IBGM
GIF EVALUATIN - 2015
IRAQI BULLETIN OF GEOLOGY AND MINING
Global Impact Factor
0.744
مجلة الجيولوجيا والتعدين العراقية المجلد/ 12، العدد/ 2، العام 2016 الصفحة 1 – 18

النظام الهيدرولوجي لنهر الفرات بين القائم والفلوجة (تحليل مكاني) - العراق

عبد صالح فياض[1]، بيان محي حسين[1]، محمد عفان الحمداني[2]، سيف الدين عبد الرزاق[1]، حسام ناجي مخلف[3] وماهر احمد عبد[1]

الاستلام: 23/ 03/ 2016، القبول: 03/ 11/ 2016
الكلمات الدالة: النظام الهيدرولوجي، الفرات، المحددات الهيدروجيولوجية، العمليات الهيدروكيميائية، عملية الإغناء

المستخلص

أنجزت دراسة النظام الهيدرولوجي لنهر الفرات بين القائم وعامرية فلوجة بطريقة التحليل المكاني الإقليمي من خلال المعطيات والحقائق المستنبطة من البحوث والدراسات ذات العلاقة والتي شملت المعلومات الجيولوجية والتركيبية والهيدروجيولوجية والهيدرومترولوجية مدعومة بمعلومات هيدروكيميائية، استحصلت من (15) نقطة مراقبة على طول مجرى النهر خلال السنة المائية للعام 2008 باستخدام نتائج تحليل 28 متغير فيزو-هيدروكيميائي شملت الأيونات الرئيسية والثانوية والعناصر النادرة والحامضية والعسرة والتوصيلية الكهربائية.

تم تفسير الظواهر الهيدروكيميائية على أساس نتائج الفروق المعنوية الإحصائية لمكونات المياه ونمط تذبذبها كأساس لتحديد التغيرات الهامة والفاصلة بين أجزاء النظام آخذين بنظر الاعتبار أهم الظواهر الجيولوجية والهيدرومترولوجية المفصلية التي تتحكم بالنظام الهيدرولوجي وتؤثر فيه. واستنادا لذلك جاء تقسيم النظام المائي لنهر الفرات بين القائم والفلوجة بثلاثة أنظمة هيدرولوجية ثانوية، الأول يمتد بين القائم وسد حديثة والثاني بين حديثة وسدة الرمادي والثالث بين الرمادي وجنوب الفلوجة. وقد جاء هذا التقسيم بناءا على مفهوم ربط الحقائق المشتركة لنتائج الدراسات المختلفة ذات الصلة مع النتائج الهيدروكيميائية لمياه النهر باعتبارها تمثل الحصيلة النهائية لمجمل العمليات الجيولوجية والبيئية التي تحدث على صخور وترسبات الحوض المائي الرئيسي وأحواضه الفرعية ومدى تأثرها بعوامل المناخ.

HYDROLOGIC SYSTEM OF EUPHRATES RIVER (SPATIAL ANALYSIS) BETWEEN AL-QAEM AND FALLUJA

Abed S. Fayyadh, Bayan M. Hussien, Mohamed A. Al-Hamdani, Saifuldeen A. Salim, Husam N. Mukhlef and Maher A. Abed

ABSTRACT

The study of the Euphrates River system from Qaem-Ameriyat Falluja was performed by regional spatial analysis of geological, structural, hydrogeological, hydro-metrological phenomena supported by geo-statistical analyses and concentration pattern fluctuation of hydrochemical information derived from regime observation in fifteen water pointes.

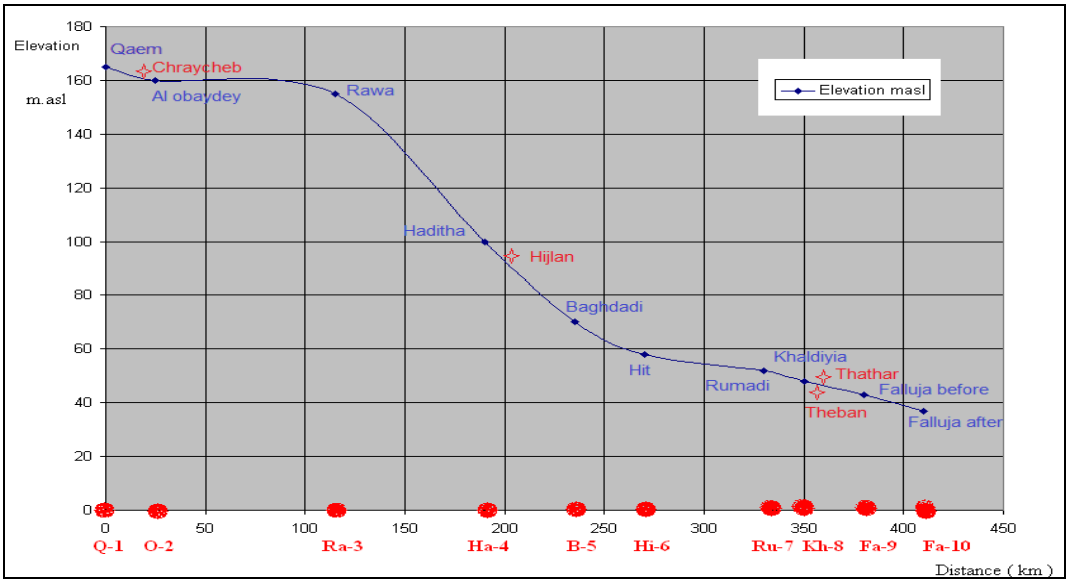
The hydrochemical processes in Euphrates River are determined, using the analysis results of 28 physo-chemical variables including major, minor ions, trace elements, acidity, hardness and electrical conductivity during 2008 water year.

[1] جامعة الانبار، مركز دراسات الصحراء، البريد الالكتروني: abedfaiyad20044@yahoo.com
[2] وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
[3] جامعة الانبار، كلية الزراعة

According to the combined interpretation among geological, hydro-metrological and hydrochemical phenomena, which indicate the final results of all environmental and geological effectiveness occurring on the rocks and sediments of the hydrologic basin; the hydrologic system of Euphrates River divided into three subsystem including Qaem – Haditha hydrologic system, Haditha – Ramadi hydrologic system and Ramadi – Ameriyat Falluja hydrologic system.

المقدمة

يهدف البحث إلى دراسة واقع النظام الهيدرولوجي لنهر الفرات بين القائم والفلوجة وتحديد الأنظمة الهيدرولوجية الفرعية استنادا إلى التحليل المكاني للحقائق الجيولوجية و التركيبية و الهيدرومترولوجية والهيدروجيولوجية والجيومورفية وانعكاساتها على الوضع الهيدروكيميائي لمياه نهر الفرات، إذ انبثقت أهمية البحث على خلفية الدراسة الميدانية لاحتمالية تلوث نهر الفرات وتحديد العوامل المؤثرة في النهر من منطقة دخوله عند الحدود السورية العراقية في القائم ولغاية الفلوجة من خلال نقاط للمراقبة اخذين بنظر الاعتبار مواقع السيطرة الهيدروليكية لمشاريع الري والمبازل وملتقى تفرعات النهر ومواقع قبل وبعد التجمعات السكانية بالإضافة إلى مواقع تأثير المياه الجوفية من خلال الينابيع ذات التصريف المؤثر على المياه السطحية. تم اخذ النماذج المائية من المواقع المثبتة سلفا بواسطة قناني بلاستيكية وباستخدام الطرق التقليدية من المواقع المثبتة في (الشكل 1).



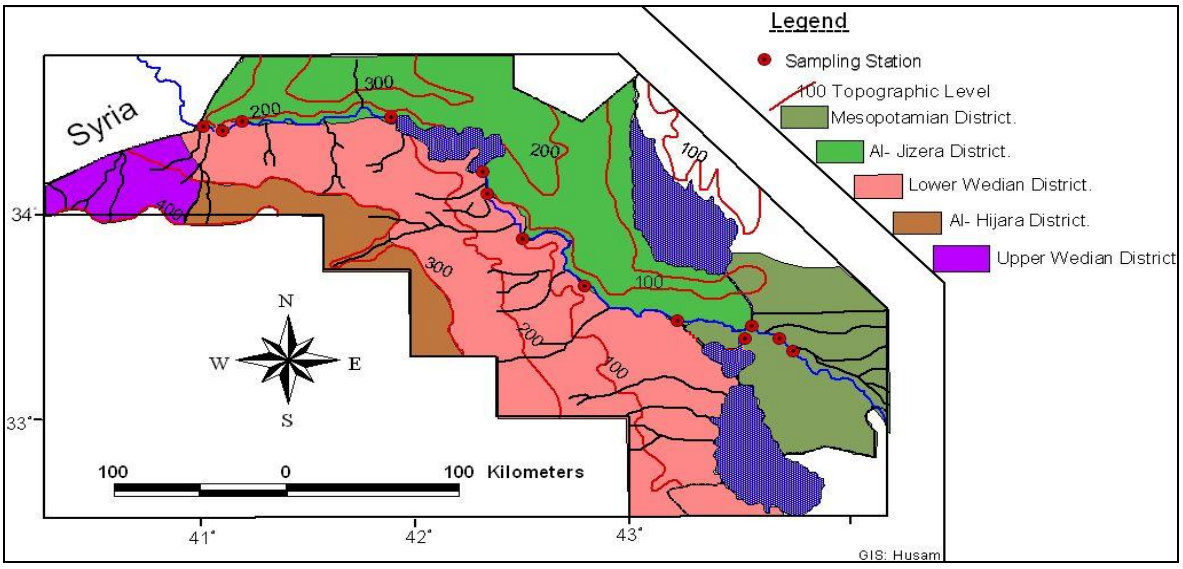
شكل 1: علاقة الارتفاع – المسافة على امتداد نقاط المراقبة

- **جيومورفولوجي**

يمر نهر الفرات بعد اجتيازه الحدود العراقية السورية بمنطقة صحراوية ضمن وادي حاد الجرف نسبيا في المقاطعات الفيزوغرافية (الوديان السفلى والجزيرة) بعدها يترك نهر الفرات الوادي الصخري ويدخل ضمن قاطع السهل الرسوبي جنوب هيت (المحمدي) إذ يجري النهر في منخفض إقليمي (depression) ناتج عن الحركات التكتونية والتركيبية في المنطقة والذي أنتجته عمليات تعرية ميكانيكية وكيميائية بفعل المياه الجارية لنهر الفرات عبر السنين . الاتجاه الرئيسي لمجرى نهر الفرات من حصيبة إلى الفلوجة هو من الشمال الغربي وباتجاه الجنوب الشرقي متضمنا خمسة اتجاهات ثانوية للمجرى (الشكل 2) وهي:

1. الاتجاه غرب – شرق ويشمل مجرى النهر بين حصيبة وعنة حيث يشق النهر مجراه في أراضي يتراوح ارتفاعها بين (147 – 163) متر فوق سطح البحر بمعدل انحدار قدره 16 سم/كم شرقا وتحدها من الضفتين هضبة متموجة يتراوح ارتفاعها بين (200 – 300) م فوق سطح البحر. أهم الوديان الموسمية التي تصب في هذا الجزء من نهر الفرات هي وادي ألمانعي – القائم – ألربعي – جباب – الخزكة بينما تصب مياه الأودية – صواب – عكاشات – الرطكة في نهر الفرات ضمن الحدود السورية. هنالك العديد من الوديان الصغيرة التي تصب مياهها في نهر الفرات ذات طاقات تصريف قليلة على جانبي النهر. إن جميع هذه الأودية تؤثر في مياه النهر إثناء فترة الهطول. وأخيرا نمط تصريف هذه الوديان متوازي تجري باتجاه الشمال بالجزء الأيمن من النهر وباتجاه الجنوب بالجزء الأيسر من النهر.

