

أخطار الجريان السيلي جنوب شرق مصر فيما بين وادي حدرية جنوباً وسفيرة شمالاً دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام التقنيات الجغرافية الحديثة

ناصر عبد الستار عبد الهادي نوح (*)

naa10@fayoum.edu.eg

ملخص

يتناول البحث أخطار الجريان السيلي، والتي تعد أحد أهم الأخطار الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة من حيث الانتشار وتكرار الحدوث وظهورها المفاجيء وسرعة جريانها حيث تتفاقم تلك الأخطار، وتزداد يوماً بعد يوم، مهددة حياة الإنسان وممتلكاته ومقومات بيئته الطبيعية، مما يتطلب دراستها، وفهمها ومن ثم التنبؤ بها، ومواجهتها.

وقد اعتمد البحث على المنهج الأقليمي، والمنهج الموضوعي، كما استخدم عدة أساليب منها الأسلوب الوصفي الاستنتاجي، بالإضافة إلى استخدام الأساليب الكمية والإحصائية عند دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف بالمنطقة.

وقد هدف البحث إلى تحديد مناطق أخطار الجريان السيلي، للتعرف على أسبابها وتجنب الأخطار الناجمة عنها وتوزيع مناطق الأخطار وأنواعها ودرجة خطورتها وإمكانات التنمية بمنطقة الدراسة، ولتحقيق ذلك تم دراسة الخصائص الجيولوجية، الخصائص المناخية، والخصائص التضاريسية، وطبيعة التربة وخصائص النبات الطبيعي بالإضافة إلى دراسة الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف، وقد خلص البحث إلى العديد من المقترحات والتوصيات والتي يمكن من خلالها الحد من أخطار الجريان السيلي بمنطقة الدراسة وطرق مواجهتها.

الكلمات المفتاحية: جنوب شرق مصر-الأخطار الطبيعية -الجريان السيلي.

(*) أستاذ الجغرافيا الطبيعية المساعد، معهد البحوث والدراسات الإستراتيجية لدول حوض النيل -جامعة الفيوم

مقدمة:

زادت أهمية الجيومورفولوجية التطبيقية في الفترة الأخيرة من خلال إبراز الأهمية التطبيقية لدراسة الأخطار الطبيعية المرتبطة بأحواض التصريف، وأثارها الجيومورفولوجية على مناطق العمران والأراضي الزراعية والطرق والمنشآت الحيوية وما ينتج عنها من مشكلات بيئية واقتصادية وخسائر في الأرواح والممتلكات، ومن ثم توضيح هذه الأخطار التي تقف عائقاً أمام عمليات التنمية المستدامة وكيفية وضع الحلول المناسبة لمعالجتها والحد منها.

والأخطار الطبيعية أحداث تتم بشكل فجائي ناتجة عن عوامل طبيعية أثر عليها الإنسان بتدخلاته مما أدى إلى تغيرات في خصائصها، وهذه الأحداث تؤدي إلى تدمير جزئي أو كلي في البيئة المحيطة، كما أنها تضر بالإنسان وأنشطته المختلفة، ويتطلب ذلك مواجهة أثارها من وقت إلى آخر تبعاً لتكرار هذه الأحداث والأضرار الناتجة عنها (Petersen, 2001, p.11).

وتتعرض منطقة الدراسة لكثير من الأخطار الطبيعية أهمها أخطار الجريان السيلي حيث توجد بعض المحلات العمرانية عند نهاية الأودية على ساحل البحر الأحمر، ومما يزيد الأمر خطورة حدوث الجريان السيلي بصورة فجائية وغير منتظمة إضافة إلى عدم إمكانية التنبؤ بحدوثه، بالإضافة إلى انتشار العمران العشوائي وغير المخطط، ومظاهر استخدام الأرض المختلفة عند مخارج الأودية، مع تعرض بعض الطرق المعبدة وغيرها لأخطار الجريان السيلي، ويزيد من الأمر خطورة وقد يصل لحد الكارثة هو أن هناك بعض المحلات العمرانية التي تتعرض لأكثر من خطر بل مجموعة من الأخطار المتشابهة.

وبالرغم من صعوبة الحد من أخطار الجريان السلي أو منع حدوثه بمنطقة الدراسة، إلا إنه بالإمكان العمل على الحد من تأثيره والتقليل من أخطاره والخسائر الناجمة عنه وذلك عن طريق توظيف الخرائط التي تحدد مجاري الأودية للمواقع المهددة للجريان السيلي، والمناطق القابلة للتمدد العمراني والنمو السكاني.

حدود منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض ٣٠° ١٩° و ٢٣° شمالاً، وخطي طول ٣٤° ، ٣٧° شرقاً، وتشغل الجزء الجنوبي الشرقي من الهضبة الجنوبية، وتشغل رقعة جغرافية واسعة تبلغ مساحتها نحو ٦٢٦٠٣.٥ كم^٢، ويحدها من الجنوب خط تقسيم المياه بالصحراء الشرقية الفاصل بين شبكات التصريف المائي لوادي كراف بمنطقة الدراسة والأودية الجافة بالسودان، ومن الشمال وادي سفيرة ومن الجهة الشرقية ساحل البحر الأحمر، أما الجهة الغربية فتتمثل في خط تقسيم المياه بالصحراء الشرقية والذي يفصل بين شبكات التصريف المائي التي تتجه صوب منطقة الدراسة، وشبكات التصريف المائي المتجهة صوب نهر النيل في كل من مصر والسودان، وهذا الخط أكثر اقتراباً من البحر الأحمر ولهذا فإن الأودية المتجهة صوب البحر الأحمر أقل طولاً وأكثر انحداراً وسرعة في تدفق المياه باستثناء وادي كراف والذي يعد أكبر هذه الأودية مساحة وأكثرها طولاً وانحداراً وتنوعاً في الخصائص الصخرية.

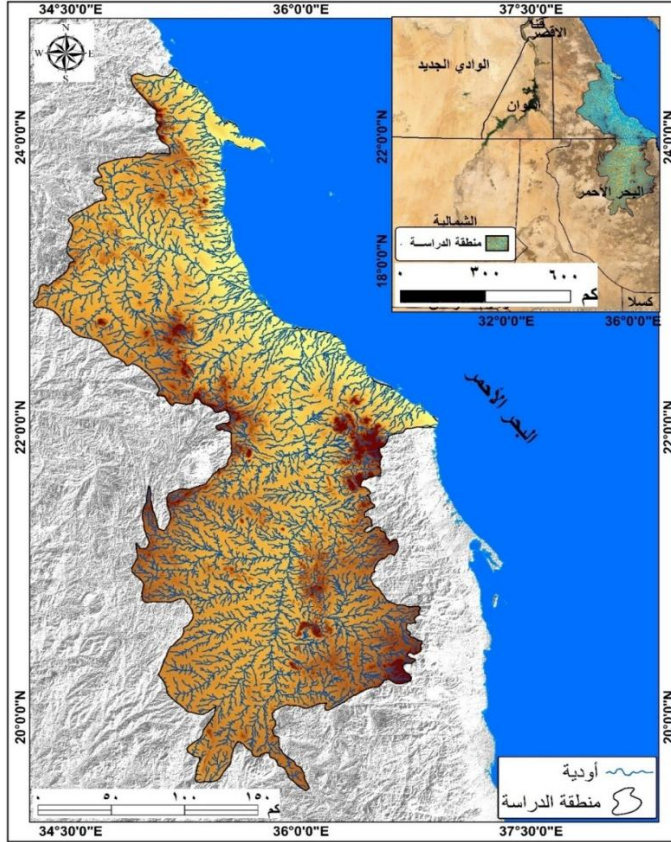
ويتكون خط تقسيم المياه في منطقة الدراسة من مجموعة كتل جبلية أهمها جبل علبة، وجبل ايس، وجبل سواريب، وجبل اتويب، وجبل الناقة، وجبل

شياتيت، وجبل أم حطة، وجبل عقاب النجوم، وجبل صول حامد، وتفصل بينها أودية سريعة الجريان أهمها: أودية سفيرة، وشاب، وشبيب، وميسبة، وإيبب، والدريرة، ودعيب، وسرمتاي، وشلال، وأي-كوان، وحدرية.

وقد كان لموقع منطقة الدراسة أثره الكبير في تعرضها للعديد من الأخطار الطبيعية والتي يصل بعضها لحد الكوارث، ويعتبر الجريان السيلي من أهم هذه الأخطار، وأحد مشكلات البيئة المحلية التي تؤثر على عملية التنمية وتعوق حركتها في تلك المناطق المنكوبة، وقد زاد من خطورة هذه المشكلة فجائية حدوث السيول وما ينتج عنها من تخريب ودمار قد يؤثر سلباً على حياة الإنسان ووجوده وممتلكاته وأنشطته الاقتصادية المتباينة حيث توجد عدة مراكز سكنية عند مصبات الأودية وكلها بطبيعة الحال في غير مأمّن من أخطارها.

وتعرضت المنطقة عبر تاريخها الحديث لكوارث السيول عدة مرات كان أهمها سيول ٢١-٢٤ أكتوبر ١٩٩٠ وبلغت كمية المطر المتساقطة ٦٠ ملم حسب قراءة محطة أرصاد رأس بناس ونتج عنها إغلاق الطريق الساحلي في بعض أجزائه وتدمير بعض المنازل في حلايب وشلاتين، وكذلك السيول التي حدثت خلال شهري سبتمبر وأكتوبر ١٩٩٤، وسيول نوفمبر ١٩٩٥، وسيول ١٦-١٨ أكتوبر ٢٠٠٠ والتي دمرت أجزاء من الطريق الساحلي وتلفيات في بعض المراكز العمرانية الممتدة حتى الحدود المصرية السودانية، وسيول نوفمبر ٢٠١٢، والتي أثرت على الطريق الساحلي الرئيسي بالمنطقة وحدوث تشققات ضخمة فيه، وكذلك الطرق الفرعية بحلايب وشلاتين خاصة عندما تغمر هذه السيول الطرق وتعمل على إغلاقها وعرقلة حركة المرور بها وإحداث أضرار بالغة تتمثل في تكسيروها وتآكل جوانبها وهبوط بعض أجزاءها، كما تسببت

السيول في إغراق الكثير من المنازل والقرى، وهدم العديد من المنازل وقطع الاتصالات السلكية والكهرباء والمياه وتوقف الحياة تماماً في بعض القرى بحلايب وشلاتين ورأس حدرية.



المصدر:- مرئية فضائية من القمر الصناعي LANDSAT بدقة مكانية ٣٠م.

شكل (١) الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة.

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى:-

- ١- إبراز تأثير الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية والمناخية ودورها في ظهور أخطار الجريان السيلي بمنطقة الدراسة.

٢- التعرف على أخطار الجريان السيلي التي تتعرض لها منطقة الدراسة، وأثرها على مراكز العمران والطرق والأنشطة المختلفة باعتبارها خطراً قائماً من خلال دراسة العلاقة بين عناصر البيئة وأشكالها والعمليات الجيومورفولوجية التي تؤثر فيها ومدى الاستفادة منها.

٣- رسم خريطة جيومورفولوجية لتحديد مناطق الخطورة التي تتعرض لها منطقة الدراسة، وتقييم نوع الخطر إلى درجات حسب حجم خطورته والمساحة العمرانية الواقعة تحت تأثيره.

٤- تحديد مجاري الأودية التي يتوالد عنها أخطار الجريان السيلي وتصنيفها حسب درجة خطورتها باستخدام تقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

٥- تحديد أثر الجريان السيلي على مظاهر الحياة المختلفة، وما يصاحبها من مشكلات بيئية وأخطار تواجه الإنسان في منطقة الدراسة، ووضع الحلول المناسبة لمواجهتها.

٦- تقديم بعض المقترحات لمجابهة أخطار الجريان السيلي بالمنطقة، والحد من خطورته.

أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث من خلال التعرف على الأخطار الجيومورفولوجية بمنطقة الدراسة حيث تتفاقم تلك الأخطار، وتزداد يوماً بعد يوم، مهددة حياة الإنسان وممتلكاته ومقومات بيئته الطبيعية، مما يتطلب دراستها، وفهمها ومن ثم التنبؤ بها، ومجابهتها؛ وتتنوع تلك الأخطار في منطقة الدراسة تبعاً للعوامل والعمليات التي تحدثها، كما تختلف درجة خطورتها وتأثيرها على المناطق التي

تتعرض لها، ولعل من أهمها أخطار الجريان السيلي والتي تتعرض لها المدن والقرى الواقعة على الساحل الغربي للبحر الأحمر في كل من مصر والسودان والتي لها تأثير مباشر على حياة الإنسان.

منهج البحث وأساليبه:

تم الاعتماد على المنهج الإقليمي في تمييز الأخطار الجيومورفولوجية داخل منطقة الدراسة ومحاولة تقسيم المنطقة في النهاية إلى أقسام حسب درجات الأخطار وتقييمها جيومورفولوجياً، والمنهج الموضوعي من خلال دراسة العوامل الجيومورفولوجية المؤدية إلى حدوث السيول، وحركة المواد على المنحدرات في المنطقة المدروسة، ومدى تأثير المحلات العمرانية والمساحات الزراعية والطرق بتلك الأخطار، كما تم الاعتماد على المنهج التطبيقي في تناول دراسة الأخطار الجيومورفولوجية التي تتأثر بها بمنطقة الدراسة وطرق الحماية والحد منها.

كما استخدم عدة أساليب منها الأسلوب الوصفي الاستنتاجي في وصف بعض الظواهر المؤدية إلى حدوث السيول وتتبع الأخطار الناشئة عنها وتتبع التسلسل التاريخي لنشوء الخطر وتطوره، كما اعتمد على الأسلوب الكمي لمعالجة أشكال السطح بمنطقة الدراسة باستخدام المعادلات والعلاقات الرياضية والنماذج لتحليل الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة، كما اعتمد أيضاً على الأسلوب الكارتوجرافي في الرسوم البيانية وتمثيل للأرقام العددية والنسبية مع بعض الخرائط.

الإشكالية العلمية:

إن الإشكالية العلمية ناتجة من كونها المحرك الأساسي للعملية البحثية من خلال تحديد موضوع البحث ودراسته وتحليله وصولاً إلى النتائج وإيجاد الحلول.

ومن ثم تحديد الإشكالية العلمية من خلال عدة تساؤلات:

- ١- ما الخصائص الهيدرولوجية ذات العلاقة بالجريان السيلي بمنطقة الدراسة؟
- ٢- ما سلوك الظواهر الجيومورفولوجية والأخطار الناجمة عنها؟
- ٣- ما المناطق الأكثر خطورة بمنطقة الدراسة؟
- ٤- ما الحلول التي يمكن من خلالها مجابهة أخطار الجريان السيلي والحد من خطورته بمنطقة الدراسة؟

الدراسات السابقة:

تحظى دراسة الأخطار الجيومورفولوجية بكثير من الإهتمام حيث تمثل أحد الاتجاهات المهمة نحو الدراسات التطبيقية والتي يمكن الاستفادة منها في كثير من المجالات.

١- الدراسات العربية: أهمها دراسة (حجاب، ٢٠١١)، بعنوان "الجريان السيلي في محافظة سوهاج، دراسة جيومورفولوجية" تناولت هذه الدراسة أخطار الجريان السيلي لأحواض التصريف بمحافظة سوهاج، وعالجت أخطار السيول في منطقة الدراسة من خلال نوعين من المعايير أولها يتعلق باستخدام الأرض في مصبات وبتون الأودية، وثانيها يتعلق بخصائص أحواض التصريف، وختمت بوضع الحلول للحد تلك الأخطار، دراسة (شعبان، ٢٠١٢)، بعنوان "أخطار السيول على منطقة شرق مدينة المنيا دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية" تناولت الدراسة أخطار السيول على منطقة شرق المنيا وتوصلت الدراسة إلى أن أخطار السيول من أهم المعوقات التي تواجه الإنسان وأنشطته وعملية التنمية بمنطقة الدراسة، دراسة (شطا، ٢٠١٥)، بعنوان الخصائص

والأخطار الجيومورفوهيدرولوجية وتأثيراتها في حوض وادي البارود شمال منطقة سفاجا، هدفت الدراسة إلى التعرف على الخصائص المورفومترية والمورفولوجية والهيدرولوجية لحوض وادي البارود وتحديد درجات الخطورة في الأجزاء المختلفة للحوض، باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، دراسة (السبيعي، ٢٠١٦)، بعنوان "الأخطار الطبيعية على الطريق الصحراوي الغربي (فيما بين الأقصر جنوباً وأبوتشت شمالاً)" تناولت الدراسة الأخطار الطبيعية المتمثلة في أخطار الانهيارات الصخرية والسيول على الطريق الصحراوي الغربي وبالتحديد غرب محافظة قنا بين الأقصر جنوباً وأبوتشت شمالاً، ودراسة (أبورية، ٢٠١٦): بعنوان الأخطار الجيومورفولوجية في البر الغربي لمدينة الأقصر باستخدام التقنيات الجغرافية الحديثة، وتناولت الدراسة الأخطار الجيومورفولوجية مثل الجريان السيلي والانزلاقات الصخرية والحركة البطيئة للمنحدرات وأختتمت الدراسة بتحديد أنواع أخطار الجيومورفولوجية بالمنطقة وكيفية الحد منها دراسة (سالم ، ٢٠١٩) بعنوان " شبكة التصريف في منطقة رأس غارب والأخطار الجيومورفولوجية المرتبطة بها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية" وتناولت دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف، واعتمد على الخصائص الهيدرولوجية كمحدد لدرجات الخطورة من خلال تطبيق عدد من المعادلات الرياضية الخاصة بزمني التباطؤ والتركيز ومعدلات التدفق، وختتمت الدراسة بوضع تصور لمجابهة أخطار السيول، دراسة (الكيلي وعبد الجواد، ٢٠٢٠)، النمذجة لهيدرولوجية ثنائية الأبعاد للجريان السيلي، حوض وادي الجمال، البحر الأحمر، مصر، باستخدام تطبيقات الجيوماتكس، تناولت تقدير الجريان السيلي بالاعتماد على برنامج WMS

وأجراء القياسات الخاصة بالمؤشرات الهيدرولوجية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، كذلك استخدمت التحليلات المكانية باستخدام تقنيات الجيوماتكس، وتم خلالها تقدير احتمالات تدفق الجريان السيلي.

