

مساهمة في تقويم الجريان السطحي في منطقة حوض السن

الدكتور علي محمد الأسعد*

الدكتور غطفان عبد الكريم عمار**

نبيل نديم حسن***

(تاريخ الإيداع 10 / 6 / 2010. قُبِلَ للنشر في 19 / 8 / 2010)

□ ملخص □

المياه السطحية هي المصدر الحيوي لمجموعة من السدود المنقّدة على مجاري الأنهار خارج منطقة حوض السن، الواقعة في القسم المتوسط من الساحل السوري؛ لذا فإنّ الهدف الرئيس من هذا البحث هو دراسة الجريان السطحي في منطقة البحث وتقويمه، باستخدام برنامجي نظام المعلومات الجغرافي (GIS) والحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية SPSS.

أجريت قياسات فعلية يومية لمدة سنتين، لكل من الهطل المطري في 16 محطة مناخية، والجريان السطحي في 13 نقطة قياس سطحية، حيث قُدّرت كمية الجريان السطحي الوسطي السنوي الإجمالية عند مخارج الأحواض الفرعية بـ (31.224 MCM). وبمقارنتها بمتوسط كمية الهطل المطري السنوي في منطقة الدراسة البالغة (499.36 MCM)، فإنّ قيمة معامل الجريان السطحي تساوي 0.0625؛ أي أنّ الفوائد المائية بالتبخّر والتسرّب كبيرة جداً، وهذا ما أكّدته القياسات الحقلية. ومن المهم للغاية هنا اعتماد طرائق الري الحديثة، وتطبيق قانون التشريع المائي، والإدارة المتكاملة للموارد المائية، لتلبية الاحتياجات المستقبلية من المياه.

الكلمات المفتاحية: الجريان السطحي، حوض السن، التبخّر، التسرب.

* أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Contribution to Evaluate the Surface Runoff in Assin Basin

Dr. Ali Alasaad*
Dr. Ghatfan Ammar**
Nabeel Hasan***

(Received 10 / 6 / 2010. Accepted 19 / 8 / 2010)

□ ABSTRACT □

Surface water is the vital source of many dams executed on the river valleys outside Assin Basin, which is situated at the central part of the Syrian Coast. So, the main objective of this paper is to study and evaluate the surface runoff in the research area, using (GIS) and (SPSS) softwares. Actual daily measurements were carried out for 2 years, to measure rainfall at 16 meteorological station, and surface discharge at 13 surface measurement point. The mean annual runoff flow at the sub-basins outlets was estimated to be (31.224 MCM). Compared with the overall precipitation in the study area (499.36 MCM/year), the surface runoff coefficient is 0.0625. This indicates that water losses by evaporation and infiltration are very big as approved by the field measurements. Of major importance in this context is the adoption of modern irrigation methods, applying water legislation law and an integrated water resources management (IWRM), to meet the future water demands.

Key words: Surface Runoff, Assin Basin, Evaporation, Infiltration.

*Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

** professor., Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

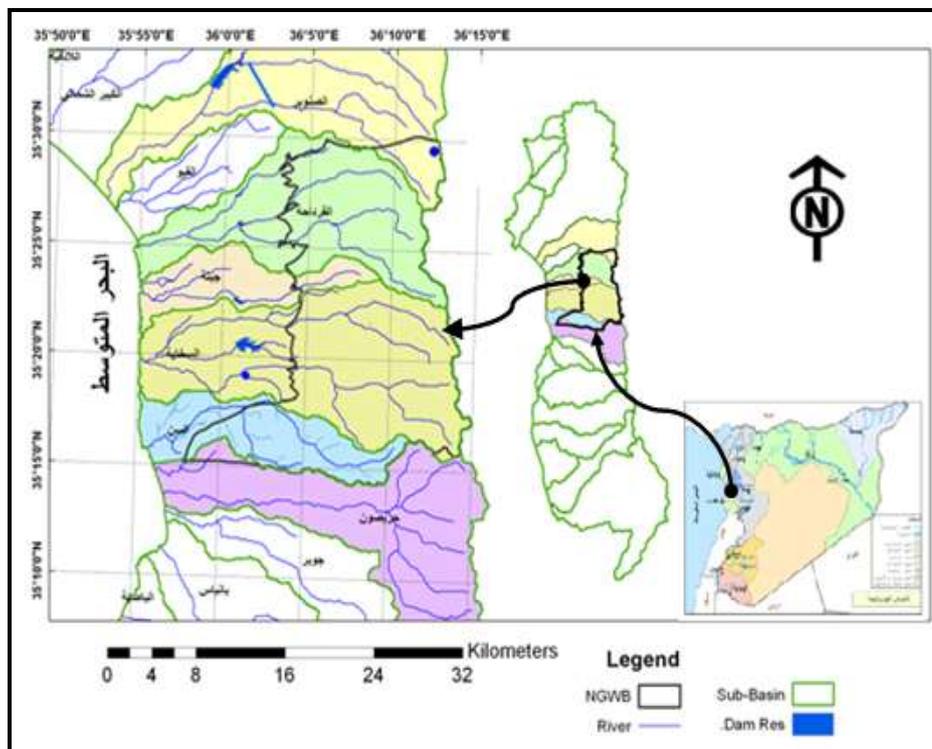
***Postgraduate Student, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

مقدمة:

تتعرض المياه في وقتنا الحاضر لعدد من الأخطار كالتلوث والاستنزاف والتملح. وبما أن الحاجة إليها تزداد بمقدار تطوّر المجتمعات البشرية، فإنّ هذا يحتمّ علينا ضرورة الاهتمام بها وترشيد استهلاكها، والعمل على تنميتها والحفاظ على مصادرها ومواردها، ووضع قواعد لاستثمارها، وإدارتها بشكل رشيد. إنّ طبيعة منطقة الدراسة وخصائصها الجيومورفولوجية وموقعها الجغرافي، تؤثر بشكل فعّال في المناخ السائد فيها، ثمّ هي تؤدّي دوراً كبيراً في تحديد الوضع الهيدرولوجي العام: كالهطل المطري، والرطوبة، ودرجة الحرارة... هذه العوامل تنعكس بدورها على الموازنة المائية للمنطقة، فلها تأثير مباشر في ظاهرتي التبخر والنتح، وفي شكل الهطل وكميّته وتوزّعه، وفي غزارة الجريان السطحي [1].

أهمية البحث وأهدافه:

تقع منطقة البحث (الحوض الجوفي لنبع السن NGWB) في القسم المتوسط من الساحل السوري بين خطي طول $35^{\circ} 55'$ و $36^{\circ} 15'$ شرق خط غرينتش، وخطي عرض $35^{\circ} 14'$ و $35^{\circ} 30'$ شمال خط الاستواء، بمساحة 410 كم^2 ، ممتدّة من حدود حوض الصنوبر شمالاً إلى حوض حريصون جنوباً، ومن حدود السهل الساحلي غرباً إلى خط تقسيم المياه على سفوح الجبال الساحلية شرقاً (الشكل 1). وقد تمّ تحديد هذه المنطقة من خلال الدراسة التفصيلية التي قامت بها الشركة العامة للدراسات المائية خلال الفترة الواقعة بين عامي 1985 و 1987 [2,1].