2. الاتجاه جنوب الشرق (S35° E) بين عنه وحديثة (متمثلة ببحيرة حديثة) إذ أصبح مجرى نهر الفرات جزءا من بحيرة سدة حديثة إذ يتراوح ارتفاع قاع البحيرة بين (100 – 147) متر فوق سطح البحر بمعدل انحدار قدره 15 سم/كم وهذا الانحدار مرشح للنقصان بسبب عمليات الترسيب المستمرة ضمن البحيرة مع تقادم عمر السد. تحاذي البحيرة ومن الضفتين هضبة يتراوح ارتفاعها بين (200 – 300) متر فوق سطح البحر. أهم الأودية التي تصب في هذا الجزء هي وادي القصير والأخضر ووادي الفحيمي بالإضافة إلى الأودية ذات طاقة التصريف الواطئة وبنمط تصريف متوازي باتجاه الشمال الشرقي.
3. الاتجاه الجنوبي الشرقي (S55° E) بين حديثة والمحمدي إذ يشق نهر الفرات مجراه في أراضي يتراوح ارتفاعها بين (60 – 100) متر فوق سطح البحر بمعدل انحدار قدره 37 سم/كم ضمن هضبة يتراوح ارتفاعها بين (100 – 200) متر فوق سطح البحر. أهم الوديان الموسمية التي تصب في مجرى نهر الفرات هي وادي حجلان – زغدان – حوران – المرج – الأسل – المحمدي بالإضافة إلى الأودية ذات الطاقات التصريفية القليلة وعلى ضفتي النهر وبنمط تصريف متوازي تجري باتجاه الشرق والشمال الشرقي. واهم ما يميز هذه الأودية إنها تعتبر مناطق تصريف للمياه الجوفية وعلى شكل ينابيع معدنية ذات تراكيز مختلفة من الايونات والعناصر والمواد الهيدروكاربونية لها تأثير بيئي على مياه نهر الفرات.
4. الاتجاه جنوب الشرق (S15° E) بين المحمدي والصقلاوية إذ يشق النهر مجراه ضمن أودية السهل الرسوبي وعلى ارتفاع يتراوح بين (50 – 60) م فوق سطح البحر بمعدل انحدار قدره 14 سم/كم (الشعباني، 2005) ضمن أراضي محيطة يتراوح ارتفاعها بين (50 – 100) مترا فوق سطح البحر. ولا توجد أودية رئيسية تصب في النهر وإنما توجد أودية ذات طاقة تصريف واطئة ليس لها تأثير بيئي مهم على النهر. أهم ما يميز هذا الجزء وجود مشاريع ري متعددة الأغراض منها المبازل (أبو طيبان، زنكورة، طوي) وتصب في نهر الفرات قبل سدة الرمادي ومبازل البو عيثة والمضيق وتصب في نهر الفرات مباشرة بينما يصب مبزل الري في ذراع الثرثار– الفرات. ومن المشاريع المهمة والتي لها تأثير بيئي على نهر الفرات هو مشروع ذراع الثرثار – الفرات حيث يجلب مياه بحيرة الثرثار لتعزيز النقص الحاصل في مياه نهر الفرات. ومن المشاريع أيضا سدة الرمادي التي تقوم بتأمين مناسيب مقدم السدة لغرض إمرار المياه الفائضة إلى خزان بحيرة الحبانية من ناظم الورار إذ تقوم بحيرة الحبانية بتعزيز مياه نهر الفرات من خلال ناظم سن الذبان. وأخيرا المشروع الاروائي (الصقلاوية) والذي يستلم مياهه من نهر الفرات باتجاه الشرق عبر قناة الصقلاوية.
5. الاتجاه جنوب الشرق (S40° E) بين الصقلاوية والحدود الإدارية لمحافظة بابل حيث يشق نهر الفرات مجراه ضمن السهل الرسوبي في مناطق يتراوح ارتفاعها بين (40 – 50) متر فوق مستوى سطح البحر بمعدل انحدار قدره 13 سم/كم. أهم ما يميز هذا القاطع هو وجود سدة الفلوجة التي تقوم بوظيفة رفع مناسيب مياه نهر الفرات في مقدمة السدة لغرض تحويل المياه إلى مشروع القناة الموحدة التي تستلم مياهها من نهر الفرات إلى المشاريع الاروائية (أبو غريب – اليوسفية – الرضوانية – اللطيفية – المحمودية).



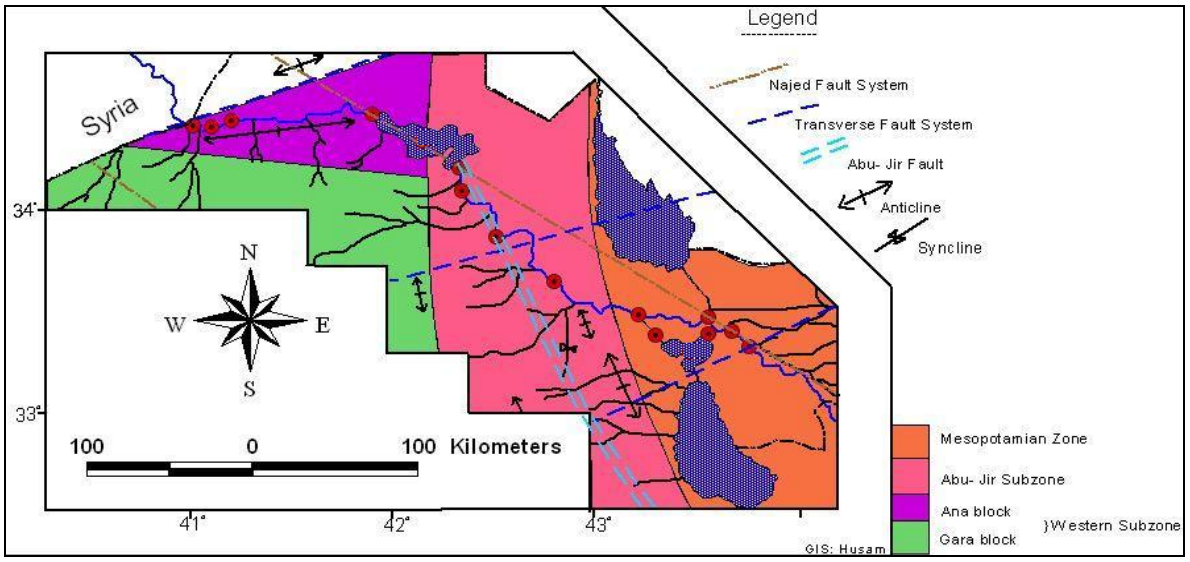
شكل 2: الخريطة الفيزوغرافية ومحطات الدراسة

- **الوضع التكتوني والتركيبي لمجرى نهر الفرات**

الاتجاه الرئيسي لمجرى نهر الفرات في منطقة الدراسة هو من الشمال الغربي باتجاه الجنوب الشرقي، هذا الاتجاه أوجده الوضع التكتوني الإقليمي حيث يجري النهر في الحوض الجيوسنكلايني الإقليمي ذو الاتجاه الشمال الغربي – الجنوب الشرقي ضمن الصفيحة التكتونية العربية الإفريقية المتمثلة بالرصيف المستقر وغير المستقر للحوض. واستنادا إلى التقسيم التكتوني (Buday and Jasim, 1987) فان مجرى نهر الفرات في أعالي النهر يقع ضمن كتلة عنه التي تحدها من الجنوب كتلة الكعرة العائدة إلى النطاق الغربي (western zone) الشكل (3)، بينما يقع مجرى النهر في الجزء الانتقالي بين حديثة والرمادي ضمن نطاق فالق أبو الجير وأما مجرى النهر في منطقة أسفل النهر بين الرمادي والفلوجة فانه يقع ضمن نطاق السهل الرسوبي. استنادا إلى المعلومات التركيبية في (Jassim and Goff, 2006) فان مجرى النهر يأخذ اتجاه عام مع اتجاه نظام فوالق NW – SE (Najid fault system) المتمثلة بفالق رمادي – مسيب ويمكن تحديد تأثيره في الجزأين الأول في بحيرة حديثة والأخر مجرى النهر جنوب شرق الفلوجة الشكل (3). كما يتأثر مجرى نهر الفرات بنظام الفوالق المستعرضة (Transversal Fault System) المتمثلة بفوالق عنة – قلعة دزة الذي يتضح تأثيره في مناطق أعالي النهر وفالق سامراء وعامج الذي يشترك مع فالق أبو الجير بالتأثير على اتجاه المجرى في القاطع الانتقالي المحدد بين (حديثة – المحمدي) وفالق سيروان الذي قد يعكس تأثيره على منطقة مجرى النهر في أجزاءه السفلى (صقلاوية – فلوجة)، كما يظهر تأثير فالق أبو الجير على مجرى النهر عندما يتقاطع مع فالق رمادي – مسيب شمال حديثة حيث يغير النهر مجراه من غرب- شرق إلى شمال غرب – جنوب شرق.

ومن أهم الطيات المؤثرة في مجرى أعالي النهر هي طية عنة غير المتناظرة والمنكشفة بين عنة والقائم بطول قدره 85 كم بزاوية ميل قدرها 30° في الجناح الشمالي و8° – 10° في الجناح الجنوبي (Techno-Prom export, 1978).

كما أوضحت الدراسات الجيوفيزيائية عدد من الطيات العميقة منها طية باتجاه غرب – شرق تقع شمال نهر الفرات في جزءه العلوي وأربعة طيات شمال غرب – جنوب شرق ضمن اتجاه فالق أبو الجير مع طية مقعرة باتجاه شمال جنوب (الشكل 3) لا يظهر تأثيرها على المجرى سوى واحدة منها جنوب أبو طيبان والتي تظهر على شكل هضبة حيث يغير نهر الفرات مجراه من الاتجاه الشمالي الغربي- الجنوبي الشرقي إلى الاتجاه غرب – شرق.



شكل 3: الظواهر التركيبية المؤثرة على نهر الفرات

- **المحددات الجيولوجية**

تنكشف ترسبات عصر الاوليجوسين والمايوسين والعصر الرباعي الشكل (4)، وفي ما يلي تتابع التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة:

1. **ترسبات الاوليجوسين:** تنكشف ترسبات الاوليجوسين في بعض أجزاء الجانب الأيمن من مجرى نهر الفرات في مقاطع الوديان مثل وادي حوران كما تظهر تكوينات مجموعة كركوك في لب طية عنه (بين عنه و راوة) وكذلك الحافات العميقة لمجرى النهر بين حديثة والبغدادي وخصوصا في مناطق التقاء الوديان الموسمية بمجرى نهر الفرات واهم التكوينات الممثلة لترسبات الاوليجوسين هي: تكوين شيخ علاس (الاوليجوسين الأسفل).

تنكشف طبقات التكوين الممثلة بالحجر الجيري المسامي في منطقة مگر الذيب وبسمك 6 متر فوق تكوين الرطكة ويعلوه تكوين الغار كما يصل سمكه 40 متر في وادي صواب في سوريا كما يظهر التكوين في أسفل تكوين الفرات في منطقة البغدادي وعلى الحافات الغربية من مجرى النهر (Jassim *et al*., 1984).

- **تكوين شورة (الاوليجوسين الأسفل):** يتألف من الحجر الجيري الصلب الأبيض وينكشف في وادي صواب ووادي عكاش بسمك يتراوح بين (30 – 60) متر ويفصله عن تكوين شيخ علاس ترسبات المدملكات القاعدية من حدوده السفلى كما يعلوه تكوين الغار في هذه المنطقة ذو الرسوبيات الرملية الكلسية (المايوسين الأسفل).
- **تكوين بابا (الاوليجوسين الأوسط):** يتكون من الحجر الجيري الدولومايتي المسامي وينكشف على مجرى الفرات في منطقة التقاء وادي الفحيمي والخشخاش قرب عنه كما ينكشف بسمك 20 متر في وادي خزك ضمن طية عنه وحده الفاصل من الأعلى تكوين عنه.
- **تكوين عنه (الاوليجوسين الأعلى):** يظهر المقطع المثالي لتكوين عنه على بعد 15 كم شرق قرية نهية على نهر الفرات وبسمك 45 متر ويتألف من الحجر الجيري المرجاني الحاوي على المتحجرات حيث غمرت تكشفات هذا التكوين بمياه بحيرة سد حديثة كما يظهر هذا التكوين في منطقة الحقلانية حيث يتألف من الحجر الجيري الدولومايتي وبعض أجزاءه مرجانية حاوية على المتحجرات وبشكل طبقات متكهفة (karstified) كما يحتوي على عدسات حاوية على طبقات طينية وطفل يتراوح سمك هذا التكوين في هذه المنطقة بين (30 – 45) متر يعلو هذا التكوين تكوين الفرات (المايوسين الأعلى).

2. **ترسبات المايوسين:** تشغل ترسبات المايوسين النسبة العظمى من مساحة منطقة الدراسة والتي تتألف من:

- ترسبات المايوسين الأسفل والمتمثلة بتكوين الفرات والغار وعلى الجانب الأيمن من مجرى النهر.

تكوين الفرات: يظهر المقطع الجيولوجي المثالي لهذا التكوين في وادي الفحيمي بسمك 8 متر وله مقاطع جيولوجية مساعدة مثل مقطع وادي جباب بسمك 115 متر ومقطع في وادي ألربعي شرق حصيبة وعلى مجرى النهر وبسمك 20 متر ويتألف هذا التكوين من الصخور الجيرية الدولومايتية ذات الشقوق والكسور بالإضافة إلى طبقات من المدملكات القاعدية ويظهر هذا الجزء في الوديان المخترقة لطية عنة كما يتألف جزءه العلوي من الصخور الكلسية والمارل والصخور الطينية. يعلو هذا التكوين تكوين عنه في مناطق النهر العليا (بين عنه وحصيبة) لكنه يعلو تكوين شيخ علاس في منطقة البغدادي كما يعلو تكوين الدمام في المنطقة جنوب الرمادي – غرب الرزازة. الحدود العليا للتكوين في المنطقة غرب حصيبة باتجاه سوريا تكون مع تكوين الخرش. بينما يشكل تكوين الفتحة حده الأعلى في مناطق الجزيرة وهيت وتكوين النفايل في الرمادي باتجاه الرزازة.

