتحليل هيدروغرافات الآبار.

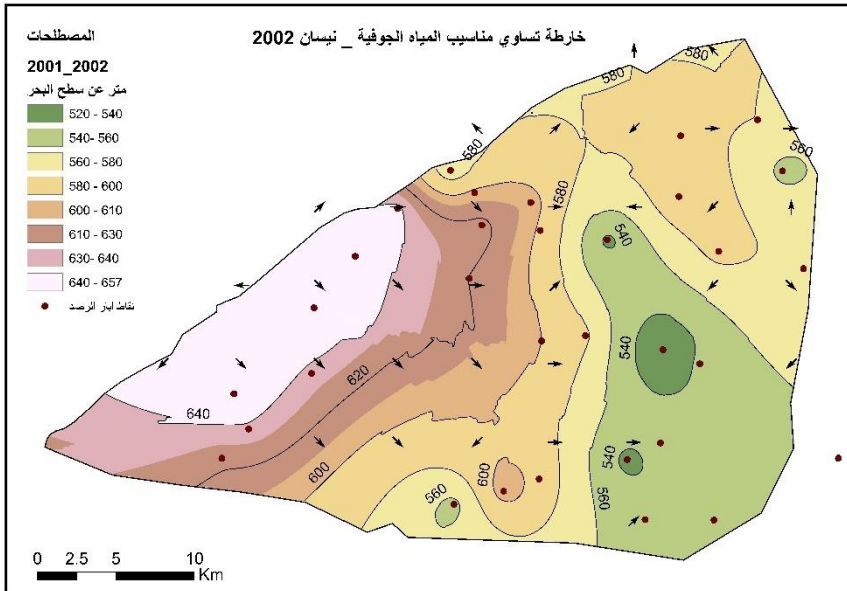
4- النتائج والمناقشة:

4-1 دراسة تغير مناسيب المياه الجوفية مساحياً (1998-2011):

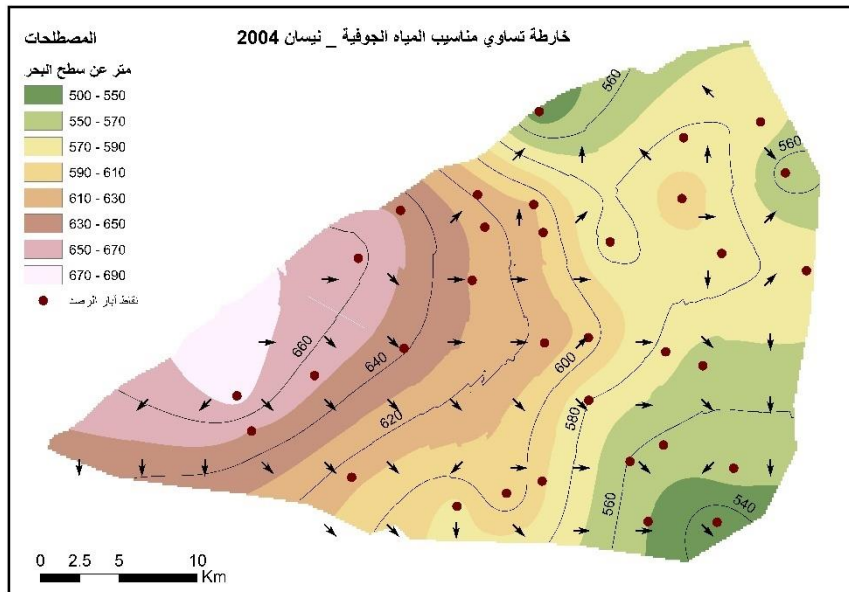
تم تحليل تغيرات مناسيب المياه الجوفية في منطقة الدراسة باستخدام أداة التحليل المكاني Spatial Analysis Tools ضمن برنامج ArcGIS وتم اختيار أحد أدوات الاستيفاء المكاني (kriging) لرسم خرائط تساوي مناسيب المياه الجوفية على مدى فترات زمنية مختلفة اعتماداً على البيانات المتاحة، يبين الأشكال (9-10-11-12) مناسيب المياه الجوفية لشهر نيسان الذي يعتبر الشهر الاعظمي والمناسب في رصد تغيرات المناسيب الجوفية إضافة الى توافر بيانات شهر نيسان في جميع آبار الرصد للأعوام (1998-2011).



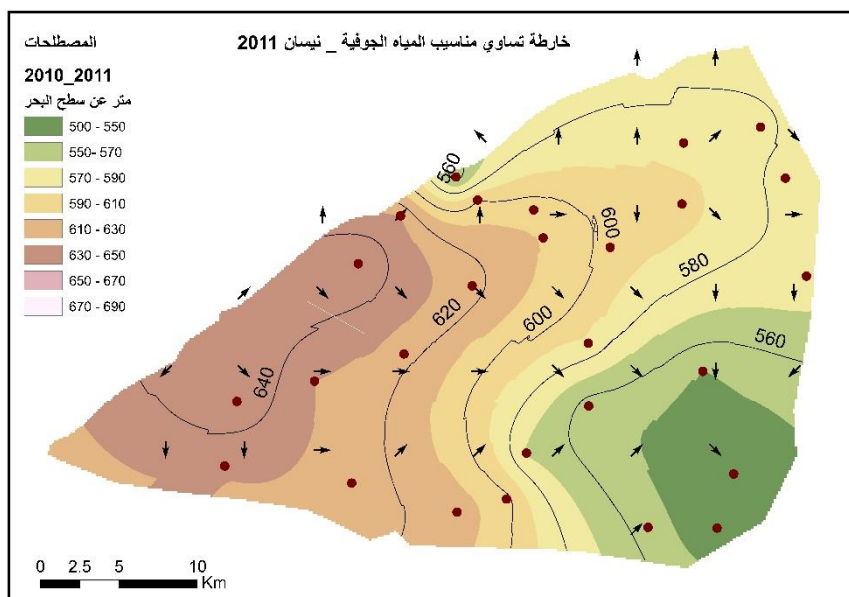
الشكل (9): مناسيب المياه الجوفية لشهر نيسان لعام 1998



الشكل (10): مناسيب المياه الجوفية لشهر نيسان لعام 2002



الشكل(11): مناسيب المياه الجوفية لشهر نيسان لعام 2004



الشكل(12): مناسيب المياه الجوفية لشهر نيسان لعام 2011

نلاحظ من الاشكال السابقة أن قيم المنسوب المائي الأعظمي تكون مسايرة لسفح جبل قاسيون ومن منطقة دخول نهر بردى الى سهل دمشق، وتندرج هبوطاً نحو الشرق والجنوب الشرقي وهذا دليل على وجود حركة مياه جوفية من الغرب باتجاه الشرق والجنوب الشرقي.

2-4 تحليل العوامل المؤثرة في التغذية الجوفية:

أ- الهطولات المطرية:

يعد الهطول المطري عامل مهم في تقدير التغذية، وقد حُدد بوصفه أحد العوامل الرئيسية الذي يؤثر على مستوى المياه الجوفية في هذه الدراسة. يعد ارتفاع منسوب المياه الجوفية الناتج عن الهطول المطري ظاهرة معقدة بسبب تأثرها بالعديد من العوامل مثل الناقلية الهيدروليكية (k) للمنطقة غير المشبعة، المعطائية المائية (Sy) للطبقة الجوفية، عمق المياه الجوفية (GWD)، الجريانات الجوفية الجانبية، الغطاء الأرضي، التبخرنتح (ET) وشدة العاصفة المطرية وحجمها [5,12,11]. ويوجد العديد من الطرق لتقدير التغذية الراشحة الى الحامل الجوفي، وقد تم في هذا البحث اختيار طريقة تذبذب مستوى المياه الجوفية (WTF) Water Table Fluctuation التي تعتبر من أكثر الطرق شيوعاً لسهولة استخدامها واحتياجها الى عدد محدود من البيانات [1,14]. يتم تقدير الراشح للمياه الجوفية في هذه الطريقة من العلاقة:

$$R = S_Y * \Delta H / \Delta T \dots \dots \dots (1) \text{ حيث:}$$

S_Y : المعطائية النوعية. T : الزمن(عام). H : منسوب المياه الجوفية(متر)

