مجلة جامعة صبراتة العلمية
Sabratha University Scientific Journal

مجلة علمية نصف سنوية محكمة متخصصة في العلوم الإنسانية
تصدرها جامعة صبراتة بشكل الكتروني

التقييم الكمي للجريان السطحي في وادي الكراث طبرق شمال شرق ليبيا
دراسة هيدرومورفومترية

Quantitative Assessment of Surface Runoff in Al - Karath Valley- Tobruk- Northeastern Libya: A Hydro Morphometric Study

د. علاء جابر الضراط
محاضر، كلية التربية، جامعة طبرق

رقم الايداع القانوني بدار الكتب الوطنية:
2017-139
الترقيم الدولي:
ISSN (Print) 2522- 6460
ISSN (Online) 2707- 6555
الموقع الألكتروني للمجلة:
https://jhs.sabu.edu.ly

المجلـــد 4
العدد 2 (2020)

مـجـلـــــة
جامعة صبراتة العلمية

التقييم الكمي للجريان السطحي في وادي الكراث طبرق شمال شرق ليبيا

دراسة هيدرومورفومترية

Quantitative Assessment of Surface Runoff in Al - Karath Valley- Tobruk- Northeastern Libya: A Hydro Morphometric Study

علاء جابر الضراط
محاضر، كلية التربية، جامعة طبرق
alaa.aldarat2016@gmail.com

ملخص الدراسة:

يعد حوض وادي الكراث من الأودية موسمية الجريان، إذ تبلغ مساحته (15701590م²) ويقع في نطاق بلدية طبرق شمال شرق ليبيا، واعتمدت هذه الدراسة تقنية التحسس النائي لتحديد أنواع الغطاءات الأرضية لمنطقة الدراسة، بناء على فرضية صيانة التربة الأمريكية (SCS–CN) لتقديرحجم الجريان السطحي في الحوض، إلى جانب الخريطة الطبوغرافية طبرق مقياس 1:50000، والقياسات الميدانية لصغر حجم الحوض وعدم وضوح بعض الخصائص الطبيعية، وتبين من خلال الدراسة أن (48%) من مساحة الحوض قليلة النفاذية ما يساعد على توليد الجريان السطحي في زمن قصير من عاصفة مطرية واحدة، وعند هطول أعلى عاصفة مطرية (77.7ملم) قد بلغ حجم الجريان السطحي على الحوض (494600م³) بسرعة جريان سطحي بلغ (1.48م³/ ثانية) وبلغ زمن التركيز (31 دقيقة) وهو وقت قصير جداً يزيد من مخاطر السيول عند سقوط الأمطار الفجائية التي تتميز بها منطقة الدراسة.

Abstract:

The Al-Karath Valley basin is one of the Valleys of seasonal flow. It covers an area of (15701590m²) located within the domain of the municipality of Tobruk, Northeast of Libya, The study is based on the technique of remote sensing to determine the types of soil covers of the study area through depending on the American Soil Conservation Hypothesis, known as (SCS-CN), in order to estimate the size of surface runoff in the basin considering the highest rainstorm. This study also relies on the topographic map of Tobruk with the scale of (1: 50,000), as well as, the field measurements due to the small size of the basin and the lack of clarity of some natural characteristics. It has been shown through the study that (48%) of the basin area has low permeability that helps to generate the surface runoff in a short time from one rainstorm. The runoff volume of the highest rainstorm has reached (77.7 mm) fell on the basin with the volume of (494,600 m³) and at a surface flow velocity of (1.48 m³ /s) The concentration time (31 min) which is a very short time that increases the flood risks when sudden rain falls; a case that is distinguished in the area of the study.

تمهيد:

تعد الأودية الجافة في الصحراء الكبرى عامة وفي هضبة البطنان خاصة إحدى الظاهرات الجيومورفولوجية التي لا تزال في حاجة إلى المزيد من الدراسات والأبحاث التطبيقية التي تؤدي إلى التعرف على سلوكها الهيدرولوجي؛ تمهيداً لاستغلالها والاستفادة من مياهها، ومحاولة درء أخطارها في حالة حدوث الجريان السطحي من خلال مجاريها، ويعد الماء أحد أهم الموارد الطبيعية التي أوجدها الله عز وجل على هذا الكوكب، فهو عصب الحياة البشرية حيث كان ومازال محل اهتمام الحضارات منذ القدم وحتى وقتنا الحالي، ويسعى الإنسان دائماً إلى استغلال المياه العذبة بالكيفية التي تضمن استمرارية تلك المصادر المائية وفق أسس علمية صيغت بناء على نتائج دراسات وأبحاث أعدت لهذا الغرض بهدف ترشيد استهلاكها، وتعد دراسة المياه السطحية ودورتها الهيدرولوجية المتمثلة في: التساقط، والتبخر، والتسرب وصولا إلى الجريان السطحي وما يرتبط به من إمكانية الاستغلال أو درء الأخطار من الدراسات المهمة التي أهتم بها الإنسان خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث يعد الماء من أثمن الموارد الطبيعية بها ومصدر الحياة.

أهمية الدراسة:

يعد الماء من الموارد الطبيعية المهمة، ويزداد أهمية في المناطق الجافة وشبه الجافة لاستثماره في عمليات التنمية، ومع عدم توافر محطات هيدرومترية لقياس كمية المياه السطحية بمنطقة الدراسة، ما دفع الباحث إلى حساب كمية المياه السطحية عن طريق العلاقة بين الأمطار والجريان السطحي لتقدير كمية المياه الجارية به عقب سقوط الأمطار التي يمكن استثمارها في هذا الحوض، حيث يقع حوض وادي الكراث ضمن منطقة شبه جافة، وتتميز بقلة الأمطار حالياً، ما يشير إلى أن الحوض قد نشأ في ظل أحوال مناخية رطبة تعود إلى بداية الزمن الرابع (البليستوسين– والهولوسين) التي أدت إلى تكوين ملامح الشبكة النهرية للحوض، لذا تأتي أهمية الدراسة كونها تبحث في الجانب الهيدرومورفومتري للحوض.

أهداف الدراسة:

تعد مدينة طبرق مركزاً إقليميا في هضبة البطنان حيث شهدت نمواً سكانياً كبيراً في العقود الأخيرة ما أدى إلى خلق ضغط مستمر على الخدمات والموارد الطبيعية وخاصة الموارد المائية التي هي مصدر الحياة عبر قرون عديدة من الزمن، ويعد حوض وادي الكراث من الأودية الجافة التي يمكن استثمار مياه الأمطار في تنميته زراعياً ورعوياً، والحفاظ على التربة من الانجراف، وبناء قاعدة بيانات للرجوع إليها مستقبلاً لكشف التغيير وتقييم حجم الجريان السطحي به، مع إثراء البحوث العلمية بالدراسات الجيومورفولوجية الهيدرومورفومترية التي تفتقر إليها هذه الأحواض في منطقة طبرق.