تكوين الغار: يتألف هذا التكوين من صخور فتاتيه رملية وطينية وغرينية ويظهر بين حوران والحدود السورية في وادي الرطكة بعيد عن مجرى نهر الفرات وبسمك 40 متر يتلاشى مع تكوين الخرش في أجزاء تواجده الشرقية (Jassim *et al*., 1984).

- ترسبات المايوسين الأوسط المتمثلة بتكوين الفتحة ووحدة الخرش.

وحدة الخرش: هو تكوين مكافئ لتكوين الفتحة وينكشف جنوب القائم ووادي عكاش والرطكة والمانعي وجزءه العلوي منكشف على طريق عكاشات القائم ويتكون من المارل الأخضر والحجر الجيري والمدملكات القاعدية مع الرمل الأخضر بالإضافة إلى الحجر الجيري ذو الرمل الوردي على جانب وادي الرطكة وبين T-1 والخرش.

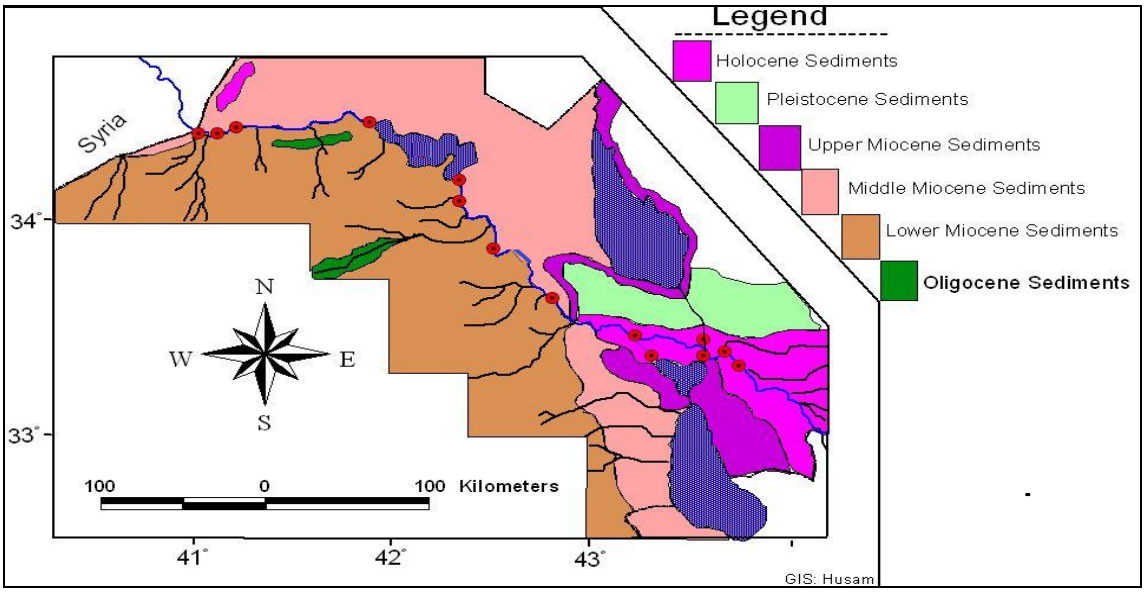
تكوين الفتحة: يتراوح سمك هذا التكوين بين (25 – 35) متر في الجانب الأيسر من بحيرة سد القادسية والعبيدي وهيت ويتألف من الجبس والانهيدرايت والأملاح والصخور الطينية و الغرينية ويغطي هذا التكوين مساحة كبيرة من منطقة الدراسة وخصوصا شرق وشمال النهر (نطاق الجزيرة) حيث يزداد سمك التكوين باتجاه الشمال والشمال الشرقي يفقد هذا التكوين طبقات ويتألف من الطبقات الطينية والمارل الحجر الجيري فقط في الجزء الأيمن من مجرى نهر الفرات جنوب مدينة الرمادي وصولا إلى الرزازة ويسمى هنا بتكوين النفايل.

- ترسبات المايوسين الأعلى تنكشف ترسبات المايوسين الأعلى المتمثلة بتكوين انجانة – الحبانية على تخوم البحيرات الثرثار والحبانية والرزازة (الشكل 4) حيث يتألف هذا التكوين من تعاقب طبقات الصخور الرملية والغرينية والمزيجية حيث يصل السمك المنكشف في بعض إلى 30 متر في حين يصل سمكه في بعض الآبار إلى 150 متر.

3. **ترسبات العصر الرباعي:** تتوزع ترسبات العصر الرباعي على جانبي نهر الفرات من جنوب هيت إلى حدود الانبار مع بابل وتشمل ترسبات المدرجات النهرية المتالفة من الرمل الحصوي والمدملكات بالإضافة إلى الرسوبيات الفيضية وأكتاف النهر وترسبات الوديان والسبخات. تم تقسيم ترسبات المدرجات النهرية على مجرى الفرات من قبل Tyracek, (1981) إلى عدة مستويات وحسب فترات الترسيب وكالاتي:

- **ترسبات البليستوسين المبكر:** وتظهر في عدة مقاطع على النهر بين البغدادي والقائم وكان أوطأ منسوب لها 140 متر فوق سطح البحر عند البغدادي واعلي منسوب له 233 متر فوق سطح البحر في القائم.
- **ترسبات البليستوسين القديمة:** وتظهر في عدة مقاطع على النهر بين مصب حوران والقائم وكان أوطأ منسوب لها 120 متر فوق سطح البحر في مصب حوران بالنهر وأعلى منسوب لها 205 متر فوق سطح البحر في حصيبة.
- **ترسبات البليستوسين الأوسط:** وتظهر في عدة مقاطع على النهر بين مصب حوران والقائم وكان أوطأ منسوب لها 98 متر فوق سطح البحر في مصب حوران واعلى منسوب لها 185 متر فوق سطح البحر في حصيبة.
- **ترسبات البليستوسين المتأخر:** وتظهر في عدة مقاطع بين حديثة والقائم وكان أوطأ منسوب لها 110 متر فوق سطح البحر في حديثة وأعلى منسوب لها 175 متر فوق سطح البحر في حصيبة.

ومن ناحية أخرى تظهر مستويات ترسبات المدرجات النهرية بين هيت والرمادي وعلى مستويات (70 – 80) متر فوق سطح البحر وبين الرمادي والفلوجة وعلى مستويات (45 – 50) متر فوق سطح البحر شمال وشمال غرب الفلوجة.



شكل 4: جيولوجية المنطقة

- **هيدرولوجي**

يدخل نهر الفرات الحدود العراقية على منسوب 162 متر فوق سطح البحر ثم يصل مدينة حديثة على منسوب عند قاعه قدره 93.3 متر فوق سطح البحر ثم يصل مدينة هيت عند منسوب 56 متر فوق سطح البحر بانحدار قدره 30 سم/كم ثم الرمادي على منسوب تقريبي قدره 50 متر فوق سطح البحر ثم الفلوجة على منسوب قدره 46 متر فوق سطح البحر. إن تصريف مياه نهر الفرات ناتج من إذابة الثلوج وتساقط الأمطار مع تأثير معين لمياه الينابيع والمياه الجوفية وخصوصا في أجزاءه العليا (تركيا وسوريا) ويبدأ النهر بفقدان مياهه بسبب الاستخدام الزراعي والتبخر بالدرجة الأساس حيث لاتشكل المياه الراجعة إلى النهر إلا نسبة 20% من المياه المسحوبة للمشاريع الزراعية المختلفة وعادة تكون المياه الراجعة متدهورة نوعيا.

معدل تصريف مياه نهر الفرات الداخل إلى العراق في حصيبة وللفترة من عام 1970 ولغاية 1999 هو 951 م^3/ثا حيث بلغ أوطأ معدل تصريف قدره 295 م^3/ثا عام 1974 وأعلى معدل تصريف قدره 1480 م^3/ثا عام 1988 (الراوي، 1999) في حين تشير جميع الدراسات الهيدروجيولوجية والمناخية والموازنات المائية إلى إن المعدل السنوي لتصريف نهر الفرات الطبيعي دون تأثير السدود هو بحدود 988 م^3/سنة من نقطة الحدود السورية بأجمالي كميات مياه جارية بالظروف الطبيعية قدرها 31.5 كم^3 في السنة (Abdul Rahman, 2003). بلغ المعدل السنوي لتصريف نهر الفرات في حديثة وللفترة من عام 1970 ولغاية 1999 حوالي 904 م^3/ثا تراوحت بين أدنى قيمة للتصريف قدرها 620 م^3/ثا في 9/ 7/ 1974 وأعلى قيمة للتصريف قدرها 1370 م^3/ثا في 25/ 4/ 1988، وقد بلغ المعدل السنوي لتصريف نهر الفرات في سدة الرمادي والورار وللفترة ذاتها حوالي 786 م^3/ثا.

كما بلغت قيمة المعدل السنوي لتصريف نهر الفرات عند سدة الفلوجة حوالي 635 م^3/ثا تراوحت بين أوطأ وأعلى قيمة له قدرها (502 – 743) م^3/ثا في الأعوام (1970 – 1999) وبأجمالي كميات مياه عابرة لسدة الفلوجة تراوحت بين (18 – 22) مليار م^3/سنة. وقد بلغت سرعة جريان مياه نهر الفرات شرق حصيبة بين (0.429 – 1.108) م/ثا بمعدل انحدار لقاع النهر قدره 0.00019 من معدل عرض لمقطع النهر قدره 220 متر وبعمق يتراوح بين (1 – 4.5) م وبمعدل قدره 2.8 متر حيث بلغ معدل التصريف السنوي بين (296 – 839) م^3/ثا وذلك في عام (2003). وفي دراسة للجباري وآخرون 1985 بلغ معدل نقل الرسوبيات في نهر الفرات محسوبة في محطة هيت لفترة طويلة الأمد (20 سنة) حوالي 66 مليون طن/سنويا 80% منها تم نقلها في الفترة من شباط – حزيران وأعلى حمولة لنهر الفرات كانت 434 مليون طن عام 1968 – 1969 بينما كانت اقل حمولة هي 2.5 مليون طن في سنة 1974 – 1975 حيث كانت قيمة معدل التعرية للفترة ذاتها بين (10 – 645) طن/كم^2 في حوض الفرات عند محطة هيت وبمعدل قدره 208.7 طن/كم^2 حيث يمكن اعتبار هذه الإحصائيات هي إحصائيات طبيعية لنقل الرسوبيات قبل إنشاء سد بحيرة حديثة حيث بلغ المعدل اليومي لتصريف نهر الفرات في محطة هيت حوالي 909 م^3/ثا بينما بلغ أوطأ وأعلى تصريف للنهر 55 م^3/ثا و 7400 م^3/ثا على التوالي ولكن بعد إنشاء سد بحيرة حديثة اختلف انحدار سطح الماء بسبب تواجد السد على مجرى النهر والذي بدوره يؤدي إلى اختلاف منسوب قاع النهر ومن ثم منسوب سطح الماء وان ازدياد الفرق بين قيمتي الانحدارين (انحدار قاع النهر وانحدار سطح الماء) يعني ازدياد فقدان الطاقة للتغلب على خشونة القاع مما يعني فعل التعرية لاحق أقل وفعل ترسيب اكبر وهذا مايحدث أمام السد (في بحيرة السد) ويعني فعل تعرية لاحق اكبر وفعل ترسيب اقل وهذا ما يحدث بعد السد.