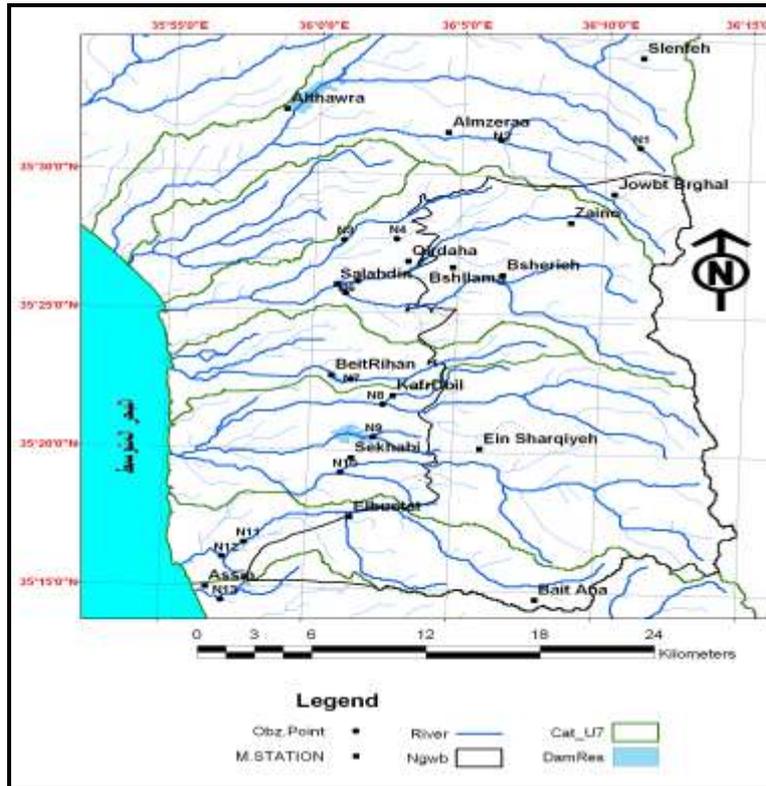


الشكل 1. خارطة موقع منطقة البحث وحدودها

وتمثل منطقة الدراسة أيضاً الحدود الشرقية لستة أحواض هيدرولوجية فرعية متقاطعة معها، وهي مرتبة من الشمال نحو الجنوب: الصنوبر، القرداحة، جبلة، السخابية، السن، حريصون. تأتي فكرة البحث من ضرورة المعرفة الدقيقة لكميات الجريان السطحي الوسطي السنوي الذي يرفد مجموعة من السدود المنفذة خارج حدود منطقة الدراسة. وهذه السدود تؤمن المياه اللازمة لري الأراضي الزراعية في السهل الساحلي؛ لذلك يكتسب البحث أهمية بالغة في إدارة الموارد المائية، والمساعدة في اتخاذ القرار المناسب من أجل تنفيذ مشاريع جديدة في المنطقة، وتطويرها من الناحيتين الاقتصادية والاجتماعية. ثم إن الهدف من البحث هو دراسة وتقويم موارد المياه السطحية في منطقة حوض السن، من أجل تأمين موارد مائية كافية، وذات نوعية مناسبة، تلبي الاحتياجات الحالية والمستقبلية.

طرائق البحث ومواده:

اعتمدت الدراسة على شبكة رصد هيدرولوجية خاصة، (الشكل 2)، تتألف من 16 محطة مناخية، و13 نقطة قياس سطحية قريبة من حدود منطقة الدراسة، لقياس معدلات التصريف الفعلية للمجاري المائية. إذ إن هناك إمكانية لضبط الغزارات اليومية الواردة، وبشكل تتم فيه تغطية المواقع الضرورية كافةً لحساب الجريان السطحي. استمر القياس فيها منذ شهر كانون الثاني عام 2008 إلى شهر كانون الأول عام 2009.



الشكل 2. خارطة مواقع شبكة الرصد الهيدرولوجي

تم استخدام جهاز GPS محمول، نوع GARMIN وهو ذو دقة ± 5 م على المحورين X و y، من أجل تحديد إحداثيات شبكة الرصد، أما قيم Z فقد تم تحديدها باستخدام أجهزة مساحية دقيقة. وقد تم اعتماد نظام الإحداثيات الجغرافية GCS ونظام إسقاط ميركاتور المستعرض العالمي (Universal Transverse Mercator) UTM استخدمت في الدراسة البرمجيات اللازمة لمعالجة البيانات، وهي: برنامج Arc GIS الإصدار 9.2، برنامج SPSS الإحصائي الإصدار 17، إضافة إلى استخدام برنامج Excel في رسم بعض المخططات والمنحنيات البيانية.

1- الخصائص الطبيعية والمناخية

تمتاز منطقة الدراسة بمناخ المنطقة الساحلية، التي يسيطر عليها مناخ البحر المتوسط المعتدل، الذي يتميز بشتاء مطرٍ ودافئ، وصيف حار رطب، يندر حدوث الأمطار فيه [1]. واعتمدت دراسة مناخ المنطقة على المعطيات المتوفرة لفترة قياس سلسلة زمنية طويلة، استمرت منذ عام 1957 حتى 2009.

يتأرجح المتوسط السنوي لدرجة الحرارة العظمى بين (17.5 و 24.4) درجة سيلزيوس، أما المتوسط السنوي لدرجة الحرارة الصغرى فيتأرجح بين (10 و 15) درجة سيلزيوس. وأكثر أشهر السنة حرارة هما شهر تموز وآب؛ إذ يبلغ متوسط درجة الحرارة العظمى خلال شهر آب (31) درجة سيلزيوس في محطة السن، و(26) درجة سيلزيوس في محطة جوبة برغال. أما أبرد أشهر السنة فهما شهر كانون الثاني وشباط؛ إذ يبلغ متوسط درجة الحرارة الصغرى خلال شهر كانون الثاني (8.4) درجات سيلزيوس في محطة السن، و(3) درجات سيلزيوس في محطة جوبة برغال.

تمتاز منطقة المشروع بثبات الرطوبة النسبية للهواء فيها خلال السنة، فيبلغ المتوسط الشهري للرطوبة النسبية (62-70) %، وتزداد قيمته شتاءً في المناطق المرتفعة (محطة بيت عانا) إلى 81%، ويمكن أن يصل إلى 100%، وذلك خلال ساعات محدودة، ليتأرجح في أرجاء السهول الساحلية بين (66 و 69)%. أما معدل الرطوبة النسبية فينخفض صيفاً في المناطق المرتفعة، ويزداد في السهل الساحلي.

تزداد معدلات التبخر من سطح الماء خلال أشهر الصيف في كل من المنطقتين السهلية (الساحلية) والجبلية؛ إذ تتأرجح قيمها بين (122 و 132) مم/الشهر، ثم تتخف تدريجياً خلال أشهر الخريف والشتاء، لتصل إلى أدنى مستوياتها خلال شهري كانون الثاني وشباط؛ إذ يبلغ معدل التبخر خلال شهر كانون الثاني 79.56 مم، و37.74 مم في محطتي السن وجوبة برغال على الترتيب، و32.3 مم خلال شهر شباط في محطة بيت عانا.

يتأرجح معدل الهطل المطري السنوي بين (832 و 1730) مم، ويبدأ فصل المطر من أواخر أيلول حتى أوائل حزيران، ويندر هطل الأمطار خلال أشهر الصيف.

يتأرجح المتوسط السنوي لسرعة الرياح بين (1.5 و 2.3) م/ثا، أما أعلى سرعة رياح يومية مسجلة فقد بلغت 41 م/ثا بتاريخ 2004/02/11 في محطة بيت عانا التي ترتفع 1045 م عن سطح البحر.

2- الجيومورفولوجيا

يمكن تقسيم منطقة الدراسة إلى قسمين: منطقة المنحدرات والهضاب قليلة الارتفاع، والمنطقة الجبلية. تنتشر في منطقة المنحدرات الأثرية البنية المصفرة، التي تحتوي نسباً عالية من الكربونات، وهي متوسطة السماكة إلى سميكة ذات توضعات كلسية عضارية، مختلطة بترب بنية قائمة عضارية على المصاطب، التي يتأرجح ارتفاعها بين 150 و 300 م. أما المنطقة الجبلية فتتصف بمنحدرات شديدة، ذات ترب قليلة السماكة، خاصة في المساحات التي تتكشف فيها الصخور على سطح الأرض، ولا تنمو فيها النباتات. وتنتشر في هذه المنطقة ترب شديدة التعرض لعوامل

التعرية، مع وجود مناطق صخرية منكشفة في أعالي المرتفعات، وتنتوِّع المصاطب على المنحدرات، حيث تسود التربة البنية الرمادية المتوضّعة على حجر كلسي قاسٍ. ويتأرجح ارتفاعها بين 300 و 1435 م [1].

3- الهيدروغرافيا

تعدّ سلسلة الجبال الساحلية العنصر التضاريسي الرئيس في المنطقة، وهي تمتد موازيةً للساحل، وتطلّ من الشرق على سهل الغاب بشكل جدار شديد الانحدار، في حين يكون انحدارها أقلّ باتجاه البحر، خاصةً في أجزائها السفلى، ويبلغ الارتفاع الأعظمي للمنطقة المدروسة 1435 م.