مشكلة الدراسة:

تتمحور مشكلة الدراسة في العجز المائي الذي تعانيه منطقة طبرق، والاستفادة من كل قطرة ماء من الأمطار التي تسقط عليها، والتي تهدر سنويا في غياب الدراسات التي تهتم بتقدير حجم الجريان السيلي في هذا الحوض، والعمل على التحكم والاستفادة منه، ويمكن حصر المشكلة في التساؤلات الآتية:

هل العوامل الطبيعية ذات دور فعال في تشكيل الحوض؟

هل توجد علاقة بين العجز المائي وتفاوت كمية الأمطار وتوزيعها الزمني على الحوض؟

ما أهمية دراسة التقويم الهيدرومورفومتري للحوض والعوامل التي أثرت في رسم حدوده؟

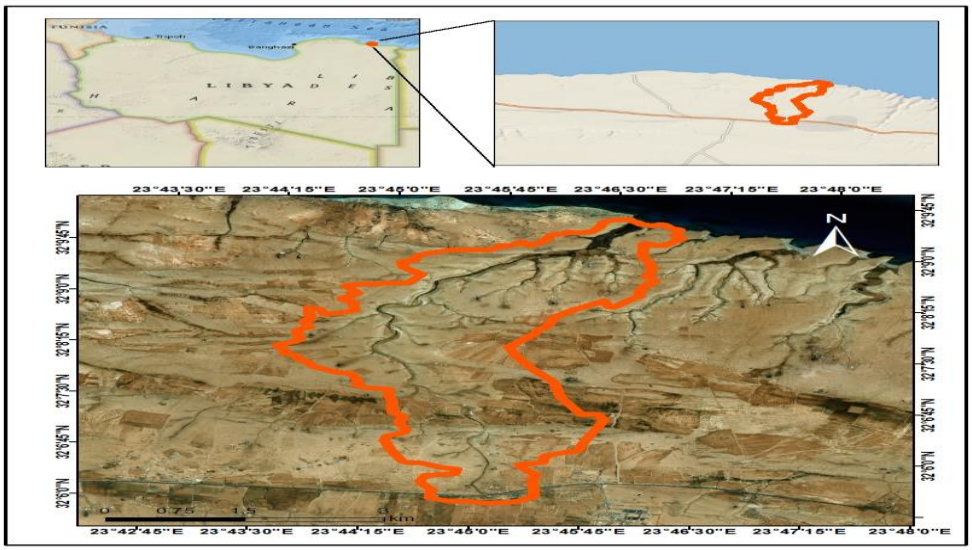
فرضية الدراسة:

تعد العوامل الطبيعية كالمناخ والبنية الجيولوجية والانحدار من العوامل المهمة التي أثرت في تشكيل الحوض وحدوده وتحديد الخصائص الهيدرومورفومترية به.

منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي الكراث إلى الغرب من مدينة طبرق بنحو 20كم، ويشغل مساحة قدرها (15.701590كم²) ويمتد بين دائرتي عرض 30ˉ 06ˉ :32° – 45ˉ 09ˉ : 32°شمالاً، وبين خطي طول 30ˉ 43ˉ : 23° – 18ˉ 47ˉ : 23°شرقاً، ويتخذ الحوض شكلاً شبه مستطيل يمتد من الجنوب إلى الشمال الشرقي، وتبلغ قيمة معامل شكل الحوض 0.15، ونسبة الاستدارة 0.31، وتشير هذه القيم إلى أن محيط الحوض أو خط تقسيم المياه به غير منتظم الشكل بل يمر بتعرجات ملحوظة، وهو ما يعكس تأثير الخصائص البنيوية للحوض في تشكيل حدود تصريفه، وأن الحوض لازال في مرحلة مبكرة من دورته التحاتية، والشكل رقم (1) يوضح موقع الحوض.

الشكل رقم (1) يوضح موقع حوض وادي الكراث غرب مدينة طبرق



المصدر بناء على: برنامج ARC GIS ونموذج الارتفاع الرقمي ASTER GDEM بدقة 30م لسنة 2017 (USGS)

منهجية الدراسة:

اتبع الباحث المنهج الكمي والتحليلي للوصول إلى نتائج دقيقة لحجم الجريان السطحي بالحوض، واعتمدت هذه الدراسة تقنية التحسس النائي لتحديد أنواع الغطاءات الأرضية لمنطقة الدراسة، بناء على فرضية صيانة التربة الأمريكية (SCS-CN) لتقدير حجم الجريان السطحي في الحوض من أعلى عاصفة مطرية هطلت عليه، إلى جانب الخريطة الطبوغرافية طبرق مقياس 1:50000، والقياسات الميدانية لصغر حجم الحوض وعدم وضوح بعض الخصائص الطبيعية، وتم الاعتماد على المعادلات الرياضية التي من خلالها تم الربط بين النتائج وعلاقتها بطبيعة منطقة الدراسة من حيث المناخ السائد وعامل الانحدار ودوره في تحديد هيدرومورفومترية الحوض.

الدراسات السابقة:

- دراسة الضراط، علاء جابر فتح الله (2009) المصادر المائية في منطقة البطنان شمال شرق ليبيا دراسة جغرافية، تناولت الدراسة المصادر المائية في إقليم البطنان وتبين العجز القائم وكمية مياه الأمطار التي تهدر سنوياً عبر الأودية الساحلية شمال الإقليم.

- دراسة الضراط، علاء جابر فتح الله (2018) الخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي السهل الغربي غرب مدينة طبرق شمال شرق ليبيا، تناولت الدراسة الخصائص المورفومترية للحوض وتأثيرها على حجم الجريان السطحي به عقب سقوط الأمطار، وخلصت النتائج إلى وجود فائض مائي في الحوض خلال فصل سقوط الأمطار بلغ (349 ملم/ سنة) وفق معادلة خروفه، وخصائص الحوض الشكلية تجعله متوسط الخطورة من حيث السيول.

- دراسة الضراط، علاء جابر فتح الله (2020) الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي بوالقمل غرب مدينة طبرق شمال شرق ليبيا، حيث خلصت إلى أن الزيادة المائية المتحققة في الحوض والبالغة (67 ملم/ سنة) موزعة بين التغذية الطبيعية للمياه الجوفية والجريان السطحي بالحوض.