بينت دراسة اسعد وآخرون (1986) أن ما يحجز من الرسوبيات في خزان حديثة هو حوالي 20.5 مليون طن/سنة على اعتبار كفاءة حجز الخزان هي 94% والتي تم استنباط قيمها من حسابات المعدل السنوي لتصريف المواد العالقة إلى خزان القادسية والتي بلغت 17.42 مليون طن/سنة ومعدل تصريف رسوبيات القاع حوالي 4.36 مليون طن/سنة بإجمالي نقل رسوبيات كلي قدره 21.78 مليون طن/سنويا وقد بلغت قيمة الرسوبيات الداخلة إلى خزان القادسية 6.29 مليون طن عام 2003. فيما أكدت دراسة الحديثي، 1994 عن دور سرعة الرياح واتجاهها وتأثيرها في توزيع رسوبيات البحيرة وخلصت دراسة رسوبياتها إلى أن حجم الرسوبيات هو رمل خشن إلى رمل خشن جدا عدا الجانب الأيسر من مقدمة الخزان فكان رمل متوسط الخشونة بالإضافة إلى كون رسوبيات مقدم الخزان جيدة الفرز (well sorted) وفقيرة الفرز (bad sorted) في وسط مؤخرة الخزان. وكانت سرعة الرياح في البحيرة بين (1.5 – 7.7) م/ثا شكلت أمواج بمعدل ارتفاع تراوح بين (6.8 – 33.2) كم في مؤخرة الخزان وبين (4.3 – 22.3) سم في مقدمة الخزان في منطقة امتزاج مياه نهر الفرات مع البحيرة. وفي دراسة للشعباني (2005) أكد وجود جزء غير مستقر رسوبياتها الرمل والغرين والطين ذات امتدادات طويلة مع اتجاه مجرى نهر الفرات بين الرمادي والفلوجة تتآكل هذه الجزر عند زيادة تصريف وسرعة مياه النهر وتنمو بفعل الترسيب بعد انخفاض طاقة مياه النهر على نقل رسوبياته وأشار إلى أن بعض هذه الجزر يبلغ طولها بين (100– 1400) متر تغطيها النباتات الطبيعية ورسوبياتها رملية بنسبة (90 – 95) % ذات محتوى طيني يتراوح بين (3 – 9) % وغريني بين (5 – 6) % بين مخلفات التعرية والترسيب التفاضلية في مجرى النهر ظهور البحيرات الهلالية وهي مرحلة متطورة عن الالتواءات النهرية وتوجد بحيرتان هلاليتان واضحة المعالم واحدة تقع على الجانب الأيمن لنهر الفرات في منطقة الصوفية والأخرى في الضفة اليسرى من النهر في منطقة البو بالي شرق الرمادي (18 كم) حيث تنخفض هذه المنطقة ويتجمع فيها المياه وتكثر فيها نباتات القصب.

- **هيدروكيميائية مياه نهر الفرات وبحيرة حديثة**

أكدت دراسة هيدروكيميائية سابقة (Al-Obaydi, 1984) بأن نوعية مياه نهر الفرات تختلف بين مناطق أعالي النهر وأسفل النهر إذ تتغير نوعية المياه من نوعية بيكاربوناتية إلى كلوريد ثم إلى كبريتاتية ويعزى ذلك إلى تأثير إيرادات المياه خلال فترة الزيادة المائية ذات النوعية البيكاربوناتية الداخلة إلى العراق من الأحواض المائية في أعالي النهر حيث تقل نسبة امتزاجها مع اتجاه مجرى النهر ويظهر تأثير عوامل المياه الجوفية والمراشنة بمياه الخزانات مثل مياه بحيرة الحبانية والثرثار ذات النوعية الكبريتاتية والكلوريدية فيما تظهر تغيرات في نوعية مياه نهر الفرات بين حصيبة والفلوجة في فترة النقصان المائي وهي مياه كلوريدية. كما أشارت دراسة الجباري وآخرون، 2002 إلى زيادة تركيز TDS مع فترة المراقبة والتي ترافقت مع شحة الإيرادات المائية في نهر الفرات. وتناغم نمط تذبذب أيونات الكالسيوم والصوديوم والكبريتات مع نمط تذبذب تركيز TDS واستمرار نمط تذبذب تركيز المغنيسيوم والكلور وعدم توافقه مع تركيز TDS من حيث لم يتناغم نمط تذبذب أيون البيكربونات مع TDS طيلة فترة المراقبة. وقد خلصت الدراسة إلى أن أسباب تغير نوعية المياه وازدياد تراكيز الأيونات والعناصر النادرة تعود إلى نوع صخور حوض الفرات و نوعية مياه البحيرات والمياه الجوفية المغذية للنهر والتبخر الحاصل من مياه النهر وتأثير المبازل والمياه الراجعة من التجمعات السكانية والصناعية. وفي دراسة للقويزي (1989) أكد أن الفضلات السائلة التي يطرحها معمل الفوسفات ذات محتوى من الفوسفات قدره (6.3) ملغم/لتر والفلوريد بتركيز (32) ملغم/لتر. ووجد أن تركيز الفوسفات والفلوريد عند الملتقى لوادي القائم من نهر الفرات كان (6.5) ملغم/لتر، (3.3) ملغم/لتر على التوالي. بينما أوضحت دراسة الجنابي، 2008 العوامل

ذات الأثر البيئي على نوعية مياه نهر الفرات باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد والتحليل ألمختبري من خلال المراقبة والربط بين التقنيتين خلال سنة مائية.

طريقة ومنهجية البحث

استخدمت الموديلات المبنية على المعلومات الإحصائية (Helsel and Hirsch, 2002) في تحديد نمط المتغيرات الهيدروكيميائية لمياه الفرات بين محطات الرصد وعلى مسار خط الجريان بغية تشخيص وتصنيف قطاعات النهر وذلك لتسهيل وحصر بؤر التلوث ذات التأثير الكبير وتحديد مصادرها الطبيعية وغير الطبيعية ومنها استخدام نتائج نسب الفروق المعنوية ومستوياتها في التفسير والتي تستند على قواعد إيجاد الفرق في تراكيز المكونات بين نقاط المراقبة وفق مبادئ الأنظمة الهيدرولوجية الداخلة إلى والخارجة من النظام.

حددت وفسرت الظواهر الهيدروكيميائية بناءا على النتائج الاحصائية باستخدام البرنامج الإحصائي (GEOSTAT) ولمختلف المكونات الفيزيوكيميائية لغرض إيجاد المتغيرات الهيدروكيميائية في مياه نهر الفرات وإخراجها بمرتسمات ثنائية وثلاثية الأبعاد، وقد شملت 21 متغيرا وعلى طول خط الجريان من خلال عشر محطات توزعت بين القائم (نقطة الدخول Inlet) وعامرية الفلوجة (نقطة الخروج Outlet). (الشكل 1). تم اخذ النماذج المائية من المواقع المثبتة سلفا، اذ استخدمت الإجراءات المعتمدة عالميا في عملية اخذ النماذج المنشورة في المصادر (Shelton, 1994, and USEPA, 2000)، علما بان جميع الأدوات و قناني خزن العينات قد تم غسلها بالماء المقطر ثم بماء النموذج قبل التعبئة لضمان إزالة الملوثات منها (Hem, 1970; Matthess, 1982, and Shafer *et al*., 1997).

أجريت القياسات الحقلية لدرجة حرارة المياه، الأوكسجين الذائب، درجة الحمضية والتوصيلية الكهربائية مباشرة بعد اخذ النماذج بأجهزة قياس الحمضية والتوصيلية والأوكسجين الذائب بعد معايرة مجساتها حسب المحاليل القياسية، بينما أجريت جميع التحاليل الكيميائية التي شملت الأيونات والعناصر النادرة والمواد الذائبة الكلية في مختبرات التربة والمياه العائدة لوزارة العلوم والتكنولوجيا. أما المعطيات الهيدروجيولوجية والهيدرومناخية فتمت معالجتها باستخدام برنامج الحاسوب (Rockwork14). وأخيرا تمت مقاربة جميع النتائج الجيولوجية والهيدرو-جيو-مناخية مع النتائج الهيدروكيميائية للوصول إلى افضل تقسيم للنظام الهيدرولوجي لنهر الفرات بين القائم وجنوب الفلوجة.

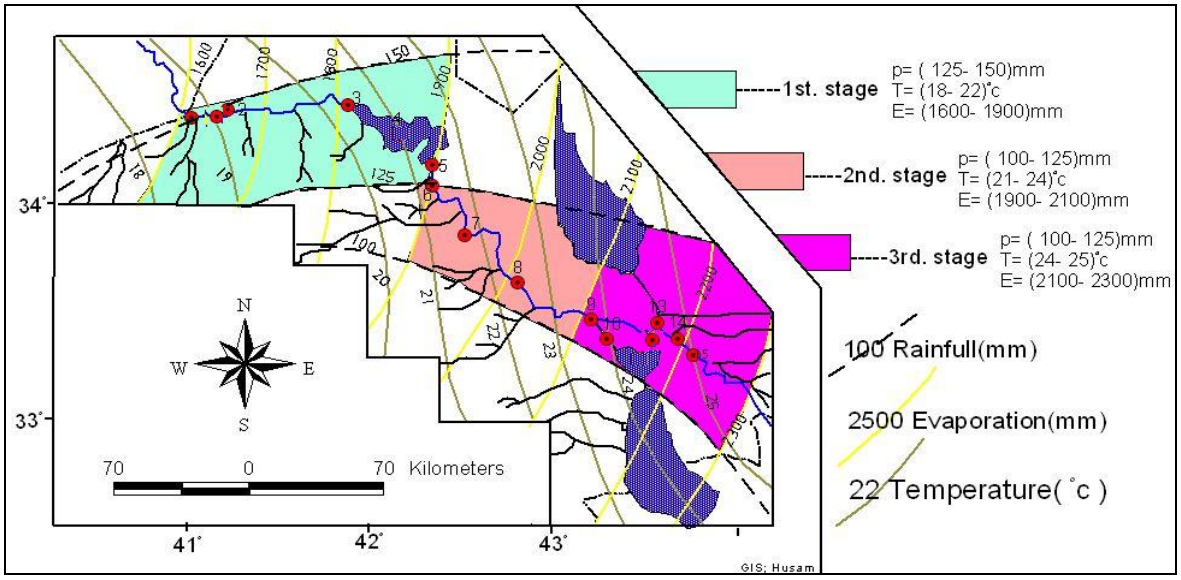
النتائج والمناقشة

- **المحددات الهيدرومناخية**

استخدمت المعدلات السنوية لعوامل المناخ (درجة الحرارة، التبخر والأمطار) المسجلة في محطات الأنواء الجوية – حصيبة – عنة – حديثة – هيت – الرمادي والفلوجة (هيئة الأنواء الجوية والرصد الزلزالي، 2004)، الموزعة على طول خط جريان نهر الفرات لفترة طويلة الأمد (1970 – 2000)، في موديل خارطة عوامل المناخ (شكل 5) المؤثرة في النظام الهيدرولوجية لنهر الفرات في منطقة الدراسة. من الخارطة تم تحديد ثلاثة أنظمة هيدرومناخية (Hydrometrology) ثانوية وعلى ثلاث مستويات من الارتفاعات عن مستوى سطح البحر ضمن النظام الهيدرولوجي لمنطقة البحث وحسب النتائج الموضحة في الجدول (1) ومنه يمكن استنباط ما يلي:

جدول 1: العوامل المناخية في منطقة الدراسة

النظام الهيدرو-مترولوج	درجة الحرارة (°م)			التبخر (ملم)			الأمطار (ملم)			المنسوب عن سطح البحر
	الدخول inlet	الخروج out let	نسبة التبخر %	الدخول in let	الخروج out let	نسبة التغير %	الدخول in let	الخروج out let	نسبة التغير %	(متر)
النظام الأول	19	22	+ 15%	1600	1900	+ 18%	150	125	- 16%	163 – 100
النظام الثاني	22	24	+ 19%	1900	2100	+ 10%	125	100	- 20%	100 – 50
النظام الثالث	24	25	+ 4%	2100	2200	+ 4.7%	125	100	- 20%	50 >
إجمالي النظام	19	25	+ 31%	1600	2200	+ 37%	150	100	- 33%	163 – 50 >



شكل 5: خريطة توزيع العوامل المناخية (المعدل السنوي)

1- سجل أعلى نسبة تغير إيجابي في درجة الحرارة والتبخر باتجاه خط جريان مياه النهر في النظام الهيدرومترولوجي الأول (First Hydrometrologic system) بنسبة قدرها 15% و 18% على التوالي، تليه نسبة تغير متوسطة إيجابية لدرجة الحرارة والتبخر في النظام الهيدرومترولوجي الثاني بنسبة قدرها 9% و 10% على التوالي، ثم أوطأ نسبة تغير إيجابية لدرجة الحرارة والتبخر في النظام الهيدرومترولوجي الثالث بنسبة قدرها 4% و 4% على التوالي.
2- سجل أعلى نسبة تغير سلبي في كمية الأمطار الساقطة في النظامين الأول والثاني بنسبة قدرها 20% تليها أوطأ نسبة تغير سلبي في كمية الأمطار الساقطة بنسبة قدرها 16%.