٢- الدراسات الأجنبية: أهمها دراسة (Youssef,etal.,2009) بعنوان "تحليل المخاطر الجيومورفولوجية على طول ساحل البحر الأحمر المصري بين سفاجا وشقير، وتناولت الدراسة الاخطار الجيومورفولوجية علي ساحل البحر الأحمر فيما بين القصير وسفاجا، من خلال تقييم المخاطر الجيومورفولوجية للسيول وحركة المواد على المنحدرات، وتم اعداد خرائط للأخطار الجيومورفولوجية للمنطقة سواء السيول أو حركة المواد، لاسيما على طول محاور الطرق والسكك الحديدية والتجمعات البشرية، دراسة (Azab , 2009) بعنوان "أخطار السيول بين مرسى علم- ورأس بناس" واعتمدت الدراسة على الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف لتقدير الجريان السيلي وتحديد درجات الخطورة، دون ذكر أي من طرق تحديد درجات الخطورة أو معدلات التصريف، واقترحت الدراسة للتحكم وتخفيف مخاطر الجريان السيلي، إقامة العديد من السدود عند الأجزاء العليا من منابع الأودية للتقليل من حدة اندفاع المياه وتقليل مسارها، ودراسة (AbouEl-Magd,etal.,2010) بعنوان نمذجة نظم المعلومات الجغرافية للتغير المكاني لأخطار السيول المفاجئة في حوض وادي أبو دباب، منطقة البحر الأحمر، مصر، تم خلالها تقييم مخاطر الفيضانات في حوض تصريف مياه أبو دباب، واستخدمت البيانات الناتجة عن الاستشعار عن بعد لتحديد القنوات الفيضية النشطة، ودمجها مع المعاملات الشكلية المستخرجة من

نماذج الارتفاع الرقمية DEM في نظم المعلومات الجغرافية لبناء نموذج هيدرولوجي، يقدم تقديرات عن كمية الجريان السطحي وحجم الفيضانات المفاجئة. وتختلف ذروة التصريف بشكل عشوائي في مختلف المقاطع العرضية على طول القناة الرئيسية، دراسة (Mahmoud,2014) بعنوان "التحقيق في نمذجة الجريان السيلي لمصر باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية" تناولت هذه الدراسة تقدير معامل الجريان السطحي المحتمل باستخدام نظام المعلومات الجغرافية وتم خلالها إنشاء خريطة الانحدارات لمصر من DEM بدقة ٣٠ م، ورسم خريطة جريان سطحي، دراسة (Abdelfttah,etal.,2017) بعنوان "تقييم أخطار السيول بوادي الملوك في مصر" وتناولت هذه الدراسة اثر السيول على المناطق الأثرية بوادي الملوك بالأقصر وتناولت هذه الدراسة تقييم مخاطر السيول من خلال استخدام نموذج هيدروديناميكي ثنائي الأبعاد مقترن بنمذجة جريان الأمطار باستخدام TELEMAC-2D لمحاكاة الوضع الحالي والمستقبلي لحدوث السيول، دراسة (Abo El-Nasr , etal., 2017) الحد من المخاطر والاستخدام الأمثل لمياه السيول في وادي الاسيوطي، الصحراء الشرقية، مصر تناولت هذه الدراسة الجريان السيلي في وادي الاسيوطي، ومحاولة للحد من أخطاره، وإيجاد حلول عملية لتخزين المياه، واستخدامها في تحقيق التنمية المستدامة بالمنطقة، ودراسة (Elsadek.,etal., 2019) بعنوان "تحليل أخطار الجريان السيلي بوادي قنا بمصر باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية" وتناولت هذه الدراسة أخطار الجريان السيلي بوادي قنا من خلال دراسة خصائص الحوض وشبكة التصريف، ودراسة (El Bastawesy,etal., 2019) بعنوان "السيول

الفجائية والمياه الجوفية لأحواض الأراضي الجافة غير المقاسة باستخدام الاستشعار عن بعد وبيانات نظم المعلومات الجغرافية: دراسة حالة من الصحراء الشرقية لمصر" تناولت التقييم الكمي والنوعي للمعاملات الهيدرولوجية وحدوث المياه الجوفية. كدراسة حالة، تم تحليل وادي اسل على ساحل البحر الأحمر هيدرولوجياً باستخدام نهج تكاملي من أدوات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وأوصت الدراسة ببناء سدود رئيسية عند خانق الوادي الرئيسي من أجل السيطرة الكاملة على السيول المفاجئة وتعزيز التغذية المحتملة لطبقة المياه الجوفية الأساسية، ودراسة (Abu El-Magd, et al., 2020) بعنوان "اتخاذ القرارات المتعددة المعايير لتحليل الجريان السيلي المفاجيء:دراسة حالة لأولاد طوق شرق -جنوب شرق سوهاج تناولت الدراسة العوامل المختلفة المتعلقة بالسيول المفاجئة مثل الارتفاع والمنحدر وشبكة التصريف وليثولوجية الصخور والطبوغرافية، وكذلك استخدام الأراضي، وإعادة تصنيفها استناداً إلى مساهمتها وتأثيرها على احتمال حدوث الفيضانات، دراسة (Singh&Pandey,2021) تقييم مدى قابلية التأثر بالسيول وتقسيم المناطق من خلال منهج متكامل في حوض نهر الجانج الأعلى في منطقة شمال غرب الهيمالايا في ولاية أوتارا انتشال، تناولت هذه الدراسة أثر السيول على أوتارا انتشال وهي ولاية جبلية في شمال غرب الهيمالايا بالهند من خلال دراسة تسعة عشر حوض تصريف وقد خلصت الدراسة إلى رسم خريطة للمناطق المعرضة للسيول الفجائية.

محتويات البحث:

يتناول البحث أخطار الجريان السيلي بمنطقة الدراسة، والتي تعد أحد أهم الأخطار الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة من حيث الأنتشار وتكرار الحدوث وظهورها المفاجيء وسرعة جريانها، وفيما يلي دراسة لأخطار الجريان السيلي وطرق الحماية، وبعض الحلول والمقترحات، وتتمثل جوانب الدراسة في الآتي: -

أولاً: الخصائص الجيولوجية.

ثانياً: الخصائص المناخية.

ثالثاً: الخصائص التضاريسية.

رابعاً: طبيعة التربة وخصائص النبات الطبيعي.

خامساً: الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف

سادساً: الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف.

سابعاً: طرق الحماية من الجريان السيلي وبعض الحلول والمقترحات.

وفيما يلي دراسة لكل عنصر من هذه العناصر على النحو التالي: -

أولاً: الخصائص الجيولوجية: -

تتألف التكوينات الجيولوجية من الصخور الرسوبية التي تتراوح أعمارها بين عصر الكريتاسي الأدنى ممثلة في الحجر الرملي النوبي، وبين الزمن الرباعي والتي تظهر عند قمة العمود الجيولوجي، مع وجود بعض الصخور النارية والمتحولة التي ترجع إلى الزمن الأركي وتقع أسفل هذه التكوينات الرسوبية.

أ: -تكوينات الزمن الأركي (صخور القاعدة):

تمثل هذه الصخور الأساس القاعدي الذي ترسبت فوقه الصخور الرسوبية خلال العصور الجيولوجية المختلفة. كما تمثل جزءاً من الكتلة العربية الأفريقية التي فصل بين أجزائها أخدود البحر الأحمر، ونمت فوقها أراضي شبه الجزيرة

العربية وشمال أفريقيا. ويرجع أقدم هذه الصخور طبقا لما ورد في الخرائط الجيولوجية إلى عصر البريكامبري الأعلى وتتمثل هذه الصخور في الجرانيت الوردي والجرانيت القلوي والجرانيت الرمادي والصخور البركانية المتحولة وصخور الميتاجابرو والسرينتين والشست وذلك على النحو التالي: -

الجرانيت: تغطي تكوينات الجرانيت مساحات واسعة من منطقة الدراسة وتتمثل أنواعها في تكوينات الجرانيت الوردي وهو الجرانيت الألكي الذي تكون بعد الحركات التكتونية التي تعرضت لها منطقة الدراسة وتتميز هذه الصخور بأن حبيباتها أكثر خشونة وأكثر صلابة من تكوينات الجرانيت القلوي والرمادي، كما تزيد فيها العناصر القلوية مثل الصوديوم والبوتاسيوم ومعادن الميكروكلين والهورنبلند والألبيت وتتوزع فهذه التكوينات في العديد من المناطق مثل منطقة جبل قاش الأمير وجبل علبة. وكذلك تكوينات الجرانيت الكلسي القلوي وتتمثل في جبال حمرة الدوم وشنديب وحقوف وكذلك بعض المناطق داخل الحدود السودانية بمنطقة وادي كراف. (Geological Map of the Sudan,1981).

أما تكوينات الجرانيت الرمادي و هي عبارة عن صخور كلسية قلوية تزداد فيها كمية الكالسيوم عن الصوديوم والبوتاسيوم، وينتمي إليها الديورايت المروى والجرانوديورايت وهذا النوع من تكوينات الجرانيت مصاحب للحركات التكتونية، وتتركز هذه التكوينات في مناطق جبل علبة وأم الجلالة وجبل لجاج إلى جانب ظهورها في مناطق تقسيم المياه بين بعض روافد وادي كراف والأودية الجافة بدولة السودان) (Ismail,etal.,2015,p.277)

- **الصخور البركانية المتحولة:** وتشتمل هذه الوحدات الصخرية على مجموعة متنوعة من صخور البازلت والانديزيت والريولايت المتحولة والتي تحولت نتيجة

للضغط والحرارة الشديدين إلى الشست الكلوريتي وهذه الصخور دقيقة التحبب، وتظهر باللون الأحمر والأسود وتتنوع هذه التكوينات في مناطق جبال أم الطيور الفوقاني وسواريب وأواريبب (الألفي، ١٩٩٨، ص ١٢٠)..

- **الجابرو الحديث:** تتألف هذه الصخور من الميتاجابرو والدايوريت والتلك والامفيبوليت والسرينتين، ويتضح عدم التناسق في حجم حبيبات هذه الصخور حيث تتراوح حبيباتها بين المتوسطة إلى الخشنة مع ندرة من الحبيبات الناعمة، ولونها مائل للاخضرار وأحيانا مائل للرمادي والميتاجابرو ديوريت المتداخل مع النيس والشست والتكوينات البركانية المتحولة.

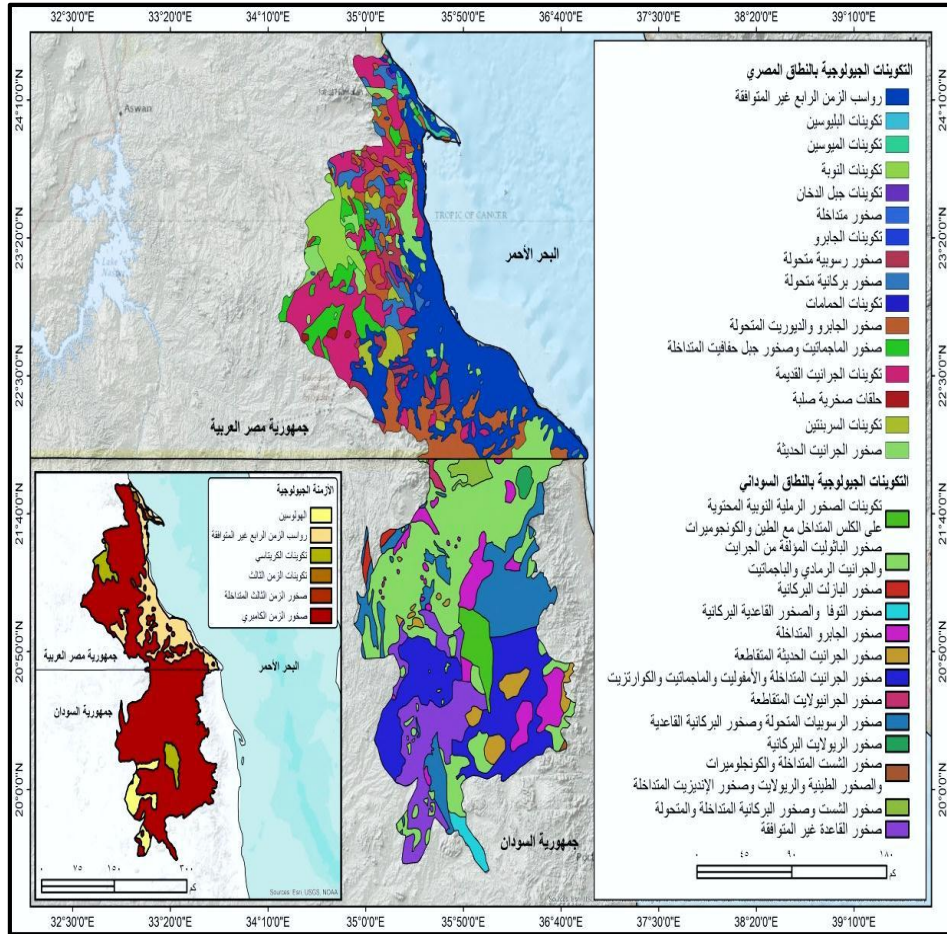
- **مجموعة الحمامات:** هي عبارة عن صخور رسوبية قديمة غير متحولة وتتكون من صخور فتاتية جيدة الطباقية تشمل الحجر الجيري والكونجلوميرات، وتظهر على جوانب أودية أبب وكراف بمنطقة الدراسة.

ب: الصخور الرسوبية:

- **تكوين الحجر الرملي النوبي (كريتاسي أدنى):** يستقر هذا التكوين فوق صخور القاعدة وهو عبارة عن تتابع صخري يحتوي على طبقات متبادلة من الحجر الرملي وطبقات من الطفلة يتراوح ألوانها ما بين الأبيض والبني المائل إلى السواد أو الضارب للحمرة (الألفي، ١٩٩٨، ص ١٢٤).

- **تكوين طارف (كريتاسي أعلى):** ويعلو تكوين الحجر الرملي النوبي ويتألف من حجر رملي ذو طبقات متوسطة السمك تمتاز بألوانها الداكنة والبنية البيضاء، وتظهر هذه التكوينات على شكل بقع صغيرة بجوار خط الساحل ويتراوح سمكه ما بين ١٥-٣٥ م.

- تكوين الرنجا (ميوسين أسفل): يتكون في معظمه من تتابعات من الكونجلوميرات والأحجار الرملية الخشنة التي تتميز بألوانها الحمراء والتي ترجع إلى احتوائها على أكاسيد الحديد مع السلت، وتكوين رنجا غير حفري.



المصدر: - عمل الباحث اعتمادا خريطة كونكو الجيولوجية لوحة برنيس/١، ١٩٨٧، ٥٠٠,٠٠٠

الخريطة الجيولوجية للسودان /١، ٢٠٠٠,٠٠٠، قسم الخرطوم، ١٩٨٣

شكل (٢) الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة.

- تكوين جبل الرصاص (ميوسين أوسط): تتألف صخوره من الحجر الرملي الذي يختلط بالرمل الخشن الأخضر والطفلة وتتداخل معها أشرطة من الحجر الجيري الرملي الغنية بالحفريات والشعاب المرجانية (Ball,1912,P.12) .
- تكوين جابر (بلايوسين أوسط): يتكون من الحجر الرملي يعلوها طبقة من الحجر الرملي الدولوميتي بسمك ٨٠ م ثم طبقة من المارل والحجر الرملي المرجاني (Said,1990, p.356) .
- تكوين شجرة (بلايوسين أعلى): يتألف من طبقات من الأحجار الجيرية والكونجولوميرات والتي ترسبت في ظروف بيئية نشطة، ويتراوح سمكه ما بين ١٢٠-١٦٠ متراً، وتظهر أهمية هذا التكوين من الناحية الجيومورفولوجية حيث ترتبط به العديد من الأشكال التضاريسية مثل الرؤوس والشروم البحرية والدلتاوات والمصاطب البحرية.
- رواسب بحرية ساحلية (بلايستوسين): تتمثل في الشعاب المرجانية والشواطئ المرتفعة على ساحل البحر الأحمر، وتتألف من الحجر الجيري شديد المسامية وتكون الشعاب المرجانية القديمة منها بعض الجزر داخل البحر الأحمر مثل جزر الزبرجد والكوع والمرير والسيال وحلايب.
- رواسب فيضية (بلايستوسين): تتألف هذه الرواسب من الزلط والحصى والحصباء المستدير وشبه المستدير والرمال بأحجامها المختلفة، وتتباين الحبيبات بها حسب نوعية صخور المصدر، وتتكون عادة من الكوارتز والفلسبار والرمال السوداء.
- رواسب المنحدرات والأودية (هولوسين): تغطي معظم منطقة السهل الساحلي، ويطون وجوانب الأودية ومصابتها، إلى جانب بعض أقدام

المنحدرات، وتتألف هذه الرواسب من حبيبات من الرمل والزلط والتي يزداد حجمها بالاتجاه لأعالي الأودية بجانب الطمي والسلت، وتتمثل الأهمية الاقتصادية لدراسة المنحدرات في احتوائها على أغلب خزانات المياه الجوفية بالإضافة إلى نمو النباتات والأعشاب الطبية نتيجة لقدرتها على امتصاص مياه الأمطار وحفظها من التبخر.

وتشير دراسة البنية والتراكيب الجيولوجية إلى تأثير منطقة الدراسة بالعديد من الصدوع والتي أثرت بدورها في تشكيل الملامح الرئيسية بمنطقة الدراسة، ويرجع ذلك إلى أن المنطقة كانت عرضة للعديد من حركات التصدع التي بدأت منذ ما قبل الكمبري، وتجددت في العصر الجوراسي وأواخر العصر الكريتاسي، واستمرت في الزمن الثالث حيث بلغت ذروتها في عصر الأوليوسين، وقد ساهمت الصدوع في توجيه المجاري المائية وأعدادها وأنماط تصريفها والتي اتخذت على طول محاورها المظهر الخطى شبه المستقيم، إلى جانب ذلك فقد ساهمت هذه الصدوع في إضعاف سطح المنطقة أمام عوامل التعرية، مما ساعد على سرعة تعميق الأودية الجافة لمجاريها ونشأة العديد من خطوط التصريف على محاور أو مناطق الضعف فوق سطحها وبالتالي التأثير على منطقة الدراسة.

وتعد الطيات من التراكيب الجيولوجية التي لعبت دوراً ثانوياً في تشكيل سطح المنطقة مقارنةً بالدور الذي لعبته الصدوع، ويتركز وجود الطيات في الجزء الجنوبي الغربي من المنطقة والذي يغلب عليه الصخور الرسوبية، وتأخذ محاور الطيات في معظمها الاتجاه الجنوب الغربي-الشمالي الشرقي، مما يوحي بأنها قد صاحبت حركات التصدع التي تعرضت لها المنطقة على مدى تاريخها الجيولوجي، وأنها ليست صدىً للحركات الالتوائية الألبية.