يقطع عدد كبير من الأودية الجانب الغربي من السلسلة الجبلية، وتجتمع الأودية والمسيلات بعضها مع بعض لتشكّل عدداً من الأنهار، التي تجري باتجاه الغرب. ونستعرض فيما يلي الأحواض الفرعية التي تتقاطع مع منطقة الدراسة بدءاً من الشمال نحو الجنوب، وأهمّ المجاري المائية فيها [1]:

• حوض نهر الصنوبر

يعدّ نهر الصنوبر من أهمّ أنهار المنطقة الساحلية، ويبدأ جريانه من السفوح الغربية لسلسلة الجبال الساحلية على ارتفاع 1300 م، وتبلغ مساحة حوضه الصبّاب 268.8 كم². وقد أقيم على مجرى النهر سد الثورة عند قرية الدراشية، بطاقة تخزينية (97.88 MCM)، إضافةً إلى مشروع نفق ديفة بطول 3525 م لتحويل مياه نهر ديفة إلى بحيرة سد الثورة. ويبلغ متوسط التصريف السنوي لنهر الصنوبر 1.77م³/ثا عند نقطة دخول النهر إلى بحيرة سد الثورة، و0.5 م³/ثا عند نقطة تقاطع المجرى مع أوتسترد اللاذقية- طرطوس.

• حوض القرداحة

تبلغ مساحة الحوض 204 كم². ويقسم إلى قسمين: حوض نهر القرداحة، الذي أقيم على مجراه عند تقاطعه مع نهر الشحادة سد صلاح الدين بطاقة تخزينية مقدارها (10 MCM). أمّا حوض نهر بحمرأ فقد أقيم على مجراه سد بحمرأ بطاقة تخزينية مقدارها (2.13 MCM). يلتقي نهر القرداحة وبحمرأ ليشكّلا نهر الروس، الذي يبلغ متوسط التصريف السنوي له 0.385 م³/ثا، أمّا متوسط تصريفه الشهري الأعظمي فيبلغ 1.31 م³/ثا خلال شهر آذار، فيما ينخفض تصريفه إلى أدنى مستوياته خلال شهر أيلول فيبلغ 0.081 م³/ثا.

• حوض جبلة

تبلغ مساحة الحوض حوالي 73 كم². ويتكون من أنهار ديرين والشراشير ومسكينا. شُيّد على مجرى نهر ديرين سد بيت ربحان بطاقة تخزينية (7.5 MCM). يبلغ متوسط التصريف السنوي لنهر مسكينا 0.112 م³/ثا، ولنهر الرميّة 0.135 م³/ثا.

• حوض السخابية

تبلغ المساحة الإجمالية للحوض 284 كم²، وتضمّ ثلاثة مجارٍ رئيسة هي: السخابية (الجبلاني)-الزرود (سيانو)- الحويز(البرغل). وشُيّد سد السخابية على مجرى نهر الجبلاني بطاقة تخزينية (55 MCM). كما شُيّد على مجرى نهر البرغل سد الحويز بحجم تخزين (16 MCM)، وعلى مجرى نهر الزرود سد كفر دبيل بطاقة تخزينية (1.2 MCM). يبلغ متوسط التصريف السنوي لنهر الزرود 0.22 م³/ثا، ولنهر الحويز 0.27 م³/ثا ولنهر السخابية 0.265 م³/ثا.

• حوض السن

يتشكل نهر السن بشكل أساسي من نبع السن الذي ينبع عند أقدم الجبال على منسوب +11 م وعلى بعد 6 كم تقريباً عن شاطئ البحر، وتجري مياهه نحو الغرب ليلتقي على بعد 3.5 كم من المنبع بنهر أبو بكرة، ويتابع بعدها ليصب في البحر قرب قرية عرب الملك. وهو أحد الينابيع المهمة في حوض البحر المتوسط، وتستخدم مياهه حالياً لأغراض الشرب والري والصناعة، ويذهب ما يفيض منه إلى البحر. وترفد مياه نبع ساقية السلطان نهر السن قبل مصبه في البحر بـ 1.5 كم. يبلغ متوسط التصريف السنوي لنهر السن 8.33 م³/ثا، ولنهر أبو بكرة 0.107 م³/ثا. أما متوسط تصريفيهما الشهري الأعظمي فيبلغ 14.12 م³/ثا خلال شهر آذار لنهر السن، و0.43 م³/ثا خلال شهر كانون الأول لنهر أبو بكرة، فيما ينخفض تصريفهما إلى أدنى مستوياته خلال شهري آب وأيلول.

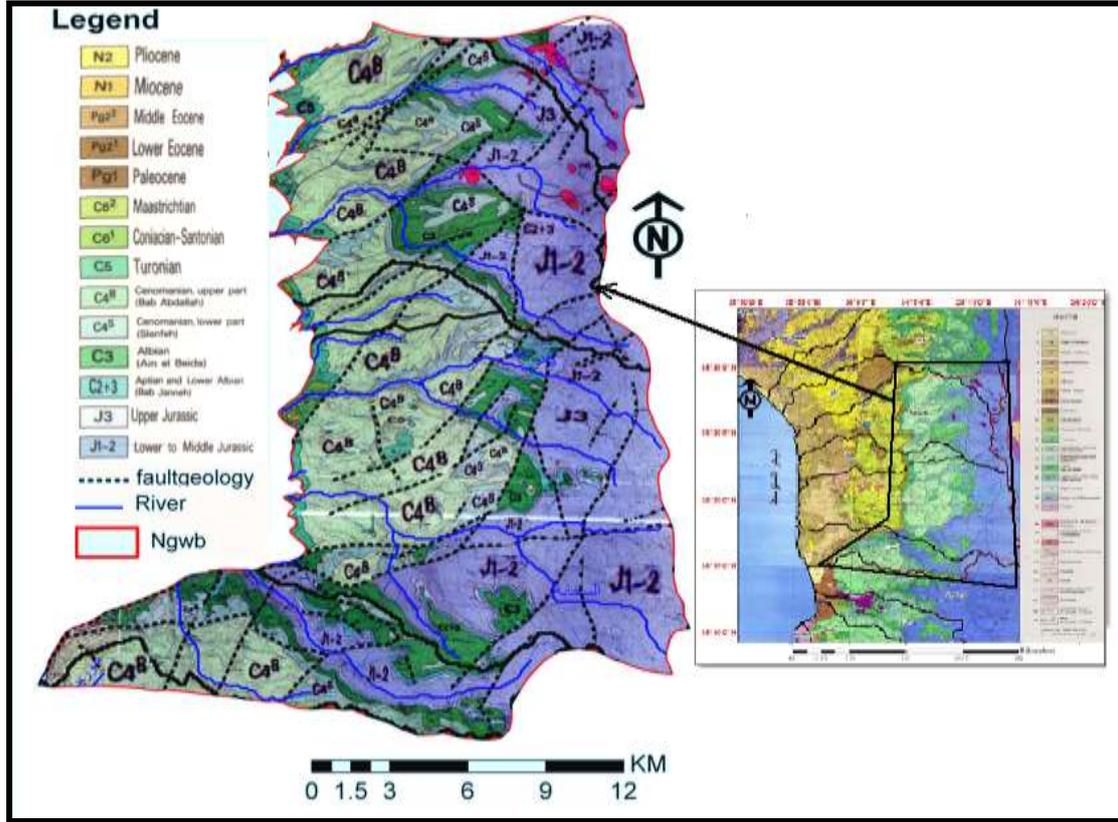
• حوض نهر حريصون

يتألف الحوض بشكل أساسي من نهر حريصون، الذي يُعدّ من الأنهار الدائمة الجريان، حيث يتشكل على ارتفاع 1320 م فوق سطح البحر، ويجري باتجاه الغرب. تبلغ مساحة حوضه الصبّاب 217.8 كم². أما نهر سوريث فينبع من مكان قريب من نبع السن وإلى الجنوب منه، ويجري باتجاه الغرب فالجنوب الغربي. يبلغ متوسط التصريف السنوي لنهر سوريث 1.56 م³/ثا، ولنهر حريصون 0.86 م³/ثا. أما متوسط تصريفهما الشهري فيبلغ أعلى قيمه خلال شهر آذار، وأقلها خلال أشهر الصيف وبداية فصل الخريف.