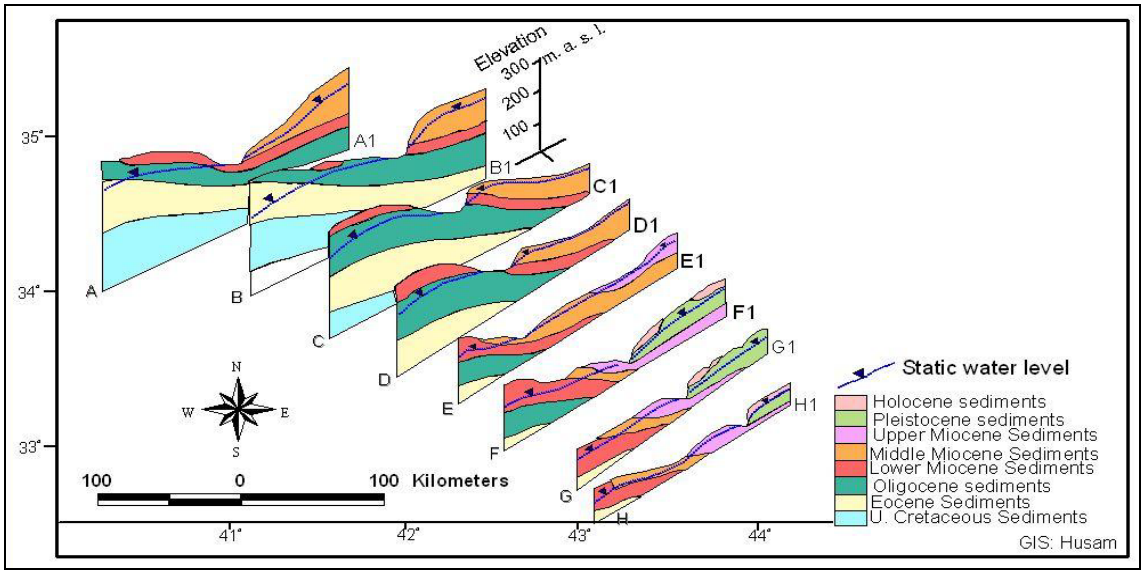
نجمل نسبة تغاير عوامل المناخ (درجة الحرارة والتبخر والأمطار) بين منطقة مجرى أعالي النهر في القائم ومنطقة مجرى أسفل النهر في الفلوجة بما يأتي: تزايد درجة الحرارة والتبخر المسجلة في منطقة أعالي النهر باتجاه مناطق أسفل النهر بنسبة قدرها 31%، 37.5% على التوالي وتناقص كمية الأمطار الساقطة المسجلة في منطقة أعالي النهر باتجاه مناطق أسفل النهر بنسبة قدرها 33%، وفيها نتوقع تدهور مياه نهر الفرات باتجاه خط الجريان من حيث الملوحة بسبب زيادة قيم التبخر وتناقص الأمطار الهاطلة والتي تؤدي إلى تناقص نسب تجديد مياه النهر لمياه الأمطار والسيول. إذ قد تصل نسبة التدهور الطبيعي في نوعية المياه إلى 30% من قيم تراكيز الأملاح في نقطة المصدر (main inlet) المتمثلة في محطة القائم.

- **المحددات الهيدروجيولوجية**

يشق نهر الفرات مجراه من أعلى النهر وكما موضحة في المقطعين AA, BB عند مدينة حصيبة وعنه (الشكل 6) حيث نجد النهر يجري في الطبقات الحاملة للمياه العائدة لترسبات المايوسين الأسفل الأوسط ضمن تكوينات الفتحة والفرات، ويعتبر نهر الفرات نطاق تصريف للمياه الجوفية الإقليمية وعلى جانب النهر وتحت ظروف الخزن المفتوحة ،مصاحبة لظروف خزن الضفاف (bank storage) في بعض المواقع وعلى جانبي النهر، بينما تعتبر الخزانات الجوفية العائدة لترسبات الاوليجوسين والايوسين خزانات جوفية محصورة تحت مجرى النهر. وبين المقطعين CC1، DD1 عند مدينة حديثة والبغدادي على التوالي نلاحظ أن نهر الفرات يشق مجراه ضمن ترسبات المايوسين الأوسط والأسفل والاوليجوسين حيث يعتبر نهر الفرات نطاق تصريف للمياه الجوفية الإقليمية وعلى جانبي النهر مع احتمالية عالية لظروف خزن الضفاف تتم مع جميع الطبقات المسامية العائدة لهذه الخزانات والتي تكون بتماس مباشر مع مياه النهر وخصوصا مع الخزانات الجوفية لترسبات الاوليجوسين والمايوسين الأسفل.

كما يلاحظ في المقطع EE1، عند مدينة هيت إن النهر يشق مجراه ضمن الترسبات المايوسين الأسفل (تكوين الفرات) والمايوسين الأوسط (تكوين الفتحة) حيث تشكل ترسباتها خزانات جوفية ضحلة كما تليها في الأعماق الخزانات الجوفية العائدة لترسبات وطبقات عنه وبابا الحاملة للمياه والواقعة تحت تأثير ظروف الخزن المحصورة وفي هذا المقطع أيضا يعتبر نهر الفرات نطاق لتصريف المياه الجوفية ومن جانبي النهر.

أما بقية المقاطع الهيدروجيولوجية المتمثلة بـ FF1، GG1، HH1 فان النهر يشق مجراه ضمن رسوبيات العصر الرباعي بالدرجة الأساس وترسبات المايوسين الأعلى (تكوين إنجانة) بدرجة ثانوية والتي تتميز بظروف الخزن المفتوحة وشبه المحصورة (Unconfined to Semi-confined). وفي هذه المقاطع يعتبر نهر الفرات والخزانات الجوفية العائدة للعصر الرباعي انطقة تصريف للمياه الجوفية الإقليمية والمتسربة من الطبقات الحاملة للمياه لتكوينات الفرات و الدمام وهنا لابد من الإشارة إلى أن الطبقات الحاملة للمياه في العصر الرباعي تلعب دورا تنظيميا للعلاقة بين المياه الجوفية والمياه السطحية المتمثلة بنهر الفرات أو مياه البحيرات (الحبانية – الثرثار).



شكل 6: المقاطع الهيدروجيولوجية على جانبي نهر الفرات

أوضحت خارطة توزيع مناسيب المياه الجوفية (Hussien, 2010) (الشكل 7) الظواهر الهيدروجيولوجية التالية:

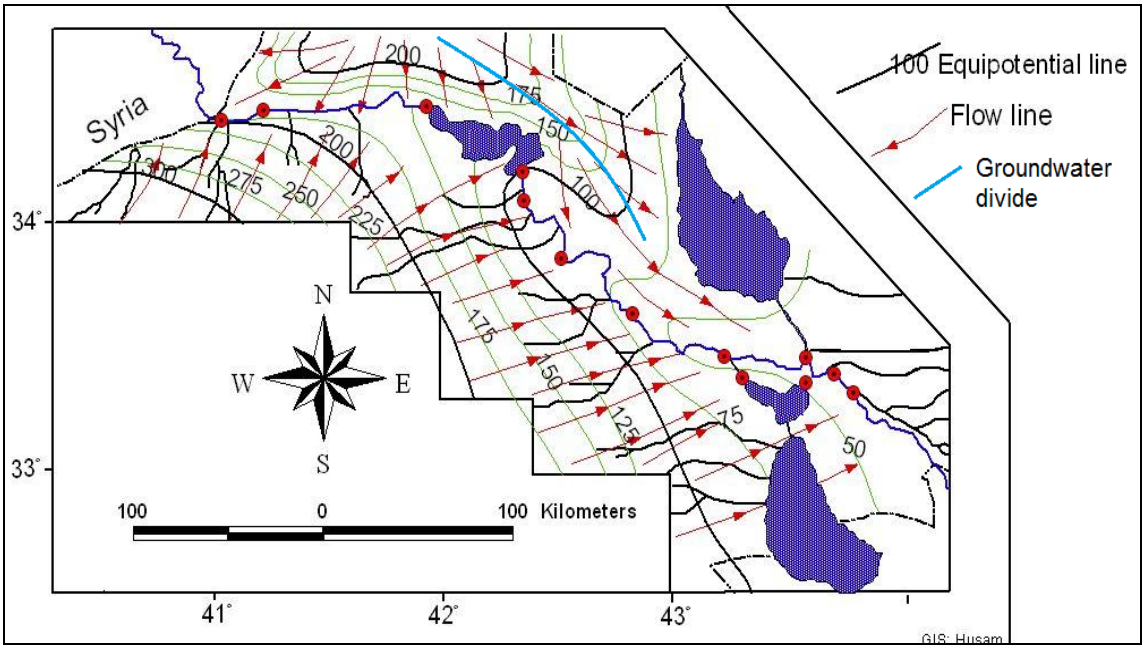
أ- الجانب الأيمن من مجرى نهر الفرات:

- يعد نهر الفرات نطاق تصريف المياه الجوفية في الجانب الأيمن من مجرى نهر الفرات وعلى عدة مناسيب.
- اتجاه حركة المياه الجوفية هو شمال – شرق الشمال (NEN) بين حديثة وحصيبة وشرق – شمال الشرق (ENE) بين حديثة والفلوجة وهذه الاتجاهات مطابقة لاتجاهات تصريف المياه السطحية في الوديان.

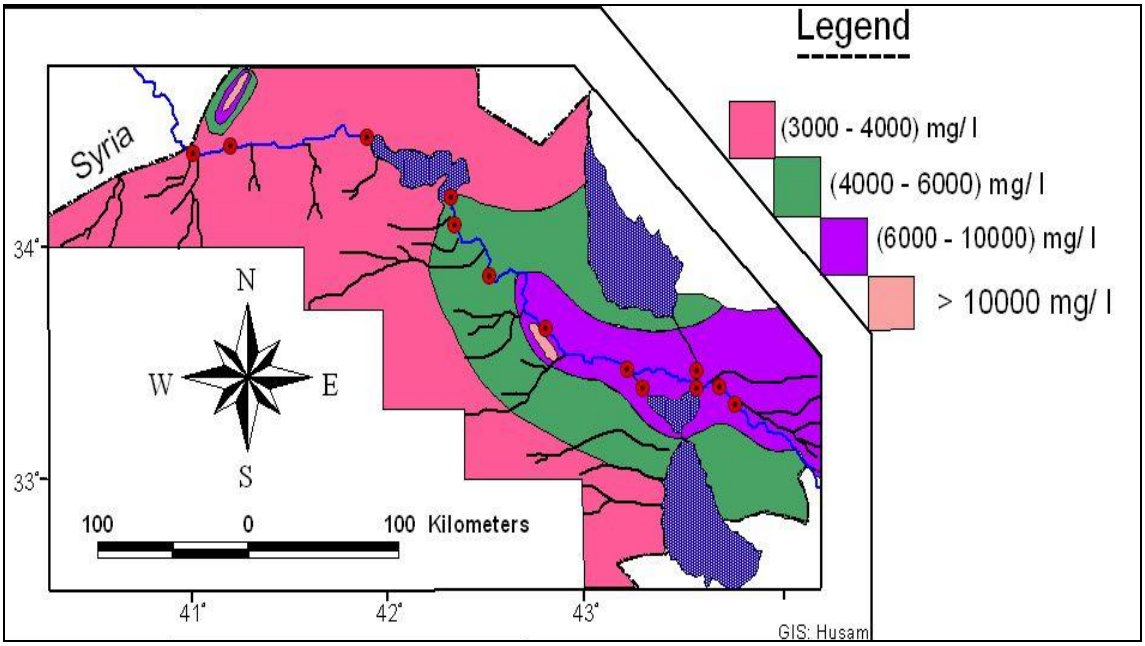
ب- الجانب الأيسر من مجرى نهر الفرات:

- أيضا يعد نهر الفرات نطاق تصريف للمياه الجوفية المتحركة في الجانب الأيسر من مجرى الفرات وعلى عدة مستويات.
- اتجاه حركة المياه الجوفية هو إلى الجنوب الغربي في مناطق سبخات أبو غارس والى الجنوب في مناطق غرب راوة، واتجاه الجنوب الشرقي متمثلا بخط تقسيم المياه الجوفية والذي يقسم اتجاه حركة المياه إلى اتجاهين الأول باتجاه بحيرة الثرثار وهو اتجاه جنوب الشرق واتجاه شرق الجنوب باتجاه نهر الفرات في المنطقة المحددة بين شمال بحيرة حديثة وحتى الصقلاوية بينما موقعيا تعد بحيرة حديثة ومن جهتها الجنوبية والجنوبية الغربية منطقة تغذية للمياه الجوفية.

تراوحت قيم المواد الذائبة الكلية TDS في المياه الجوفية وعلى جانبي مجرى نهر الفرات (الشكل 8) بين (3000 – 4000) ملغم/لتر، (4000 – 6000) ملغم/لتر، (6000 – 10000) ملغم/لتر للمناطق بين (حصيبة – حديثة)، (حديثة – جنوب البغدادي)، (جنوب البغدادي – جنوب الفلوجة) على التوالي أي أن ملوحة المياه الجوفية تزداد باتجاه الجنوب الشرقي مع وجود استثناءات لزيادة تركيزها باتجاه مملحة أبو غارس شمال حصيبة مع الحدود السورية وكذلك في مياه الينابيع القيرية حيث يصل تركيزها إلى أعلى من 10000 ملغم/لتر (Hussien, 2010).