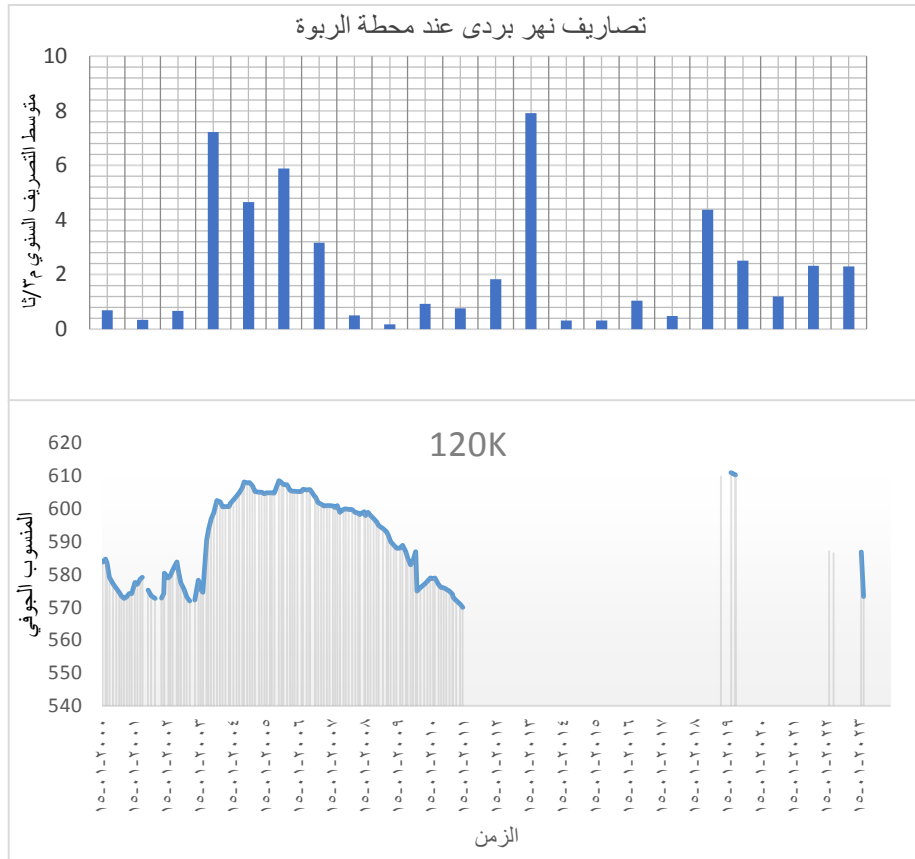
ΔH : ارتفاع منسوب المياه الجوفية المقاس من آبار المراقبة الناتج عن التغذية من الهطول المطري.

R : التغذية الراشحة(مم/عام)

ب-نهر بردى:

يعتبر نهر بردى من أهم المجاري المائية الموجودة في الشبكة الهيدروغرافية لغوطة دمشق، ويستخدم كأحد المصادر الرئيسية للري في الغوطة الشرقية[3]. ووفقاً لدراسة اكساد بينت وجود علاقة ارتباط قوية بين معدل تصريف نهر بردى والشبكة النهرية وتغيرات مناسيب المياه الجوفية في الآبار المجاورة لمسار نهر بردى وفروعه ويبين الشكل (13) بئر القاسمية 120K الذي شهد المنسوب الجوفي ارتفاعاً قدره حوالي 30 متر في العام الرطب جدا (2002-2003) خلال عدة

أشهر تزامنت مع فترة الجريانات السطحية للنهر وقد استمر المنسوب محافظاً على نهوضه خلال الأعوام الثلاثة التي تلت قبل أن يبدأ بالانخفاض التدريجي، وأيضاً نلاحظ ارتفاع المنسوب الجوفي عام (2018-2019) تزامناً مع الجريان السطحي لنهر بردى بعد توالي أربع سنوات جفاف.

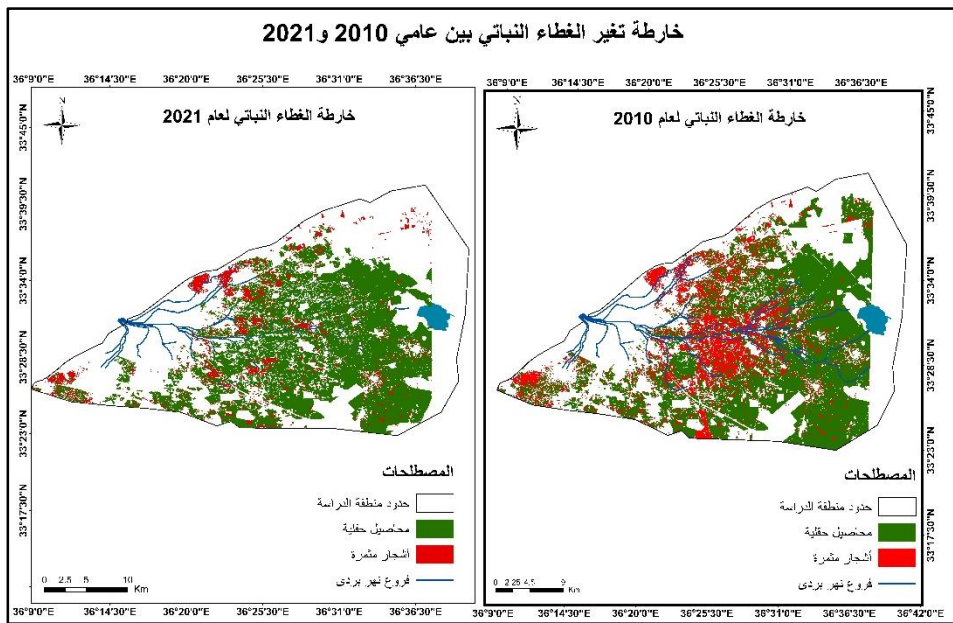


الشكل (13): تبدل جريان نهر بردى مع مناسيب المياه الجوفية في بئر القاسمية

ت- استخدامات الأراضي:

تعتبر الزراعة النشاط الرئيسي المستهلك للمياه في الغوطة الشرقية على رغم انخفاض المساحات المزروعة بفعل الزحف العمراني للمنشآت الصناعية وللأبنية السكنية [3]، ومن ثمّ التحديات التي فرضتها الحرب على هذا القطاع، وهذا ما توضحه خريطة تغير الغطاء النباتي في منطقة الغوطة

الشرقية ما بين عامي 2010 و 2021 (الشكل:14). حيث نلاحظ انخفاض مساحة الأشجار المثمرة بنسبة تقدر حوالي 47% [8]، بينما ازدادت المساحات التي تزرع بالمحاصيل الحقلية بنسبة 1% فقط. أما طريقة الري المطبقة فهي في معظمها طرائق تقليدية تعتمد على الغمر وذات كفاءة متدنية [3]. وبحسب الدراسة الروسية قدر أن حوالي 40% من مياه الري في منطقة الدراسة تتسرب لتغذية المياه الجوفية [13]، بينما وفقا لدراسة اكساد أظهرت أن الراشح الى المياه الجوفية يختلف مكانياً حسب عدة عوامل ويمكن أن يصل إلى حوالي 60% من مياه الري وذلك في المناطق القريبة من شبكة ري عذرا كون كفاءة الري تكون فيها منخفضة نظراً لوفرة المياه [3].

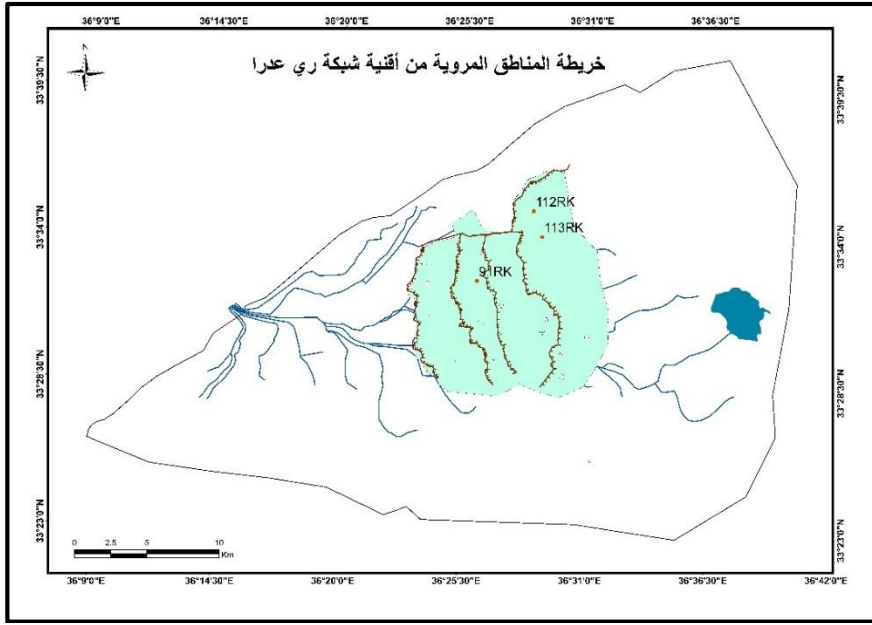


الشكل (14) خريطة تغير الغطاء النباتي في منطقة الغوطة الشرقية [8]

ت-شبكة ري محطة معالجة عذرا:

تمثل المناطق المروية بالمياه الواردة من أقينية شبكة الري في عذرا حوالي 30% من إجمالي مساحة الغوطة الشرقية [6]. يُظهر الشكل (15) المناطق المروية من أقينية الري بالمياه المعالجة مع نقاط آبار الرصد الواقعة ضمنها. وقد لوحظ من تبدلات مناسيب المياه الجوفية مع الزمن للآبار الواقعة ضمن المناطق المروية بالمياه المعالجة ارتفاع المناسيب الجوفية فيها كالبرر 112RK نتيجة تأثره

بالراشح من مياه الري المعالجة الواردة من أقنية شبكة عدرا وذلك بعد البدء بتشغيل المحطة اعتباراً من عام 1998.