خصائص الحوض الجيولوجية:

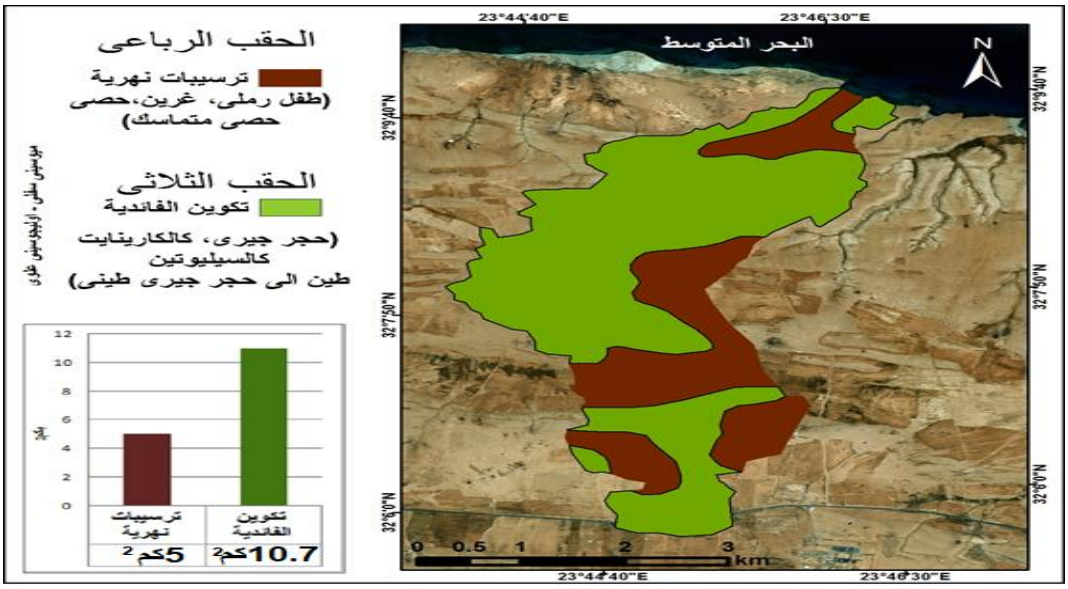
تنتمي تكوينات حوض وادي الكراث إلى الزمنين الثالث والرابع، وتعد منطقة الدراسة غير ثابتة تكتونياً، ما أدى إلى حدوث تشوهات نتيجة الالتواءات التي أصابت هضبة البطنان بصفة عامة ومنطقة الحوض بصفة خاصة متمثلة في الصدوع والفواصل والشقوق التي تظهر بشكل واضح في معظم أرجاء الحوض، وتتمثل التكوينات السائدة في تكوين الفايدية الذي يغطي مساحة قدرها 10.7 كم² أي ما نسبته 68.2 % من مساحة الحوض، وهي صخور الزمن الثالث الممتدة من عصر الميوسين السفلي إلى الأوليجوسين العلوي، وهي تكوينات من الحجر الجيري (الكالكارينيت) وطين وحجر جيري طيني، وتتميز هذه الصخور بانخفاض معدل النفاذية بها أي تسمح بالجريان للمياه السطحية عقب سقوط الأمطار. أما ترسيبات الزمن

الرابع التي تغطي مساحة قدرها 5كم² أي ما نسبته 31.8م% من مساحة الحوض، تتكون من الرواسب الجيرية مع صخور الدولمايت والمارل والرمل والطين والغرين مع صخور مفتتة وحصى متباين الأحجام تجمعت جل هذه الرواسب في ظروف بيئية مختلفة، وهي متباينة النفاذية بين القليلة والعالية بأغلبها (Industrial Research Centre, Darnah sheet,1974, p7_). وتتصف الرواسب الحديثة المفككة بالنفاذية العالية وقلة مقاومتها لعمليات الحت المائي ما يؤدي إلي زيادة كمية الفواقد المائية بالتسرب إلي الطبقات تحت السطحية، فضلا عن كونها تؤثر على كثافة التصريف بالحوض، والشكل رقم (2) يوضح التكوينات الجيولوجية لحوض وادي الكراث.

خصائص الحوض المناخية:

يقع حوض وادي الكراث في مجال الانخفاضات المتوسطية تحت تأثير الرياح الشمالية الغربية التي تهب مع بداية فصل الخريف وتستمر خلال الشتاء وحتى فصل الربيع، وكمية الأمطار التي تسقط متباينة من حيث الموعد والكمية، ولعدم توافر محطة إرصاد في الحوض تم الاعتماد على البيانات المناخية من محطة إرصاد طبرق التي تبعد 20كم من حوض الوادي، وتوقفت عن العمل منذ عام 2011 بسبب الأوضاع الأمنية التي تمر بها الدولة الليبية، وغياب مؤسسات الدولة، وتم الاعتماد على بيانات موقع الأرصاد الجوية العالمي (en. climate – data.org) من 2010 حتى 2019 للحصول على بيانات الأمطار والحرارة لمدينة طبرق، وتم التوصل إلى أن كمية الأمطار السنوية التي تسقط قليلة بالرغم من طول موسم سقوط الأمطار، وتتوزع بنسب بلغت في فصل الخريف 20.2%، وفي فصل الشتاء 67.2%، وفي فصل الربيع 12.6%، وقد بلغ مجموع الأمطار السنوي في طبرق 176.3 ملم/سنة، مع معدل درجة حرارة سنوي بلغ 19.8° وهو مؤثر بشكل واضح على قيم التبخر المرتفعة بمنطقة الدراسة.

الشكل رقم (2) التكوينات الجيولوجية في حوض وادي الكراث



المصدر بناء على: برنامج ARC GIS ونموذج الارتفاع الرقمي ASTER GDEM بدقة 30م لسنة 2017 (USGS)

الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي الكراث:

تستقبل أحواض التصريف السطحي في البيئات الجافة وشبه الجافة الأمطار الإعصارية شبه الفصلية، وقد لا تكون كافية لنشوء جريان سطحي ملحوظ، غير أن الأعاصير الشتوية الممطرة والفجائية تكون قادرة على توليد كميات أعلى من الجريان السطحي، وليس كل ما يستقبله حوض التصريف من مياه الأمطار سينصرف على هيئة جريان سطحي، فهناك بعض الفواقد مثل التسرب والتبخر والخزن السطحي والامتصاص بواسطة النباتات، وتحدد مكونات الحوض ودرجة مساميتها قدرة المياه السطحية على توليد الجريان السطحي، فالعلاقة عكسية، كلما انخفضت درجة المسامية تزداد مقدرة المياه السطحية على توليد الجريان السطحي والعكس، وتعد العلاقة بين الأمطار والجريان السطحي أساس المياه السطحية، حيث يشكل الجريان السطحي المرحلة النهائية لمياه الأمطار، وما يرتبط بها من آثار جيومورفولوجية على سطح الأرض، وإمكانية استغلال هذه المياه السطحية ودرء أخطارها، فكان من الضروري تكوين قاعدة بيانات هيدرولوجية عن الحوض محل الدراسة والمتمثلة في عمق الجريان وحجمه والعوامل المؤثرة به، ولعل طريقة منحنى الأرقام (SCS– CN) هي أحدى أهم الطرق والأساليب الرياضية المستخدمة في حساب الجريان السطحي، والتي طورت من قبل إدارة صيانة التربة الأمريكية (Soil conservation services) 1986. (Chow,& OTHER 1988)، وتم الاستعانة بتقنيتي الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية إلى جانب بعض القياسات الميدانية لواحتي طبرق والمرصص الطبوغرافية مقياس 1:50000 لاستخراج بعض الخصائص المورفومترية للحوض بالاعتماد على برنامج (WMS 7.1) والجدول رقم (1) يوضح أهم الخصائص المورفومترية لحوض وادي الكراث.