4-الستراتغرافيا والظروف الهيدروجيولوجية

تقع منطقة الدراسة على السفح الغربي للسلسلة الساحلية، التي تأخذ شكل سلسلة قوسية في الجزء الهامشي من الصفيحة العربية، التي يحدها من الغرب البحر المتوسط، ومن الشمال حوض نهر الكبير الشمالي، كما أنّ الوضع التكتوني قد يكون أكثر تعقيداً في بعض المواقع بتأثير التكررات الصغيرة ذات الاتجاهات المائلة على اتجاه الفالق الرئيس (الغاب).

يعدّ فالق السن الفالق الرئيس الأهم في منطقة الدراسة، الذي يبدأ عند نهر السن في الغرب، ويتجه شرقاً حتى يصل إلى جنوب قرية (حصنان - بيت ياشوط)، حيث يتفرّع إلى فرعين: الأول يتجه إلى الشمال الشرقي، ويستمر حتى يصل إلى منخفض الغاب، والثاني يتابع اتجاهه شرقاً، مع تناقص في رميته (أقل من 200 م)، بينما الرمية العظمى للفالق إلى الغرب في منطقة بتمانا تزيد على 800 م/. ويمكن أن نميّز في منطقة الدراسة بين نمطين من الفوالق: أولهما، اتجاهات الفوالق فيه (شمال غرب - جنوب شرق) أو (شمال شرق - جنوب غرب)، أما النمط الثاني فاتجاهات الفوالق فيه من الشمال نحو الجنوب، ومن الشرق إلى الغرب، ويرتبط تشكّله بمنشأ صدع الغاب، ومنشأ فالق نهر السن [2,3]، (الشكل 3).



الشكل 3. الخارطة الجيولوجية والتكتونية لمنطقة البحث [3]

تتكشف في منطقة الدراسة الأعمار الجيولوجية، بدءاً من عمر الجوراسي حتى النيوجين، حيث نجد في المنطقة طبقات حاملة للمياه مهمة ذات صفات هيدروجيولوجية مختلفة (الشكل 3). بعضها ذو نفوذية عالية أو متوسطة، وبعضها كتيم. هذه الطبقات تؤدي دوراً أساسياً في احتجاز المياه الراشحة من مصادر التغذية المختلفة (الأمطار، والثلوج، والأنهار). وقد أشارت نتائج تجارب الضخ لبعض الآبار المحفورة في الأجزاء المرتفعة من الحوض ضمن توضعات الجوراسي والكريتاسي إلى أن الناقلية المائية T تتغير ضمن حدود واسعة من $(1-1000 \text{ m}^2/\text{day})$. ويكون الاتجاه الأساسي لحركة المياه الجوفية فيها من الشمال الشرقي باتجاه الجنوب الغربي، حيث إنّ النواة الأساسية لتفريغ المياه تتم في نبع السن [2،3،4].

- الجوراسي (J)

إنّ معظم توضعات الجوراسي الكلسية الدولوميتية المتكشفة على السطح تتعرض لمجموعة كبيرة من التشققات، والفجوات الكارستية، التي تسمح لقسم كبير من الهطل المطري بالتسرب خلالها، حيث تتجمع هذه المياه فوق الطبقات الضعيفة النفوذية، ليخرج بعضها من جديد عبر الشقوق والفجوات على شكل ينابيع صغيرة، والقسم الآخر يغذي الحوامل المائية.

- الكريتاسي (C)

إنّ أهم توضعات الكريتاسي من حيث الاحتواء على المياه هي توضعات السينومان (تشكيله صانفة)، حيث تشكل التوضعات الكلسية الدولوميتية الكارستية المتأثرة بمجموعة كبيرة من الفوالق الحامل الرئيس للمياه الجوفية في المنطقة، الذي تتدفق مياهه إلى السطح عبر ينابيع مختلفة الغزارة، ومن أهمها نبع السن وسوريت، إضافة إلى وجود

مجموعة أخرى من الينابيع التي تفرغ مياهها تحت سطح البحر قرب مدينة بانياس، مع وجود عدد قليل من الآبار التي تستثمر مياه هذا الحامل.

- الباليوجين (pg)

تتكشف توضعات الباليوجين إلى الشمال الشرقي من نبع السن بحدود (8) كم، على شكل تلال صغيرة، وتُقسم كما يأتي:

• الباليوسين الأسفل (pg₁)

يتألف من مارل حواري، وحجر كلسي، ومارل رملي مع تداخلات من الصوان، وهي ضعيفة النفوذية عموماً، وتصل سماكته حتى (70) م.

• الإيوسين الأوسط (pg₂)

ويتألف من حجر كلسي حواري، يحتوي على صوان، وحجر كلسي دولوميتي، ومارل ومارل حواري، بسماكة تتأرجح بين (120 و200) م. إنَّ التركيب الليتولوجي للباليوسين الأسفل والإيوسين الأوسط يحول دون انتشار الفجوات الكارستية ونموها، ولم يصادف خلال أعمال التحريات وجود مستويات مائية فيه؛ أي تشكل توضعات الباليوجين طبقةً كثيفةً تغطي طبقة الكريناسي الارنوازية.

- النيوجين (N)

تتكشف توضعات النيوجين (البليوسين) (N₂) PLIOCENE بشكل رئيس في القسم الجنوبي الغربي والشامي لمنطقة الدراسة، إضافة إلى بعض التكتشفات الصغيرة إلى الشمال الشرقي والجنوب الغربي من نبع السن. ويتألف عموماً من مارل، وحجر كلسي مارلي، وحجر رملي، وسلت، تتأرجح سماكتها الإجمالية بين (100 و200) م. إنَّ مختلف التوضعات النيوجينية المذكورة أعلاه خالية من الشقوق والفجوات الكارستية. وتشكل توضعات النيوجين مستوى الأساس الكتيمة تحت توضعات الرباعي النفوذة الحاملة للمياه والمنتشرة في السهل الساحلي خارج منطقة الدراسة.

النتائج والمناقشة:

1- النمذجة السطحية: تم استخدام برنامج ArcGIS الإصدار 9.2 لتنفيذ عملية النمذجة السطحية لمنطقة الدراسة، وذلك اعتماداً على الامتداد Arc Hydro الذي يضاف إلى البرنامج كشريط قوائم، لتوسيع ودعم تطبيقات المصادر المائية [6,5].

أما مدخلات النموذج فهي:

- طبقة ارتفاعات رقمية للمنطقة المدروسة (Digital Elevation Model (DEM) . وهي عبارة عن خريطة للمنطقة التي يمتد عليها الحوض بمقياس 1:50000 وذات خلايا بأبعاد (78m*78m)، مُحدثة بنظام إحداثيات إسقاط ميركاتور المعترض العالمي (UTM). وقد تم الحصول عليها من مديرية الموارد المائية باللاذقية.