وقد اتضح من خلال المشاهدات الحقلية للمنطقة أن الفواصل في المنطقة تأخذ شكلاً أفقياً أو مائلاً، وتتفق اتجاهاتها إلى حد كبير مع توجيه التراكيب الإنكسارية (اتجاهات الصدوع)، مما يدل على ارتباط نشأتها بتلك الصدوع، كما يتضح أن الفواصل ذات الاتجاه الشمال الشرقي/ الجنوب الغربي والشمالى الغربي/الجنوبى الشرقى تعد من أكثر الفواصل شيوعاً، وتسهم هذه الفواصل في زيادة عمليات التسرب التي تحدث أثناء سقوط الأمطار وأثناء عمليات الجريان السطحي مما يعمل على زيادة الفاقد من التسرب، وقلة حجم المياه الجارية في الأودية في بعض قطاعات مجاريها وبالتالي تؤثر على حملتها من الرواسب.

ثانياً: الخصائص المناخية:

ترجع أهمية دراسة الخصائص المناخية إلى أهميتها وتأثيرها على أحداث السيول بمنطقة الدراسة، وسوف تقتصر الدراسة على المطر والتبخر والحرارة والعوامل المؤثرة عليها لما لها من علاقة بعملية الجريان السيلي بمنطقة الدراسة، ودورها في تحديد نوع وأحجام الأمطار الساقطة على المنطقة، وكمية المياه المفقودة وطبيعة الجريان وخصائصه المختلفة وفيما يلي دراسة للعناصر المناخية المؤثرة على السيول بمنطقة الدراسة: -

الأمطار: تتعرض منطقة الدراسة للأمطار العواصف الرعدية نتيجة تقدم منخفض السودان الموسمي نحو الشمال ويتم ذلك عادة في فصل الربيع وأوائل فصل الصيف، وتتميز هذه الأمطار بعدم انتظامها وتباينها زمنياً ومكانياً حيث تختلف في سقوطها بصورة كبيرة سواء إن كانت في توزيعها الشهري أو الفصلي أو السنوي، وتعتبر هذه الخاصية من السمات المميزة للمطر الصحراوي، مما يزيد

من فرص حدوث السيول على المناطق الجبلية وانحدارها نحو الساحل متبعة الروافد الرئيسية المنحدرة تكتسح كل ما يقابلها من طين ورمال وحصى وجليد كبيرة ويتولد عنها أخطار على المراكز العمرانية بمنطقة الدراسة.

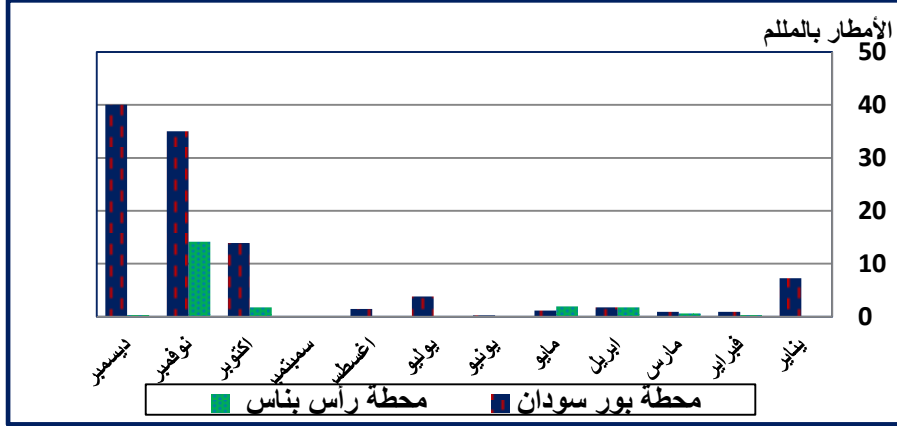
ويوضح الشكل (٣) توزيع الأمطار على شهور السنة في محطتي رأس بناس وبورسودان ومنها يمكن استنتاج الخصائص التالية: -

- يبلغ متوسط المطر السنوي بمنطقة الدراسة ٥,٣ ملم وهو متوسط منخفض للغاية ويشير ذلك إلى ما تعانيه منطقة الدراسة من جفاف شديد، ويبلغ المتوسط السنوي للمطر بمنطقة الدراسة بمحطتي بورسودان ٨.٨ ملم ورأس بناس ١,٧ ملم على الترتيب، وتتميز هذه الأمطار بعدم انتظامها وتغايرها زمنياً ومكانياً حيث تختلف في سقوطها بصورة كبيرة في توزيعها اليومي أو الفصلي والسنوي مما يزيد من فرص حدوث السيول على المناطق الجبلية وانحدارها نحو الساحل متبعة الروافد الرئيسية المنحدرة صوب ساحل البحر الأحمر.

- تسقط الأمطار بكمية كبيرة خلال الفترة من شهر أكتوبر حتى شهر ديسمبر، حيث بلغت قمتها في شهري أكتوبر ونوفمبر ١٦ ملم، وخلال شهر نوفمبر ٤٠ ملم بمحطة بورسودان، أما محطة رأس بناس فأقصى كمية مطر سقطت خلال شهر نوفمبر ١٤.١ ملم، يرجع ذلك إلى كثرة حدوث العواصف الرعدية التي يرتبط بها الأمطار الغزيرة.

- يبلغ المتوسط العام لأكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد على منطقة الدراسة ٦٠ ملم في محطة رأس بناس في شهر نوفمبر، بينما كانت ٣٥.٠١ ملم في محطة بورسودان في شهر نوفمبر، ويؤدي سقوط الأمطار

خلال هذه الأيام بصورة فجائية على شكل رخات مركزة إلى حدوث الجريان السيلي بمنطقة الدراسة كما يتضح من جدول (١).



شكل (٣) المتوسط الشهري لكمية الأمطار الساقطة بمنطقة الدراسة.

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية بالسودان خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠١٢).

الهيئة العامة للأرصاد الجوية بمصر خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠١٠).

- يتضح أن طبيعة الأمطار وخصائصها تؤثر على الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف حيث تتميز بموسمية واضحة خلال فصلي الخريف والشتاء، وتتركز بشكل يؤثر على الجريان السيلي بمنطقة الدراسة خلال شهور أكتوبر ونوفمبر وديسمبر، كما يتضح أن متوسط كمية الأمطار الساقطة في يوم واحد تزيد على ما يسقط على المنطقة من مطر في أعوام عديدة، ويشير ذلك إلى إمكانية حدوث سيول فجائية من خلال تجميع أحواض التصريف لكميات الأمطار الفجائية الساقطة خلال يوم واحد، حيث أن تركز المطر في فترة زمنية قصيرة يساعد على حدوث الجريان السيلي بعكس سقوط نفس الكمية خلال فترة زمنية طويلة حيث أن الحد الأدنى لكمية الأمطار التي تكفي لإحداث جريان سيلي ينبغي الا تقل عن ١٠ ملم/دقيقة بإجمالي ١٠ ملم خلال العاصفة المطيرة

الواحدة (صالح، ١٩٨٩، ص ١٥)، ويتضح أيضاً إلى أن كمية الأمطار بمنطقة الدراسة تتميز بعدم انتظامها وتفاوتها وتغايرها زمنياً ومكانياً حيث تختلف في سقوطها بصورة كبيرة في توزيعها اليومي والفصلي والسنوي مما يزيد من فرص حدوث الجريان السيلي نتيجة لتفوق قدرة المفتتات على التسرب والتبخر. جدول (١) ملخص الأحوال المناخية في منطقة الدراسة خلال الفترة من (١٩٦٠-٢٠١٢).

البيانات المناخية	درجة الحرارة			المطر		المتوسط اليومي لمعدل التبخر	المتوسط الرطوبة النسبية (%)	
	متوسط سنوي	متوسط درجة الحرارة العظمى	متوسط درجة الحرارة الدنيا	متوسط سنوي	أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد			
					التاريخ			الكمية بالمليمتر
رأس بناس	٢٥.٤	٣١.٧	١٩.١	١.٧	١٩٩٠/١٠/٢١	٦٠	٥٢	
بورشودان	٢٧.٩	٣٢.٩	٢٢.٩	٨.٨	٢٠١١/١١/٥	٣٥.٠١	٦١	

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية بالسودان خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠١٢).

الهيئة العامة للأرصاد الجوية بمصر خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠١٠).

التبخر: يمكن الوقوف على مقدار كمية التبخر أثناء الجريان السيلي ومن ثم حساب صافي الجريان من خلال دراسة معدلات التبخر بمنطقة الدراسة، وهناك عدة عوامل تؤثر على كمية المياه المتبخرة مثل كمية الأمطار، وفترة سقوطها والخصائص التضاريسية لأحواض التصريف، وكثافة الغطاء النباتي وخصائص التربة، وتشير دراسة معدلات التبخر إلى ارتفاع قيمتها بدرجة واضحة في محطتي منطقة الدراسة (رأس بناس، بورشودان)، فمن خلال بيانات الجدول (٢)، وشكل (٤)، بلغ المتوسط السنوي لمعدلات التبخر بمحطتي منطقة الدراسة ١٦.٣ ملممترًا، ١٤.٤ ملممترًا على الترتيب.

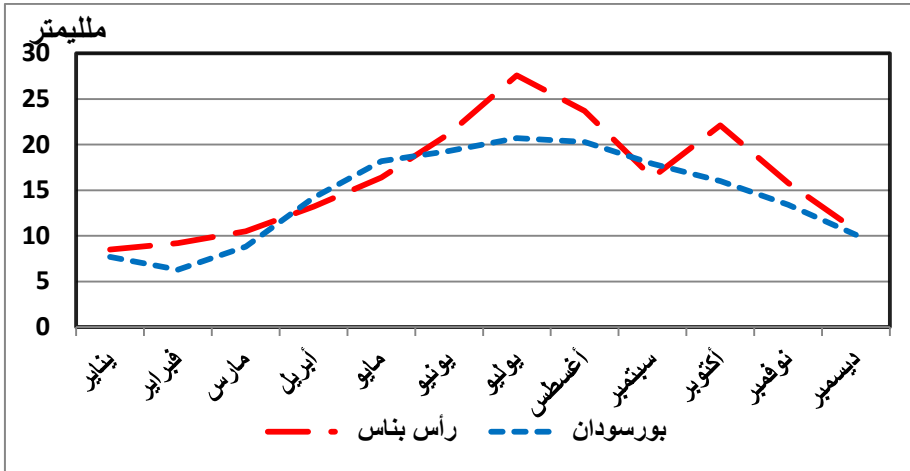
جدول (٢) يوضح معدل التبخر بمنطقة الدراسة .

الشهر	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥	المتوسط	
رأس بناس	٨.٥	٩.٢	١٠.٥	١٣.٢	١٦.٤	٢١.٢	٢٧.٦	٢٣.٧	١٦.٤	١٦.٤	٢٢.١	١٥.٨	١٠.٦	١٦.٣
بورسودان	٧.٧	٦.٣	٨.٨	١٤.٢	١٨.٢	١٩.٣	٢٠.٧	٢٠.٣	١٧.٩	١٦	١٣.٤	١٠.١	١٤.٤	١٤.٤

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية بمصر خلال الفترة (١٩٨٠-٢٠٠٥).

الهيئة العامة للأرصاد الجوية بالسودان خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠١٠).

كما ارتفعت قيم معدل التبخر خلال شهور يونيو ويوليو وأغسطس. وبمقارنة المعدلات الشهرية وجد أن أعلى طاقة للتبخر بالمنطقة بلغت أقصاها خلال شهور الصيف، فقد سجلت محطتي منطقة الدراسة خلال شهور يونيو يوليو وأغسطس ٢١.٢ ملليمترًا، ٢٧.٦ ملليمترًا، ٢٣.٧ ملليمترًا على التوالي بمحطة رأس بناس، في حين بلغت معدلات التبخر ١٩.٣ ملليمترًا، و ٢٠.٧ ملليمترًا ، ٢٠.٣ ملليمترًا على التوالي بمحطة بورسودان ويرجع ذلك إلى جفاف الهواء وارتفاع درجة حرارته وانكشاف السطح وخلوه من النبات الطبيعي مما ساعد على زيادة كمية المياه المتبخرة. أدى قرب منطقة الدراسة من البحر الأحمر إلى ارتفاع معدلات الرطوبة النسبية حيث أن السهل الساحلي الذي يقترب من حضيض مرتفعات البحر الأحمر يؤدي إلى اصطدام نسيم البحر بالحافة الرأسية وبالتالي ارتفاع معدلات الرطوبة النسبية بشكل عام على طول ساحل البحر الأحمر بمنطقة الدراسة، وترتفع بالاتجاه جنوباً كلما تعمقنا داخل الأراضي السودانية، ويصل المتوسط السنوي لمعدل الرطوبة بمحطتي رأس بناس، وبورسودان ٥٢%، ٦١% بالترتيب.



المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية بمصر خلال الفترة (١٩٨٠-٢٠٠٥).

الهيئة العامة للأرصاد الجوية بالسودان خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠١٠).

شكل (٤) معدل التبخر بمنطقة الدراسة

وتعتبر درجة الحرارة من أهم عناصر المناخ الذي تتوقف عليه جميع العناصر المناخية حيث أن هناك علاقة كبيرة بين درجة الحرارة والتبخر فكلما ارتفعت الحرارة زاد معدل التبخر والعكس، فالنطاق الصحراوي يتميز بارتفاع درجة الحرارة حيث بلغ متوسط الحرارة العظمى ببورسودان 32.9° م وسجلت أعلى درجة حرارة عظمى خلال أشهر يوليو وأغسطس وسبتمبر، أما أدنى درجة حرارة فبلغ متوسطها 22.9° م، أما محطة رأس بناس فقد بلغ متوسط الحرارة العظمى 31.7° م، ويلاحظ أن أعلى درجة حرارة عظمى سجلت خلال أشهر يونيو ويوليو وأغسطس، أما أدنى درجة حرارة فبلغ متوسطها 19.1° م، أما المدى الحراري فبلغ متوسطه 10.1° م، و 11.5° م على الترتيب بمحطتي منطقة الدراسة، وهو مدى حراري كبير انعكس بصورة مباشرة على معدلات التبخر بمنطقة الدراسة.

ثالثاً: الخصائص التضاريسية:

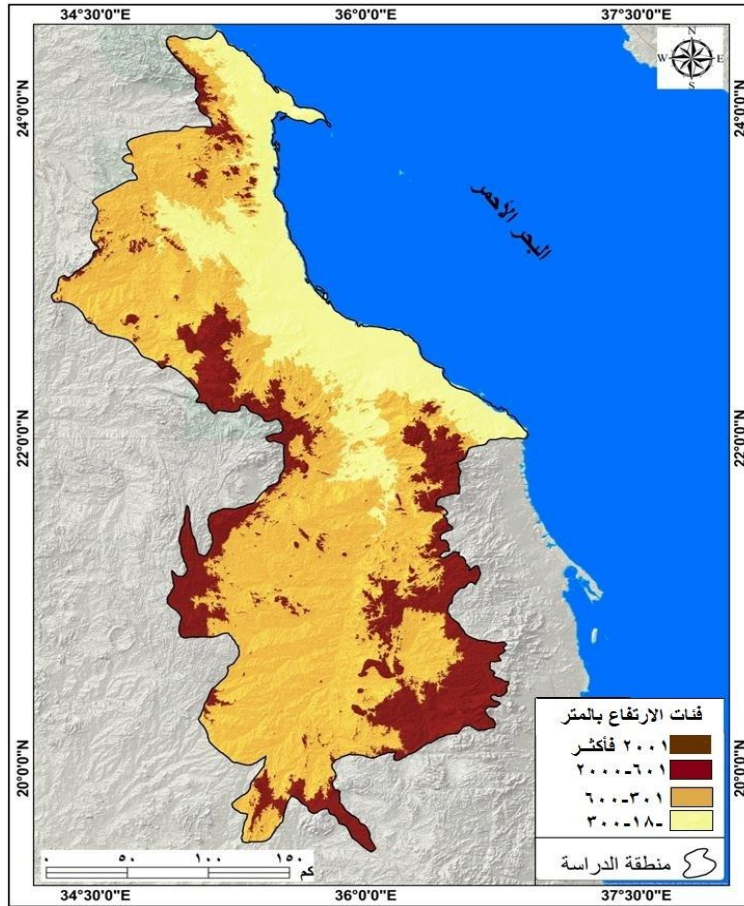
يبرز أثر الخصائص التضاريسية على كثافة التصريف المائي من خلال تأثيره على كمية وسرعة الجريان السيلي بمنطقة الدراسة، حيث تتميز الخصائص التضاريسية بالتنوع في الارتفاع والانحدار بين أجزاء المنطقة المختلفة، ويتراوح منسوب سطح المنطقة ما بين - ١٨م في السهل الساحلي حيث السبخات، و ٢١٤٧ م كأقصى ارتفاع في المناطق الجبلية بأعالي وادي كراف في جمهورية السودان، وتضم المنطقة وفقاً لمناسيب السطح المختلفة الفئات التالية: -

-**الفئة الأولى - ١٨-٣٠٠ متر:** تشمل أراضي السهل الساحل والتي تمتد بموازاة ساحل البحر الأحمر وتضم أراضي السبخات والمسطحات المتأثرة بالملوحة وبعض الكثبان الرملية الشاطئية، كما تضم هذه الفئة أراضي السهول الرسوبية والدلتاوات والمدرجات ومناطق ما بين الأودية وتتسم هذه الأراضي بانخفاض سطحها مقارنة بالفئات التالية ويغطي معظم سطحها رمال وحصى داكن اللون متباين الأحجام وبعض الصخور المتناثرة ، وتشمل هذه الفئة المناطق العمرانية بالقرب من خط الساحل في المنطقة الممتدة من حلايب وشلاتين شمالاً حتى رأس حدربة جنوباً كما يتضح من الشكل (٥) .

-**الفئة الثانية: ٣٠١-٦٠٠متر:** تضم أراضي المنحدرات عند أقدم الجبال حيث تترسب المواد الخشنة من الحصى والجلاميد الكبيرة الحجم وتنتشر بها بعض التلال المنعزلة والكثبان الرملية.