الجدول رقم (1) الخصائص المورفومترية لحوض وادي الكراث غرب مدينة طبرق

المساحة ($م^2$)	المحيط (م)	أعلى نقطة (م)	أدنى نقطة (م)	الطول (م)	العرض (م)	معدل الانحدار (م/م)	درجة الانحدار	معامل الشكل	معامل التعرج
15701590	24868	120	6	9900	2700	0.011	0.69	0.16	1.3

المصدر من إعداد الباحث بناء على: نموذج الارتفاع الرقمي ASTER GDEM باستخدام برنامج ARC GIS 10 بالإضافة إلي بعض الأساليب الرياضية.

مراحل احتساب الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي الكراث:

أولا – التحليل الوصفي للبيانات الأولية المتعلقة بالغطاء الأرضي وهيدرولوجية التربة

تحدد الخصائص الطبيعية من تربة وغطاء نباتي وموارد مائية نوع الاستخدامات البشرية لسطح الحوض وفق احتياجات الإنسان، فقد تم تصنيف الغطاء الأرضي لسطح الحوض بالاعتماد على المرئية الفضائية (Landsat8 لسنة 2017 بدقة تمييز 30م) لمنطقة الدراسة، والخريطة الطبوغرافية طبرق مقياس 1:50000، والدراسة الميدانية خلال شهر أكتوبر 2018، وتبين أن الاستخدامات الرعوية تأتي في المرتبة

الأولى حيث شكلت 83.31% وتشمل الأعشاب الفقيرة والرواسب الخشنة المغطاة بطبقة قليلة من الرواسب تنمو فوقها بعض النباتات الرعوية (25.34% + 57.97%) وتليها التربة الجرداء بنسبة 10.94%، ثم المنكشفات الصخرية التي شكلت 5.75% من إجمالي مساحة الحوض والجدول رقم (2) يوضح الغطاء الأرضي في حوض وادي الكراث.

الجدول رقم (2) يوضح الغطاء الأرضي في حوض وادي الكراث

النوع	المساحة (م²)	النسبة %
تربة جرداء	1717754	10.94
أعشاب في حالة ضعيفة	3978783	25.34
رواسب خشنة مفككة مغطاة بطبقة قليلة من الرواسب	9102212	57.97
منكشفات صخرية	902841	5.75
المجموع	**15701590**	**%100**

المصدر تم الإعداد بناء على: المرئية الفضائية Land sat 8 لسنة 2017 بدقة تمييز 30متر،الخريطة الطبوغرافية طبرق مقياس 1:50000

يتبين من خلال الجدول رقم (2) أربع وحدات غطائية في الحوض وهي على النحو الآتي:

1- فئة التربة الجرداء

تمثل هذه الفئة جميع المناطق غير المستغلة في الحوض، وهي تشغل نسبة 10.94% من إجمالي مساحة الحوض، ويتركز توزيع الترب الجرداء في القسم الأوسط والأدنى من الحوض، ويغلب على تلك الترب الرمل وقليل من السلت، وتتسم بارتفاع نسبي لمعدل النفاذية ما يزيد من فرص تسرب المياه داخلها، وبالتالي فإن مقدرتها على توليد الجريان السطحي منخفضة.

2- فئة الغطاء النباتي الفقير

تتألف هذه الفئة من أعشاب فقيرة صحراوية وبعض النباتات الحولية التي تنمو عقب موسم سقوط الأمطار، أهمها نبات الكراث والقطف والرمث والمثنان والقزاح وغيرها، وتختلف كثافتها من منطقة إلى أخرى بالحوض، وهي متناثرة على سفوح منحدرات جوانب الوادي، وتشغل نسبة 25.34% من إجمالي مساحة الحوض، ويكون للغطاء النباتي أثر مباشر في حجم الجريان السطحي، وكلما زادت كثافة توزيعه انخفضت كمية المياه الجارية على السطح، ولوحظ تدهور الغطاء النباتي بمنطقة الدراسة ما أدى إلى إمكانية تولد جريان سطحي مرتفع عقب سقوط الأمطار.

3- فئة الرواسب الخشنة المفككة

تشمل هذه الفئة رواسب الوادي الخشنة، وهي عبارة عن فتات صخري خشن التحبب يتدرج لونه من اللون الأبيض إلى الأصفر، وتكونت نتيجة عمليات الحت والترسيب على طول مجرى الوادي، وتتسم بضحالتها وفقرها للمواد اللاحمة ما أدى إلى تفككها، ويكون معظمها في متناول عمليات الانجراف في أثناء الجريان السطحي خاصة عند زيادة درجة الانحدار، وتشغل نسبة 57.97% من إجمالي مساحة الحوض،

وتمتد تحت أقدام جوانب الوادي على هيئة شريط طولي، وكذلك في القسمين الأوسط والأدنى من مجرى الوادي.

4- فئة المنكشفات الصخرية

تتكون هذه الفئة من التكوينات الصخرية الجيرية والمصاطب في مجرى الوادي، وتختلف في درجة صلابتها وتكتنفها بعض الشقوق والفواصل، وهي قليلة المسامية لا تسمح بتسرب المياه إلا بكميات قليلة تتسرب عبر الشقوق والفواصل الموجودة بين أجزائها عقب سقوط الأمطار وفي أثناء الجريان السطحي، وتشكل نسبة 5.75% من إجمالي مساحة الحوض.

الخصائص الهيدرولوجية لتربة حوض وادي الكراث:

تعد نوعية التربة من العوامل الهامة المؤثرة في كمية الجريان السطحي، وقد حددت طريقة (SCS) أربع مجموعات هيدرولوجية للتربة وفق معدل النفاذية بها، وبالتالي فهي تكشف عن مدى تأثير نسيج التربة في نشوء الجريان السطحي(حميد،2016، ص 110) والجدول رقم (3) يوضح المجموعات الهيدرولوجية للترب وفق طريقة (SCS) وكل مجموعة لها صفاتها الخاصة من حيث معدل النفاذية والتي بدورها تؤثر على نشوء الجريان وكميته.