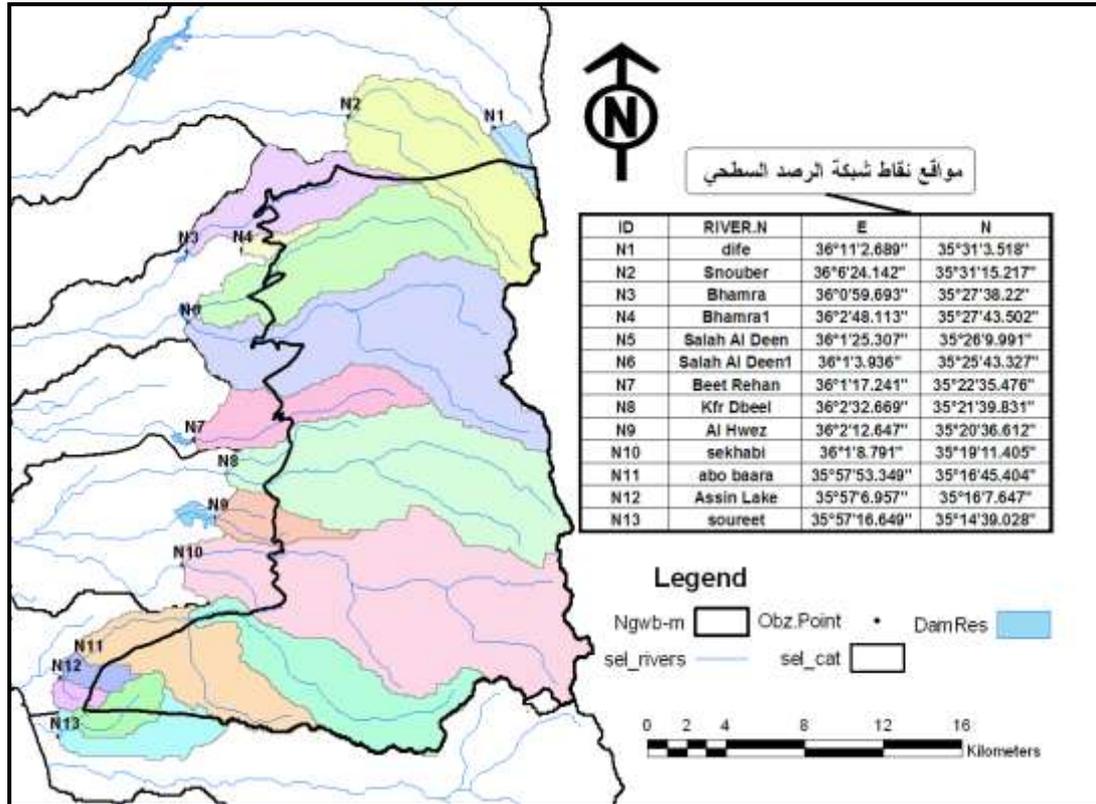
- طبقة خطية للنهر، وهي عبارة عن طبقة مخزنة ضمن ملف Shapefile من نوع polyline لمجاري الأنهار كافة المتقاطعة مع منطقة الدراسة، حيث تم إدخالها ضمن طبقة الـ DEM والاستفادة منها في تشكيل المسيلات المائية الضرورية لتكوين شبكة الجريان ضمن الحوض.

ثم نُفذت المراحل الآتية في النمذجة، (الجدول 1):

الجدول 1. تسلسل عملية النمذجة السطحية وصولاً إلى النقاط المحددة لقياس التصريف السطحي

1. DEM Reconditioning	١. تعديل ملف طبقة الارتفاعات الرقمية
2. Fill Sinks	٢. ملء المنخفضات
3. Flow Direction	٣. اتجاه الجريان
4. Flow Accumulation	٤. تجميع الجريان
5. Stream Definition	٥. تحديد المجاري المائية
6. Stream Segmentation	٦. تجزئة (تقسيم) المجاري المائية
7. Catchment Grid Delineation	٧. تحديد الأحواض المائية
8. Catchment Polygon Processing	٨. إنشاء طبقة مضلعات للأحواض الجزئية
9. Drainage Line Processing	٩. إنشاء طبقة الميولات المائية
10. Adjoint Catchment Processing	١٠. دمج الأحواض المائية
11. Drainage Point Processing	١١. تحديد نقاط التصريف
12. Longest Flow Path for Catchments	١٢. تحديد مسار الجريان الأطول
13. Longest Flow Path for Adjoint Catchments	١٣. تحديد مسار الجريان الأطول للحوض المجمع
14. Batch Watershed Delineation	١٤. تحديد أحواض ساكنة من أجل نقاط محددة

ويعد تحديد أحواض ساكنة من أجل النقاط الموجودة في طبقة نقاط محددة مسبقاً Batch Point، يمكن باستخدام هذه الإجراءات الحصول على حوض ساكن جزئياً بنقاط محددة (الشكل 4). وقد حُدثت هذه النقاط في المواقع التي يمكن قياس التصريف السطحي فيها بسهولة.



الشكل 4. تحديد أحواض ساكنة من أجل نقاط محددة

ثم حُسبت باستخدام برنامج GIS مساحات الأحواض الجزئية الواقعة ضمن حدود الحوض الجوفي لنبع السن، وتلك الواقعة خارجه، (الجدول 2).

الجدول 2. مساحات الأحواض الساكنة وفق حدود الحوض الجوفي لنبع السن

الحوض الفرعي	المساحة الكلية (km ²)	حوض النهر	المساحة ضمن حوض التغذية لحوض السن (km ²)	مساحة الجزء الممتد من حدود الحوض الجوفي حتى نقطة القياس (km ²)
Al Snobar	268.806	ديفة	19.376	29.087
		الصنوبر	0.990	2.959
Kerdaha	204.287	صلاح الدين	109.376	20.638
		بحمرا	11.907	18.286
Jableh	73.323	بيت ريحان	13.531	10.507
Al Sekhabeh	283.847	كفر دبيل + الحويز	79.762	12.295
		السخابية	101.364	14.211
Assin	103.148	أبو بعرة	66.479	13.285
		السن	0.782	2.225
Hrisoon	217.848	حريصون	6.369	16.929
إجمالي	1151.259 km ²		409.936	140.422

2- الهطل المطري

حُدِّت السماكة الوسطية لطبقة الهطل المطري فوق الحوض المدروس اعتماداً على معطيات 16 محطة قياس مطرية موجودة ضمن حدود منطقة الحوض نفسه، وفي جواره (الجدول 3).

الجدول 3. كمية الهطل المطري (مم) خلال فترة الرصد (2009/12-2008/1)

M.Station	E	N	Z (m)	P.08	P.09	P0809	P.ave
السن	35°58'14"	35°15'47.8"	19	661	1039	1700	850
بيت ريحان	36°0'43.26"	35°22'41.94"	130	597.3	1360.7	1958	979
سد صلاح الدين	36°0'47.5"	35°25'57.94"	140	769.1	1437.7	2206.8	1103.4
البويتات	36°1'31.606"	35°17'34.93"	148	640.5	1467.6	2108.1	1054.05
الثورة	35°58'51.24"	35°32'15.984"	163	658.4	797.7	1456.1	728.05
السخابية	36°1'30.49"	35°19'43.081"	182	583.6	1210.1	1793.7	896.85
كفر دبيل	36°2'53.11"	35°21'59.24"	190	550.7	1360.5	1911.2	955.6
القرداحة	36°3'15.154"	35°26'51.108"	242	752.8	1393.5	2146.3	1073.15
بشلاما	36°4'48.599"	35°26'39.944"	388	814.6	1504	2318.6	1159.3
بشرية	36°6'33.134"	35°26'24.548"	396	913.2	1519.5	2432.7	1216.35
المزيرة	36°4'29.25"	35°31'32.13"	465	964.5	1406.1	2370.6	1185.3
عين الشرقية	36°5'57.401"	35°20'7.487"	494	737.1	1445.7	2182.8	1130
زينو	36°8'51.1"	35°28'20.7"	809	995.8	1455.8	2451.6	1225.8
جوبة برغال	36°10'20"	35°29'24.9"	851	1235.5	1958.2	3193.7	1596.85
صلنفة	36°11'12.027"	35°34'21.399"	995	991	1607	2598	1299
بيت عانا	36°8'3.609"	35°14'43.554"	1045	775	1400	2175	1087.5

وقد اعتمدت طريقتان في الحساب:

• طريقة تيسين

استخدمنا برنامج GIS لرسم مضلعات تيسين (Thiessen polygon) اعتماداً على طبقة نقطية تمثل محطات الهطل المطري المعتمدة في الدراسة، وبيانات الهطل المطري السنوية الوسطية (P_{ave}) لكل محطة، وقد بلغت قيمة الهطل المطري السنوية الوسطية (T.P) ضمن حدود الحوض الجوي المحسوبة بهذه الطريقة (483.95 MCM) (الشكل 5).