-**الفئة الثالثة: ٦٠٠-٢٠٠٠متر:** تضم هضبية وجبلية أقل ارتفاعاً مثل جبل الجرف وجبل أبوحديد والجرف ودريب وشندواي وحنقوف وهيناي وحميزة، وتبدأ

عند سلسلة جبل علبة وتتجه شمالاً تاركة سهلاً ساحلياً تقطعه بعض الأودية الكبيرة المساحة التي تصب في البحر الأحمر.



المصدر: - اعتماداً على الصور الرادارية للمعكوك الفضائي SRTM بدقة ٣٠ متر، بوابة USGS باستخدام برنامج ArcGis V10.3

شكل (٥) خصائص السطح بمنطقة الدراسة.

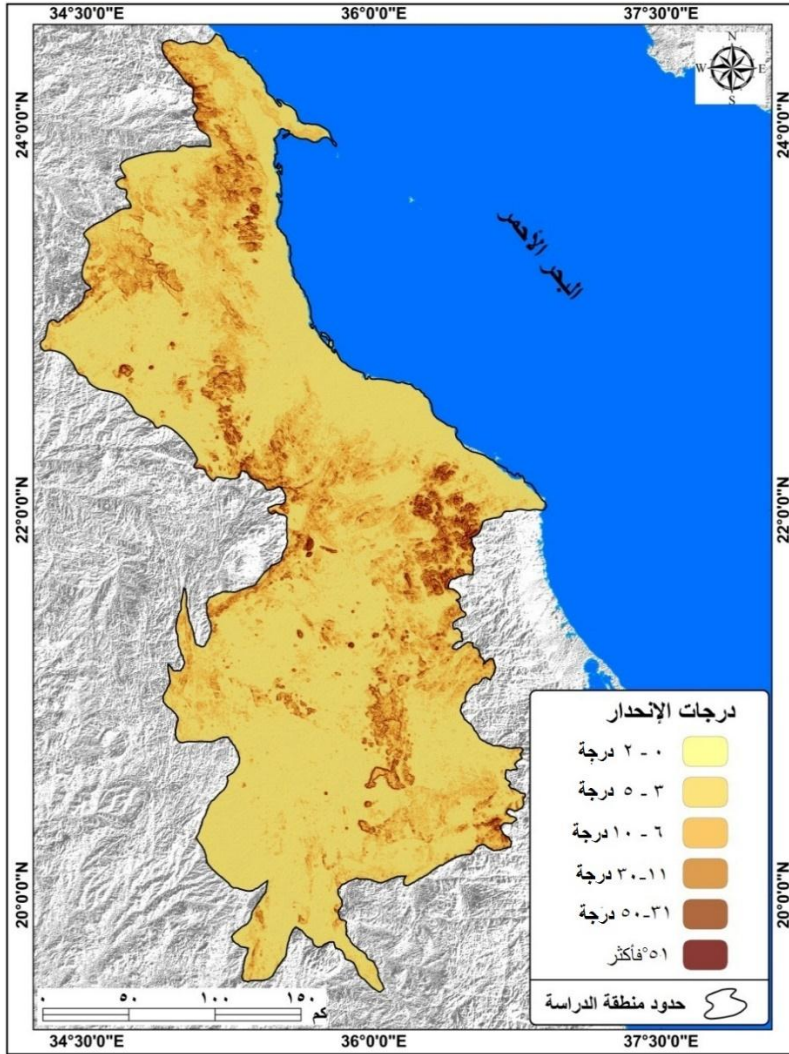
- الفئة الرابعة من ٢٠٠١ متر فأكثر: تشمل أراضي جبال البحر الأحمر في مصر والسودان والتي من أهمها جبلي شنديب وشلال وتتسم هذه الفئة بأنها تضم أعلى جبال مصر والسودان وأقدمها في التتابع الجيولوجي وبالتالي احتواءها

على الصخور النارية والمتحولة القديمة والتي تتميز بصلابتها ومقاومتها لعملية التعرية والتجوية.

وتتحد المنطقة بصفة عامة من الغرب والجنوب الغربي إلى الشرق والشمال الشرقي نتيجة لحركة الرفع والتصدع التي أصابتها خلال العصور الجيولوجية السابقة، وبالتالي تتخفف زوايا الانحدار كلما اتجهنا من المناطق الجبلية في الغرب صوب السهل الساحلي وخط الساحل في الشرق، ويؤثر هذا بدوره في تحديد طبيعة ونوعية العمليات الجيومورفولوجية المختلفة كالنحت والإرساب، وحجم الرواسب المنقولة (Carmona.etal,2021,p.6) ومن ثم الظواهر الجيومورفولوجية المختلفة الناتجة عن تلك العمليات، وقد أمكن عمل خريطة توضح درجات الانحدار بالمنطقة والتي أمكن خلالها تقسيمها إلى أربع مناطق تضاريسية لكل منها خصائصها وظروفها الخاصة وذلك على النحو التالي:-

-مناطق شبه مستوية (صفر-٢°): تشغل الجزء الشرقي والشمال الشرقي من منطقة الدراسة وهي عبارة عن شريط يمتد على طول الساحل الجنوبي الغربي للبحر الأحمر وأهم ما يميز هذا القطاع من السهل الساحلي اتساعه النسبي وتقطعه بمجموعة من الأودية أهمها سفيرة وشاب والديرية وميسبة وكراف وأوليا ومريكوان ويغطي هذا النطاق مجموعة من الرواسب الرملية والطينية والصلصال وتمتد به الطرق المعبدة والطريق الرئيسي حلايب شلاتين - رأس حدربة.

-مناطق خفيفة الانحدار (٣-٥°): تتركز بالقرب من الحواف الجبلية أو عند حضيضها بين النطاق المحصور بين السهل الساحلي في الشرق وأقدام الحافة الجبلية في الغرب، وهي عبارة عن سهل حصوي مستو قليل الوعورة.



المصدر: -نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة ٣٠ متر ، باستخدام برنامج Arcgis10.3

شكل (٦) درجات الانحدار بمنطقة الدراسة

-مناطق متوسطة الانحدار (٦°-٣٠°): تبرز فوق سطوح هذه المناطق بعض الأشكال الجيومورفولوجية أهمها التلال المنعزلة، مثل كرم علبة وأم ايريا وادراميت وولات كما يتضح من صورة (١)، وشكل (٦) ، وتتميز هذه المناطق بتقطعها بفعل المجاري المائية التي تنسم بالعمق وشدة الانحدار على السطح الجبلي

ولذلك ظهرت بها العديد من الأودية التي تتبع منها وتقطع أراضي السهل الساحلي مما ينعكس بدوره على زيادة أخطار الجريان السيلي على قرى أيورماد ومدينتي حلايب وشلاتين.



المصدر: الدراسة الميدانية للباحث

صورة (١) المناطق المتوسطة الانحدار صورة (٢) المناطق الشديدة الانحدار بجبل علبة

-مناطق شديدة الانحدار (٣١ ° فأكثر): وتتميز هذه المناطق بشدة انحدارها حيث تنحدر من الغرب إلى الشرق وإن كانت تميل إلى شرق الشمال الشرقي كما يتضح من صورة (٢)، ويرجع ذلك إلى طبيعة تكوين المنطقة خلال العصور الجيولوجية القديمة حيث أصابها حركات الرفع والتصدع والتي أدت بدورها إلى ارتفاع جبال البحر الأحمر بالجزء الغربي منها وظهور العديد من القمم الجبلية المرتفعة أهمها قمم جبال علبة وحنقوف وشنديب ومشبح وأم راسين.

رابعاً: خصائص التربة والنبات الطبيعي.

تتنوع التربة في منطقة الدراسة وتنقسم إلى عدة أنواع أهمها تربة السبخات الساحلية التي توجد في مناطق برك المد على ساحل البحر الأحمر، وتربة

السهل الساحلي وبطون الأودية وديلتاواتها، وتربة الأراضي الرملية والحصوية، وأخيرا تربة الأراضي الصخرية المغطاة بالرواسب، وفيما يلي دراسة لكل منها: -
- **تربة السبخات الساحلية:** - تتوزع تربة السبخات الساحلية بمنطقة الدراسة بالقرب من خط الساحل حيث تشغل مساحة ٩٢٧,٤ كم^٢ بنسبة ٣.١% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتظهر على هيئة بقع مستوية تغطي المياه أجزاء واسعة منها خلال فصل الشتاء، بينما تجف أجزاء كبيرة منها خلال فصل الصيف، وتربة السبخات الساحلية متنوعة الرواسب مختلفة المصدر تتركز على تتابعات رملية وصلصالية ويغلف سطحها بقشرات ملحية كما يتضح من شكل (٧) وصورة (٣)، وترتبط بالمناسيب المنخفضة ودرجة الحرارة العالية حيث تغمرها المياه أثناء حدوث المد العالي وفي أوقات حدوث العواصف تمتلئ بالمياه ومع حدوث الجزر وانخفاض منسوب المياه وانحساره وزيادة عمليات التبخر تزداد الملوحة وتترسب الأملاح على أرضية السبخة.

- **تربة السهل الساحلي ورواسب بطون الأودية:** هي عبارة عن تربة مسامية فقيرة جدا في موادها العضوية ذات قوام يتراوح ما بين الرمل إلى الطمي والحصوي وأحيانا جيرية تنتثر فوقها الأصداف وهي تربة حديثة منقولة تمثل رواسب قيعان الأودية المشتقة من جبال البحر الأحمر والتي جلبتها المياه في أوقات السيول من منابع هذه الأودية بالإضافة إلى بقايا عمليات التجوية، ويعد هذا النوع من التربة من أجود أنواع التربات صلاحية للزراعة والإستزراع من خلال الري بحفر خزانات المياه تحت السطحية بمنطقة الدراسة وتغطي هذه التربة مجتمعة مساحة ٢١٧٥٦.٣ كم^٢ بنسبة ٣٤.٧%.



المصدر: الدراسة الميدانية للباحث
صورة (٣) تربة السبخات الساحلية

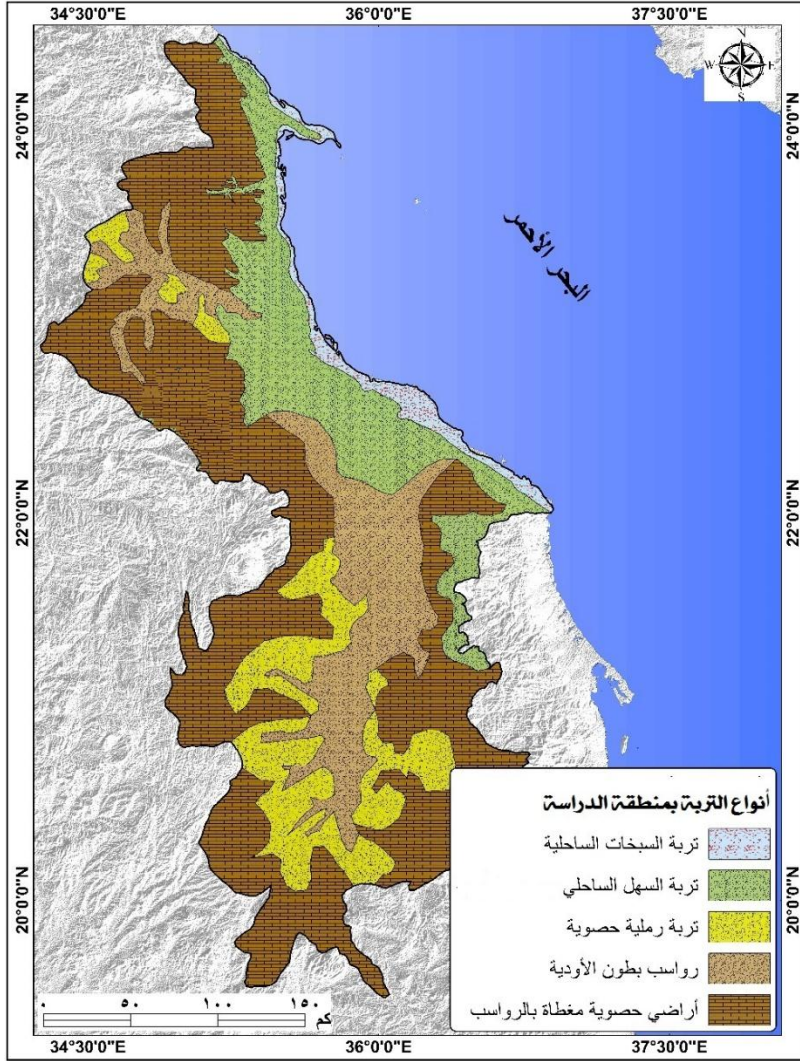
صورة (٤) تربة بطون الأودية بوادي كراف

-تربة رملية حصوية: -تغطي هذه التربة مساحة ٨٧٢٢.٤ كم^٢ بنسبة ١٣.٩% من المساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة، وترتكز على صخور الأساس ويتخللها التلال الصخرية وهي عبارة عن تربة حديثة النشأة قليلة العمق تسود بها الرواسب الرملية الناعمة وتتخللها بعض التكوينات الحصوية كما يتضح من الصورة (٥) ، وتتميز هذه التربة بالنفاذية العالية للمياه مما يقلل قدرتها على الاحتفاظ بالمياه.



المصدر: الدراسة الميدانية للباحث

صورة (٥) التربة الرملية التي تتخللها بعض التكوينات الحصوية بمنطقة الدراسة



المصدر: - عمل الباحث اعتمادا على خرائط التربة من بوابة USGS و FAO

شكل (٧) أنواع تربة الأراضي بمنطقة الدراسة

-أراضي صخرية مغطاة بالرواسب: وتتكون من رواسب ومفتتات قليلة السمك تكونت بفعل عمليتي التعرية والترسيب الملازمة للجريان السيلي التي تتعرض له منطقة الدراسة وتساعد هذه التربة على زيادة حجم الجريان المائي السطحي بسبب قلة مساميتها والتي لاتسمح بتسرب الماء مما يساعد على زيادة كمية

الفائض من المياه فوق سطحها، ويشغل هذا النوع من التربة مساحات كبيرة من بمنطقة الدراسة ٣٠١٩٧.٢ كم^٢ بنسبة ٤٨.٢%، يغطي هذا النوع من التربة أغلب المنابع العليا للأودية الجافة بمنطقة الدراسة.

ويتوزع في منطقة الدراسة غطاء نباتي قليل الكثافة في مناطق قليلة متفرقة ولها تأثير محدود على عملية الجريان السطحي بسبب قلة كثافتها وتتوزع النباتات بكثرة في منطقة جبل علبة حيث تسود به العديد من النباتات والأشجار أهمها أشجار الأكاسيا، *Acacia tortillis* والسنت و أشجار الحويط كما يتضح من صورة (٦)، كما تنتشر بعض النباتات في منطقة جبل علبة دلتاوات الأودية مثل نبات الهجليج والعوسج وشيت الجبل والطح والائل بمنطقة الدراسة (Abd el-Ghani & Abdelkhalik, 2006, p.126)، كما يتضح من صورة رقم (٧)، كما توجد أنواع أخرى من النباتات في مناطق السبخات وتسمى بنباتات المستنقعات الملحية مثل نبات المليح ونبات أبوساق ونبات الرطيط الأبيض *Zygophyllum* والغردق ونبات الشليل.



المصدر: الدراسة الميدانية للباحث

صورة (٦) الغطاء النباتي بدلتا وادي كراف، صورة (٧) الغطاء النباتي بمنطقة جبل علبة

خامساً: الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف:

تصب في منطقة الدراسة مجموعة من الأودية الجافة والتي تتحدر في معظمها من الغرب والجنوب الغربي إلى الشرق والشمال الشرقي، حيث تبدأ منابعها من الكتلة الجبلية في كل من مصر والسودان باتجاه السهل الساحلي لتصب في البحر الأحمر كما يتضح من شكل (٧)، ويبلغ عددها سبعة عشر وادياً تختلف فيما بينها من حيث الخصائص المورفومترية والمورفولوجية بسبب التباين في الانحدار والخصائص الليثولوجية للصخور، ولكنها تتفق فيما بينها من حيث صفة جريانها.

وتفيد دراسة أحواض التصريف وشبكاتها في معرفة خصائصها المساحية والشكلية التضاريسية حيث تفيد نتائجها في التعرف على الخصائص الشكلية والهيدرولوجية المؤثرة في حدوث السيول، ومعرفة مدى خطورة الأودية، ودرجاتها، وتأثيرها على مظاهر العمران بالمنطقة، كما تتخذ أحواض التصريف بمنطقة الدراسة أشكالاً مختلفة تؤثر بدورها في كمية الأمطار المتجمعة في هذه الأحواض وما ينتج عنها من جريان مائي، كما يمكن من خلالها تحديد أماكن الأخطار الجيومورفولوجية وأنسب الطرق في تنمية منطقة الدراسة، وتعد أحواض التصريف بمنطقة الدراسة نتاجاً للظروف المناخية القديمة خلال فترات الزمن الثالث والزمن الرابع، أما الظروف المناخية الحالية فيقتصر دورها على إجراء بعض التغيرات الطفيفة على تلك الأودية الجافة من خلال العمليات الجيومورفولوجية المختلفة كالتجوية والتعرية خاصة التعرية المائية خلال فترات سقوط الأمطار وما يصاحبها من جريان لمياه السيول.

وقد تم دراسة مساحة هذه الأحواض وأبعادها بالإضافة إلى خصائصها الشكلية والتضاريسية والخصائص المورفولوجية لشبكاتها، فقد بلغ مساحة أحواض التصريف قيد الدراسة ٤٦٤٨١,٤ كم^٢ أي تشكل ٧٤,٢% من مساحة المنطقة البالغ مساحتها ٦٢٦٠٣,٥ كم^٢، وبلغ المتوسط العام لمساحة الأحواض ٢٧٣٤.٢ كم^٢، وتتباين مساحة الأحواض حول هذا المتوسط، إذ تبلغ مساحة أصغرها حوض وادي أوليا ٨٥ كم^٢، في حين تبلغ مساحة أكبرها حوض وادي كراف ٣٦٣٥٦ كم^٢، وبانحراف معياري قدره ٨٦٩٦ كم^٢، ولذا بلغ معامل التباين ٣١٨ %، مما يدل على أن هناك تفاوت كبير للغاية بين هذه الأحواض من حيث النشأة والتشكيل وعمليات النحت المختلفة بها، ويرجع ذلك إلى مجموعة من العوامل أهمها قلة الانحدارات في الأحواض الكبيرة المساحة والتي ساعدت بدورها على سيطرة النحت الجانبي؛ مما أدى إلى اتساع تلك الأحواض والتي تغذيها المياه، بالإضافة إلى تباين المرحلة العمرية وتاريخ شبكة التصريف، وكذلك الاختلافات الكبيرة بين الأحواض من حيث التكوينات الصخرية المختلفة.