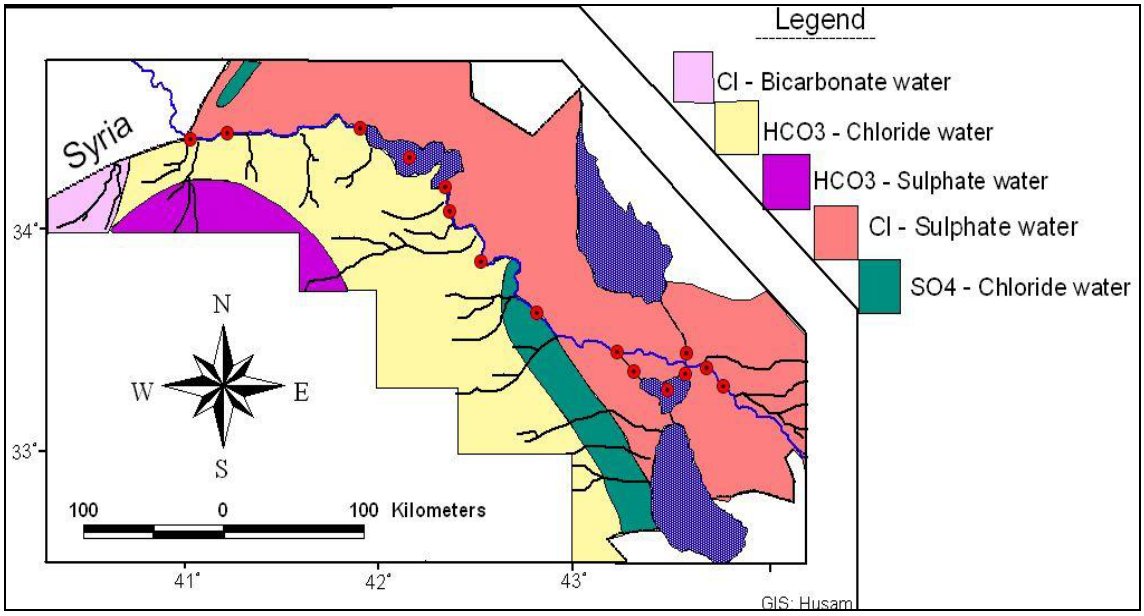


شكل 7: العلاقة بين المياه الجوفية/ المياه السطحية



شكل 8: توزيع TDS المياه الجوفية على جانبي نهر الفرات

خارطة توزيع نوعية المياه الجوفية في الشكل (9) هي مياه صوديوم أو كالسيوم؛ كلوريد سلفاتية (Na; Cl-Sulphate أو Ca; Cl-Sulphate) في الطبقات الحاملة للمياه العائدة لتكوين الفتحة والعصر الرباعي في الضفة اليسرى من مجرى النهر. وذات مياه صوديوم أو كالسيوم، بيكربونات كلوريدية (Na; HCO_3-Chloride ،Ca; HCO_3-chloride) في الطبقات الجيرية لتكوينات الفرات وعنه وبابا في الضفة اليمنى من النهر (Araim, 1990).



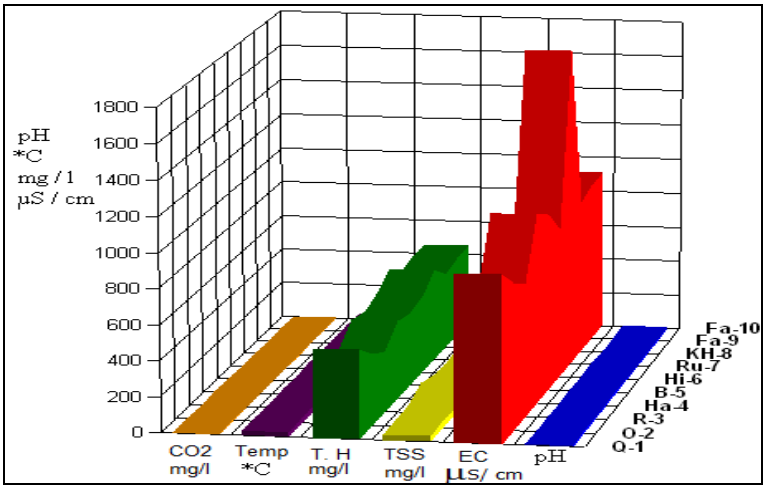
شكل 9: توزيع نوعية المياه الجوفية على جانبي نهر الفرات

- **الخصائص الهيدروكيميائية**

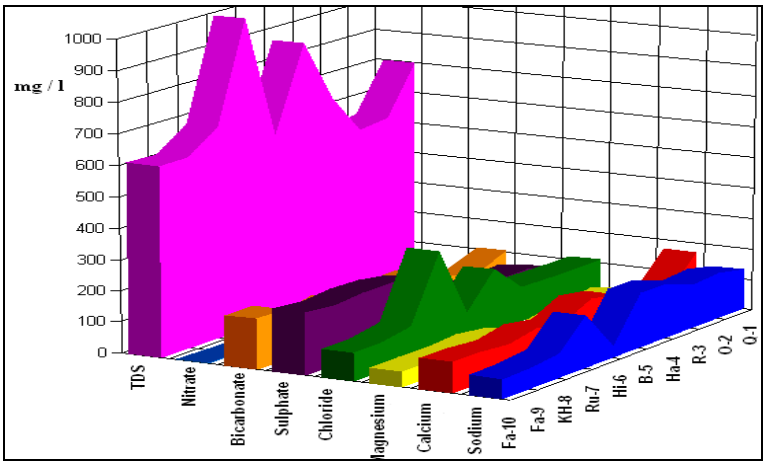
تمت دراسة الخصائص الهيدروكيميائية لمياه نهر الفرات من خلال عشرة محطات رئيسية والعوامل المؤثرة فيها من خلال خمسة محطات؛ ضمن النظام الهيدرولوجي الأول والثاني والثالث من القائم إلى الفلوجة وعلى طول خط الجريان وللسنة المائية (2008)، تم تلخيصها في (جدول 2) والأشكال (10، 11 و 12).

جدول 2: المتغيرات الهيدروكيميائية لمياه نهر الفرات بين القائم والفلوجة (2008)

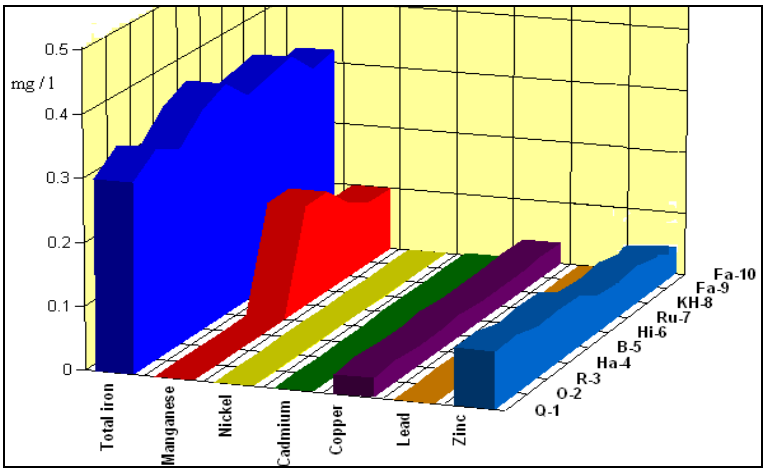
الموقع	القائم – حديثة		حديثة – رمادي		رمادي – عامرية الفلوجة	
المتغير	اقل قيمة	أعلى قيمة	اقل قيمة	أعلى قيمة	اقل قيمة	أعلى قيمة
Na (mg/l)	130	177	40	178	65	80
Mg (mg/l)	20	51	15	58	49	52
Ca (mg/l)	72	169	95	140	90	101
Cl (mg/l)	110	112	90	320	91	111
SO_4 (mg/l)	66	96	119	200	190	200
HCO_3 (mg/l)	65	120	105	130	110	162
NO_3 (mg/l)	0.5	2	2	2.7	2.5	2.7
CO_2 (mg/l)	0.25	0.62	0.15	1.2	0.91	1
Fe (mg/l)	0.3	0. 35	0.33	0.37	0.31	0.35
Mn (mg/l)	0	0	0	0.16	0.1	0.12
Ni (mg/l)	0	0	0	0	0	0
Cd (mg/l)	0	0	0	0.0031	0.003	0.0032
Cu (mg/l)	0.03	0.034	0.03	0.034	0.032	0.034
Pb (mg/l)	0	0	0	0	0	0
Zn (mg/l)	0.08	0.091	0.056	0.08	0.05	0.06
TDS (mg/l)	532	698	600	1000	610	680
T H (mg/l)	340	500	410	520	427	455
TSS (mg/l)	32	94	43	66	67	95
pH	6.8	7.51	7.31	7.9	7.88	7.9
Temp. °C	26	33	29	32	33	34
EC x 10^{-6}	747	1068	850	1800	870	910



شكل 10: تذبذب المتغيرات الفيزيوكيميائية لنهر الفرات



شكل 11: تذبذب تراكيز العناصر الأساسية لنهر الفرات



شكل 12: تذبذب تراكيز العناصر النادرة لنهر الفرات بين القائم – الفلوجة

- **العمليات الهيدروكيميائية**

تمت دراسة الظواهر الهيدروكيميائية البيئية في مياه نهر الفرات من خلال التحليل الكمي الإحصائي المبنية على نتائج التحليل الكيميائي لمكونات المياه المستندة على قيم الفرق في تراكيز الايونات بين نقاط المراقبة وفق مبادئ الأنظمة الهيدرولوجية (الداخلة إلى والخارجة من النظام -inlet & outlet) ونسب الفروق المعنوية Significant difference. وقد أظهرت نتائج المعلومات الإحصائية (جدول 3) ما يلي:

جدول 3: اغناء وتخفيف تركيز الايونات في مياه نهر الفرات بين القائم والفلوجة (2008)

الموقع	القائم – حديثة		حديثة – رمادي		رمادي – عامرية الفلوجة	
المتغير	الاغناء أو التخفيف	مستوى الأهمية Sig %	الاغناء أو التخفيف	مستوى الأهمية Sig %	الاغناء أو التخفيف	مستوى الأهمية Sig %
Na (mg/l)	43	33	- 7	3.9	- 105	61
Mg (mg/l)	11	55	27	87	- 8	13.7
Ca (mg/l)	- 45	26	- 14	11.2	- 9	8.1
Cl (mg/l)	2	1.8	208	185	- 229	71
SO_4 (mg/l)	30	45.4	104	108	0	0
HCO_3 (mg/l)	15	14. 2	10	8. 3	32	24.6
NO_3 (mg/l)	- 0.3	15	0.7	41. 1	0.3	12.5
CO_2 (mg/l)	0.25	67	0.58	93	- 0.29	24
Fe (mg/l)	0.05	16	- 0.01	2. 8	- 0.02	17
Mn (mg/l)	0	0	0.06	60	- 0.06	60
Ni (mg/l)	0	0	0	0	0	0
Cd (mg/l)	0	0	0.0001	3. 3	- 0.0001	3.3
Cu (mg/l)	0.001	3.3	0	0	0.003	9.6
Pb (mg/l)	0	0	0	0	0	0
Zn (mg/l)	- 0.007	7.7	- 0.027	32.5	- 0.009	15
TDS (mg/l)	- 36	5.1	338	51	- 388	38.8
T H (mg/l)	- 60	12	80	18	- 65	13
TSS (mg/l)	62	193	- 28	29.7	3	4.5
pH	0.51	7.5	0.59	8	- 0.01	0.1
Temp °C	7	27	- 1	3	2	6.2
EC x 10^{-6}	127	13.4	732	68.5	- 890	49

-) Depletion of concentration (استنزاف التركيز)

+) Enrichment of concentration (إغناء التركيز)