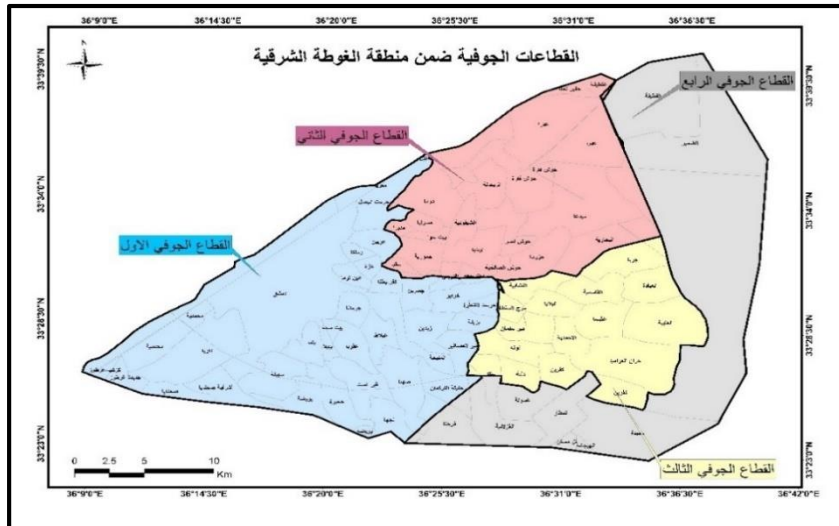


الشكل (15): المناطق المروية من أقنية ري مياه عدرا [3]

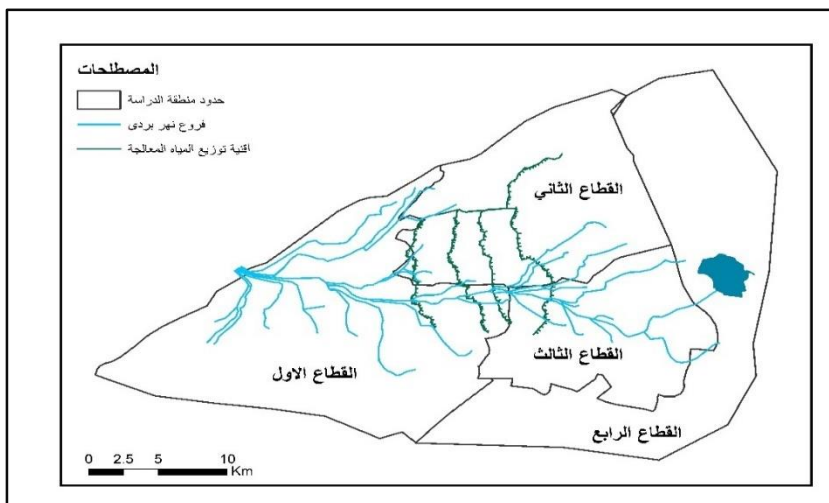
3-4 دراسة تغيرات مناسيب المياه الجوفية قطاعياً:

بسبب محدودية البيانات المتاحة عن آبار الرصد بعد عام 2011 لم يكن من الممكن رسم خريطة دقيقة لتساوي مناسيب المياه الجوفية على كامل منطقة الدراسة. لذا قسمنا منطقة الدراسة الى أربع قطاعات جوفية (الشكل:16). وبحيث يحتوي كل قطاع على مجموعة من الآبار البيزومترية التي تمتلك نفس الخصائص من حيث مواصفات الطبقة التي تخترقها (كالمعطائية المائية "ساهمت قيم المعطائية التي تم اعتمادها من المرجع[6] في تقسيم منطقة الدراسة الى قطاعات جوفية) وتأثير بعد وقرب الشبكة النهرية وشبكة ري محطة المعالجة بعدرا عنها(الشكل:17) وتتشابه فيها ردود فعل الطبقة المائية (من حيث سرعة ومدى استجابة الطبقة المائية للراشح من مياه الامطار والري وبالتالي مساهمتها في ارتفاع المناسيب الجوفية) والتي تم شرحها بشكل مفصل في الفقرة التالية، وبناء عليه

تم رسم هيدروغراف تغير مناسيب المياه الجوفية مع الزمن للآبار الواقعة ضمن هذه القطاعات والتي ستعكس إلى حد ما الوضع المائي الجوفي الحالي في منطقة الغوطة الشرقية.



الشكل (16): القطاعات الجوفية ضمن منطقة الغوطة الشرقية



الشكل (17): تأثير قرب وبعد الشبكة النهرية عن القطاعات الجوفية

أ- القطاع الجوفي الأول:

تقع آبار القطاع الأول في الجزء الغربي والجنوب الغربي من منطقة الدراسة ضمن التوضعات النهرية السيلية من عمر الرباعي الأعلى والحديث (apQ3_4). ويبين الجدول (2) موقع الآبار وعمق الماء فيها ضمن هذا القطاع.

الجدول(2): احداثيات الآبار وارتفاعها وعمق الماء فيها ضمن القطاع الأول

اسم البئر	رقم البئر	X UTM	Y UTM	Z m	عمق المياه m
داريا	261K	3706741	246874	685.03	30-5
السبينة	193K	3704505	247813	675.35	30-5
الكابلات	101RK	3702641	246104	672.07	60-30
جرمانا	246AK	3708035	251817	669.89	30-10
جوير	60	3712221	251973	688	30-15
حرسنا 1	42RK	3715502	254597	707.12	60-30
حرسنا 2	92	3718558	257285	674.68	38-20

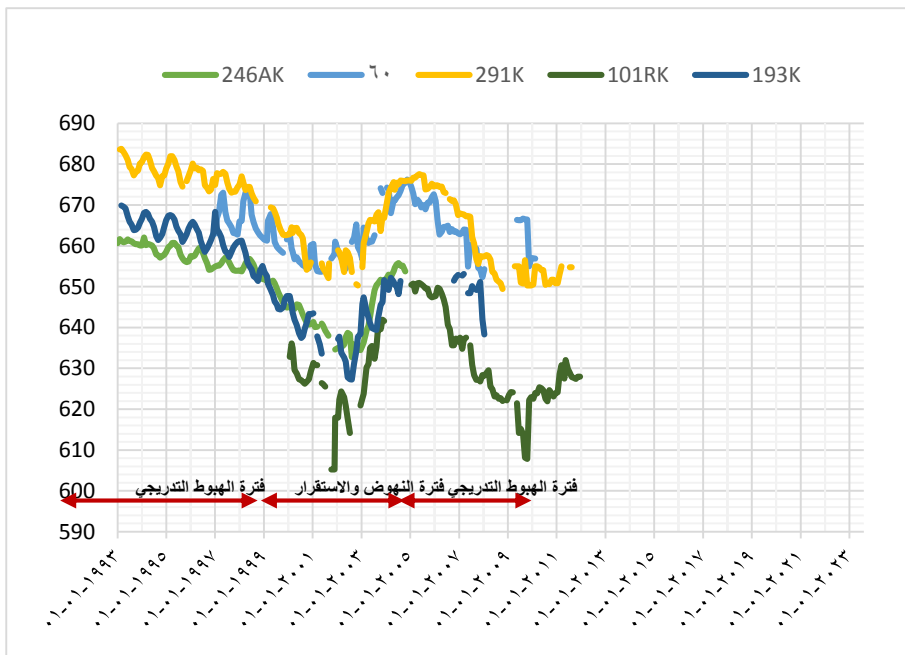
نلاحظ من الشكل (18) الذي يعبر عن هيدروغراف تغير مناسيب المياه الجوفية مع الزمن أن جميع آبار القطاع الأول قد مرت بثلاث مراحل وهي:

1- مرحلة الهبوط التدريجي (1993-2002): شهدت جميع الآبار خلال هذه الفترة انخفاضاً تدريجياً في المناسيب المائية حيث وصلت سعة الهبوط الى 25 متر في آبار داريا وجرمانا وجوير، وإلى 28 متر في آبار حرسنا وذلك خلال دورة مدتها عشر سنوات.