الجدول رقم (3) المجموعات الهيدرولوجية للتربة حسب طريقة (SCS)

الصنف	عمق الجريان	نوع التربة
A	قليل	طبقة رملية عميقة مع كمية قليلة جداً من الطين والغرين
B	متوسط	طبقة رملية أقل عمق من الصنف A مع معدل ارتشاح متوسط
C	فوق المتوسط	طبقة صخرية مغطاة بطبقة من التربة مع معدل ارتشاح دون المتوسط
D	عالي	طبقة طينية مغطاة بطبقة ضحلة من الغرين الناعم أو طبقة صخرية منكشفة

Soil Conservation Service, 1986 Technical releases 55

وبالإشارة إلى الجدول رقم (3) والمرئية (LANDSAT 8) الخاصة بمنطقة الدراسة والقياسات من الخريطة الطبوغرافية 1:50000 والعمل الميداني لقياس معدلات النفاذية للمجموعات المختلفة من التربة في الحوض والتي صنفت وفق طريقة (SCS) وكانت على النحو الآتي:

المجموعة A: تشمل هذه المجموعة من الترب الرواسب الفيضية في القسم الأدنى من الحوض، وهي عبارة عن تربة رملية خشنة التحبب مع قليل من الطين والغرين، وتتسم بقدرة عالية على امتصاص الماء حيث تتراوح معدلات التسرب بها بين 29 – 212مم/ساعة (قياسات الباحث الميدانية أكتوبر 2018). وتشكل هذه المجموعة مساحة قدرها 3.5كم² بنسبة 22.4% من مساحة الحوض.

المجموعة B: تتكون هذه المجموعة من الترب الضحلة ذات النسيج الخشن، وهي عبارة عن خليط من الحصى والفتات الصخري والجلاميد مع قليل من السلت، وتتراوح قيم النفاذية بها بين 5 –9 مم/ساعة،(قياسات

الباحث خلال شهر أكتوبر 2018) وينحصر وجودها في القسم الأوسط وبعض أجزاء القسم العلوي لمجرى الوادي الرئيس وبعض القنوات الفرعية منه، وتشغل مساحة قدرها 0.7كم² أي بنسبة 4.5% من إجمالي مساحة الحوض.

المجموعة C: تتميز هذه المجموعة بالنسيج الخشن، ويغلب على مكوناتها الحصى المختلط بالتربة الرملية في القسم الأعلى من الحوض، وتكون أكثر دقة ونعومة في القسم الأوسط والأدنى من مجرى الوادي الرئيس، وتتراوح معدلات النفاذية والتسرب بها بين 2 –5 مم/ساعة(قياسات الباحث) وتشغل مساحة قدرها 1.6كم² أي بنسبة 10.1% من إجمالي مساحة الحوض.

المجموعة D: تشكل هذه المجموعة الجزء الأكبر من الحوض، وتشمل منحدرات جوانب الوادي، وهي الأقل نفاذية من المجموعات السابقة حيث لا تتجاوز في الغالب 1مم/ساعة، وتشغل مساحة قدرها 9.9كم² أي بنسبة 63% من إجمالي مساحة الحوض.والجدول رقم (4) يوضح مساحة المجموعات الهيدرولوجية للتربة في حوض وادي الكراث.

الجدول رقم (4) المجموعات الهيدرولوجية للتربة فى حوض الكراث

الصنف	المساحة (م²)	النسبة
A	3517156	22.4
B	706572	4.5
C	1585862	10.1
D	9892001	63.0
المجموع	**15701590**	**%100**

المصدر تم الإعداد بناء على: المرئية الفضائية Land sat 8 لسنة 2017 بدقة تمييز 30متر . الخريطة الطبوغرافية طبرق مقياس 1:50000

ويتبن من خلال الجدول أعلاه أن 63% من مساحة الحوض رديئة التسرب، وهذا الفئة المسؤولة عن تولد الجريان السطحي ونشوئه عقب سقوط الأمطار في مجرى الوادي، ويعد ذلك مؤشراً على خطورة الوضع الهيدرولوجي في مجرى الوادي لافتقاره إلى السدود ووسائل درء الفيضان عقب سقوط الأمطار الفجائية التي تتسم بها منطقة الدراسة.

ثانيا – استخلاص قيم منحنى CN لحوض وادي الكراث

تعبر قيم (CN) عن هيدرولوجية التربة من حيث قدرتها على امتصاص المياه، وتراوحت قيم (CN) بين 0 – 100، والقيم المرتفعة تشير إلى عدم نفاذية التربة وهي الأكثر قدرة على توليد الجريان السطحي، والقيم القريبة من الصفر تدل على ارتفاع معدلات نفاذية التربة، ما يؤثر سلبا على كمية الجريان السطحي، أما القيمة المتوسطة بين الحدين المتطرفين فهي 50، وتعبر عن الأسطح متوسطة النفاذية بحيث تكون كميات التسرب مساوية لمعدلات التساقط المطري، ووفق طريقة (SCS) فإن قيم (CN) الموزونة أو

المتوسطة تستخرج عن طريق ضرب كل قيمة (CN) في نسبة ما تشغله من مساحة الحوض ثم تجمع النواتج وتقسم على 100(USDA-SCS,1986,P. 2-1) باستخدام برنامج (ARC GIS) والأداة (Raster calculator) وباعتبار أن الحالة المسبقة لرطوبة التربة هي الحالة المعتدلة، وتعتمد قيمة (CN) على ثلاثة عناصر وهي الغطاءات الأرضية والرطوبة المسبقة للتربة والمجموعة الهيدرولوجية للتربة، وبلغ عدد قيم (CN) في حوض وادي الكراث 6 قيم كما في الجدول رقم (5)

الجدول رقم (5) توزيع قيم (CN) المستخلصة في حوض وادي الكراث

قيم منحنى (CN)	المساحة م²	النسبة
53	546415	3.48
65	1386450	8.83
76	6282206	40.01
83	1493221	9.51
86	444356	2.83
91	5548942	35.34
المعدل الموزون 80.48	**15701590**	**%100**

المصدر تم الإعداد بناء على:المرئية الفضائية Land sat 8 لسنة 2017 بدقة تمييز 30 متر.الخريطة الطبوغرافية طبرق مقياس 1:50000

ونلاحظ من خلال الجدول أن بعض الغطاءات الأرضية المختلفة ذات السمات الهيدرولوجية المختلفة أيضاً لها قيم (CN) نفسها، فالتربة الجرداء والواقعة ضمن الفئة الهيدرولوجية (A) والغطاء النباتي الفقير الواقع ضمن الفئة (B) متماثلة في معدلات النفاذية، وبالتالي لهما القدرة نفسها تقريبا على توليد الجريان السطحي، اما المنكشفات الصخرية الواقعة ضمن الفئة (D) تراوحت بها قيم (CN) بين 86-91، وبالتالي فإن جميع قيم (CN) في حوض وادي الكراث تفوق القيمة المتوسطة 50، وأن المعدل المتوسط أو الموزون لقيم الحوض بلغت (80.48) وهو ما يشير إلى أن مستوى النفاذية للغطاءات الأرضية بالحوض رديئة ما يزيد من خطر الجريان السطحي عقب سقوط الأمطار الفجائية التي تتميز بها منطقة الدراسة، وذلك ما أدى إلى ارتفاع قيم (CN) في معظم أرجاء الحوض وهي المسؤولة عن سرعة استجابة الحوض للجريان السطحي حيث إن مساحة منحدرات جوانب الحوض تشكل أكثر من ثلثي إجمالي المساحة الكلية له، وهي أجزاء صلبة لا يزيد معدل النفاذية بها عن 4 مم/ساعة، في حين أكثر القيم نفاذية كانت في المناطق التي بها النباتات الطبيعية الفقيرة، وهو ما يتفق مع رأي وينغ (Weng,2007,p.15) حيث إن معدل النفاذية يرتفع مع زيادة الكثافة النباتية، إلا أن إسهام النباتات الطبيعية في خفض معدلات الجريان السطحي في الحوض تعد ضعيفة لانخفاض الكثافة النباتية في الوحدة المساحية بالحوض حيث لا تتجاوز 129/هكتار (قياسات الباحث خلال شهر أكتوبر 2018) وتعد مناطق انتشار الغطاء النباتي في الحوض الأكثر امتصاصاً للماء أي الأكثر نفاذية، وأقلها استجابة للجريان السطحي.