• طريقة خطوط تساوي ارتفاع طبقة الهطل المطري

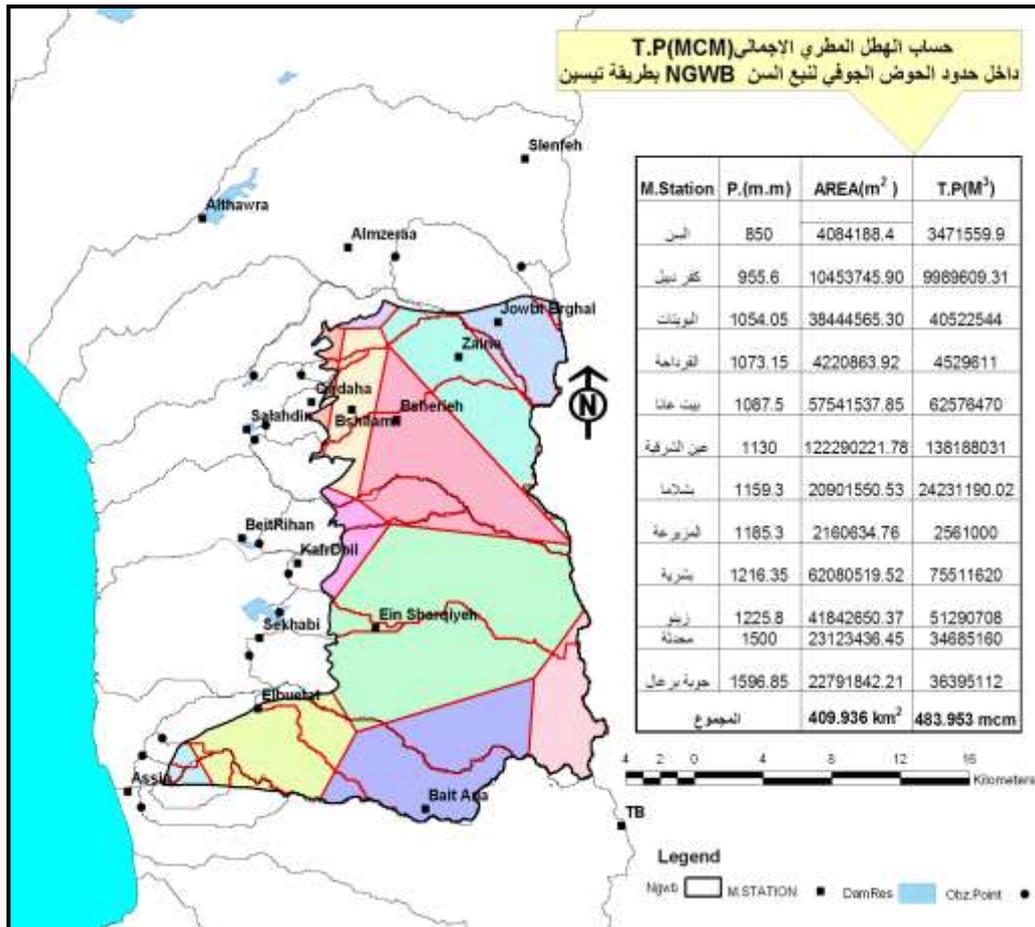
استخدمنا برنامج SPSS 17 [7,8] لإيجاد المنحنى المناسب للعلاقة بين الهطل المطري وارتفاع موقع المحطة المطرية، (الشكل 6). وقد تبين أن أفضل منحنى يمثل هذه العلاقة هو التابع العكسي INVERSE، أو فرع

$$P = \frac{-90318}{Z} + 1381$$

من قطع زائد معادلته من الشكل:

حيث: Z ارتفاع المحطة المطرية، $995 \text{ m} \geq z \geq 163 \text{ m}$ ، وقد حصلنا على النتائج الآتية:

○ معامل الارتباط بين قيم الهطل المطري وارتفاع موقع المحطة المطرية الموافق ($R=0.95$)

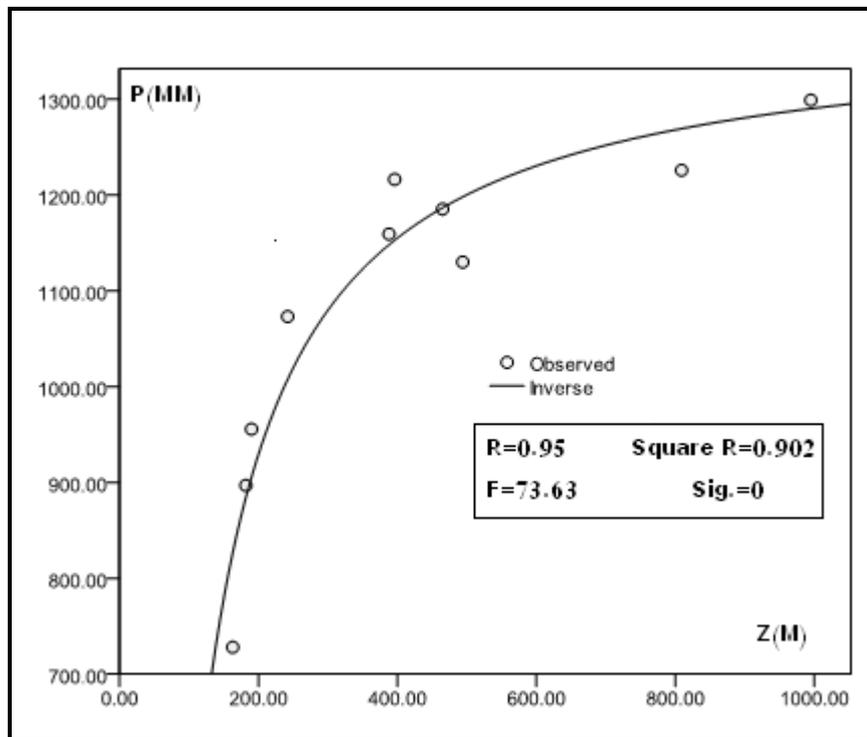


الشكل 5. كمية الهطل المطري فوق منطقة الدراسة محسوبة بطريقة تيسين

○ معامل التحديد (Square R=0.902)، و R^2 هي نسبة مجموع المربعات للتراجع إلى المجموع الكلي للمربعات، وتتراوح قيمته بين 0 (لا توجد علاقة ارتباط بين التابع والمتحول) و 1 (علاقة مثالية). وفي هذه الحالة نجد أن ارتفاع النقطة يُسهم في 90% من العوامل التي تحدّد قيمة الهطل المطري. ثم إنّ معادلة التمثيل السابقة مناسبة جداً للمعطيات المفروضة.

○ مقياس نسبة التباين (F=73.63)، التي تمثّل نسبة متوسط المربعات للنموذج Mean Squares of Model (MS_M) إلى متوسط المربعات للبقايا Mean Squares of Residuals (MS_R). وهي تعبر عن مدى التحسّن الذي أدخله النموذج على التنبؤ بالنتيجة مقارنة بمستوى الخطأ للنموذج. وفي النموذج الجيد تكون قيمة MS_M كبيرة، والفرق بين النموذج والبيانات المشاهدة MS_R صغيراً. (أي أنّ F سيكون أكبر من 1 على الأقل).

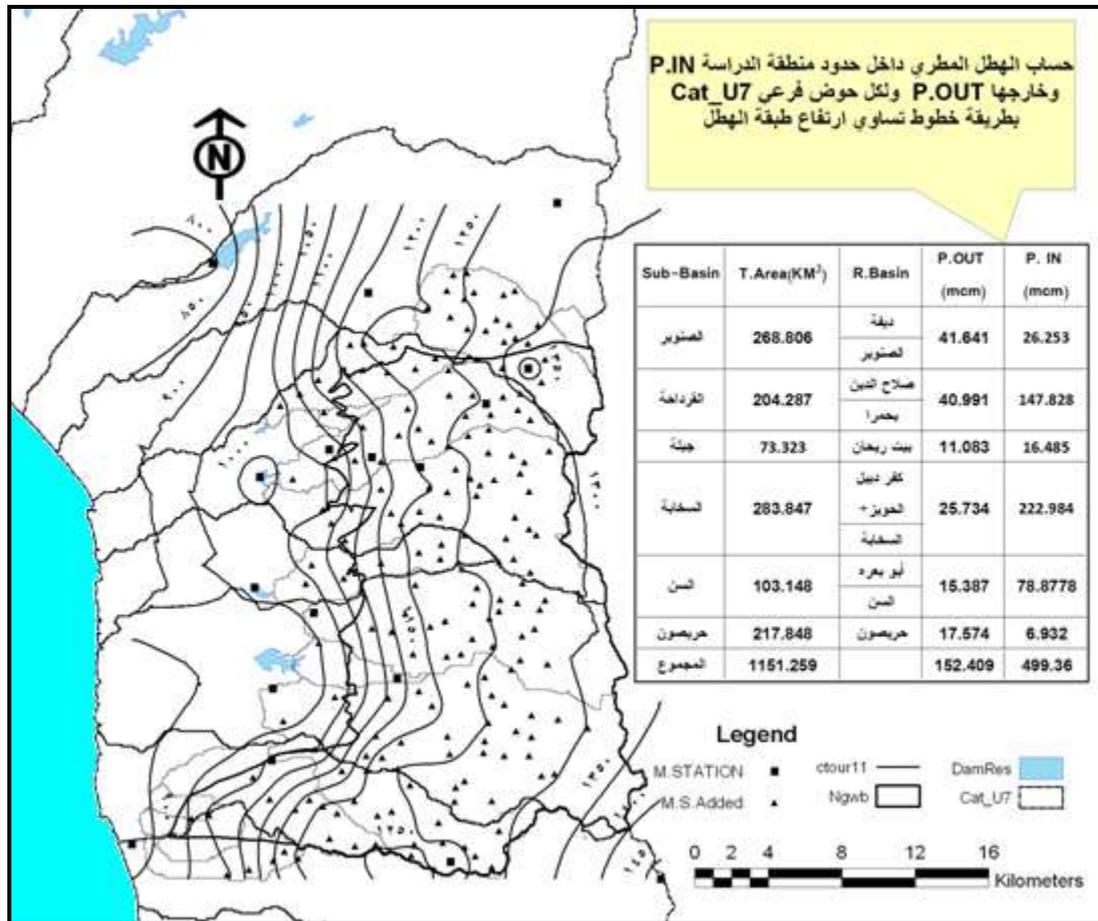
○ معامل الأهمية (Sig.=0<0.05) وهو الاحتمال الذي يتمّ احتمال الثقة؛ أي أنّ هنالك علاقة ارتباط قوية ذات دلالة إحصائية بين قيم المتحول Z والتابع P، ويدلّ ذلك على مستوى ثقة كبير جداً لقوة الارتباط بينهما. علماً أن قيمته $1 \geq \text{Sig.} \geq 0$.