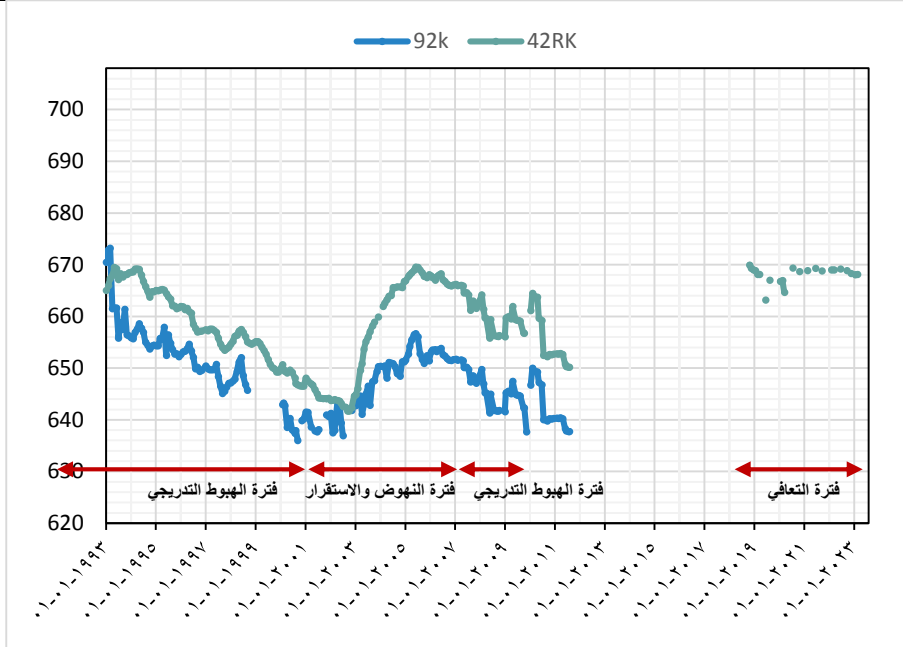
2- مرحلة النهوض والاستقرار (2003-2006): لوحظ في هذه الفترة ارتفاع في مستويات المياه الجوفية من عمق 35 الى 17 متر في آبار 291K و 246AK ومن عمق 48 الى 27 متر في بئر 193K وذلك نتيجة العام المطري الاستثنائي (2002-2003).

3- مرحلة الهبوط التدريجي (2007-2011): تميزت هذه المرحلة بانخفاض تدريجي في المناسيب الجوفية بسعة هبوط حوالي 16 متر في آبار داريا وجرمانا، 9 أمتار في آبار حرسنا و 10 أمتار في آبار منطقة السبينة. ويظهر الشكل (19) بداية مرحلة جديدة في بئر حرسنا (42RK) بعد مرحلة انقطاع دامت ست سنوات وهي **مرحلة التعافي (2018-2023)** حيث ارتفع المنسوب الجوفي من عمق حوالي 56 متر عام 2011 الى عمق 37 متر عام 2018 ويرجع السبب في ذلك

الى توقف السحب الجائر للمياه من هذه الآبار خلال فترة نزوح السكان من مناطقهم مما أدى إلى انخفاض استهلاك المياه المستخدمة في الري والشرب وسمح للمياه الجوفية بالبدء في النهوض والتعافي مع بقاءه محافظاً على استقرار مناسيبه خلال الفترة الزمنية (2018-2023). نستنتج من تحليل هيدروغراف آبار القطاع الأول أن الطبقة المائية كانت تستنزف نتيجة السحب الجائر وتوالي سنوات من الجفاف منذ التسعينيات الا أنه تم تعويض جزء كبير مما فقده المخزون الجوفي عند ارتفاع معدل الهطول المطري (2002-2003) حوالي (المعدل الوسطي 260.55mm/year) مما يدل على مدى ارتباط المياه الجوفية في هذا القطاع بالأمطار وشبكة المياه السطحية بشكل مباشر (الراشح من سرير نهر بردى)، حيث بلغ معامل الارتباط (Correlation Factor, R) بين الهطول المطري والتغذية الراشحة في آبار جرمانا والسينة حوالي 0.9 وفي بئر داريا 0.89 وقد وصل الى 0.7 في بئر جوبر.



الشكل (18): تغير منسوب المياه الجوفية مع الزمن في آبار الجزء الجنوب الغربي



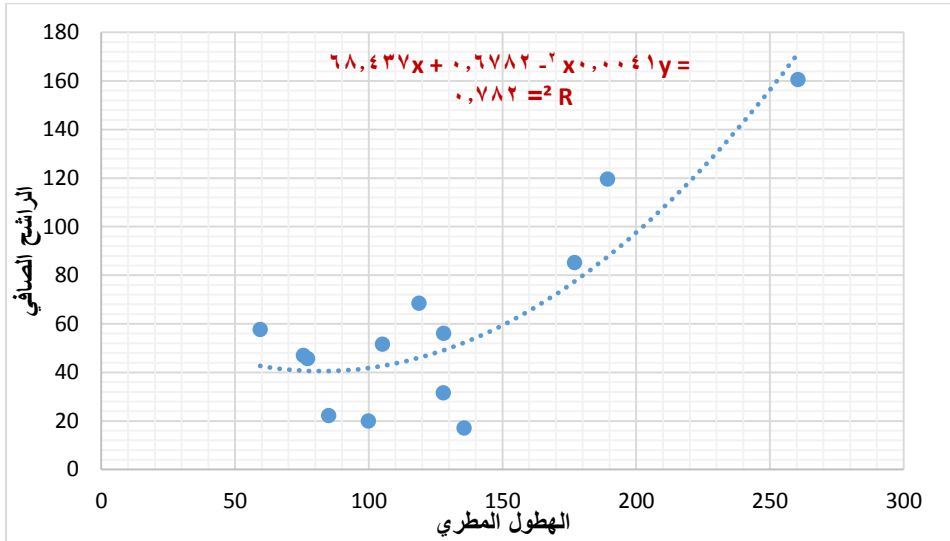
الشكل (19): تغير منسوب المياه الجوفية مع الزمن في آبار حرستا

وبما أن حساب الراشح من مياه الري إلى المياه الجوفية يعتبر من أكثر العوامل صعوبة كونه يحتاج إلى معلومات تفصيلية متعلقة بأنواع المحاصيل المزروعة والنسبة المئوية لكل محصول في كل قطاع والمقننات المائية للتراكيب المحصولية المروية من المصادر المائية المختلفة، إضافة إلى كفاءة الري والراشح من الشبكة النهرية ونظام توزيع الهطول وغيره، لذلك تم تطبيق طريقة تذبذب منسوب المياه الجوفية WTF التي تعتمد على هيدروغراف الآبار في حساب Δh والتي تم حساب التغذية من العلاقة التالية:

$$R = S_Y * \Delta h / \Delta t$$

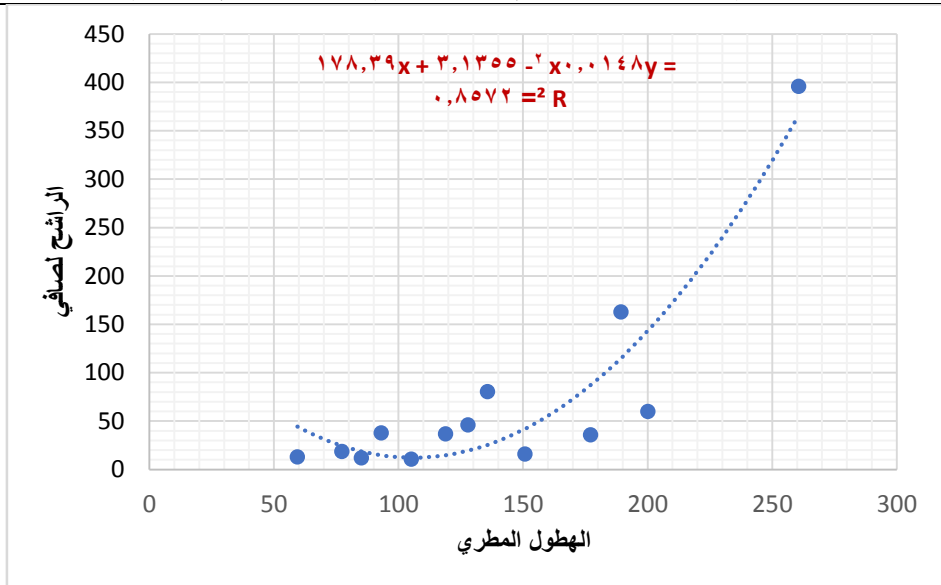
من أجل تحديد مجال قيم S_Y (المعطائية المائية) في كل قطاع جوفي تم الاستفادة من نتائج معايرة النموذج الرياضي لقيم المعطائية المائية التي اعتمدها المرجع [6] في منطقة الغوطة الشرقية لعام (2005-2006). تم تنظيم الحسابات في جدول، حيث يبين الجدول (3) حساب قيم الراشح الصافي إلى المياه الجوفية لبئر داريا وحرستا خلال الفترة الزمنية (1993-2010) وقد تراوحت قيم التغذية الراشحة بين (20-160mm/year) في بئر داريا. ويبين الشكل (20) وجود علاقة بين التغذية

الراشحة الصافية المقاسة بطريقة WTF والهطول المطري في بئر داريا حيث بلغت قيمة معامل التحديد $R^2=0.782$.



الشكل (20): قيم التغذية الراشحة و قيم الهطول المطري في بئر داريا.