أولا: الايونات الرئيسية

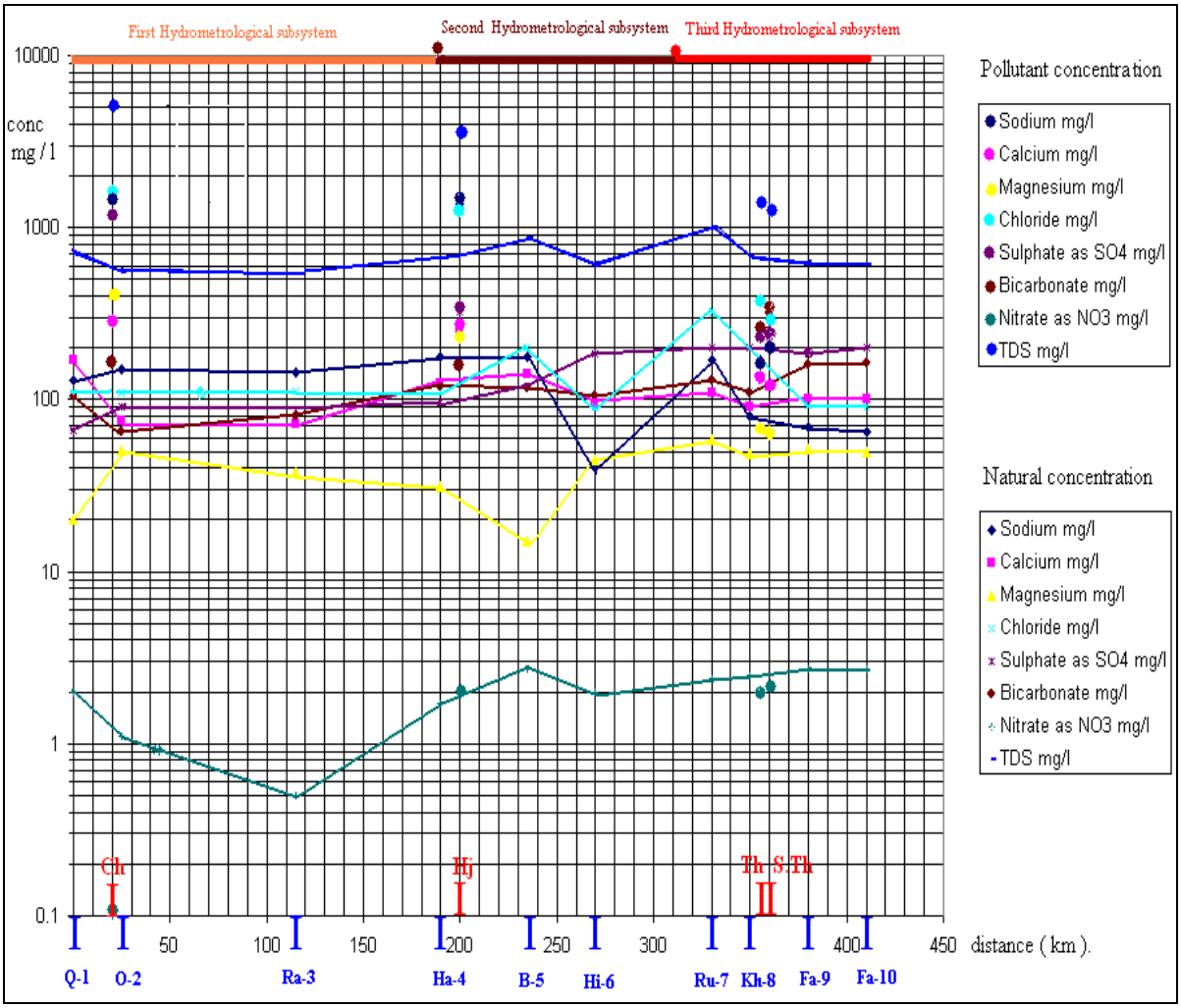
حصول عملية إغناء ضمن النظام الهيدرولوجي الأول في تركيز أيونات Na، Mg، SO_4، HCO_3 وبنسب مختلفة بلغت 33%، 55%، 45.4 %، 14.2% على التوالي، تقابلها عملية تخفيف في تركيز NO_3، Ca وبنسب بلغت 26%، 15% على التوالي وعلى طول مجرى نهر بين القائم وحديثة وهذه النسب تمثل حصيلة التراكيز المضافة إلى مياه النهر ومن مختلف المصادر الطبيعية وغير الطبيعية والمستنزفة في بحيرة القادسية. فيما شهدت قيم الأملاح الذائبة الكلية TDS انخفاض بسيط ليس بمستوى الأهمية وقدره 5.1%، مما يدلل على تناقص دور البحيرة في تنظيم واستيعاب المكونات الكيميائية، ويعود سبب ذلك إلى انخفاض منسوب البحيرة وأصبح نظامها شبيها نوعا ما للنظام النهري ويثبت ذلك تناقص تركيز النترات الناتج من انخفاض كثافة النباتات المائية بسبب تقلص المساحة السطحية للبحيرة.

يمكن ملاحظة مدى تأثير المياه الراجعة والتي يسببها وادي جريجيب على مياه النهر قبل محطة ألعبيدي والذي يؤثر بشكل ما على زيادة تركيز المكونات الكيميائية بعد مصبه ضمن النظام الأول، شكل (13).

أما ضمن النظام الهيدرولوجي الثاني فقد حصلت عملية إغناء في تركيز أيونات NO_3، HCO_3، SO_4، Cl، Mg والمواد الذائبة الكلية بنسب مختلفة بلغت 41.1%، 8.3%، 108%، 87%، 185% و 51 % على التوالي، وهذه النسب تمثل حصيلة التراكيز المضافة إلى مياه النهر ومن مختلف المصادر الطبيعية وغير الطبيعية مقارنة بمياه النظام

الهيدرومترولوجي الأول، تقابلها عملية تخفيف في تركيز Ca، Na وبنسب بلغت 11.2%، 3.9% على التوالي ناتجة من عمليات الامتزاج و/أو الانتشار وعلى طول مجرى نهر الفرات بين حديثة والرمادي.

يمكن ملاحظة مدى تأثير المياه الجوفية المتمثلة بمياه ينابيع حجلان الواقعة بين محطتي البغدادي وحديثة، إذ يظهر تأثيرها جليا على محطة البغدادي من خلال زيادة تركيز المكونات الكيميائية بعد مصبه ضمن النظام الثاني، شكل (13). إذ يبين الشكل ظاهرة استنزاف (depletion Process) في تراكيز أيونات المياه في محطة هيت ناتجة من عمليات الامتزاج بمياه الأمطار المباشرة على النهر والتي جاءت مصاحبة لعملية اخذ النماذج بالإضافة إلى عملية الانتشار لمياه سيول وادي المرج والأسل مع مياه النهر قبل محطة هيت. تلتها عملية إعادة اغناء تراكيز المياه ناتجة من العمليات الهيدروجيوكيميائية مثل الإذابة والتبادل الأيوني ومن تسربات مياه المبازل من جهة، ومن جهة أخرى ارتفاع منسوب مياه النهر بعد فترة الهطول سبب زيادة في المساحة السطحية للشواطئ المتعرضة للإذابة والخلب ومن ثم غسل الأملاح الموجودة في رسوبيات الشاطئ إضافة إلى تجريف النفايات المتراكمة على الشاطئ واحتضان محتوياتها وعلى طول خط جريان النهر بين محطتي هيت والرمادي.



شكل 13: تراكيز الأيونات الرئيسية والأملاح المذابة ومصادر التلوث

أكدت النتائج الإحصائية لتركيز الأيونات في محطات النظام الهيدرولوجي الثالث، جدول (3) عن عملية إغناء في تركيز أيونات NO_3، HCO_3، بنسب بلغت 12.5%، 24.6% على التوالي، وهذه النسب تمثل التراكيز المضافة إلى مياه النهر من المصادر الطبيعية وغير الطبيعية مقارنة بمياه النظام الهيدرومترولوجي الثاني، تقابلها عملية تخفيف في تركيز Ca، Na، Cl، Mg والمواد الذائبة الكلية وبنسب بلغت 61%، 8.1%، 71%، 13.7%، 38.8% على التوالي ناتجة من عمليات الامتزاج والانتشار وعلى طول مجرى نهر الفرات بعد محطة الرمادي. إن انخفاض تركيز الأيونات حدث وعلى عكس ما متوقع حدوثه في الأنظمة الهيدرولوجية الطبيعية وهذا دليل واضح يثبت حالة تلوث على مستوى كبير من الأهمية

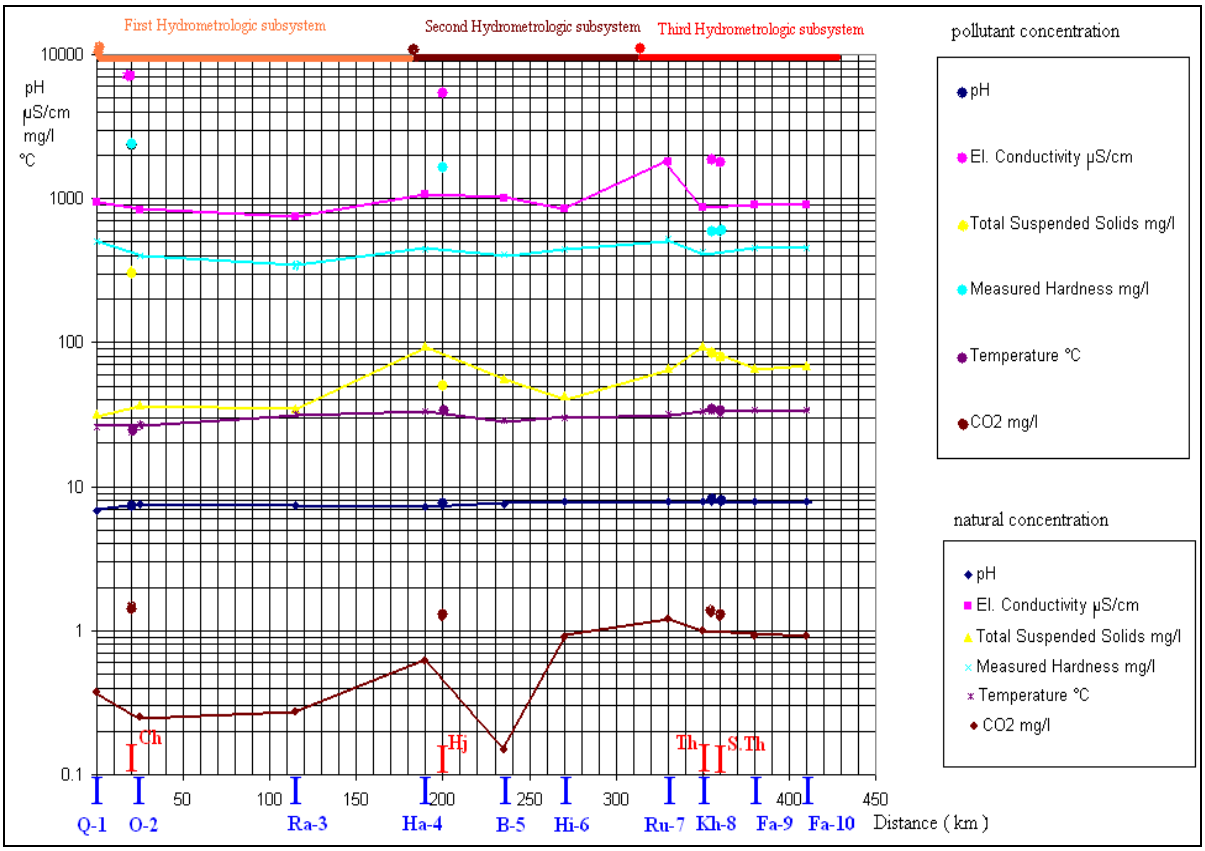
قد حدث في مقطع النهر عند مدينة الرمادي تم رصده في محطة سدة الرمادي سببه شح مياه النهر وانخفاض منسوبه الذي أدى إلى تسرب المياه الجوفية من مخزون الضفاف (Storage Bank) إلى مقطع النهر بالإضافة إلى مياه البزل والمياه البلدية الراجعة. ويمكن ملاحظة ذلك في الشكل (13).

ثانيا: الخصائص الفيزيوكيميائية

حصول عملية إغناء (enrichment Process) ضمن النظام الهيدرولوجي الأول في تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكربون الذائب والمواد العالقة الكلية وبنسب بلغت 67%، 193% على التوالي، إضافة إلى ازدياد درجة حرارة المياه ودرجة الحامضية والتوصيلية الكهربائية وبنسب بلغت 27 %، 7.5 % و 13.4% على التوالي وعلى طول مجرى نهر الفرات بين القائم وحديثة وهذه النسب تمثل حصيلة التغيرات الفيزيوكيميائية الطارئة على مياه النهر ومن مختلف المصادر الطبيعية وغير الطبيعية وهي مؤشرات أخرى توضح مدى التدهور الحاصل في نوعية المياه في هذا النظام ولعام 2008. كما يمكن ملاحظة مدى تأثير المياه الراجعة والتي يسببها وادي جريجيب على مياه النهر قبل محطة العبيدي والذي يؤثر في خصائص المياه الفيزيوكيميائية بعد مصبه ضمن النظام الأول (الشكل 14).

أما ضمن النظام الهيدرولوجي الثاني فقد حصلت عملية إغناء (enrichment Process) في تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكربون الذائب والعسرة الكلية وبنسب بلغت 93%، 18% على التوالي، إضافة إلى ازدياد قيم pH والتوصيلية الكهربائية وبنسب بلغت 8%، 68.5% على التوالي، فيما انخفض تركيز المواد العالقة الكلية ودرجة حرارة المياه بنسبة 29.7% و 3 %على التوالي مع خط الجريان بين حديثة و الرمادي (شكل 14).