الشكل 6. العلاقة بين الهطل المطري وارتفاع موقع المحطة

- اعتماداً على المعادلة السابقة وباستخدام برنامج GIS نفّدت الخطوات الآتية: [9]
- زرع مجموعة محطات وهمية تغطّي منطقة البحث (M. S. Added).
 - رسم خريطة من نوع Raster، خزّنت البيانات عليها بخلايا (Cells) ذات أبعاد (115m* 115m).
 - لكلّ خلية قيمة معيّنة تمثّل ارتفاع طبقة الهطل المطري ضمنها.
 - رسم خريطة خطوط تساوي الهطل المطري (الشكل 6). وحساب كمية الهطل المطري لكلّ حوض فرعي حتى نقطة قياس التصريف السطحي، حيث حسبت كميات الهطل المطري داخل حدود الحوض الجوفي لنبع السن (P).

(IN)، وتلك الواقعة خارجه (P. OUT)، فبلغت القيمة الإجمالية للهطل المطري الوسطي السنوية (499.36 MCM) ضمن حدود منطقة الدراسة، وهي قريبة من القيمة المحسوبة بطريقة تيسين. ونظراً لتنوع التضاريس وندرجها من المناطق الهضابية قليلة الارتفاع غرباً إلى المناطق الجبلية المرتفعة شرقاً، وزيادة معدلات الهطل المطري بزيادة الارتفاع، ووجود علاقة ارتباط متينة بينهما ($R=0.95$)، فإننا سنعمد نتائج طريقة خطوط تساوي ارتفاع طبقة الهطل؛ لأنها تعطي نتائج أفضل من التي تعطيها طريقة تيسين في المناطق ذات التضاريس المتباينة. تتزايد كميات الهطل ببطء فوق المنطقة السهلية (الشكل 7)، بسبب التغيرات المحدودة لارتفاعات سطح الأرض وخشونته. ثم تزداد بسرعة في المنطقة الهضابية وبداية المنحدرات الجبلية بسبب التباين الكبير في شكل سطح الأرض، فتتشكل دوامات هوائية، وترتفع كتل الهواء الرطب فتتخفف درجة حرارته، وتزداد غزارة الأمطار، ثم تزداد كمية الهطل المائي مع ازدياد ارتفاع الجبال، لكن ببطء، بسبب تناقص رطوبة الكتل الهوائية مع ابتعادها عن المصدر الرئيس للرطوبة (البحر المتوسط).



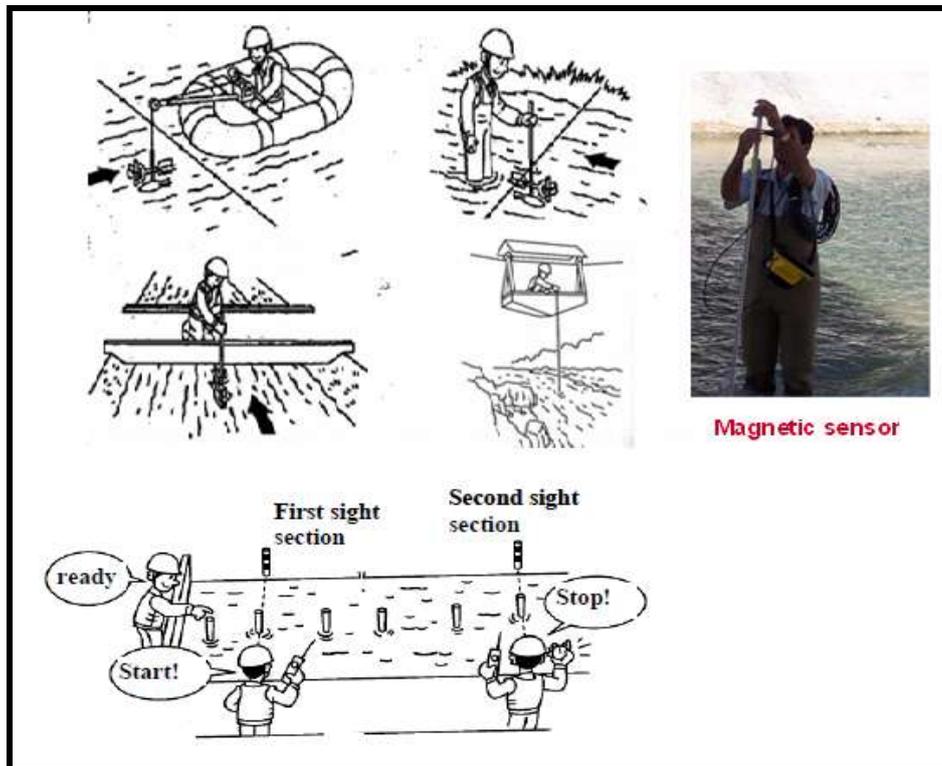
الشكل 7. حساب الهطل المطري بطريقة خطوط تساوي ارتفاع طبقة الهطل المطري

يتعلق معامل الجريان السطحي بعوامل جوية متعدّدة كنوع الهطل، وكثافته وكمّيته ومدّته وتوزيعه المكاني والزمني، واتّجاه حركة العاصفة. ومنها عوامل فيزيائية كالغطاء النباتي، ونوع التربة، وطبوغرافية الأرض، وشكل شبكة تصريف مجاري الأنهار. وفي بعض الحالات يمكن أن تؤدي العوامل المتعلقة بسطح الأرض دوراً فعالاً إلى درجة تغطى فيه على العوامل المناخية؛ فوجود ظواهر كارستية في مساحة كبيرة من الحوض، كما هو الحال في المنطقة المدروسة، يمكن أن يقلل كثيراً تدفق الفيضان [11,10].

إنّ أفضل طريقة لحساب الجريان السطحي في الأنهار هي وجود سلسلة من القياسات المستمرة. وتعتمد معظم طرائق قياس التصريف على قياس سرعة الجريان ومساحة المقطع العرضي للجريان. وبما أنّ القياسات المستمرة للتصريف غير متوفرة في المنطقة، فقد اعتمد البحث على نتائج القياسات الدورية لتحديد العلاقة بين منسوب المياه - التصريف في محطة قياس النهر، وهذه العلاقة يمكن استخدامها مع التسجيل الدائم لمنسوب المياه، وبعد ذلك يمكن الحصول على قيم التصاريح المقابلة لتلك المناسيب.

كما يمكن استعمال البرّامة المائية، أو الحساس المغناطيسي لقياس سرعة الجريان بالسير في النهر، أو استخدام قارب، أو القياس من فوق جسر. وتقاس السرعة أحياناً بواسطة القطع الطافية (الشكل 8)، ثم تُحسب مساحة المقطع العرضي للجريان، وتدفق المجرى عنده [12].