كما يلاحظ أيضا وجود علاقة بين التغذية الراشحة الصافية المقاسة بطريقة WTF والهطول المطري في بئر حرستا حيث بلغت قيمة معامل التحديد $R^2=0.86$ (الشكل: 21) وفي هذا البئر لاحظنا وجود اختلاف كبير بقيم الراشح الصافي الى المياه الجوفية المقابل لمعدل هطول مطري سنوي مشابه للفترة الزمنية قبل وبعد الازمة، على سبيل المثال قدرت التغذية الراشحة الصافية بحوالي 60 مم للعام الهيدرولوجي (2019-2020) مقابل قيمة راشح صافي حوالي 396 مم لعام (2002-2003) ويرجع سبب انخفاض معدل التغذية الراشحة بعد الازمة الى تناقص مساهمة العوائد من مياه الري في التغذية الجوفية وهذا يدل على انخفاض المساحات المزروعة في هذه المناطق.



الشكل (21): قيم التغذية الراشحة وقيم الهطول المطري في بئر حرسنا.

الجدول (3) حساب قيم التغذية الراشحة في بئر داريا وحريستا.

حريستا		داريا			Sy	معدل الهطول المطري mm	العام الهيدرولوجي
الراشح الصافي الى المياه الجوفية mm/year	Δh m	Sy	الراشح الصافي الى المياه الجوفية mm/year	Δh m			
36.96	1.848	0.02	68.4	6.84	0.01	118.80	1993-1994
36	1.8	0.02	85.2	8.52	0.01	177.00	1994-1995
10.8	0.54	0.02	51.6	5.16	0.01	105.10	1995-1996
13.2	0.66	0.02	57.6	5.76	0.01	59.40	1996-1997
18.72	0.936	0.02	45.6	4.56	0.01	77.20	1998-1999
12	0.6	0.02	22.2	2.22	0.01	85.00	1999-2000
38	1.9	0.02	31.5	3.15	0.01	170.3	2001-2002
46	19.8	0.02	160.5	16.05	0.01	334.6	2002-2003
396	8.136	0.02	119.5	11.95	0.01	209.2	2003-2004
80.64	4.032	0.02	17	1.7	0.01	185.7	2004-2005
-	-	0.02	20	2	0.01	177.1	2005-2006
-	-	0.02	56	5.6	0.01	161.3	2008-2009
-	-	0.02	47	4.7	0.01	196.7	2009-2010
60	0.3	0.02	-	-	0.01	258	2019-2020
16	0.8	0.02	-	-	0.01	150.7	2020-2021

ب - القطاع الجوفي الثاني :

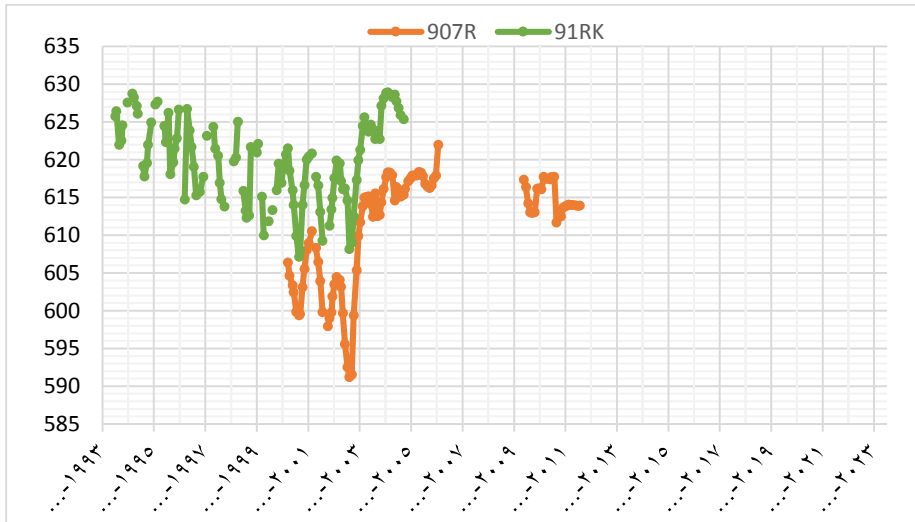
تقع آبار القطاع الثاني في الجزء المركزي من الغوطة الشرقية ضمن المساحات المروية من محطة معالجة شبكة ري عدرا. تقع هذه الآبار جيولوجياً ضمن توضعات الطبقة البحرية الرابعة من عمر (LaQ3_4). ويبين الجدول (4) موقع الآبار ضمن القطاع الثاني.

تشير علامة (-) في الجدول (4) الى نقص البيانات

الجدول(4): إحداثيات الآبار وارتفاعها وعمق الماء فيها للقطاع الثاني

اسم البئر	رقم البئر	X UTM	Y UTM	Z m	عمق المياه m
تل كردي	112RK	3718928	265772	685.03	70-5
حوش فارة	113RK	3717147	266363	614.91	30-5
الشفونية	91RK	3714101	261845	672.07	20-5
عدرا	907R	3719550	262196	631.35	30-15
ميدعا	96RK	3716548	270631	608.13	70-20

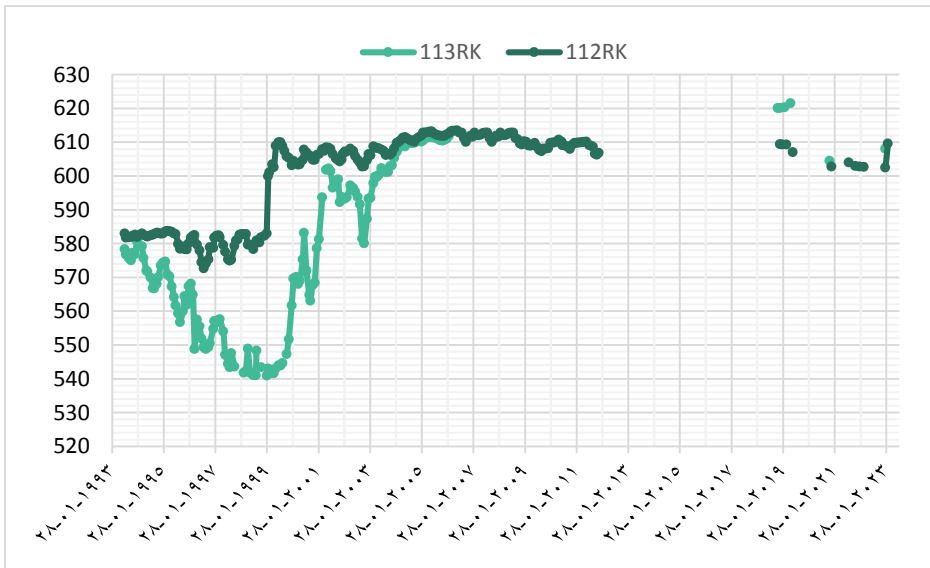
يلاحظ عموماً في المناطق التي تتوضع فيها المياه الجوفية على عمق قريب من سطح الأرض استجابة مناسبة بسرعة كبيرة نسبياً للراشح من مياه الأمطار ومياه الري كبئر الشفونية 91RK حيث نلاحظ النهوض الحاد والسريع في هذه الآبار خلال عدة أشهر من العام 2003 ثم استمرار المنسوب على حالة النهوض وهذا دليل على تأثره بالراشح من مياه شبكة ري عدرا كما مبين في الشكل (22) .



الشكل(22): هيدروغراف بئر عدرا والشفونية

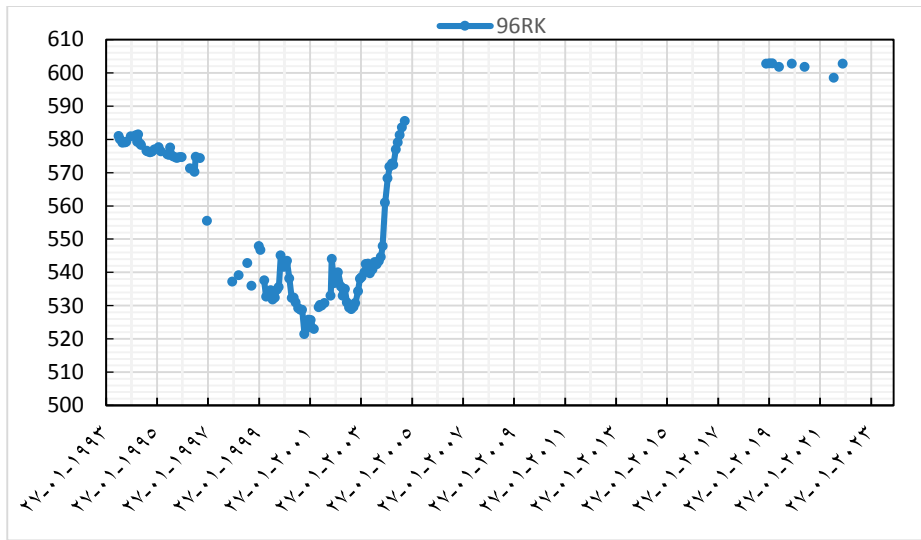
بينما يبين الشكل(23) هيدروغراف بئر تل كردي وحوش فارة حيث نلاحظ تأثرهما بالراشح من مياه الري بعد تطبيق نظام الري في منطقة عدرا عام 1998 وهذا واضح في ارتفاع