كما أكدت النتائج الإحصائية للخصائص الفيزيوكيميائية في محطات النظام الهيدرولوجي الثالث (جدول 3) الظاهرة العلمية التي رصدت سابقا في فقرة الأيونات الرئيسية عن التلوث في محطة الرمادي، إذ انخفض تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكربون الذائب والعسرة الكلية وبنسب بلغت 24%، 13% على التوالي، إضافة إلى انخفاض قيم pH والتوصيلية الكهربائية وبنسب بلغت 0.1%، 49% على التوالي، مع خط الجريان بين الرمادي والفلوجة (الشكل 14)، بالرغم من رصد إضافات لمياه بحيرات راجعة ذات خصائص فيزيوكيميائية عالية القيم بسبب انخفاض منسوب البحيرات والتبخر.



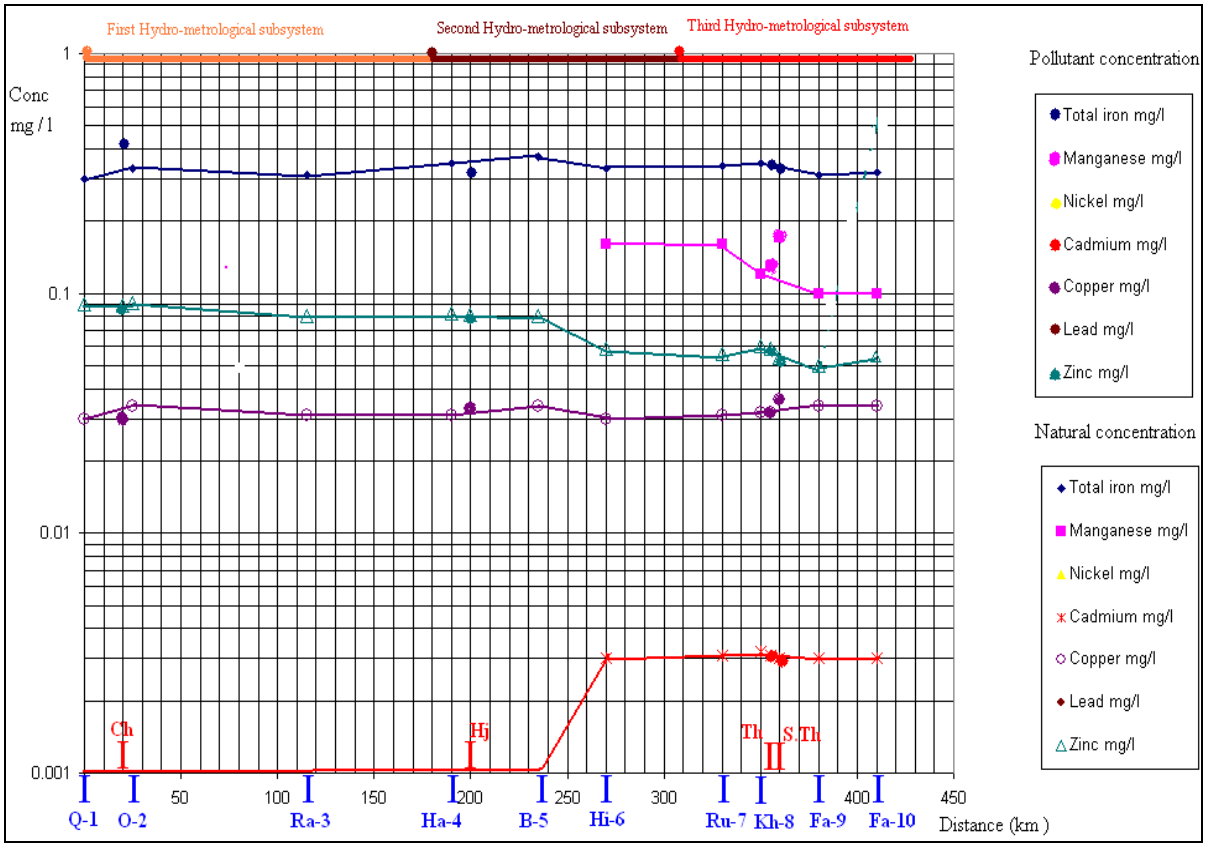
شكل 14: الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه نهر الفرات ومصادر التلوث

ثالثا: العناصر النادرة

أثبتت النتائج الإحصائية لتركيز العناصر النادرة في محطات النظام الهيدرولوجي الأول (جدول 3) عن حصول عملية إغناء (enrichment Process) في تركيز الحديد وبنسبة بلغت 16%، بينما لم تسجل بقية العناصر تراكيز ذات أهمية أو مؤثرة بالنظام البيئي وعلى طول مجرى نهر الفرات بين القائم و حديثة خلال عام 2008. كما يمكن ملاحظة مدى تأثير المياه الراجعة التي يسببها وادي جريجيب على مياه النهر بعنصر الحديد قبل محطة ألعبيدي والذي على ما يبدو له دور في إثراء تركيزه مع خط الجريان بعد مصبه ضمن النظام الأول (شكل 15).

أثبتت النتائج الإحصائية لتركيز العناصر النادرة في محطات النظام الهيدرولوجي الثاني (جدول 3) عن عدم حصول عملية إغناء (enrichment process) في تراكيزها وشهدت عملية تخفيف في تركيز الخارصين فقط وبنسبة بلغت 32.5%، بينما لم تسجل بقية العناصر تراكيز ذات أهمية أو مؤثرة بالنظام البيئي بين حديثة والرمادي خلال عام 2008 مقارنة بنتائج النظام الأول، كما يمكن ملاحظة مدى تناغم تركيز العناصر النادرة لينابيع حجلان مع مياه النهر (شكل 15).

أكدت النتائج الإحصائية للعناصر النادرة في محطات النظام الهيدرولوجي الثالث (جدول 3) انخفاض تركيز العناصر النادرة والتي تشمل الحديد والمنغنيز والكادميوم والخارصين وبنسب بلغت 17%، 60%، 3.3%، 15% على التوالي، مع خط الجريان بين الرمادي والفلوجة (الشكل 15)، بالرغم من تدفق مياه البحيرات الراجعة ذات التركيز العالي نسبيا من العناصر النادرة في نقطتي الرصد (سن الذبان والثرثار)، وهذا مؤشر إضافي يثبت التدهور في نوعية المياه عند المحطة الفاصلة بين النظام الثاني والثالث (محطة الرمادي).



شكل 15: تراكيز العناصر النادرة لنهر الفرات ومصادر تلوثها

الاستنتاجات

أوضحت الدراسة بأن النظام المائي لنهر الفرات بين القائم والفلوجة يقسم إلى ثلاثة أنظمة هيدرولوجية ثانوية، الأول يمتد بين القائم وسد حديثة والثاني بين حديثة وسدة الرمادي والثالث بين الرمادي وجنوب الفلوجة، إذ أكدتها المعلومات الجيولوجية والتركيبية والهيدروجيولوجية والهيدرومترولوجية ودعمتها المعلومات الهيدروكيميائية (الحامضية والقاعدية والعسرة والتوصيلية الكهربائية والأملاح الذائبة الكلسية والايونات المكونة للمياه)، والتي تمثل انعكاس طبيعي لتلك الظواهر، وعليه ينبغي اخذ ذلك بنظر الاعتبار في الدراسات الهيدرولوجية والبيئية الإقليمية لغرض الوصول إلى تفسير

دقيق للظواهر الهيدرولوجية والبيئية التي تحدث في مياه نهر الفرات بين القائم والفلوجة. وقد جاء هذا التقسيم بناءا على مفهوم ربط الحقائق المشتركة لنتائج الدراسات المختلفة ذات الصلة مع النتائج الهيدروكيميائية لمياه النهر باعتبارها تمثل الحصيلة النهائية لمجمل العمليات الجيولوجية والبيئية التي تحدث على صخور وترسبات الحوض المائي الرئيسي وأحواضه الفرعية ومدى تأثرها بعوامل المناخ.

المصادر

اسعد، نادر ميخائيل، الأنصاري، نضير، علي، سعد، عباس، 1986. دراسة عن كمية الرسوبيات المتوقع تراكمها في خزان القادسية وتأثير ذلك على كفاءة وعمر الخزان – نشرة علمية، رقم 130. معهد بحوث المياه و التربة. وزارة الري.

الجباري مقداد، حسين، حسن، عماد، 2002. البرنامج الوطني للاستخدام الأمثل للموارد المائية في حوض الفرات. دراسة غير منشورة. وزارة الزراعة، 520 صفحة.

الجنابي، ماهر احمد، 2008. دراسة تقويمية لنهر الفرات والعوامل ذات الأثر البيئي من دير الزور إلى البغدادي باستخدام تقنيتي التحليل الكيميائي والاستشعار عن بعد. رسالة ماجستير غير منشورة. كلية العلوم. جامعة الأنبار.

الحديثي، خالد ابراهيم، 1994. هيدرولوجي وهيدروجيوكيميائية خزان سد القادسية – العراق – أطروحة ماجستير غير منشورة. كلية العلوم. جامعة بغداد.

الحديثي، خالد ابراهيم، 1994. هيدرولوجية وهيدروجيوكيميائية خزان سد القادسية، العراق. رسالة دكتوراه، جامعة بغداد، 208 صفحة.

الراوي، احمد، 1999. مشكلات المياه بالعراق في ظل السياسة التركية وتأثيراتها في الأمن الغذائي – أطروحة دكتوراه – كلية العلوم. جامعة بغداد.

الشعباني، محمد موسى، 2005. دراسة جيومورفولوجية لمنطقة الحبانية باستخدام الصور الجوية – أطروحة ماجستير غير منشورة. كلية العلوم. جامعة الانبار.

القويزي، مضرمحمد، 1989. هيدروكيمياء الفوسفات والفلوريد والنترات لنهر الفرات من القائم حتى هيت. رسالة ماجستير غير منشورة. كلية العلوم. جامعة بغداد.

هيئة الأنواء الجوية والرصد الزلزالي، 2004. معلومات مناخية، جداول الحاسوب الالكتروني، قسم المناخ – غير منشورة.

Abdul Rahman, K.,Z., 2003. Evaluation of sediment transport inflow to the reservoir of Al Qadisiyia Dam. Unpublished M.Sc. Thesis, Al Anbar Univ. College of Engineering.

Al-Jabbari, M.H., Al-Ansari, N.A. and Salem, B., 1985. Annual Sediment Budget in Euphrates River at Hit, Journal of Geological Society of Iraq. Vol.18, No.1, p. 277 – 288.

Al-Obaydi, M., Sh., 1984. Hdrogeochemistry of Euphrates River and probable pollution from Qaem to Hilla, Unpublished M.Sc. thesis. College of Science. Baghdad Univ.

Araim, H.I., 1990. Regional Hydrological Map of Iraq. GEOSURV.

Buday, T. and Jassim, S.Z., 1987. Tectonic Map of Iraq, scale 1: 1000 000. GEOSURV, Baghdad, Iraq.

Helsel, D.R. and Hirsch, R.M., 2002. Chapter A3, Statistical Methods in Water Resources, Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey, Book-4, Hydrologic Analysis and Interpretation.

Hem, J.D., 1970. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, 2nd edit. GSWS. Paper 1473.

Hussien, B.M., 2010. Hydrogeologic Condition within Al-Anbar Governorate. Journal of Anbar University for Pure Science accepted paper in next volume 2010.

Jassim, S.Z and Goff, J.C., 2006. Geology of Iraq. Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno. 345pp.

Jassim, S.Z, Karim, S.A., Basi, M., Al Mubarak, M. and Mansour, J., 1984. Final Report of the regional Geological Survey of Iraq. Vol.3, GEOSURV.

Matthess, G., 1982. The properties of groundwater Dep. of Environmental Science. John. Wiley and Sons. Inc. New York, 406pp.

Shafer, M., Overdier, J., Hurley, J., Armstrong, D. and Webb, D., 1997. The influence of dissolved organic carbon, suspended particulates and hydrology on the concentration, partitioning and variability of trace metals in two contrasting watersheds (U.S.A.). Chem. Geol. 136, p. 71 – 97.

Shelton, L., 1994. Field Guide for collecting and processing stream-water samples for the National Water Quality Assessment Program. USGS Open-File Report 94 – 455. Sacramento, California. U.S. Geological Survey. NAWQA Field Technical Support. Placer Hall 6000 J Street. Sacramento, Ca. 95819 – 6129.

Techno promo export, 1978. The project on the Euphrates River, Republic of Iraq, Technical Design, Vol.1, Natural condition, Moscow.

Tyracek, J., 1981. Euphrates River Terraces, Journal, Geol, Soc, Iraq, Vol.14, p. 81 – 8.

USEPA, 2000. National water quality inventory: 2000 report. EPA-841-R-02-001.