ثالثا – حساب معامل (S) الإمكانية القصوى للتربة للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي

يشير معامل (S) إلى الحد الأقصى المحتمل لاحتفاظ التربة بالماء بعد بدء الجريان السطحي، أي يصف حالة التربة المشبعة تماماً بالمياه بعد بداية الجريان السطحي، ويتباين سمك طبقة التربة المشبعة بالماء وفق نوعها وقدرتها على امتصاص المياه في أثناء موجة الأمطار، ويرتبط هذا المعامل بنوع التربة والغطاء الأرضي السائد، وهو ما يتضح من خلال قيم (CN) ويتم حساب معامل (S) من خلال المعادلة الآتية:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

(USDA,1986,P 2-1) بعد التحويل إلى ملم

ونلاحظ من خلال المعادلة أن الرقم 254 يمثل قيمة الوسيط للمعامل (S) فكلما انخفضت قيمة المعامل عن هذا الرقم تشير إلى تدني قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، والعكس ما يؤثر سلباً على كمية الجريان السطحي (النفعي، هيفاء، 2010، ص 103) والجدول رقم (6) يوضح قيم الإمكانية القصوى لمعامل (S) ملم في حوض وادي الكراث.

الجدول رقم (6) قيم الإمكانية القصوى لمعامل (S) في حوض وادي الكراث

قيم معامل (S) ملم	المساحة (م²)	النسبة
225	546415	3.48
137	1386450	8.83
80	6282206	40.01
52	1493221	9.51
41	444356	2.83
25	5548942	35.34
المعدل / 93	**15701590**	**%100**

المصدر من إعداد الباحث بناء على قيم CN بالجدول رقم (5).

ونلاحظ من خلال الجدول ما يأتي:

– تزداد قيم معامل (S) مع الغطاءات الأكثر مسامية والعكس، حيث تزداد قيم الاحتفاظ بالمياه في التربة الجرداء ومناطق النباتات الفقيرة في الحوض، وتتضح العلاقة العكسية بين قيم (CN) المرتفعة وقيم (S) المنخفضة، وهي نتيجة طبيعية حيث تضعف مقدرة الأسطح قليلة المسامية في الاحتفاظ بالمياه.

– تدني جل قيم معامل (S) في الحوض عن قيمة الوسيط البالغة 254، يؤدي إلى زيادة المخاطر الهيدرولوجية للجريان السطحي في الحوض، فالغطاءات الأرضية في الحوض تساعد على توليد الجريان السطحي عقب سقوط الأمطار الفجائية وتزيد من مخاطره.

رابعاً – حساب معامل الاستخلاص الأولي (Ia) Initial abstraction

يقصد به مقدار الفواقد قبل بدء الجريان السطحي عن طريق التبخر والتسرب من المنخفضات السطحية التي تتجمع بها مياه الأمطار، والاستخلاص الأولي هو أحد العناصر الهامة في حساب كمية الجريان السطحي، وتقدر قيمة هذا المعامل بخمس قيمة معامل (S) وتشير القيم القريبة من الصفر إلى قلة كمية الفواقد وتساعد على توليد كميات كبيرة للجريان السطحي والعكس، وإذا بلغت قيمة المعامل الوسيط البالغ 50.8 ملم تصبح القيم مساوية لكمية المياه الجارية ولا يحدث جريان سطحي، وتحسب قيمة هذا المعامل (Ia) كما يأتي: (USDA, 1986, P: 2-1)

$$Ia = 0.2\ S$$

Ia: معامل الاستخلاص الأولي (ملم)

S: قيمة الاحتجاز القصوى (ملم)

والجدول رقم (7) يوضح قيم معامل الاستخلاص الأولي في حوض وادي الكراث.

الجدول رقم (7) قيم الاستخلاص الأولي في حوض وادي الكراث

معامل Ia (ملم)	المساحة (م²)	النسبة
45	546415	3.48
27.4	1386450	8.83
16	6282206	40.01
10.4	1493221	9.51
8.2	444356	2.83
5	5548942	35.34
المتوسط 18.7	**15701590**	**%100**

المصدر من إعداد الباحث بناء علي الجدول رقم (6)

ويتبين من خلال الجدول أن جميع قيم معامل الاستخلاص الأولي في الحوض أقل من قيمة الوسيط البالغ (50.8ملم) ويشير ذلك إلى انخفاض كمية الفواقد وزيادة كمية الجريان السطحي في الحوض، وتؤكد هذه القيم النتائج السابقة من معامل (CN) ومعامل (S) التي أشارت إلى ضعف إمكانية الحوض الطبيعية وزيادة مخاطره السيلية عقب سقوط كميات كبيرة من الأمطار الفجائية التي تتميز بها منطقة الدراسة.

خامساً – حساب عمق الجريان السطحي في حوض وادي الكراث

يقصد بعمق الجريان السطحي هو ذلك الجزء الناتج عن مياه الأمطار ويفوق القدرة الامتصاصية للتربة بعد التشبع، فيتحرك وفق جيومورفولوجية السطح والانحدار إلى أن يصل إلى المجاري المائية ليصب بها، ويصبح جزءاً منها، ويتحدد الجريان السطحي بفترة زمنية تبدأ مع سقوط الأمطار على سطح الأرض، وتنتهي بوصول المياه الجارية إلى المجرى المائي (العكام وآخر، 2015، ص 361–362) ويعبر عمق الجريان السطحي (Runoff Depth) عن خلاصة التفاعل بين موجة أمطار معينة مع مكونات حوض التصريف وخصائصه، فهو مقدار ما يجري من مياه الأمطار في الحوض من عاصفة مطرية معينة بغض النظر عن المساحة التجميعية للحوض، فهو يختلف عن حجم الجريان السطحي، فمع اختلاف قيم (CN) من حيث نوع التربة ومقدار النفاذية يختلف عمق الجريان السطحي المتشكل على سطح الحوض (النفعي، هيفاء محمد، 2010، ص 115) ولحساب عمق الجريان السطحي في حوض وادي الكراث تم الاعتماد على طريقة (SCS–CN) مع مراعاة نوع التربة والغطاء الأرضي في الحوض والاستعمالات المختلفة ورطوبة التربة الأولية، وتم التقدير وفق المعاملة الرياضية الآتية:

$$Q = \frac{\{P - 0.2S\}^2}{P + 0.8S}$$ (USDA,1986,P 2-1)