وترتبط أطوال الأحواض بمنطقة الدراسة كمتغير مورفومتري بالعديد من الخصائص المورفومترية الأخرى مثل أشكال الأحواض وخصائصها التضاريسية وكثافة التصريف، ومن خلال قياس أطوال الأحواض وجد أن مجموع أطوال أحواض بالمنطقة ١٠٣٤.٩ كم بمتوسط قدره ٦٠.٩ كم، مما يعكس وجود تباين شديد فيما بينها من حيث الطول حيث بلغت قيم الانحراف المعياري ٨٠.٤ كم ومعامل الاختلاف ١٣٢ %، وأطوال الأحواض لها علاقة قوية بعمليات الجريان السطحي فالأحواض القصيرة الطول تساعد على حدوث جريان سطحي ووصوله

إلى مخارج الأحواض في فترة زمنية قصيرة فقصر المسافة يؤدي إلى قلة التبخر والتسرب على العكس من الأحواض الكبيرة الطول (خضر، ١٩٩٧، ص ٣٢٧).

كما يوجد اختلاف كبير بين الأحواض من حيث أطوال محيطاتها فقد بلغ معامل الاختلاف ١٣٥%، والانحراف المعياري ٢٢٧.١ كم، ويرجع ذلك إلى التباين الشديد في مساحات وأطوال وعرض هذه الأحواض، بالإضافة لخصائص السطح ونمط التصريف بالمنطقة، فقلة اتساع الأحواض يؤدي إلى تركيز المياه وعدم تشتتها وارتفاع صافي الجريان وبالتالي زيادة مدى خطورة السيول على المنشآت البشرية على العكس من زيادة عرضها.

جدول (٣) الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

الأحواض	مساحة الحوض كم ^٢	طول الحوض كم	عرض الحوض كم	محيط الحوض كم	معدل الاستدارة	معدل الاستطالة	معامل الشكل	أعداد المجاري	أطوال المجاري	معدل بقاء المجاري	كثافة التصريف كم/كم ^٢
شعب	١٢٦٨	٦٦.٥	١٨	١٨٩	٠.٤٤٩	٠.٦٠٤	٠.٢٨٧	١٩٨٥	٢٦٧٥	٠.٤٧	٢.١١
أيب	٢٠١٣	٩١	٣٢	٣١٢	٠.٢٦٢	٠.٥٥٦	٠.٢٤٣	٣٤٤٠	٣٩١٢	٠.٥١	١.٩٤
ميسة	١٦٤١	٦٦	٢٣	٢٢٤	٠.٤١٣	٠.٦٩٢	٠.٣٧٧	٢١٢٤	٢٤٤٣	٠.٦٧	١.٤٩
كراف	٣٦٣٥٦	٣٥٥	١٠.٢	٩٨٧	٠.٤٧١	٠.٦٠٦	٠.٢٨٨	٣٨٥٤٢	٤٥٣١٦	٠.٨٢	١.٢
الدريرة	٨٩٨	٨٩	٤٥	٢٥١	٠.١٨	٠.٣٨	٠.١١٣	٣٢١١	٣٨٨٧	٠.٢٣	٤.٣٢
إكوان	٢٤١٢	٨٧.٥	١٧	٣٠.٢	٠.٣٣٤	٠.٦٣٣	٠.٣١٥	٢١٤٥	١٩٦٧	١.٢٣	٢.٦٢
باشويا	١٩٣	٢٣	٨	٦٣	٠.٦١٤	٠.٦٨٢	٠.٣٦٥	٣٣٥	٧٨٨	٠.٢٤	٤.٠٨
يودر	٢٧٣	٤١.٥	٦.٥	١١٣	٠.٢٧	٠.٤٤٩	٠.١٥٩	٥٥١	٦٢٣	٠.٤٤	٢.٢٨
عديب	١٦٢	٢٦	٧.٢	٦٠.٥	٠.٥٥٩	٠.٥٥٣	٠.٢٤٠	٢٨٦	٣٩٢	٠.٤١	٢.٤٢
أوتمتاب	١٧٩	١٨	٨.٥	٦٢.٥	٠.٥٧	٠.٨٣٢	٠.٥٤٣	٢٧٦	٤٨٢	٠.٣٧	٢.٦٩
ميركوان	١٥٣	٢٤	٤.٥	٧٣	٠.٣٦٣	٠.٥٨٢	٠.٢٦٦	٣٦٣	٣٩٤	٠.٣٩	٢.٥٧
سرمتماي	٢١٨	٣٩.٥	١٠.٥	١١٤	٠.٢١٢	٠.٤٢٢	٠.١٤	٦٤٤	٧٢١	٠.٣٠	٣.٣
أوليا	٨٥	١٥	٣.٥	٣٨	٠.٧٤٤	٠.٦٨٦	٠.٣٧٨	١٩٢	٣١٩	٠.٣٨	٢.٥٧
شلال	١٨٣	٣١	٨.٥	٨٤.٥	٠.٣٢٣	٠.٤٩٣	٠.١٩	٣٦٩	٤٣١	٠.٤٢	٢.٣٦
أقلهوق	١٣٥	٢٤	٩.٢	٦٧.٥	٠.٣٧٤	٠.٥٤٦	٠.٢٣٤	٣٠٤	٢٩٦	٠.٤٦	٢.١٩
أيكون	١١٤	٢٠.٥	٥.٦	٥٣.٥	٠.٥٢٢	٠.٥٨٨	٠.٢٧١	٤١٢	٣٠٢	٠.٣٨	٢.٦٥
أجواي	١٩٨	١٧.٤	٤.٥	٥٨.٥	٠.٧١٣	٠.٩١	٠.٦٥٤	٤٤١	٥٤١	٠.٣٧	٢.٧٣
المتوسط	٢٧٣٤.٢	٦٠.٨	١٨.٤	١٦٨.١	٠.٤٣٤	٠.٥٥٣	٠.٢٩٨	٣٢٧٢	٣٨٥٢	٠.٤٧٥	٢.٥٦
الانحراف المعياري	٨٦٩٦	٨٠.٤	٢٤.٢	٢٢٧.١	٠.١٦٨	٠.١٦٢	٠.١٣٨	٩١٥٣.١	١٠٧٥٧	٠.٢٤١	٠.٧٨٥
م.الاختلاف	٣١٨%	١٣٢%	١٣١%	١٣٥%	٣٩%	٢٩.٣%	٤٦.٣%	٢٨٠%	٢٧٩%	٥١%	٣٠.٧%

١- الاستخلاص الآلي لأحواض وشبكة التصريف باستخدام برنامج WMS

٢- نموذج الارتفاع الرقمي DEM من صور STRM بدقة مكانية ٣٠ متر باستخدام برنامج Arcgis 10.3

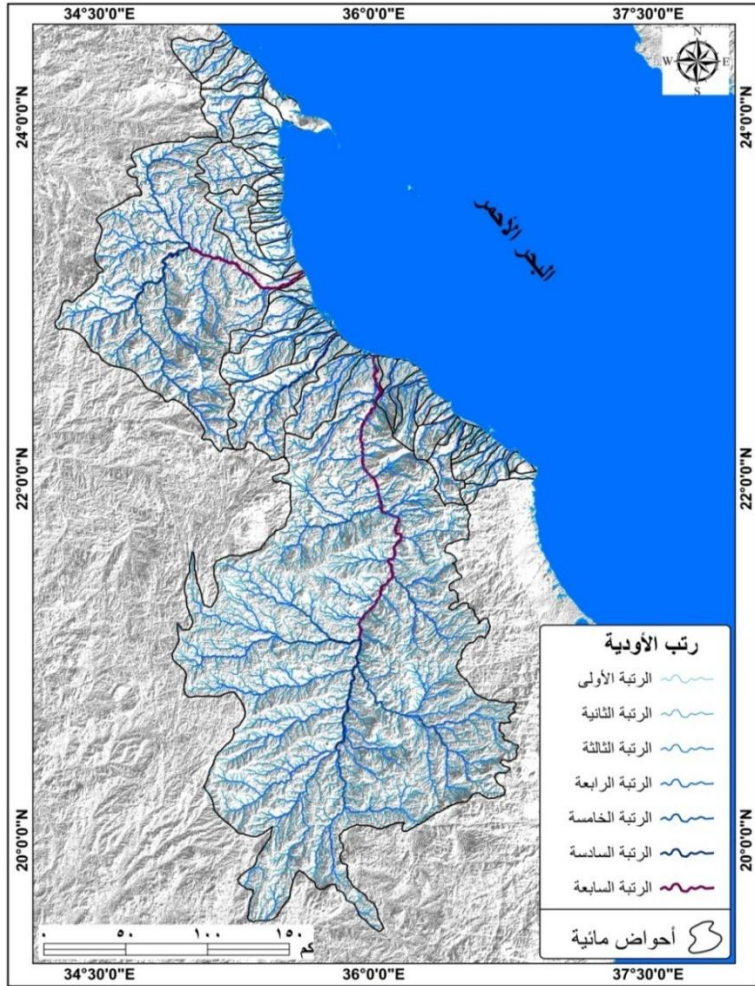
أما أشكال الأحواض المائية فتقارن بأشكال هندسية تتراوح ما بين الشكل المستدير والمستطيل والمثلث، إلى جانب دراسة العلاقة النسبية بين الطول والعرض الحوضي من خلال دراسة الخصائص الرئيسية للأحواض مثل المساحة والطول والعرض والمحيط، وترجع أهمية دراسة الخصائص الشكلية للأحواض إلى مالها من دلالات تتعلق بالعمليات الجيومورفولوجية التي ساهمت في تشكيلها وتطورها واستخدامها في تفسير وتوضيح مراحل التطور التي أعطت صورتها الحالية (أبوراضي، ٢٠٠٦، ص ١٢٣)، وأن دراسة الخصائص الشكلية تفيد في قياس معدلات النحت المائي من خلال معرفة كمية المياه المؤثرة في تشكيل المجاري الرئيسية وتحكمها بذروة التصريف المائي ودلالة خطر الجريان السيلي، كما أن أحواض التصريف التي تتشابه في خصائصها الشكلية لا بد أن تتماثل في خصائصها الجيومورفولوجية الأخرى لأن مثل هذا التشابه بين الأحواض بمنطقة الدراسة لا بد أن ينتج عنه نفس العمليات الجيومورفولوجية.

ولقد تعددت الطرق الرياضية لقياس أشكال أحواض التصريف وجميعها تشير اقتراب الأحواض أو ابتعادها من الشكل الدائري حيث يوضح معدل الاستدارة^(١) مدى اقتراب الحوض من الشكل الدائري المنتظم أو ابتعاده عنه، ويحسب من خلال نسبة مساحة الحوض إلى مساحة دائرة لها نفس محيط الحوض (Aravinda.etal.,2019,P.22)، وتتراوح قيم هذا المعامل بين (صفر-١)، وأن القيم المرتفعة تعني وجود أحواض مائية مستديرة الشكل، في

(١) تتخذ المعادلة الشكل التالي: $Rc = 4\pi A / P^2$ Circularity ratio

حيث Rc:معامل الاستدارة $4JA : \pi \times$ مساحة الحوض

P2:مربع محيط الحوض(كم) (Aravinda.etal.,2019,P.22)



المصدر: - عمل الباحث اعتمادا على نموذج الارتفاع الرقمي DEM من صور STRM بدقة

مكانية ٣٠ متر من بوابة land viewer باستخدام برنامج Arcgis 10.3

شكل (٧) شبكة التصريف المائي المنحدرة بالمنطقة

حين تعني القيم المنخفضة عدم الانتظام وميل الحوض إلى تعرج خطوط تقسيم المياه المحيطة به والمحددة له مما يؤثر على طول المجاري المائية وعدم أنتظام وتعرج خطوط تقسيم المياه وقد يؤدي ذلك إلى حدوث عملية الأسر النهري في المناطق المتجاورة والمتداخلة بين أحواض التصريف المختلفة، كما يشير معدل

الاستدارة إلى المراحل العمرية المختلفة التي تمر بها أحواض التصريف (Wilson.&etal.,2012,p.13) وقد بلغ المتوسط العام لمعدل الاستدارة في أحواض التصريف بالمنطقة ٠.٤٣٥، وهي قيمة أقل من المتوسطة تبين أن أحواض منطقة الدراسة تتعد قليلا من الشكل الدائري وتقترب قليلا من الشكل المستطيل، كما تدل قيم الانحراف المعياري ٠.١٦٨، ومعامل الاختلاف ٣٩% على وجود اختلافات قليلة بين أحواض التصريف بمنطقة الدراسة نتيجة لاختلاف الخصائص الليثولوجية للصخور.

أما معدل استطالة الأحواض^(٢) فيصف امتداد مساحة الأحواض مقارنة أياها بالشكل المستطيل أو القريب منه، فكلما اقترب هذا المعدل من الواحد الصحيح فأن هذا يشير إلى أن شكل الأحواض قريبة من الشكل الدائري (Kanhaiya.etal.,2019,p.275)، ويختلف فيها عرضها مع امتدادها الطولي، أما إذا ابتعد هذا المعدل عن الواحد الصحيح فإن الأحواض تكون قريبة من الشكل المستطيل، ويؤثر هذا المعامل على طول المجاري المائية وأعدادها خاصة الرتب الدنيا منها، وكذلك المجاري الرئيسية فيها ففي حالة انخفاض نسبة الاستطالة تميل مجاري الرتب الدنيا إلى زيادة أطوالها وتقليل أعدادها، أما في حالة ارتفاع هذه النسبة تميل مجاري هذه الرتب إلى تقليل أطوالها وزيادة أعدادها وطول المجرى الرئيسي مما يعمل على تناقص محتواه المائي عند مصبه بسبب طول المسافة التي يقطعها طول هذا المجرى بالإضافة إلى تسرب وتبخر في مياهه (سلامة، ١٩٨٢، ص ٦)، وبالنظر إلى أحواض التصريف بالمنطقة يلاحظ

(٢) وتتخذ معادلة معامل الاستطالة الشكل التالي: - $Re = D/L_m$ Elongation ratio حيث أن Re:معامل الاستطالة ، D:قطر دائرة لها نفس مساحة الحوض (كم ٢) Lm: أقصى طول للحوض (Kanhaiya. etal.,2019,p.272)

أنها تميل إلى الاستطالة أكثر منها إلى الاستدارة، وتتميز قيم معامل الاستطالة في الأحواض بالتجانس النسبي، حيث بلغ المتوسط العام لمعدل الاستطالة ٠.٥٥٣، ويرجع ذلك إلى تأثيرها بالظروف البنيوية وسيادة النحت الرأسى عند روافدها العليا إلى جانب أثر نوع الصخر ونظامه.

أما بالنسبة لمعامل الشكل^(١) فتتراوح قيمته بين الصفر والواحد الصحيح وتشير القيم المرتفعة إلى عدم تناسق شكل الأحواض واقترابه من الشكل المثلثي وفي هذه الحالة يصل التصريف المائي إلى قمته بعد سقوط الأمطار، أما القيمة المنخفضة فتشير إلى ابتعاده عن الشكل المثلثي وبالتالي يؤثر على نظام التصريف من خلال زيادة المدة الزمنية للوصول إلى ذروة التصريف المائي، وقد بلغ المتوسط العام لمعامل الشكل بأحواض التصريف بمنطقة الدراسة ٠.٢٩٨، وهي قيمة منخفضة تشير إلى أن أحواض منطقة الدراسة غير منتظمة الشكل وربما يرجع ذلك إلى استطالة معظم أحواض منطقة الدراسة حيث أن الأحواض المستطيلة عادة ما تكون أقل في درجة إنتظامها وتناسقها من الأحواض المستديرة الشكل وهذا يؤثر بدوره على زيادة أخطار الجريان السيلي بمنطقة الدراسة حيث تظهر أشكال الأحواض كمثلثات تتجه رؤوسها نحو مصباتها، وتصل قيمة هذا المعامل إلى أقصاها في وادي أوتمتاب وأجواي مما يدل على أقترابها من الشكل المنتاسق والمنتظم، وربما يرجع ذلك إلى انتشار الرواسب المفككة والصخور الرسوبية على سطحها وكثرة روافدهما والتقاء بعضها البعض بالقرب من منطقة المصب.

(١) تتخذ المعادلة الشكل التالي:- $Rf = A/Lb^2$
حيث Rf:معامل الشكل
A:مساحة الحوض (كم^٢)
Lb2 : مربع طول الحوض (Bogale,2021, P. 121)

مما سبق يتضح أن مساحة الأحواض بالمنطقة تتفاوت تفاوتاً شديداً فيما بينها، ويرجع ذلك إلى مجموعة من العوامل أهمها قلة الانحدارات في الأحواض الكبيرة المساحة والتي ساعدت بدورها على سيطرة النحت الجانبي مما أدى إلى اتساع تلك الأحواض والتي تغذيها المياه، بالإضافة إلى تباين المرحلة العمرية وتاريخ شبكة التصريف وكذلك الاختلافات الكبيرة بين الأحواض من حيث التكوينات الصخرية المختلفة وخصائصها.

كما أن هناك اختلاف واضح بين أطوال الأحواض والتي تتراوح بين أحواض طويلة جداً وأحواض قصيرة للغاية ويمكن إرجاع السبب في ذلك إلى نوع التكوينات الجيولوجية وظروف البنية هذا بالإضافة إلى المرحلة الجيومورفولوجية التي مرت بها أحواض التصريف بمنطقة الدراسة، كما أن أشكال الأحواض تمثل أحد العوامل التي تؤثر على عملية الجريان السطحي وخصائصها المختلفة حيث تؤثر على ما يعرف بالفترة الزمنية اللازمة للوصول أي نقطة مطر منذ سقوطها على سطح أحواض التصريف وحتى وصولها إلى المجارى الرئيسية فالأحواض المستطيلة تشكل تصريفاً مائياً أكثر انتظاماً في توزيعها الزمني وأقل كمية من الأحواض المستديرة والتي تكون معرضة للجريان السيلي بدرجة أقل بسبب زيادة زمن التركيز إذا أن المياه تأتي من المنابع إلى المصب بمسافة أكبر وبالتالي تكون أقل عرضة للجريان السيلي، كما تتزايد مساحتها تجاه منطقة المنابع والعكس عند منطقة المصب وبذلك يحتاج التصريف المائي إلى وقت أطول كي يصل إلى منطقة المصب، كما أن مياه الجريان السطحي تكون أكثر تعرضاً للتناقص في كميتها بسبب التبخر والتسرب داخل التربة أثناء انتقالها، أما الأحواض المستديرة فتتزايد مساحتها تجاه المصب وبذلك يصل التصريف

المائي إلى قمته مباشرة بعد سقوط الأمطار مباشرة ، كما أن الفترة الزمنية اللازمة لوصول موجة الجريان السيلي للمجاري الرئيسية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة قصيرة نسبياً.