أمّا عند نقطة دخول النهر إلى بحيرة سد، فيمكن حساب التصريف السطحي بالعلاقة بين حجم تخزين البحيرة وسطحها من جهة، ومنسوب سطح الماء الموافق من جهة ثانية.



الشكل 8. طرائق قياس السرعة في المجاري المائية

اعتماداً على قيم التصاريح اليومية عند نقاط القياس المعتمدة، التي تم الحصول عليها من مديرية الموارد المائية باللاذقية، حسب التصريف السطحي للعامين 2008 (DIS.08) و2009 (DIS.09). والتصريف السطحي الوسطي السنوي (Ave.DIS). وبمعرفة قيمة الهطل المطري حتى نقطة القياس (T.P)، حصلنا على معامل الجريان السطحي (R.COE)، ثم كمية الجريان السطحي الصافية ضمن كل حوض فرعي (N.DIS) بعد معرفة كمية الهطل المطري ضمن حدود منطقة الدراسة (P.IN) (الجدول 4).

مع التركيز على النقاط الآتية:

- يتم تحويل جزء من مياه نهر ديفة إلى بحيرة سد الثورة عبر نفق ديفة الذي يمرر غزارة 9.8 م³/ثا، والقسم الآخر الذي يقدر بحوالي (2 MCM) يذهب هدراً إلى البحر. علماً أنه يجري حالياً من قبل مديرية الموارد المائية باللاذقية تدقيق إمكانية تنفيذ سدة ديفة لتنظيم مجرى النهر، والاستفادة من المياه الفائضة كلها.
- يجري تحويل جزء من مياه نهر زاما إلى بحيرة سد الحويز عبر قناة زاما، والقسم الآخر غير مستثمر. إضافة إلى ضخ جزء من فائض مياه السن إلى بحيرة السد، حيث تم ضخ (1.9 MCM) خلال عام 2008 و(4.6 MCM) خلال عام 2009.
- إن كمية المياه السطحية المحسوبة لحوضي السن وحريصون والبالغة (6.915 MCM) تمثل الفرق بين كمية الجريان السطحي المقيس عند نقاط القياس المعتمدة، وكمية المياه الفائضة المقيسة عند موقعي نبعي السن وسوريت.

الجدول 4. كمية الجريان السطحي (MCM) في منطقة الدراسة

O. Point	Sub-Basin	RIVER.N	DIS.08 MCM	DIS.09 MCM	Ave.DIS MCM	T.P MCM	R.CO.E.	P.IN MCM	N.DIS. MCM
N1	Al Snobar	dife	4.365	9.218	7.634	67.894	0.1124	26.253	2.952
N2		Snobar	0.535	1.15					
N3	Kerdaha	Bhamra	1.606	3.33	9.703	188.819	0.0514	147.828	7.598
N4		Bhamra1	0.4	0.82					
N5 N6		Salah Deen	2.03	11.22					
N7	Jableh	Beet Rehan	1.425	4.619	3.022	27.568	0.1096	16.485	1.807
N8	Sekhabeh	Kfr Dbeel	0.067	0.175	13.322	248.718	0.0536	222.984	11.952
N9		Hwez+Zama	2.635	15.825					
N10	Assin	Sekhabi	2.112	5.829	7.358	94.265	0.078	78.878	6.152
N11		Abo baara	3.794	8.515					
N12	Assin	Assin	0.617	1.79	2.695	24.506	0.11	6.932	0.763
N13	Hrisoon	Soureet	1.667	3.723					
					43.734	651.77		499.36	31.224

الاستنتاجات والتوصيات:

- القيمة الوسطية لمعامل الجريان السطحي هي 0.0625 للحوض كلاً، وفق كميات الجريان الوسطية السنوية الفعلية المقاسة عند نقاط المراقبة المعتمدة في الدراسة. وهذه القيمة أقل من قيمته 0.09 التي توصلت إليها دراسة حوض السن [1, 2]؛ لأن هذه الدراسة اعتمدت على تقانات حديثة في معالجة بيانات الغزارة اليومية، بينما اعتمدت الدراسات السابقة على قياسات الغزارة الشهرية.
- إنّ الاختلاف بين القيمتين ناجم عن أنّ الدراسة السابقة لم تعتمد المراقبات اليومية للغزارة، مع أنه تمّ التركيز على التصاريح الموافقة لعواصف مطرية حدثت خلال زمان ومكان محددين.
- وجود نقص في الواردات السطحية التي ترفد بحيرات السدود المنقذة على مجاري الأنهار؛ لأنّ القيم التصميمية لعامل الجريان السطحي المعتمدة في إنشاء السدود أكبر من الواقع الفعلي لها، حسب الاستنتاج الأول.
- إنّ انخفاض معدّل الجريان السطحي في منطقة الدراسة سببه الطبيعة الجيولوجية للمنطقة، ووجود مجموعة من الفوالق والتصدّعات، إضافة إلى التغيّرات المناخية العامة في المنطقة.

لذلك فإننا نوصي بـ:

- تنفيذ دراسة متكاملة للموارد المائية في المنطقة، وبناء نموذج رياضي لها، يسمح بوضع التقديرات والتنبؤات حول تغيراتها الكمية والنوعية، ممّا يسمح بإدارتها المتكاملة وبشكل رشيد.
- الاستفادة من المياه السطحية غير المستثمرة، والانتقال إلى أسلوب الري الحديث.
- تطبيق التشريعات المائية في مجال حماية الموارد المائية من الاستنزاف والتلوث، وأهمها قانون التشريع المائي رقم 31 لعام 2005.
- فصل القسم الأخير من شبكات ري سد الثورة الشمالية (شبكات المحطات PS3-PS4-PS5)، بشكل تُروى فيه من بحيرة سد 16 تشرين؛ وذلك بعد وضع سد برادون في الاستثمار الفعلي.
- إنشاء محطات مناخية، ومراكز رصد إضافية في مواقع مناسبة لقياس التدفّقات اليومية للمجاري المائية في منطقة الدراسة، لتأمين بيانات دقيقة وكافية لتصميم المنشآت والمشاريع المائية بشكل أفضل.

المراجع:

- 1- الشركة العامة للدراسات المائية. مشروع دراسة حوض نبع السن- التقرير الهيدرولوجي والمناخ. حمص، 1987، 141.
- 2- الشركة العامة للدراسات المائية. مشروع دراسة حوض نبع السن- التقرير الهيدرولوجي العام. حمص، 1987، 147.
- 3- المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية. الخرائط الجيولوجية مقياس 1/50000 (الحفة، القرداحة، جبلة، بانياس والقدموس) مع المذكرة الإيضاحية. دمشق، 1980.
- 4- KAZMIN, V.G.; KULAKOV, V.V. Translated by MKRTCHYAN, G.A. *The Geological Map Of Syrian Arab Republic, scale 1:50 000. USSR, 1968, 124.*
- 5- MAIDMENT, D. R. *Arc Hydro GIS for Water Resources*, ESRI Press, 2002, 220.

- 6- SARGAONKAR, A.; VIJAY, R. *Quantitative assessment of annual runoff in sub-catchments using GIS: a case study of the Tapi River Basin*. International Journal of Environmental Studies, India, Vol. 63, N° 2, 2006, 189-199(11).
- 7- العلي، ابراهيم محمد. *مبادئ الإحصاء*. منشورات جامعة تشرين، كلية الاقتصاد، 2003، 540.
- 8- MONTGOMERY, D.C.; RUNGER, G.C. *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 3rd.ed., John Wiley & Sons, Inc, New York, 2003, 822.
- 9- MCCOY, J; KEVIN, J. *Using ArcGIS Spatial Analyst*. ESRI Press, 2001, 5-17.
- 10- ECKLEY, C. S.; BRIAN, B.F. *Mercury Mobilization in Urban Stormwater Runoff*. Science of the Total Environment, 2008, 403.
- 11- WARREN,V.J.; GARY, L.L. *Introduction to Hydrology*.4th.ed., Harper Collins College, New York, 1996, 758.
- 12- KAZUHIKO, F. *Illustrated Guide to Hydrological Observation*. 3rd. ed., Chubu Regional Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan, 2006,218.