منسوب المياه الجوفية بمقدار 25m في بئر 112RK (من عمق 30 الى عمق 5 متر خلال عدة أشهر) ثم استقر المنسوب بعد 1998 على عمق حوالي 5m، أما خلال مرحلة التعافي فقد كان العمق في بئر 112RK حوالي 3m عام 2016 وانخفض الى عمق 5m بداية عام 2018 ثم استمر المنسوب في الانخفاض التدريجي حتى وصل الى عمق 12m عام 2023. وبالمثل شهد بئر 113RK فترتي نهوض حاد بعد تطبيق نظام الري في منطقة عدرا من عمق (32-73m) خلال الفترة (1998-2000) واستمر نهوض المنسوب الى أن وصل الى عمق 5 أمتار عام 2004، وبالنظر الى أعماق مياه الابار عام 2018 نلاحظ انخفاض المنسوب بشكل تدريجي من عمق 6m الى عمق 10m خلال الفترة الزمنية (2018-2020) ويرجع السبب في ذلك الى بدء عمليات السحب الجوفي من جديد لأغراض الري والشرب بعد عودة الأهالي الى المنطقة حيث يعتبر القطاع الثاني من أكثر المناطق حيوية في النشاطات الزراعية.



الشكل(23): هيدروغراف بئر تل كردي وحوش فأرة

وبالنسبة الى تغير مناسيب المياه الجوفية في بئر ميدعا 96RK المبين في الشكل (24) نلاحظ انخفاض المنسوب الى عمق حوالي (30-85m) خلال الفترة الزمنية (1993-2001) ثم بدأ المنسوب بالنهوض التدريجي الى أن وصل الى عمق 20m عام 2004 نتيجة تأثره بالراشح من مياه الري المعالجة، وبالنظر الى عمق البئر عام 2018 نلاحظ ان المنسوب الجوفي قد مر بمرحلة تعافي حيث وصل الى عمق 5m وبقي محافظاً على استقراره حتى عام 2023 نتيجة تأثره بالراشح من سرير قناة الميدعاني ومن القناة الرئيسية لمحطة عدرا التي تعوض ما يفقده المخزون المائي.



الشكل(24): هيدروغراف تغير المنسوب الجوفي مع الزمن لبئر ميدعا

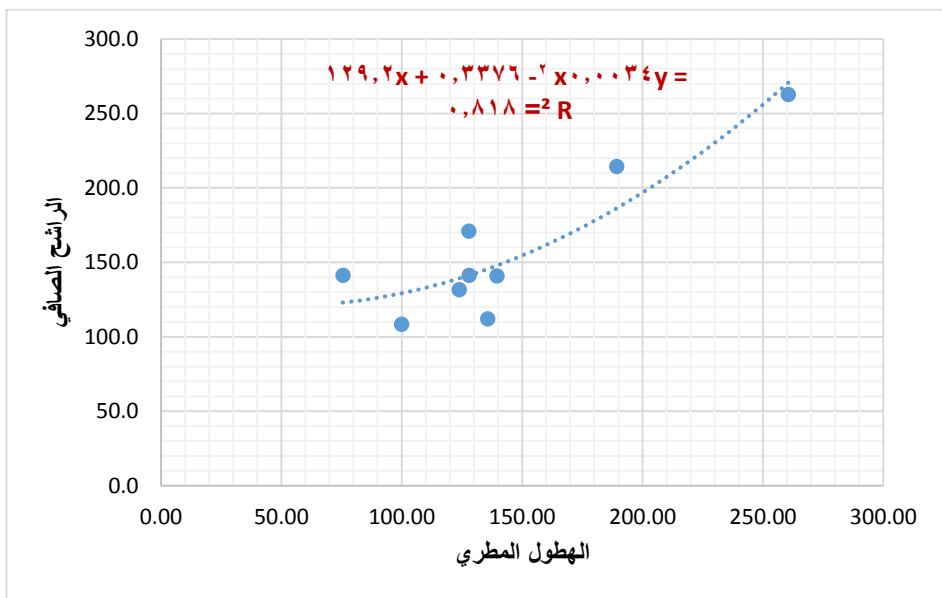
وبعد تحليل هيدروغراف آبار القطاع الثاني وربطها بالعوامل المؤثرة على التغذية الجوفية نجد أن التغذية الجوفية تأتي أولاً من مساهمة الراشح من مياه الري التي تروى من أفنية شبكة ري محطة المعالجة بعددراً بالإضافة الى المساهمة الثانوية للراشح من مياه الامطار ومن سرير فروع نهر بردى خلال أشهر الفيضان (نهر الحزرماني في منطقة ميدعا-تورا يزيذ- الداعيان). يبين الجدول (5) حساب قيم التغذية الراشحة في بئر تل كردي خلال الفترة الزمنية (2001-2010).

الجدول (5) حساب قيم التغذية الراشحة في بئر تل كردي

تحليل هيدروغرافات آبار المياه الجوفية في منطقة الغوطة الشرقية وتحديد قيم التغذية الجوفية المتوقعة

العام الهيدرولوجي	معدل الهطول المطري mm	Δh m	Sy	الراشح الصافي الى المياه الجوفية mm/year
2001-2002	127.85	5.7	0.02	114
2002-2003	260.55	8.76	0.02	175.2
2003-2004	189.3	7.15	0.02	143
2004-2005	135.7	3.74	0.02	74.8
2005-2006	99.9	3.62	0.02	72.4
2006-2007	128	4.71	0.02	94.2
2007-2008	75.55	4.71	0.02	94.2
2008-2009	123.85	4.39	0.02	87.8
2009-2010	139.55	4.7	0.02	94

وبين الشكل (25) العلاقة بين التغذية الراشحة المقاسة بطريقة WTF والهطول المطري في بئر تل كردي (القطاع الجوفي الثاني) حيث بلغت قيمة معامل التحديد $R^2=0.818$ ونلاحظ أن التغذية الراشحة تتراوح بين (60-180mm/year).



الشكل (25): العلاقة بين قيم التغذية الراشحة و قيم الهطول المطري للقطاع الثاني.

ت - القطاع الجوفي الثالث:

تقع هذه الآبار في الجزء الشرقي من منطقة الدراسة ضمن التوضعات البحرية الرباعية في نهاية الشبكة النهرية ويبين الجدول (6) موقع الآبار في القطاع الجوفي الثالث.

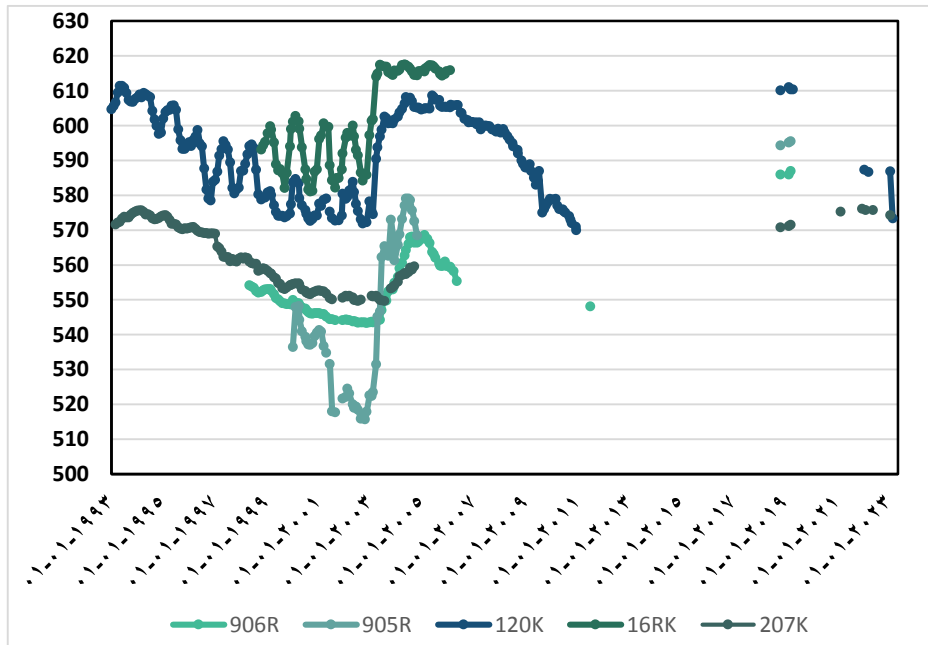
الجدول(6): احداثيات الآبار وارتفاعها وعمق الماء فيها للقطاع الثالث