ويوجد بمنطقة الدراسة ٥٥٦٢٤ مجرى، موزعة على ١٧ حوضاً، بمتوسط ٣٢٧٢ مجرى/حوض، ويتراوح مجموع أعداد المجاري بين ١٩٢ مجرى كأقل قيمة في حوض وادي اوليا، و ٣٨٥٤٢ مجرى كأعلى قيمة نجدها في حوض وادي كراف. ويشير هذا الفارق الكبير بين أعداد المجاري إلى تباين المساحات وعدم تجانس أحواض التصريف بالمنطقة نتيجة لتباين الخصائص الصخرية وتفاوت انحدارات السطح، كما أن أحواض التصريف لا تميل إلى تكوين متوالية هندسية معكوسة إذ تتحرف معظم مجاريها عن الخط المستقيم ويرجع ذلك إلى أن المجاري الرئيسية لأحواض التصريف تتأثر بالصدوع والتي تعد عاملاً أساسياً في توجيه المجاري بمنطقة الدراسة.

أما بالنسبة لأطوال المجاري فقد بلغ مجموع أطوالها بأحواض التصريف بمنطقة الدراسة ٦٥٤٨٤ كم بمتوسط ٣٨٥٢ كم للحوض الواحد، وتمثل أطوال المجاري أهمية كبيرة نظراً لما تؤدي إليه من زيادة الفترة الزمنية التي تقطعها المياه للوصول إلى المجرى الرئيسي ومن ثم إلى المصب وبالتالي تعرضها للفقد بواسطة التبخر والتسرب وهو ما قد يؤدي إلى انقطاع الجريان المائي وعدم تواصله، ويحدث العكس في حالة المجاري القصيرة والتي يقل بها زمن رحلة الجريان المائي، فكلما زادت أطوال المجاري قلت درجة الخطورة، بينما الأحواض التي يقل بها عدد المجاري تكون حركة المياه بها أسرع وبالتالي أكثر خطورة، فهناك علاقة قوية بين أطوال المجاري والمساحة وكثافة التصريف، فكلما

زادت أطوال المجاري ومساحة الأحواض انخفضت كثافة التصريف^(١) والعكس في حالة قلة أطوال المجاري ومساحة أحواض التصريف.

كما تعد كثافة التصريف المحصلة النهائية للمطر نظراً لأنها تؤثر في سرعة انتقال مياه الأمطار المتجمعة إلى الأودية المائية بحيث تزداد تلك السرعة مع تزايد كثافة التصريف وهو ما يؤدي في النهاية إلى ارتفاع كمية التصريف المائي وسرعة وصوله إلى مرحلة القمة التصريفية (خضر، ١٩٩٧، ص ٢٨٩)، وتعكس كثافة التصريف مدى الإمكانية المحتملة للمياه التي يمكن نقلها عبر الأحواض، وتعكس خصائص الأحواض متضمنة نوع الصخر (التركمانى، ١٩٩٨، ص ٨١).

ويوضح الجدول (٣) الخصائص المورفولوجية لشبكات التصريف بأحواض التصريف النهري بمنطقة الدراسة، ويظهر من دراستها أن المتوسط العام لكثافة التصريف بالمنطقة ٢.٥٦ كم/كم^٢ وهي كثافة منخفضة يتحكم فيها مجموعة من العوامل منها الظروف المناخية وخصائص المساحية للأحواض وكذلك نوع الصخر والتربة؛ والتي تحدد مدى مقاومة سطح الحوض لعمليات النحت.

وبصفة عامة يمكن القول بأن القيم المنخفضة لكثافة التصريف تعبر عن أحواض ذات تكوينات سطحية عالية النفاذية، أو عن منطقة مستوية ذات غطاء نباتي كثيف والعكس صحيح فإن الأحواض ذات كثافة التصريف العالية تدل على زيادة عدد وأطوال المجاري التي تمدها، وتتميز ترتيبها بأنها قليلة النفاذية وأنها لا تتميز بكثافة الغطاء النباتي بها، مما يزيد من سرعة الجريان المائي بها.

(١) تتخذ المعادلة الشكل التالي:-
حيث Dd: كثافة التصريف كم/كم^٢
A: مساحة الحوض (كم^٢) (Dolui ,et.al.,2022, P. 483).
Drainage density $Dd = \frac{\sum Lu}{A}$
مجموع أطوال المجاري المائية كم.

أما بالنسبة لمعدل بقاء المجاري^(١) يستخدم للدلالة على متوسط الوحدة المساحية اللازمة لتغذية وحدة طولية من شبكات المجاري المائية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة، وقد بلغ المتوسط العام لمعدل بقاء المجاري بأحواض التصريف بالمنطقة ٠.٤٧٥، وتدل القيم المرتفعة لهذا المقياس على اتساع مساحة الأحواض على حساب شبكات المجاري المائية بتلك الأحواض وابتعادها عن بعضها البعض وبالتالي نقل قيمة كثافتها التصريفية والعكس في حالة انخفاض قيم معدل بقاء المجاري لأحواض التصريف. ويتأثر هذا المعامل بدرجة كبيرة بنوع الصخر ودرجة النفاذية وخصائص المناخ والغطاء النباتي.

وتعكس شبكة المجاري المائية بأحواض التصريف بمنطقة الدراسة أنماطاً مختلفة، تتعدد وتتباين أشكالها تبعاً لتباين التكوينات الجيولوجية وخصائص الصخر والحالة البنائية، وسمات الانحدار، والحركات الأرضية التي تعرضت لها المنطقة بالإضافة إلى المرحلة التطورية التي تمر بها أحواض التصريف بمنطقة الدراسة، وطبيعة الجريان المائي والحمولة ويمكن تمييز عدة أنماط تصريف أساسية، النمط الأول منها هو النمط الشجري ويتمثل في أودية سفيرة وبيب وسرمتاي والديرية وينشأ هذا النمط في تكوينات صخرية متجانسة في طبيعتها وتكويناتها السطحية ودرجة مقاومتها لعوامل التعرية، وقد تكون أفقية أو مائلة ميلا قليلاً، ويتمثل في مجاري مائية تتبع الاتجاه العام للانحدار، وتتصل الروافد

(١) تتخذ المعادلة الشكل التالي: $C = A / \sum Lu$ Channel Maintenance (Kms₂ / Km)
 حيث C: معدل بقاء المجاري كم/٢ كم
 A: مساحة الحوض (كم ٢)
 $\sum Lu$: مجموع أطوال المجاري المائية كم.
 ويمكن الحصول على معدل بقاء المجاري من خلال المعادلة $C=1/Dd$
 حيث C: معدل بقاء المجاري كم/٢ كم و 1: رقم ثابت
 Dd: كثافة التصريف (Pareta&Pareta, 2011, P. 264)

بالمجاري الرئيسية بزوايا حادة (Zhang&Guilbert,2012, P.30) ويختلف نمط التصريف الشجري تبعاً لعدة عوامل أهمها مدى نفاذية الصخور وكمية الأمطار الساقطة وطبيعتها ونظامها فهذه جميعاً تؤثر في كثافة الجريان السطحي للمياه في أحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

أما **النمط الثاني** فهو النمط المتوازي ويتركز هذا النمط في الجزء الجنوبي الغربي لمنطقة الدراسة خاصة في الحافات الجبلية بحوض وادي كراف حيث يتمثل بصفة غالبية في الرتبتين الأولى والثانية، كما يظهر في بعض الأجزاء الدنيا للأحواض حيث تسود تكوينات الزمن الرابع والتي تقوم بدور رئيسي في تكوين هذا النمط كما يظهر هذا النمط في المناطق التي تسود فيها معظم الفواصل والشقوق.

في حين يتمثل **النمط الثالث** في النمط الإشعاعي ويظهر فوق القمم الجبلية حيث تنتشعب الروافد من أعلى إلى أسفل (Thornbury, 1984, P.123)، ويتمثل في منطقة جبل مشبح وجبل علبة، ويتمثل **النمط الرابع** في النمط المتشابك ويوجد في الأحواض التي تتكون من صخور غير متجانسة، وتختلف في درجة مقاومتها لعمليات لتعرية، يرتبط هذا النمط في منطقة جبل علبة بالكويستات حيث تجرى الأنهار التابعة فوق ظهورها والتالية موازية لحضيض واجهاتها كما في وادي كراف.

أما **النمط الخامس** فهو النمط الحلقي ويظهر هذا النمط بوضوح بمناطق الأحواض التي توجد بها صخور متباينة في خصائصها ومختلفة في درجة مقاومتها للعمليات التعرية مثل أودية سرمتاي وأوليا وشلال، أما **النمط السادس** فيتمثل في النمط المعقوف والذي يعد ذو أهمية جيومورفولوجية خاصة من حيث

دلالاته الأصولية والتطورية ويشير هذا النمط إلى أمرين أولها حدوث اسر نهري وهذا الأمر له صلة كبيرة بتطور التعرية وأشكال السطح، وثانيها مدى مساهمة البنية الانكسارية في التمهيد لتطور هذا النمط، ويوجد نمط التصريف المعقوف بالمنطقة في أحواض أودية كراف، وأبب والديرية.

ويتمثل النمط السابع في نمط التصريف المتشابك وتجري فيه مجاري الشبكة الرئيسية في اتجاهات شبه متوازية تتعامد عليها المجاري الثانوية وتوجد في أحواض ميركوان وسرمتاي وأقلهوق.

مما سبق يمكن القول بأن الجريان السيلي يتأثر بالخصائص المساحية والشكلية لأحواض التصريف والتي تعتبر هي الأخرى محصلة التطورات الجيومورفولوجية منذ الفترات المطيرة خلال الزمن الجيولوجي الرابع، كما تتأثر شبكة المجاري المائية بعوامل مختلفة كالعوامل المناخية والطبوغرافية والخصائص الليثولوجية للصخور وتبعاً لذلك توجد أنماط متباينة لشبكة المجاري المائية بأحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

خامساً:- الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف:

تعد الخصائص الهيدرولوجية من المحددات الرئيسية لأحواض التصريف ودرجة خطورتها باعتبارها محصلة للعلاقات المتبادلة بين الظروف المناخية والخصائص الجيولوجية والتضاريسية والخصائص المورفومترية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة، وسوف تتم دراسة بعض المتغيرات الهيدرولوجية ذات الصلة المباشرة بعملية الجريان السيلي، حيث تتناول الدراسة العوامل الهيدرولوجية من حيث دراسة زمن التباطؤ، وزمن التركيز، ومدة الإرتفاع والانخفاض التدريجي لتدفق مياه الجريان السيلي، وحجم التصريف، وحجم

السريان، وزمن التصريف، وسرعة جريان المياه، ودراسة الميزانية الهيدرولوجية من حيث تحديد أحجام كمية المياه الساقطة، وأحجام التبخر خلال الجريان، وكمية التسرب خلال زمن التباطؤ، وكمية التسرب الثابتة، وإجمالي الفاقد في الاحواض، وصافي الجريان المسبب للجريان السيلي، وأخيراً دراسة العلاقة الارتباطية بين الخصائص الهيدرولوجية والخصائص المورفومترية والتي لها علاقة بتحديد خطورة أحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

أ-العوامل الهيدرولوجية:

١- زمن التباطؤ^(١): **Lag-time**: يعد زمن التباطؤ من أهم المعاملات الهيدرولوجية التي تقوم بحساب فاقد التسرب والتبخر بأحواض التصريف وتحديد الوقت اللازم لبدايات الجريان السطحي بكل حوض تصريف، حيث يمثل الفترة الزمنية الفاصلة بين بداية سقوط المطر وبداية تولد الجريان ووصوله لبدايات المجاري المحددة (Black,etal,2021,p.5)، ويتوقف تولد الجريان على معدلات التسرب، فبعد إتمام عملية تشبع التربة السطحية بالمياه في خلال الدقائق الأولى من سقوط الأمطار، ومع استمرار غزارة الأمطار وزيادتها يبدأ ظهور الفائض من المياه، والذي يمثل بداية تولد الجريان ويكون مرتفعاً في حالة السطوح القليلة الانحدار والأجزاء شبه المستوية بسبب انخفاض فعل الجاذبية الأرضية على هذه السطوح، بالإضافة إلى نوع الصخور السطحية وخصائصها من حيث درجة النفاذية، والفواصل والشقوق فيها، ودرجة رطوبة التربة، وكمية الأمطار وكثافتها،

(١) زمن التباطؤ = $TL=KL(A^{0.3})/(Sa/Dd)$

TL = زمن التباطؤ A = مساحة حوض التصريف sa = متوسط الانحدار

$KL = 0.4$ معامل ثابت للصخور الجيرية

Dd = كثافة التصريف (David,2014,P.61)

حيث تؤدي مثل هذه الظروف إلى المزيد من الفوائد عن طريق التبخر والتسرب، وبالتالي انخفاض في معدل زمن التباطؤ وزيادة في سرعة وحجم التصريف (صالح، ١٩٨٩، ص ٣٧).

ويرتبط زمن التباطؤ بعلاقة عكسية مع درجة خطورة أحواض التصريف حيث تزداد درجة الخطورة بانخفاض زمن التباطؤ والعكس في حالة ارتفاع زمن التباطؤ وذلك لنقص المدة الزمنية اللازمة لمياه الأمطار لإحداث جريان سطحي وما يترتب عليه من تناقص المياه المتسربة والمتبخرة وبالتالي زيادة في سرعة وكمية وحجم مياه التصريف.

ومن خلال دراسة قيم زمن التباطؤ لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة تبين أن زمن التباطؤ بلغ أدناه في حوض وادي كراف ٠,٧٦ دقيقة، بينما بلغ أقصاه في حوض وادي سرمتاي، ٧.١ دقيقة، وأن المتوسط العام لزمن التباطؤ بلغ ٣,٤ دقيقة، وهو متوسط منخفض يشير إلى ارتفاع الخطورة في أحواض منطقة الدراسة، كما تدل قيم الانحراف المعياري ١.٩، ومعامل الاختلاف ٥٦% على وجود اختلافات قليلة نسبياً بين أحواض التصريف بالمنطقة نتيجة لاختلاف فعل الجاذبية الأرضية على سطوح هذه الأحواض، بالإضافة إلى إختلاف نوع الصخور السطحية والفواصل والشقوق فيها.

٢- زمن التركيز^(١): يعرف زمن التركيز بأنه الفترة الزمنية اللازمة للماء للانتقال من ابعده نقطة تقع على خطوط تقسيم المياه إلى مخارج أحواض التصريف،

$$T_c = L^{1.15} / 7700 H^{0.38} = \text{زمن التركيز}^{(١)}$$

$$TC = \text{زمن التركيز} = L = \text{طول المجرى الرئيسي}$$

$$H = \text{الفارق الراسي بين أعلى وأدنى نقطة بالحوض}$$

$$7700 = \text{ثابت (Stephen, A., S 1999, p.213)}$$

وتتأثر هذه الفترة بالخصائص الشكلية لأحواض التصريف حيث يتزايد زمن التركيز كلما زادت أستطالة الأحواض والعكس في حالة الأحواض المستديرة، لأن مصبات معظم المجاري المائية لأحواض التصريف تلتقي في منطقة واحدة تمثل المركز بحيث يصل الجريان السطحي من هذه المجاري المائية الى المجاري الرئيسية في فترة زمنية قصيرة نتيجة قلة التبخر والتسرب مع ارتفاع كمية الفائض المائي مما يؤدي بسرعة حدوث الجريان السيلي.

ومن خلال دراسة زمن التركيز يمكن تصنيف درجات خطورة أحواض التصريف بمنطقة الدراسة تبعاً لسرعة وصول المياه إلى مصبات الأحواض من خلال حساب مدة العاصفة المطرية والوقت المستغرق لوصول المياه إلى مصبات الأحواض، حيث يبين قصر زمن التركيز على أن أحواض التصريف ذات خطورة عالية والعكس (Ghasemizade, 2011,P.29)، ومن خلال تطبيق المعادلة على أحواض التصريف بمنطقة الدراسة تبين أن المتوسط العام لزمن التركيز بلغ ٣.٩ ساعة كما يتضح من الجدول (٣)، وقد تراوحت قيمه ما بين ٠.٧ ساعة في حوض وادي أوليا نظراً لشدة انحداره حيث يفرغ المياه في فترة زمنية وجيزة ، و ١٦.٩ ساعة في حوض وادي كراف نتيجة لطوله وبطء انحداره، وترجع خطورة الأحواض وفقاً لهذا المعامل إلى زيادة سرعة وصول مياه الجريان السيلي إلى مخارج الأحواض وبالتالي بطيء التنبؤ أو الإنذار المبكر لحدوثها.

٣-مدة الإرتفاع التدريجي لتدفق مياه الجريان السيلي:هي المدة اللازمة للإرتفاع التدريجي للمياه في مجاري الأودية بعد التشبع السطحي من مياه الأمطار، وتدفق مياه السيول من القطاعات العليا والقطاعات الوسطى للقطاعات

الدنيا ومصبات أحواض التصريف بمنطقة الدراسة، ومن خلال تطبيق معادلة مدة الارتفاع التدريجي للمياه^(١) تبين أن أعلى مدة ارتفاع تدريجي سجلت في وادي كراف ٤٠.٧ ساعة، وأقل مدة ارتفاع تدريجي سجلت في وادي أجواي ٠.٢ ساعة، ويتطابق تصنيف أحواض التصريف بالمنطقة حسب مدة الارتفاع التدريجي لمياه الجريان السيلي مع زمن التباطؤ لأحواض التصريف.