حيث إن :

Q= عمق الجريان السطحي (ملم)

P= كمية الأمطار أعلى زخة خلال يوم من عاصفة واحدة (ملم)

Ia= معامل الاستخلاص الأولي قبل بدء الجريان السطحي المتمثل في التبخر والتسرب والنبات

S= معامل الإمكانية القصوى للتربة للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي

تم حساب عمق الجريان السطحي الناتج عن أعلى زخة مطرية في حوض وادي الكراث وفقاً للبيانات المناخية لمحطة طبرق للأرصاد الجوية ولمدة عشرين سنة (قبل التوقف عن العمل عام 2011) كما في الجدول رقم (8) .

الجدول رقم (8) يوضح عمق الجريان السطحي في حوض وادي الكراث

السنة	أعلى كمية أمطار هطلت خلال يوم (ملم)	عمق الجريان السطحي (م³/ث)
1990	31	3.7
1991	30	3.3
1992	29	2.96
1993	41.2	8.2
1994	29	2.96

0.0007	13.6	1995
3.03	29.2	1996
31.5	77.7	1997
0.099	16	1998
1.46	24	1999
2.6	36.5	2000
3.3	30	2001
0.19	17	2002
0.98	22	2003
1.2	23	2004
15.8	54.7	2005
3.7	31	2006
19.2	60	2007
2.6	36.5	2008
0.12	16.3	2009
5.34		**المعدل**

المصدر من إعداد الباحث.

ويتبين من خلال الجدول رقم (8) تباين كميات الأمطار من سنة إلى آخرى على منطقة الدراسة، وهي سمة من سمات المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعد منطقة الدراسة جزءاً منها، وشذت بعض السنوات من حيث سقوط كميات كبيرة من الأمطار مثل الأعوام 1997 والتي بلغ مجموعها في تلك السنة (257.6ملم) وعام 2005 (247.5ملم) وعام 2007 (252.4ملم)، وبلغت شدة الأمطار خلال عشرين سنة (77.7 ملم) وأدنى كمية كانت خلال عام 1995 والتي بلغت (13.6ملم) وتباين عمق الجريان السطحي في حوض الوادي بسبب التفاوت في معدلات الأمطار على منطقة الحوض من سنة إلى آخرى، وسجل أعلى عمق جريان في الحوض عام 1997 والبالغ (31.5ملم) أما أدنى عمق جريان سطحي كان عام 1995 والبالغ (0.0007ملم) وهى قيمة لا تكاد تذكر، وقد بلغ معدل عمق الجريان العام في الحوض خلال الفترة الزمنية المحددة (5.34 ملم).

سادساً – حساب حجم الجريان السطحي في حوض وادي الكراث

تعد دراسة حجم الجريان السطحي من الدراسات الهيدرولوجية الهامة لتقدير كمية الجريان في أحواض التصريف المائي، ويعبر عن مجموع الجريان المائي إلى مساحة حوض التصريف، وتم تقدير حجم الجريان السطحي في حوض وادي الكراث بناء على قيم عمق الجريان السطحي المتحصل عليها من أعلى

زخة مطر سقطت خلال يوم على الحوض خلال الفترة الزمنية المحددة، وتم التقدير بواسطة المعادلة الرياضية الآتية:

$$QV = \frac{Q \times A}{1000}$$ (USDA, 1986, P 2-1)

حيث إن :

QV= حجم الجريان السطحي (م³)

Q= عمق الجريان السطحي (ملم)

A= مساحة الحوض (م²)

1000= معامل تحويل إلى (م³)

وقد بلغ مجموع الجريان السطحي في الحوض (2044324م³) وتراوحت قيم الجريان السطحي بين (11م³ – 494600م³) وكانت أدنى قيمة لعاصفة مطرية قدرها (13.6 ملم) اما أعلى قيمة كانت لعاصفة مطرية قدرها (77.7 ملم) ويرجع هذا التباين إلى تفاوت كميات الأمطار الناتجة من المنخفضات الجوية المتوسطية التي تسبب سقوط الأمطار شتاءً على منطقة الدراسة، والتباين في معدلات الأمطار السنوية هي من سمات المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعد منطقة الدراسة جزءاً منها. والجدول رقم (9) يوضح قيم الجريان السطحي على منطقة الدراسة.

الجدول رقم (9) حجم الجريان السطحي في حوض وادي الكراث

السنة	أعلى زخة أمطار(ملم)	عمق الجريان (ملم)	حجم الجريان (م³)	النسبة
1990	31	3.7	58096	2.84
1991	30	3.3	51815	2.53
1992	29	2.96	46477	2.27
1993	41.2	8.2	128753	6.31
1994	29	2.96	46477	2.27
1995	13.6	0.0007	11	–
1996	29.2	3.03	47576	2.33
1997	77.7	31.5	494600	24.19
1998	16	0.099	1554	0.08
1999	24	1.46	22924	1.12
2000	36.5	2.6	408224	19.97
2001	30	3.3	51815	2.53
2002	17	0.19	2983	0.15
2003	22	0.98	15388	0.75
2004	23	1.2	18842	0.92

12.12	247771	15.8	54.7	2005
2.82	57625	3.7	31	2006
14.71	300685	19.2	60	2007
2.00	40824	2.6	36.5	2008
0.09	1884	0.12	16.3	2009
%100	**2044324**			**المجموع**

المصدر من إعداد الباحث بناء على بيانات المركز الوطني للمناخ محطة طبرق، والمعادلات الرياضية المذكورة في المتن.

تبين من خلال الجدول تفاوت كمية الجريان السطحي من سنة إلى أخرى وهذا التباين ناتج من اختلاف معدلات سقوط الأمطار وفجائيتها، إلى جانب تباين بنية الحوض واختلاف الغطاءات الأرضية به من حيث معدلات النفاذية ووفقاً لقانون هورتن فإن معدل التسرب لأي غطاء أرضي في أثناء سقوط الأمطار ليس ثابتاً، حيث تبدأ بقيم مرتفعة ثم تتناقص سريعاً خلال ساعتين أو ثلاث لتصل إلى قيمة ثابتة، لذلك يفقد جزء كبير بواسطة التسرب مع بدايات سقوط الأمطار، ما يؤثر سلباً على كمية الجريان السطحي في الحوض وفق هطول كمية الأمطار من العاصفة.