اسم البئر	رقم البئر	X UTM	Y UTM	Z m	عمق المياه m
العبادة	905R	3709551	274171	608.6	80-30
العتيبة	906R	3708658	276528	604.31	50-30
القاسمية	120K	3710453	269246	614.03	40-5
النشابية	16RK	3710109	266458	618.64	30-2
حران العواميد	207K	3703609	274019	601.79	50-30

بدراسة تطور منسوب المياه الجوفية مع الزمن لبئر 120K نلاحظ أنه شهد خلال الفترة الزمنية (1993-2023) تبدلات كثيرة حيث مر بمرحلة انخفاض تدريجي بين الاعوام 1993 و 1997 بلغت قيمة الهبوط الاعظمية حوالي 26متر في عام 1997 بعد ذلك بدأ المنسوب بالنهوض والتعافي عام (2002-2003) بسعة نهوض 30متر وظل مستقرًا على هذا النهوض لمدة أربع سنوات حتى عام 2007 ثم عاد ليشهد هبوط تدريجي بين الاعوام 2008 و 2011 بمعدل أسرع من قبل وبسعة هبوط تقدر حوالي 25 متر. أما عام 2018 لوحظ تعافي كبير للمنسوب استمر لثلاث سنوات على عمق 3م ثم انخفض عام 2022 الى عمق 27 متر ووصل في عام 2023 الى عمق 40 متر. ويبرر هذا الانخفاض في العمق الجوفي نتيجة توجه المزارعين في المناطق التي لاتعتمد على الري من شبكة عدرا الى الاعتماد بشكل أساسي على المياه الجوفية كمصدر بديل للري.

وقد مر بئر 16RK في منطقة النشابية بنفس تبدلات بئر القاسمية حيث كان الاتجاه العام للبئر نحو الانخفاض منذ التسعينات حتى عام 2002 ثم حصل نهوض وتعافي بالمنسوب استمرت مدة ثلاث سنوات حتى عام 2007. بينما يلاحظ بئر 905R الواقع في منطقة

العبادة انخفاض المنسوب من عمق 70 الى عمق 85 م بين عامي 2000 و بداية عام 2003 ثم حصل نهوض حاد وسريع للمنسوب خلال عدة أشهر من عام 2003 ووصل في نهاية عام 2004 الى عمق 30م الشكل (26). وبشكل مشابه فان البئر 906R قد مر بفترة انخفاض تدريجي منذ التسعينات حتى نهاية عام 2003 ليحصل نهوض حتى نهاية عام 2004 ثم تلا ذلك انخفاض بالمنسوب حتى عام 2011 الذي استقر على عمق 56م أما عام 2018 لوحظ تعافي كبير في المنسوب حيث وصل الى عمق 18 م ثم انخفض متر واحد في عام 2019. أما بئر حران العواميد فقد مر بمرحلتين الأولى نحو الهبوط التدريجي من عمق 27 عام 1993 الى عمق 53م عام 2003 والمرحلة الثانية بدأ بالنهوض التدريجي نهاية عام 2003 حتى وصل الى عمق 42 م عام 2004، أما خلال مرحلة التعافي نجد ان المنسوب كان على عمق 30م عام 2018 و 2019 ثم ارتفع الى عمق 26م عام 2021 واستمر محافظ على منسوبه حتى عام 2023.



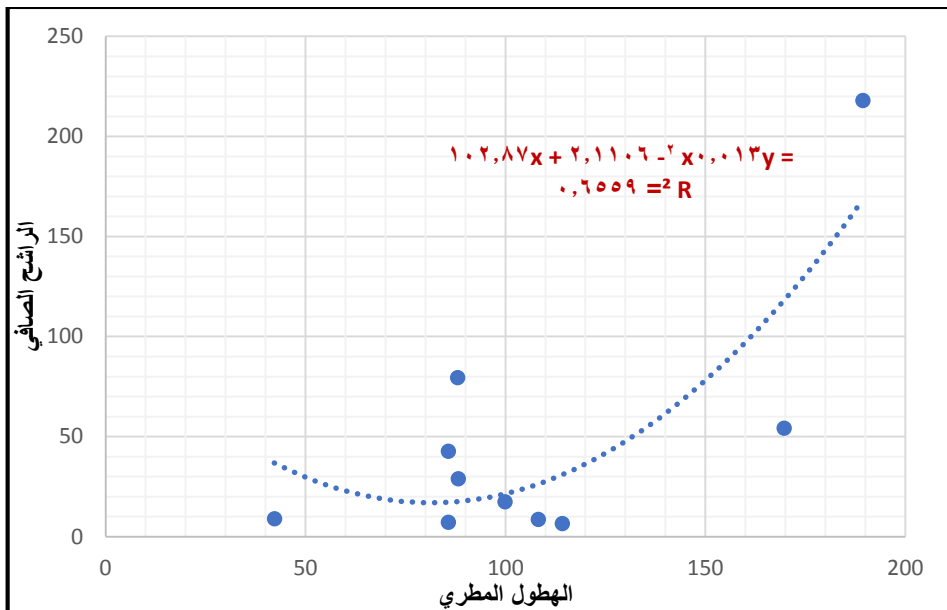
الشكل (26): هيدروغراف الآبار في التوضعات البحرية الرابعة في القطاع الثالث

وبعد تحليل هيدروغراف تغير المنسوب المائي مع الزمن في آبار القطاع الثالث وربطها بالعوامل المؤثرة في التغذية الجوفية تبين وجود علاقة ارتباط قوية بين التغذية الراشحة والهطول المطري في آبار حران العواميد والعبادة حيث بلغ معامل الارتباط فيهما 0.95 كما بلغ 0.82 في بئر القاسمية ووصل الى 0.7 في بئر العتيبة. كما يساهم الراشح من سرير نهر بردى خلال أشهر الفيضان فقط في ارتفاع المناسيب الجوفية لآبار النشائية والقاسمية والعبادة حيث تقع هذه الآبار ضمن نطاق نهر بردى وفروعه إضافة الى المساهمة الرئيسية للعوائد من مياه الري أيضاً في التغذية الجوفية.

الجدول (7) تقدير قيمة الراشح الصافي الى المياه الجوفية في بئر القاسمية

العام الهيدرولوجي	معدل الهطول المطري mm	Δh m	Sy	الراشح الصافي الى المياه الجوفية mm/year
2000-2001	85.7	7.116	0.006	42.69
2001-2002	88	13.24	0.006	79.41
2002-2003	189.4	36.32	0.006	217.94
2003-2004	169.7	9.024	0.006	54.14
2004-2005	88.2	4.812	0.006	28.87
2005-2006	99.9	0.852	0.006	5.11
2006-2007	42.2	0.108	0.006	0.64
2007-2008	108.2	1.44	0.006	8.64
2008-2009	114.2	1.08	0.006	6.48
2009-2010	85.7	1.2	0.006	7.2

وبين الشكل (27) العلاقة بين الهطول المطري والتغذية الراشحة المقاسة بطريقة WTF في بئر القاسمية ونلاحظ أن التغذية الراشحة تتراوح بين (7-200mm/year) .



الشكل (27): العلاقة بين الهطول المطري والرشح الصافي في بئر القاسمية

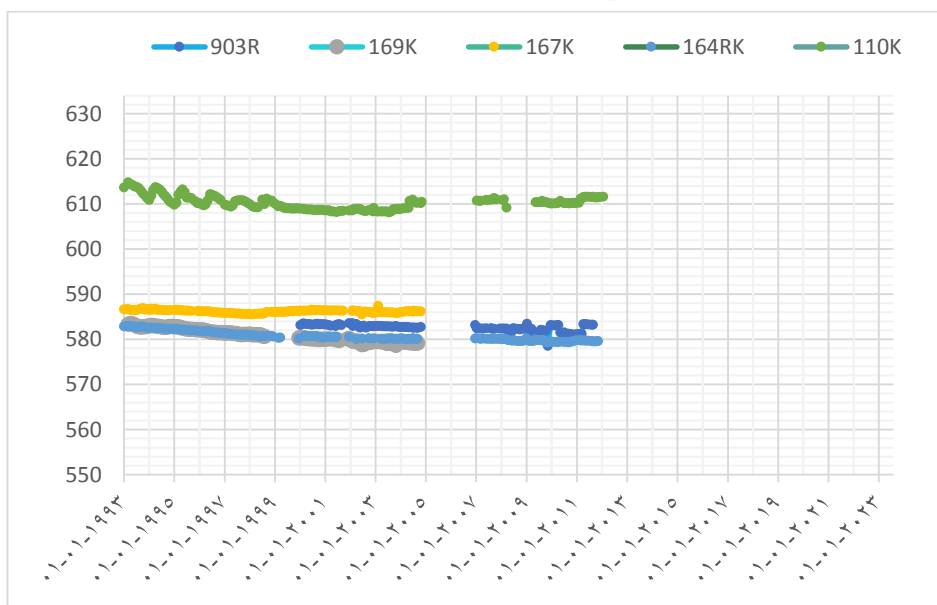
ج - القطاع الجوفي الرابع

تقع هذه الآبار في الجزء الشرقي والجنوبي من منطقة الدراسة ضمن التوضعات البحرية الرابعة. ويبين الجدول (8) موقع الآبار الواقعة ضمن هذا القطاع.