جدول (٤) العوامل الهيدرولوجية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة

الأحواض	زمن التباطؤ (دقيقة)	زمن التركيز (بالساعة)	مدة الارتفاع التدريجي لتدفق المياه	مدة الانخفاض التدريجي لتدفق المياه	حجم التصريف (م ^٣ /ثانية)	حجم السريان (م ^٣ /الساعة)	زمن التصريف (الساعة)	سرعة جريان المياه (كم/س)
شعب	٢.١	٣.٤	٣.٨	٧.٥	٣٥٢٥.٣	١٢٢٨	٢١٠.٩	١٩.٥
أبيب	٠.٩٨	٤.٤	٥.٧	١١.٤	٤٤٤١.٨	١٦٩٦.٨	٣٢٥.٥	٢٠.٧
ميسة	١.١٧	٤.٦	١.٤	٢.٨	٤٠١٠.٤	٣١١٤.٨	١٥٦	١٤.٣
كراف	٠.٧٦	١٦.٩	٤٠.٧	٨١.٤	١٨٨٧٦.٦	١٣٦١١.٥	١٠٠٢.٢	٢١
الدريرة	٣.٥	٤.٩	٠.٧	١.٤	٢٩٦٦.٧	١٦٨٧.٦	٢٧٢	١٨.٢
إكوان	١.٨	٤.٢	٥.٥	١١	٤٨٦٢.١	٩٤٩.٥	٣١١.٢	٢٠.٨
باشويا	٣.٢	١.١	٠.٨٨	١.٨	١٣٧٥.٤	٤٣٤.٦	٥٨.٣	٢٠.٩
بيودر	٥.٦	٢.١	٠.٣	٠.٦	١٦٣٥.٧	٣٥٦	١١٨.٦	١٩.٨
عديب	٦.٤	١.٦	٠.٦	١.٢	١٢٦٠.١	٢٤٠.١	٥٢.٩	١٦.٣
أوتمتاب	٤.٢	١	٠.٥	١	١٣٢٤.٥	٣٨٦.٢	٣٥	١٨
ميركوان	١.٦	١.٦	٠.٤	٠.٨	١٢٢٤.٦	٢٤١.١	٤٣.١	١٥
سرمتاي	٧.١	٢.٤	١.١	٢.١	١٤٦١.٧	٤٠٣	٩٤.٨	١٦.٥
أوليا	٤.٥	٠.٧	٠.٤	٠.٨	٩١٢.٧	٢٠١.٥	٣٣.١	٢١.٤
شلال	٢.٤	١.٩	٠.٦	١.٢	١٣٣٩.٢	٢٦٠.٣	٦٦	١٦.٣
أقلهوق	٤.٨	١.٣	٠.٥	١	١١٥٠.٣	١٨٩.١	٥٣.١	١٨.٥
أيكوان	٤.٧	١.٨	٠.٣	٠.٦	١٠٥٧	١٩٢.٤	٢٧.٣	١١.٤
أجواي	٣.٢	١.٤	٠.٢	٠.٤	١٣٩٣.١	٣١٥.٧	٢٢.٦	١٢.٥
المتوسط	٣.٤	٣.٣	٣.٧	٧.٥	٣١٠٦.٩	١٥٠٠.٥	١٦٩.٦	١٧.٧
الانحراف المعياري	١.٩	٣.٧	٩.٦	١٩.٤	٤٢٦٨.١	٣٢١٩.٧	٢٣٧.٥	٣.١
م.الاختلاف	%٥٦	%١١٢	%٢٥٩	%٢٥٨	%٢٦٦	%٢١٤	%١٤٠	%١٧.٥

المصدر من إعداد الباحث بتطبيق القياسات والمعادلات الخاصة بالعوامل الهيدرولوجية.

$$T_m(hr) = \frac{1}{3} T_b(hr) \text{ (مدة الارتفاع التدريجي لتدفق مياه الجريان السيلي)}$$

$$T_m = \text{مدة الارتفاع التدريجي للمياه} \quad T_b(hr) = \text{زمن الأساس للسيل (بالساعة)}$$

$$\text{حيث أن زمن الأساس للسيل} = 2.67 \times \text{مدة وصول التدفق للذروة (ساعة)}$$

(Ragunath,1984.120)

٤- مدة الإنخفاض التدريجي لتدفق مياه الجريان السيلي: -هي المدة الزمنية اللازمة التي يستغرقها الجريان السيلي لرجوعه إلى وضعه الطبيعي نتيجة لانخفاض منسوبه وتحسب من خلال تطبيق مدة الإنخفاض التدريجي^(١) والتي تراوحت ما بين ٨١.٤ ساعة في وادي كراف، و ٠.٤ ساعة في وادي أجواي كما يتضح من جدول (٤)، وتتأثر مدة الإنخفاض التدريجي لتدفق مياه الجريان السيلي بزمن الأساس للسيل ومساحة أحواض التصريف.

٥- حجم التصريف: يشكل حجم التصريف المؤشر الفعلي لكمية المياه المتجمعة من كل أجزاء الحوض بالمتر المكعب في الثانية الواحدة (م^٣/ثانية)، ويوضح مدى خطورة الحوض حيث يزيد معدل الخطورة كلما زاد معدل حجم التصريف والعكس (Marchi,etal , 2010, p.128).

وهذا المعامل يضع في الاعتبار أن المطر يسقط بشكل منتظم، وبكميات متساوية وكثافة واحدة على جميع أنحاء الحوض، وأن كل أجزاء الحوض تضيف إلى حجم التصريف المائي قدرًا معيناً من المياه بشكل ثابت في كل مرة تسقط فيها الأمطار، وهو اعتبار لا يتحقق إلا في الأحواض الصغيرة المساحة والتي تقل مساحتها عن ٢٠٠ كم^٢ (مركز التنمية والتخطيط، ١٩٨٣، ص ٧٧)، وهو ما ينطبق على كل أحواض التصريف بمنطقة الدراسة باستثناء أحواض شعب وأبب وميسة وكراف والديرية وإكوان وسرمتاي ويودر ولذا تم تقسيمها إلى مساحات نقل عن ٢٠٠ كم^٢، وتم حساب قيمة كل جزء على حدة ثم حسابها

$$T_d(\text{hr}) = \frac{2}{3} T_b(\text{hr})$$

(^١) مدة الأنخفاض التدريجي لتدفق مياه الجريان السيلي $T_d(\text{hr}) =$ مدة الانخفاض التدريجي للمياه $T_b(\text{hr}) =$ زمن الأساس للسيل (بالساعة)

حيث أن زمن الأساس للسيل = $2.67 \times$ مدة وصول التدفق للذروة (ساعة)

(Raghunath,1984.150)

للحوض ككل. وقد تبين من خلال تطبيق المعادلة^(١) الخاصة بقياس حجم التصريف على أحواض منطقة الدراسة أن المتوسط العام لمعدل تصريف الأحواض ٣١٠٦.٩ م^٣/ثانية، وتراوح قيمه ما بين ٩١٢.٧ م^٣/ثانية في وادي أوليا، و ١٨٨٧٦.٦ م^٣/ثانية في وادي كراف.

٦- **حجم السريان:** هو مقدار ما يمكن أن تصرفه شبكة تصريف الأحواض من كمية للمياه خلال أودية تلك الشبكة عندما تزيد كثافة الأمطار الساقطة بمعدلها المتوسط عن كمية الفواقد المائية خاصة الناتجة عن عمليتي التسرب والتبخر وبالتالي يكون هناك فائضاً من المياه يتكون على السطح ويقاس بالألف م^٣، ويفيد هذا المقياس في التعرف على قدرة الأودية المائية، بالإضافة إلى التعرف على مدى خطورتها من خلال ما تجلبه من مياه لمخارج هذه الأودية، فكلما زاد حجم السريان زادت خطورة تلك الأودية.

وبتطبيق معادلة حجم السريان^(٢) على أحواض التصريف بمنطقة الدراسة بلغ إجمالي حجم سريان المياه للأحواض المدروسة ٢٥.٦ مليون م^٣/م^٣ بمتوسط ١.٥ مليون / م^٣، وقد حقق وادي كراف أعلى قيمة لحجم السريان ١٣.٦ مليون م^٣، في حين بلغت أقل قيمة لحجم السريان في وادي أقلهوق ١.٨٩.١ ألف م^٣، وتدل قيم الانحراف المعياري ٣.٢ مليون/م^٣، ومعامل الاختلاف ٢١٤% على وجود اختلافات كبيرة في حجم التصريف المائي بين أحواض التصريف بمنطقة

(١) حجم التصريف = $Q=99A^{0.5}$

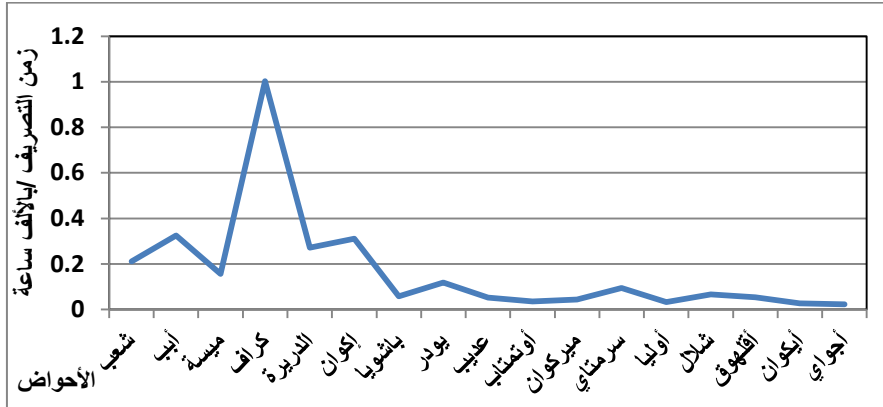
Q=حجم التصريف A=مساحة الحوض (خضر، ١٩٩٧، ص ٣٦٨)

(٢) يمكن حساب حجم السريان من خلال المعادلة التالية ح = ١.٥ (ل ت^{٠.٨٥})

ح = حجم السريان، ل ت = مجموع أطوال المجاري (مركز التنمية والتخطيط التكنولوجي، ١٩٨٣)

الدراسة نتيجة لاختلاف مساحة الأحواض وأبعادها، وتباين خصائصها الشكلية والليثولوجية.

٧- زمن تصريف الحوض: يعرف بأنه الفترة الزمنية اللازمة للحوض ليصرف كافة مياهه من منابعه حتى منطقة المخرج عند مصبه، ويفيد في التعرف على الفترة التي ينقضي خلالها السيل وبالتالي التعرف على خطورة الوادي حيث أنه كلما زادت الفترة التي يستمر فيها تدفق المياه، كلما زادت خطورة المياه، وتشير نتائج زمن تصريف المياه^(١) لأحواض منطقة الدراسة إلى أن المتوسط العام لزمن التصريف وصل إلى ٦٩.٦ ساعة، حيث جاء حوض وادي كراف أعلى قيمة لزمن التصريف ١٠٠٢.٢ ساعة وهو أضعاف قيمة المتوسط العام وذلك لطول المجرى الرئيسي والشكل المستطيل الذي يأخذه الحوض، في حين يعد حوض وادي أجواي أقلها بقيمة ٢٢.٦ ساعة كما يتضح من شكل (٨).



شكل (٨) زمن التصريف بالساعة لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة

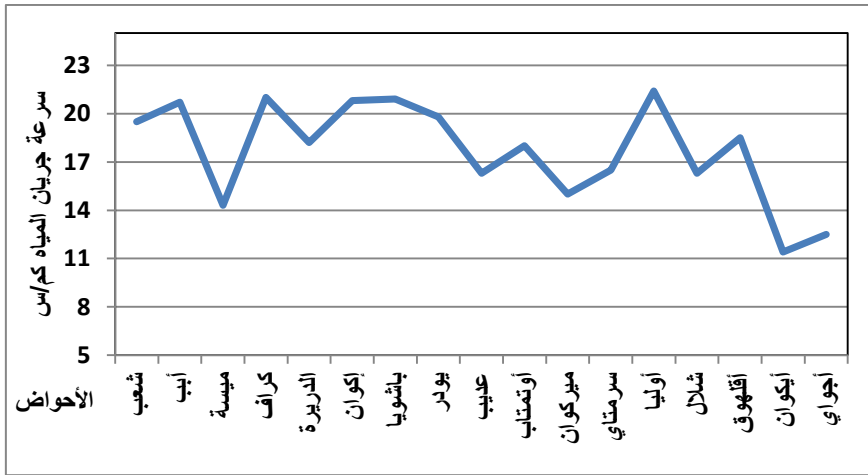
$$\text{Zaman al-tasreef} = T_d$$

$$H = \text{الفارق الرأسى بالمتري}$$

$$T_d = (0.00013)(L^{1.15})(H^{0.38}) \quad (١)$$

$$L = \text{طول المجرى الرئيسي بالمتري}$$

٨- سرعة جريان المياه: من المتغيرات الهيدرولوجية التي تقيس سرعة الجريان السيلي ويمكن من خلالها تحديد درجة خطورة الأحواض، كما تعد انعكاساً لدرجة انحدار السطح بشكل أساسي والذي يمثل الطرف الرئيسي الذي تعتمد عليه معادلة سرعة المياه^(١)، وبتطبيق معادلة سرعة مياه السيول على أحواض منطقة الدراسة وجد أن المتوسط العام لسرعة جريان المياه ١٧.٧ كم/س، ويعد حوض وادي إكوان أبطيء الأحواض من حيث سرعة المياه حيث بلغت سرعة المياه به ١١.٤ كم/س، في حين يعد وادي أوليا أعلى الأحواض قيمة من حيث سرعة المياه حيث بلغت سرعة المياه به ٢١.٤ كم/س كما يتضح من شكل (٩).



شكل (٩) سرعة جريان المياه لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة

ب :- الميزانية الهيدرولوجية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة:

تفيد دراسة الميزانية الهيدرولوجية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة في التعرف على أحجام كمية المياه الساقطة وحساب الفوائد بالتبخر والتسرب للوقوف على صافي الجريان وبالتالي التعرف على مدى إمكانية مدى حدوث

(١) س = ط/زت حيث س = سرعة المياه، ط = طول الحوض، زت = زمن التركيز.
المصدر:- (السلامي، ١٩٨٩، ص ١٠٢)، (خضر، ١٩٩٧، ص ٣٧٦)

جريان سيلبي من عدمه، وتوجد علاقة طردية بين صافي الجريان المائي بالأحواض وبين درجة خطورتها، وفيما يلي دراسة للميزانية الهيدرولوجية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة على النحو التالي:

١- أحجام كمية المياه الساقطة: تتباين أحجام كمية المياه الساقطة على أحواض التصريف من حوض إلى آخر حسب مساحة كل حوض، ويتم الحصول على حجم المياه الساقطة أثناء سقوط أكبر كمية مطر سجلت في يوم واحد وذلك من خلال المعادلة التالية:

أحجام كمية المياه الساقطة = مساحة الحوض × أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد^(١)، وبتطبيق هذه المعادلة على أحواض التصريف بمنطقة الدراسة وجد أن مجموع الأمطار الساقطة على أحواض التصريف تبلغ ٢.١ مليار^٣ بمتوسط ١٢٣.٨ مليون م^٣ لأحواض التصريف بالمنطقة كما يتضح من الجدول (٥).

٢- الفواقد بالتبخر والتسرب: تؤثر كمية الفواقد عن طريق التبخر والتسرب على بدء عملية الجريان، الذي يمثل في هذه الحالة الفائض من المطر بعد هاتين العمليتين، كما يمتد تأثيرهما إلى ما بعد توالد وبدء الجريان، حيث يؤثران على إمكانية استمرار الجريان في الروافد ووصوله إلى الوادي الرئيسي أو انقطاعه وعدم استمراره، كما تحددان مع العوامل الأخرى خصائص الجريان المختلفة خاصة كمية وسرعة الجريان (صالح، ١٩٨٩، ص ١٩)، وفيما يلي دراسة تفصيلية لكل منهما على النحو التالي:-

(١) وذلك مع افتراض أن العاصفة الممطرة تغطي جميع أجزاء الاحواض بمنطقة الدراسة، وقد تم رصد الموجة التي حدثت خلال يوم ١٠/٢١/١٩٩٠ في محطة رأس بناس وبلغت أقصى كمية للمطر في منطقة الدراسة ٦٠ ملم، ووصلت في محطة بورسودان إلى ٣٥,٠١ ملم خلال يوم ١١/١١/٢٠١١، وتم حساب أكبر كمية سقطت في يوم واحد بأخذ متوسط معدل التساقط السنوي في محطتي منطقة الدراسة.

-فوائد التبخر: تتسم منطقة الدراسة بارتفاع معدلات التبخر السنوي حيث بلغ ١٦.٣ ملم في محطة رأس بناس، و ١٤.٤ ملم في محطة بورسودان بمتوسط عام ١٥.٤ ملم، وتتأثر كمية المياه المفقودة بالتبخر بمقدار الإشعاع الشمسي وما يرتبط ذلك بدرجات الحرارة وانتظام الرياح التي تؤدي إلى وجود طاقة للتبخر حيث توجد علاقة طردية بين درجة الحرارة والتبخر، فزيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة معدلات التبخر بالمنطقة (علام، ١٩٩٧، ص ٦)، ويؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى زيادة قابلية الهواء على حمل وزن أكبر من بخار الماء مما يزيد من معدل التبخر بمنطقة الدراسة، ومن جدول (٥) تم استخراج معدل الفاقد بواسطة التبخر عن طريق ضرب المتوسط السنوي للتبخر في مساحة منطقة الدراسة (صالح، ١٩٨٥، ص ٢٠)، وبناءً عليه بلغ مجموع ما يمكن أن يتبخر من سطح الأحواض المدروسة ٦٨٢.٢ مليون م^٣ بمتوسط ٤٠.١ مليون م^٣ للحوض الواحد.

-فوائد التسرب: يقصد بالتسرب سريان المياه وتغلغلها في الصخور أو المفتتات السطحية مغذية الخزان الجوفي للمياه، ويزداد معدل التسرب في بداية التساقط ثم يقل مع تشبع الرواسب بالمياه، فالأمطار التي تقل كميتها عن معدل التسرب لا تتوفر فيها أي كمية للجريان السطحي، أما عند تركيز رخات المطر وسقوطه في فترة زمنية قصيرة فإن ذلك يؤدي إلى توفر كمية كبيرة للجريان السطحي (Morisawa,1968,P.P16-17)، فكلما كانت كمية كانت الأمطار الساقطة كبيرة أدى ذلك إلى زيادة سرعة تولد الجريان وقلة معدلات التسرب، في حين يحدث العكس في حالة الأمطار القليلة حيث نجد أن معظم المياه تتسرب في باطن التربة مغذية بذلك الخزان الجوفي ويكاد لا يحدث جرياناً سيلياً.