سابعاً – زمن الاستجابة (التركيز وسرعة الجريان)

تؤثر الخصائص الشكلية لحوض التصريف بشكل كبير على خصائصه الهيدرولوجية، وقد بلغ معامل الشكل لحوض وادي الكراث (0.16) وتشير هذا القيمة المنخفضة إلى ميول شكل الحوض إلى الشكل المستطيل، وهي تحدد سرعة المياه وحركتها في المجرى الرئيس للحوض وصولاً إلى المصب، ويتحكم الشكل في العامل الزمني بين تساقط الأمطار والجريان، ويعرف بزمن الاستجابة (التركيز) ويقصد بالفترة الزمنية التي يستغرقها جريان المياه من أبعد نقطة في الحوض وصولا إلى المصب، ويحسب من خلال المعادلة الرياضية الآتية:

$$TC = \frac{1.679\, L^{0.8} \times (S+1)^{0.7}}{1900 \times SL^{0.5}}$$ (NRCS, 1986,P. 15-3)

TC= زمن الاستجابة أو التركيز دقيقة

SL= معامل انحدار الحوض %

S= الحد الأقصى المحتمل لاحتفاظ التربة بالماء بعد بدء الجريان

L= طول المجرى الرئيس للحوض (م)

$$TC = \frac{24 \times 1572 \times 1.67}{1.07 \times 1900} = \frac{63005.76}{2033} = 31 \text{ دقيقة}$$

وبناء على ذلك يكون الزمن الذي تستغرقه المياه الجارية من أبعد نقطة في الحوض حتى المصب (31 دقيقة) وهو زمن قصير يشير إلى مخاطر الجريان السطحي في الحوض عقب سقوط كميات كبيرة من الأمطار الفجائية على الحوض.

أما سرعة الجريان السطحي خلال العاصفة الممطرة فيعبر عنها (م^3/ ثانية) وتحسب بواسطة المعادلة الآتية:

$$V = \frac{L\ (M)}{TC\ (S)\ 3.6}\ (NRCS, 1986, P.\ 15\text{-}3)$$

V= سرعة الجريان السطحي (م/ ث)

L= طول المجرى (م)

TC= زمن التركيز (ث)

$$V = \frac{9900}{6696} = 1.48\ \beta م/ث$$

ويحسب زمن العاصفة الممطرة من خلال المعادلة الآتية: (NRCS, 1986.P. 15-3)

$$SD = 0.133\ TC$$

SD= زمن العاصفة / ساعة

0.133 معامل ثابت

TC= زمن التركيز/ ساعة

SD= 0.133 X 0.517 =0.069/ ساعة (4.2 دقيقة)

ويشير ذلك إلى قصر زمن سقوط العاصفة الممطرة على الحوض ما يزيد من مخاطر الفيضان. وأن سرعة المياه الجارية وكميتها في الحوض تتوقف على شدة العاصفة الممطرة.

يتضح تباين حجم الجريان السطحي في حوض وادي الكراث وفقاً لتنوع الغطاءات الأرضية به، إلى جانب العوامل المناخية وخاصة الأمطار المتباينة من حيث موعدها وكميتها من فصل لآخر، فهى عوامل مجتمعة تساهم في تباين حجم الجريان السطحي في الحوض، وتتصف الأمطار عموما على منطقة الدراسة بقلة كميتها وفجائية سقوطها؛ بسبب العوامل المسببة ومدى قوة العواصف ونوعيتها التي تؤدي إلى وجودها.

النتائج:

- يعد المناخ من العوامل المؤثرة بشكل مباشر على حجم الجريان السطحي في الحوض.
- البنية الجيولوجية و الغطاءات الأرضية ذات دور فعال أيضاً في كمية الجريان السطحي في الحوض حيث بلغ متوسط قيم (CN) (80)، وتراوحت القيم بين (53-91) وجميع هذه القيم مرتفعة تزيد عن قيمة الوسيط للأرقام المنحنية البالغة (50)، بالإضافة إلى ما نسبته 48% من مساحة الحوض هي أسطح قليلة النفاذية ما ساعد على توليد جريان سطحي في الحوض عقب سقوط الأمطار الفجائية.

– يستدل من الخصائص الهيدرولوجية السطحية إلى وجود فواقد بفعل تباين معدل النفاذية للتربة، ووجود فائض مائي للجريان، ويبدأ الجريان السطحي في حوض وادي الكراث بشكل فجائي حيث تبدأ عملية الجريان بعد (31 دقيقة) وهي مدة قصيرة وسريعة بسبب الخصائص الطبيعية للحوض وارتفاع قيم (CN) التي تساعد على حدوث الجريان، وتراوح حجم الجريان في الحوض بين (11– 494600م³) وبلغت سرعة الجريان (1.48م³/ ثانية) وذلك للأسباب السالفة الذكر، وهذه قيمة هيدرولوجية مهمة في منطقة شبه جافة تهدر دون الاستفادة منها.

التوصيات:

– إنشاء محطات هيدروميناخية لقياس خصائص الأمطار وحجم التصريف في حوض وادي الكراث لغرض توفير البيانات التي يحتاجها الباحث للدراسات الهيدرولوجية.

– تطبيق مفهوم إدارة الأحواض المائية وحصاد مياه الأمطار والاستفادة منها في تغذية المخزون الجوفي، وزيادة الغطاء النباتي الطبيعي في الحوض من خلال إقامة السدود على المجرى الرئيس للحوض والحفاظ على التربة من الانجراف.

المصادر:

حميد، دلي خلف، التحليل المكاني لتقدير حجم الجريان السطحي باستخدام (SCS–CN) لحوض وادي المر الجنوبي – شمال العراق، مجلة تكريت للعلوم الصرفة، العراق، المجلد 21، العدد5، 2016م.

العكام، أسحق صالح، علوان، نوال كامل، تقدير حجم الجريان السطحي لحوض وادي دويريج بالاعتماد على تقنية التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة البحوث الجغرافية، العراق، العدد 21، 2015م.

النفعي، هيفاء محمد، تقدير الجريان السطحي ومخاطره السيلية لوادي عرنة مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة أم القرى، قسم الجغرافيا، السعودية، 2010م.

AL-Gamdi, S (1991), Estimating Runoff Curve Numbers of the Soil Conservation Service in Arid and Semi-arid Environments Using Remotely Sensed Data, A dissertation Submitted to the Faculty of the University of Utah, USA.

C how, V. T.; Maidment D. R, and Mays L. W.; (1988), "Applied Hydrology" McGraw-Hill, New York, USA.

Soil Conservation Service, Urban Hydrology For small watershed, Technical releases 55, and Ed, U. S. Dept. of Agriculture, Washington D.C (1986).

Weng, Q (2007), Remote Sensing Impervious Surfaces, Taylor & Francis Group, LLC, New York.

Industrial Research Centre, (1974) Darnah sheet, Explanatory Booklet, Tripoli, Jamahiriya, Libya.