الجدول (8): احداثيات الابار وارتفاعها وعمق الماء فيها للقطاع الرابع

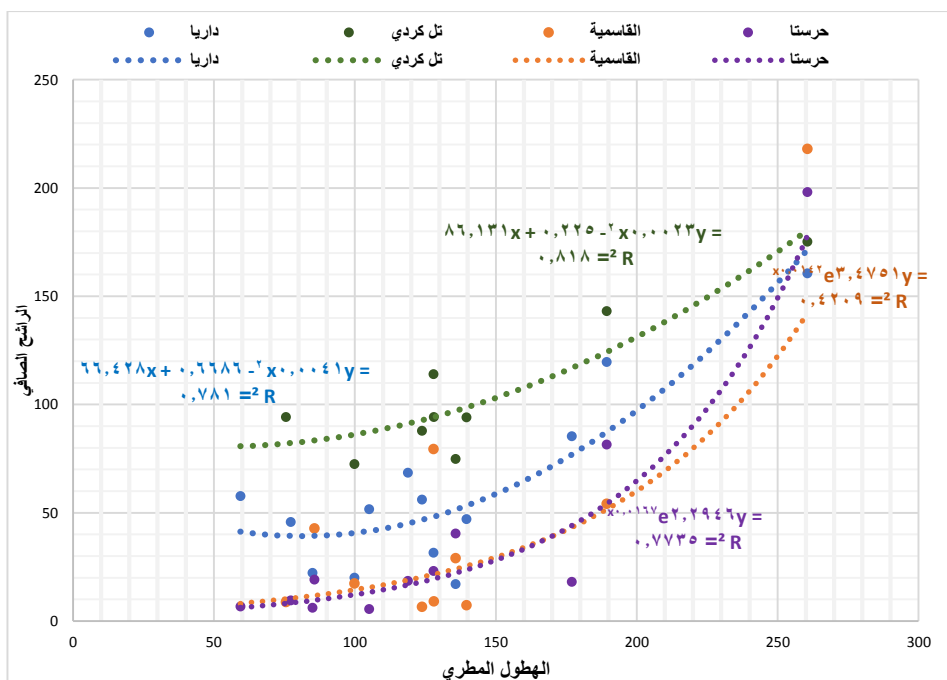
اسم البئر	رقم البئر	X UTM	Y UTM	Z m	عمق المياه m
الرمدان	164RK	3714720	283127	608.25	28-25
العتيبة	167K	3715812	277732	601.34	15
الضمير	903R	3723178	275308	608.53	27-25
الضمير	169K	3724199	280200	634.55	55-50
جديدة الخاص	126K	3698736	273042	605.22	60-30
الغسولة	110K	3700539	264036	619.03	10-8

نلاحظ من هيدروغراف الآبار المبين في الشكل (28) الاستقرار في أوضاع مناسب المياه الجوفية على المدى الطويل وهذا يدل على عدم تأثر الطبقة الجوفية في الجزء الشرقي والجنوبي من منطقة الدراسة بالتغيرات والعوامل الخارجية المؤثرة كونها بعيدة عن تأثير الجريانات السطحية وأقنية شبكة ري عذرا وبسبب محدودية الهطولات المطرية في أقصى الجزء الشرقي من الحوض حيث لا يوجد ارتباط بين الهطول المطري والتغذية للمياه الجوفية باستثناء بئر جديدة الخاص الذي نلاحظ ارتفاع منسوبه عام 2002-2003 نتيجة تأثره بالنهوض العام للمياه الجوفية في منطقة الغوطة الشرقية.



الشكل (28): تغير مناسيب المياه الجوفية مع الزمن في آبار القطاع الرابع.

يبين الشكل (29) العلاقة بين الهطول المطري والراشح الصافي في القطاعات الجوفية الأول والثاني والثالث لآبار داريا وحرستا وتل كردي والقاسمية على التوالي. نلاحظ أنه عندما يكون معدل الهطول المطري محدود بين القيم (60-100mm) يضعف تأثيره على التغذية الراشحة كما هو متوقع ويمكن تجاهله وتكون قيم الراشح الصافي ناتجة في هذه الحالة بشكل رئيسي عن الراشح من مياه الري بحيث تتراوح قيمة الراشح الصافي كما مبين في الشكل (29) بين القيم (10-100mm).



الشكل (29): العلاقة بين الهطول المطري والرشح الصافي في القطاعات الجوفية

الاستنتاجات والتوصيات

نتيجة تحليل تغيرات المناسيب الجوفية مع الزمن للقطاعات الجوفية ودراسة مجمل العوامل المؤثرة على التغذية الجوفية تبين مايلي:

1. تأثر أعماق المياه الجوفية في القطاع الجوفي الأول والثاني والثالث بالرشح من الهطول المطري بنسب متفاوتة ومن سرير نهر بردى وفروعه خلال أشهر الفيضان وتزداد قيمة هذه المركبات كلما كانت السنة رطبة ومن الرشح من ري المساحات الزراعية الواقعة في زمام الغوطة الشرقية بنسب متفاوتة أيضاً حسب نوع المحصول المزروع ومصدر الري.
2. عدم تأثر أعماق المياه الجوفية في القطاع الجوفي الرابع بالرشح من الهطول المطري والعوامل الخارجية المؤثرة الأخرى.

3. حصول تعافي بمناسوب المياه الجوفية في جميع القطاعات الجوفية نتيجة توقف النشاطات الزراعية والبشرية خلال الفترة الزمنية (2011-2017) استعادت خلالها الطبقة المائية مخزونها الذي كان مهدداً بالاستنزاف نتيجة الضخ المفرط والحفر العشوائي.

4. عودة الانخفاض التدريجي في معظم الآبار مؤخراً يعكس استئناف النشاطات الزراعية التي تعتمد على الضخ من الآبار.

5. تُظهر المستويات الجوفية في آبار القطاع الأول استقراراً دون مؤشرات على الاستنزاف، بينما يُتوقع أن تواجه آبار القطاعين الثاني والثالث حالة من عدم الاستقرار، حيث تشير البيانات إلى انخفاض تدريجي وحاد في بعض الآبار.

6. سوف تشكل النتائج من هذه الدراسة أساساً لبناء نموذج لدعم اتخاذ القرار لمنطقة الدراسة يساعد في فحص تأثير السيناريوهات المختلفة على الوضع المائي الجوفي.

التوصيات:

1. ضرورة اعتماد القياسات الآلية المؤتمتة ضمن شبكات الرصد الجوفي في المنطقة
2. دراسة العلاقة بين المياه الجوفية مع المياه السطحية في منطقة الدراسة.

المراجع:

- 1- السباعي محمود. التغير المناخي وتأثيره على الموارد المائية في المنطقة العربية، القاهرة: المؤتمر الدولي للمياه، 2023.
- 2- الابراهيم تماضر، سلامة معن. عوامل التغذية المؤثرة في تحديد مناطق الأمل المائي الجوفي (دراسة حالة في محافظة حمص) مجلة جامعة حمص، 2021.
- 3- أكساد، وزارة الري السورية (2008)، تقرير مشروع النموذج الرياضي لحوض غوطة دمشق، دمشق، 2008.

4- "برجيه دارين. دراسة هيدروكيميائية للمياه الجوفية الحرة في جزء من الغوطة الشرقية،" مجلة جامعة حمص، 2015.

5- سلامة معن، الجودي حسان. الهيدروحيولوحيا(1)، جامعة حمص، 2007.

6- نتوف قاسم، دراسة تطور الميزان المائي في الغوطة الشرقية، أطروحة دكتوراه، جامعة دمشق، 2014.

7- معطيات الهيئة العامة للأرصاد الجوية.

8- معطيات الهيئة العامة للاستشعار عن بعد.

9- معطيات وزارة الموارد المائية.

10- "BGR, ACSAD, Development and Application of a Decision Support System (DSS) for Water Resources Management in Zabadani Basin, SYRIA," 2008.

11- "Delottier H, Pryet A, Lemieux JM, Dupuy A. Estimating groundwater recharge uncertainty from joint application of an aquifer test and the water-table fluctuation method. .," *Hydrogeology Journal*, 2018 Nov 1;26(7):2495-505..

12- "Hussain, Fiaz ; Ray-Shyan, Wu; Dong-Sin , Shih, Water table response to rainfall and groundwater simulation using physics-based numerical model: WASH123D," 2022.

13- Lengiprovodkhoz, 1986, **Water resources use in Barada and Auvage basin for irrigation of crops.**

14- "MB., Addisie, Groundwater recharge estimation using water table fluctuation and empirical methods.," *I.H2Open Journa*, 2022 Sep 1;5(3):457-68..

15- "Z., Kattan, Characterization of surface water and groundwater in the Damascus Ghotia basin: hydrochemical and environmental