ويؤثر على التسرب عدة عوامل منها خصائص سطح التربة ونوعية الصخور وطبيعتها ومدى تماسكها وكذلك درجة نفاذيتها ومساميتها بالإضافة إلى الصدوع والشقوق والفواصل التي تشغل الوجاهات المكشوفة والأجزاء السفلية والغطاء النباتي (صالح، ١٩٩٩، ص ٣٠)، فتزيد نسب التسرب إذا كانت الصخور منفذة عنها إذا كانت صماء أو كتمية. كما تزيد في حالة سطح التربة الترايبي عنه في حالة السطح الصخري، كما تزيد في حالة انعدام الغطاء النباتي عنه في حالة وجوده.

٣- **التسرب أثناء زمن التباطؤ:** تعد كمية التسرب خلال زمن التباطؤ من العوامل المهمة التي يتوقف عليها حساب الفاقد من التسرب حيث يتم من خلالها التوصل إلى حجم المياه المتسربة أثناء الفترة التي تسبق حدوث الجريان السطحي حتى تبلغ التربة أو الصخر درجة من التشبع ثم يتدفق بعدها الماء على السطح، ويمكن حساب كمية التسرب أثناء زمن التباطؤ من خلال المعادلة التالية:-

التسرب أثناء زمن التباطؤ = مساحة الحوض × زمن التباطؤ × ٠.٠٨
مم/دقيقة. حيث أن ٠.٠٨ مم/دقيقة = متوسط كمية التسرب ويكون الناتج بالمترب مكعب (Wanielista ,etal.,1997.p 175) ، وقد بلغ إجمالي قيم التسرب أثناء زمن التباطؤ ٣٨٢٨.٧ م^٣ بمتوسط ٢٢٥.٢ م^٣ للحوض الواحد.

٤- **قيم التسرب الثابتة:** تمثل مقدار ما يتسرب داخل الصخر الأصلي الذي يقع أسفل الرواسب السطحية من التربة التي تغطي سطح المنطقة. ويتوقف التسرب خلال زمن التصريف على نوع الصخور المكونة لبطن وجوانب الأودية، ويعبر عن قيمة التصريف الثابتة من خلال المعادلة التالية:-

قيم التسرب الثابتة=مساحة الحوض × زمن التصريف × ٠.٠١٦ م^٣/ ساعة،
حيث أن ٠.٠١٦ م^٣/ساعة هي قيمة ثابتة تعبر عن نوع الصخور الجيرية
(خضر، ١٩٩٧، ص ٤١٠)، ومن خلال تطبيق معادلة قيم التسرب الثابتة وكما
يتضح من جدول (٥) بلغت قيم التسرب الثابتة بأحواض التصريف بمنطقة
الدراسة ٦١١٥١٦.١ م^٣ بمتوسط ٣٥٩٧١.٥ م^٣ للحوض الواحد.

جدول (٥) الميزانية الهيدرولوجية لأحواض التصريف.

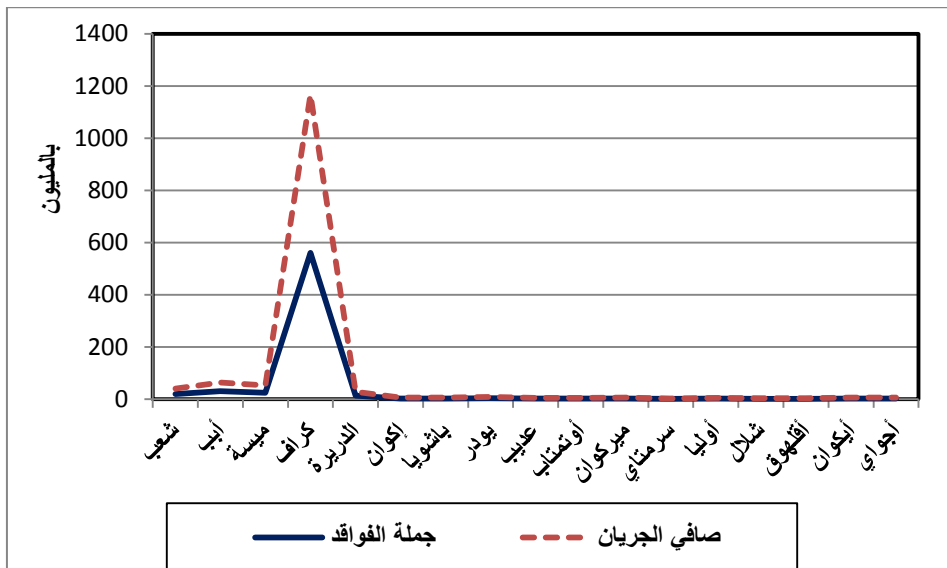
الأحواض	أحجام كمية المياه الساقطة	أحجام التبخر خلال الجريان (م ^٣)	كمية التسرب خلال زمن التباطؤ (م ^٣)	كمية التسرب الثابتة	إجمالي الفاقد في الاحواض	صافي الجريان السطحي
شعب	٦٠٢٣٠٠٠٠	١٩٥٢٧٢٠٠	٢١٣	٤٤.٣	١٩٥٢٧٤٥٧.٣	٤٠٧٠٢٥٤٢.٧
أبيب	٩٥٦١٧٥٠٠	٣١٠٠٠٢٠٠	١٥٧,٨	١٠٤٣٨.٧	٣١٠١٠٧٩٦.٥	٦٤٦٠٦٧٠٣.٥
ميسة	٧٧٩٤٧٥٠٠	٢٥٢٧١٤٠٠	١٥٣.٦	٤٠٩٥.٩	٢٥٢٧٥٦٤٩.٥	٥٢٦٧١٨٥٠.٥
كراف	١٧٢٦٩١٠٠٠٠	٥٥٩٨٨٢٤٠٠	٢٢١٠.٤	٥٨٣٠.٣٤	٥٦٠٤٦٧٦٤٤.٤٢	١١٦٦٤٤٢٣٥٥.٦٦
الديرية	٩١٦٧٥٠٠	٢٩٧٢٢٠٠	٢٥٢.٤	٣٩٠.٨١	٩٧٦٣٦٠.٥	١٩١١٣٩.٥
إكوان	٤٢٦٥٥٠٠٠	١٣٨٢٩٢٠٠	٣٤٧.٣	٨١٥.٦	١٣٨٣٧٦٩٧.٩	٢٨٨١٧٣٠.٢١
باشويا	١٠٣٠٧٥٠٠	٣٣٤١٨٠٠	٤٩.٤	١٨٠	٣٣٤٢٠٢٩.٤	٦٩٦٥٤٧٠.٦
يودر	٩١٦٧٥٠٠	٢٩٧٢٢٠٠	١٢٢.٣	٥١٦.٧	٢٩٧٢٨٣٩	٦١٩٤٦٦١
عديب	١٢٩٦٧٥٠٠	٤٢٠٤٢٠٠	٨٢.٩	١٣٧.١	٤٢٠٤٤٢٠	٨٧٦٣٠.٨٠
أومتاب	٧٦٩٥٠٠٠	٢٤٩٤٨٠٠	٤٢.٩	١٠٠.٢	٢٤٩٤٩٤٣.١	٥٢٠٠٠٥٦.٩
ميركوان	٧٢٦٧٥٠٠	٢٣٥٦٢٠٠	١٩.٦	١٠٥.٥	٢٣٥٦٣٢٥.١	٤٩١١١٧٤.٩
سرمتاي	١٠٣٥٥٠٠٠	٣٣٥٧٢٠٠	١٢٣.٨	٣٣٠.٧	٣٣٥٧٦٥٤.٥	٦٩٩٧٣٤٥.٥
أوليا	٤٠٣٧٥٠٠	١٣٠٩٠٠٠	٣٠.٦	٤٥	١٣٠٩٣٥١	٢٧٢٨١٤٩
شلال	٨٦٩٢٥٠٠	٢٨١٨٢٠٠	٣٥.١	١٩٣.٢	٢٨١٨٤٢٨.٣	٥٨٧٤٠٧١.٧
أقلهوق	٦٤١٢٥٠٠	٢٠٧٩٠٠٠	٥١.٨	١١٤.٧	٢٠٧٩١٦٦.٥	٤٣٣٣٣٣٣.٥
أيكون	٥٤١٥٠٠٠	١٧٥٥٦٠٠	٤٢.٩	٤٩.٨	١٧٥٥٦٩٢.٧	٣٦٥٩٣٠٧.٣
أجواي	٩٤٠٥٠٠٠	٣٠٤٩٢٠٠	٥٠.٧	٧١.٦	٣٠٤٩٣٢٢.٣	٦٣٥٥٦٧٧.٧
المتوسط	١٢٣٧٧٩٤١١.٨	٤٠١٣٠٥٨٨.٢	٢٢٥.٢	٣٥٩٧١.٥	٤٠١٦٦٨١٠.٥	٨٣٦١٢٦٠١.٣

المصدر من إعداد الباحث بتطبيق القياسات والمعادلات الخاصة بالميزانية الهيدرولوجية.

٥- **جملة الفاقد المائي:** تمثل جملة الفاقد المائي المحصلة النهائية لإجمالي التبخر والتسرب (مجموع كمية التسرب أثناء زمن التباطؤ، وكمية التسرب الثابتة) أثناء الجريان، وعلى هذا الأساس يتحدد صافي كمية الجريان الفعلية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة، وقد بلغت قيمة إجمالي الفوائد المائية بأحواض

التصريف بمنطقة الدراسة ٦٨٢.٨ مليون م^٣ بمتوسط ٤٠.٢ مليون للحوض الواحد.

٦- صافي الجريان: يقصد به جملة ما تبقى من كمية المياه الساقطة داخل أحواض التصريف بعد استبعاد كمية الفواقد عن طريق التسرب والتبخر حيث تزداد احتمالية الجريان السيلي بزيادة الفائض من المياه المتبقية، ومن خلال بيانات الجدول (٥)، وشكل (١٠) يتضح أن إجمالي صافي الجريان ١.٤ مليار م^٣، يتراوح صافي الجريان بالنسبة لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة بين ٢.٧ مليون م^٣ لحوض وادي أوليا، ١.١ مليار م^٣ لحوض وادي كراف، بمتوسط ٨٣.٦ مليون م^٣ للحوض الواحد وهي كمية كبيرة من المياه المتبقية قادرة على حدوث جريان سيلي يمثل خطراً على الطرق والمناطق العمرانية والمنشآت الحيوية بمنطقة الدراسة حيث تشتد خطورة تلك الأحواض كلما ارتفع صافي الجريان بها.



شكل (١٠) جملة الفواقد وصافي جريان المياه لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة

ج-علاقات الارتباط بين الخصائص المورفومترية والخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

تفيد دراسة هذه العلاقات في التعرف على درجة الارتباط بين الخصائص المورفومترية والخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف والتأثير المتبادل فيما بينهما ومدى تأثيرها على الجريان السيلي، وقد تبين من خلالها ما يلي:

١- وجود علاقة طردية بين مساحة الأحواض وأبعادها (الطول-العرض - المحيط)، والخصائص الهيدرولوجية (زمن التركيز-حجم التصريف-حجم الجريان-زمن التصريف-أحجام المياه الساقطة-جملة الفواقد - صافي الجريان) وتراوحت قيم الارتباط في أغلب الخصائص بين (+٠.٨٣١، +٠.٩٩٣)، مما يعني ارتفاع قيم الخصائص الهيدرولوجية بارتفاع أبعاد أحواض التصريف بمنطقة الدراسة، فزيادة مساحة الأحواض وأبعادها المختلفة تؤدي إلى استقبالها كمية كبيرة من المياه الساقطة وارتفاع صافي الجريان، وبالتالي قلة زمن التباطؤ فتنتج زيادة خطورة الأحواض وقلة الفاقد وارتفاع احتمالية حدوث الجريان السيلي.

٢- وجود علاقة عكسية بين مساحة الأحواض وأبعادها (الطول - العرض - المحيط)، و(زمن التباطؤ) وتراوحت قيم الارتباط ما بين -٠.٠٠٢، -٠.٠٥٧ مما يعني قلة الفواقد عن طريق معدلات التسرب وبالتالي زيادة كمية الجريان السطحي وارتفاع احتمالية حدوث السيول.

٣- وجود علاقة عكسية بين الخصائص الشكلية (معدل الاستدارة- ومعدل الاستطالة- معامل الشكل)، والخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف، كما يتضح من جدول (٥)، وتراوحت قيم الارتباط بينهما حيث يؤدي ارتفاع

قيم معدلي الاستدارة والاستطالة ومعامل الشكل إلى قلة زمن التباطؤ وزمن التصريف، وبالتالي ارتفاع صافي الجريان السطحي وحدوث السيول.

جدول (٥) العلاقة الارتباطية بين الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف

المعاملات	وقت التباطؤ	زمن التركيز	حجم التصريف	حجم السريان	زمن تصريف الحوض	سرعة جريان المياه	أحجام المياه الساقطة	جملة الفواقد	صافي الجريان
المساحة	٠.٠٢٧-	٠.٨٣١	٠.٩٠٢	٠.٩٢٧	٠.٧٥٨	٠.٠٠٨	٠.٩٩٢	٠.٩٩٣	٠.٩٩٢
الطول	٠.٠٥٧-	٠.٩٨٠	٠.٩٦٨	٠.٩٠٣	٠.٩٧٠	٠.٠١٩	٠.٨٣٧	٠.٨٤١	٠.٩١٥
العرض	٠.٠٥٥-	٠.٩٠٠	٠.٨٠١	٠.٨٠٣	٠.٨٦٨	٠.٠١٤	٠.٦٨٢	٠.٦٨٣	٠.٨٦٢
المحيط	٠.٠٨٠-	٠.٩٦٦	٠.٩٦٠	٠.٨٥٧	٠.٩٨٢	٠.٠٢١	٠.٧٦٠	٠.٧٦٣	٠.٨٧٢
الاستدارة	٠.٠٠١-	٠.٠٠٣-	٠.٠٠٥-	٠.٠٠١-	٠.٠٠٤-	٠.٠٠٢-	٠.٠٠١-	٠.٠٠٣-	٠.٠٠١-
الاستطالة	٠.٠٠٢-	٠.٠٠١-	٠.٠٠١-	٠.٠٠٤-	٠.٠٠٥-	٠.٠٠٤-	٠.٠٠٥-	٠.٠٠١-	٠.٠٠٤-
م. الشكل	٠.٠٠٢-	٠.٠٠٤-	٠.٠٠٢-	٠.٠٠١-	٠.٠٠٢-	٠.٠٠٣-	٠.٠٠٦-	٠.٠٠٢-	٠.٠٠٦-
أعداد المجاري	٠.٠٠٢-	٠.٨٦٩	٠.٩١٣	٠.٩٤٤	٠.٧٩٥	٠.٠٠٧	٠.٩٨٩	٠.٩٩٠	٠.٩٩٤
أطوال المجاري	٠.٠٢٨-	٠.٨٦٢	٠.٩٠٦	٠.٩٤٣	٠.٧٠١	٠.٠٠٩	٠.٩٩٠	٠.٩٩٥	٠.٩٨٩
بقاء المجاري	٠.٠٧٠-	٠.٠٦١-	٠.٠٥٢-	٠.٠٣٢-	٠.٠٩٣-	٠.٠٨١-	٠.٠٠٨-	٠.٠٠٩-	٠.٠٩٦-
كثافة التصريف	٠.٠٢٣	٠.٠٣٨-	٠.٠٥٩-	٠.٠٥٥-	٠.٠٢٩-	٠.٠٠١-	٠.٠٤٨-	٠.٠٤٧-	٠.٢١٨-

الجدول من إعداد الباحث من خلال تطبيق البرنامج الإحصائي Spss v20.

- ٤- وجود علاقة عكسية بين كثافة التصريف والخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف والتي تراوحت بين (-٠.٠٠١)، (-٠.٢١٨)، مما يشير إلى قلة الفواقد من المياه خلال عمليتي التبخر والتسرب مما يساعد على زيادة معدل الجريان السطحي وكفاءة الشبكة في تغذية المجرى الرئيسي وحدوث قمة سيلية مفاجئة بالتالي زيادة احتمالية حدوث سيول قوية بمنطقة الدراسة.
- ٥- وجود علاقة طردية بين أعداد المجاري وأطوال المجاري ومعظم الخصائص الهيدرولوجية باستثناء زمن التباطؤ حيث جاءت العلاقة بينها عكسية حيث تراوحت القيم بين (+٠.٠٠٧، +٠.٩٩٤) مما يشير إلى ارتفاع قيم سرعة الجريان نسبياً مع ارتفاع أعداد وأطوال المجاري.

مما سبق ومن خلال التحليل الأحصائي للعلاقات الارتباطية بين خصائص أحواض التصريف والخصائص الهيدرولوجية اتضح مدى التأثير المتبادل فيما بينهما وتأثيرها على الجريان السيلي وخطورته على الطرق والمراكز العمرانية والمنشآت الحيوية وخطوط المياه العذبة وغيرها بمنطقة الدراسة.

ب- أخطار السيول والمناطق المعرضة للخطورة.

١- مؤشرات الخطورة بأحواض التصريف: تتعرض منطقة الدراسة لأخطار الجريان السيلي حيث تقع معظم المنشآت الحيوية والمناطق العمرانية وعناصر البنية الأساسية من طرق وخطوط المياه العذبة وآبار جوفية مثل آبار قومدليم وألدديب وإيقات وقرات وشناي على السهل الساحلي للبحر الأحمر قرب مصبات الأودية ، الأمر الذي جعل شدة اندفاع مياه الجريان السيلي تجرف كل ما يقابلها من فتات صخري وجلاميد وما تحدثه من تدمير وتخريب لمظاهر الحياة، ومن هنا تكمن خطورة أحواض التصريف بمنطقة الدراسة على هذه المنشآت والمراكز العمرانية والمزارع والطرق والآبار وغيرها.

وبعد دراسة خصائص أحواض التصريف بمنطقة الدراسة وخصائص شبكاتها التصريفية فضلاً عن دراسة العوامل الهيدرولوجية، والميزانية الهيدرولوجية، والعلاقة الارتباطية بين الخصائص الهيدرولوجية والخصائص المورفومترية، ومن خلال تطبيق بعض المقاييس والمعاملات المختلفة على تلك الأحواض واعطاء وزن نوعي لكل عنصر مورفومتري وتضاريسي لأحواض التصريف حيث تم تجميع درجات الخطورة حسب متغيرات الحوض والقسمة على مجموع المتغيرات الهيدرولوجية لاستنتاج درجة الخطورة التي تتدرج تحتها تلك

الأحواض ويمكن تفسيك الأحواض حسب درجة الخطورة، وهي على النحو التالي كما يتضح من شكل (١١):

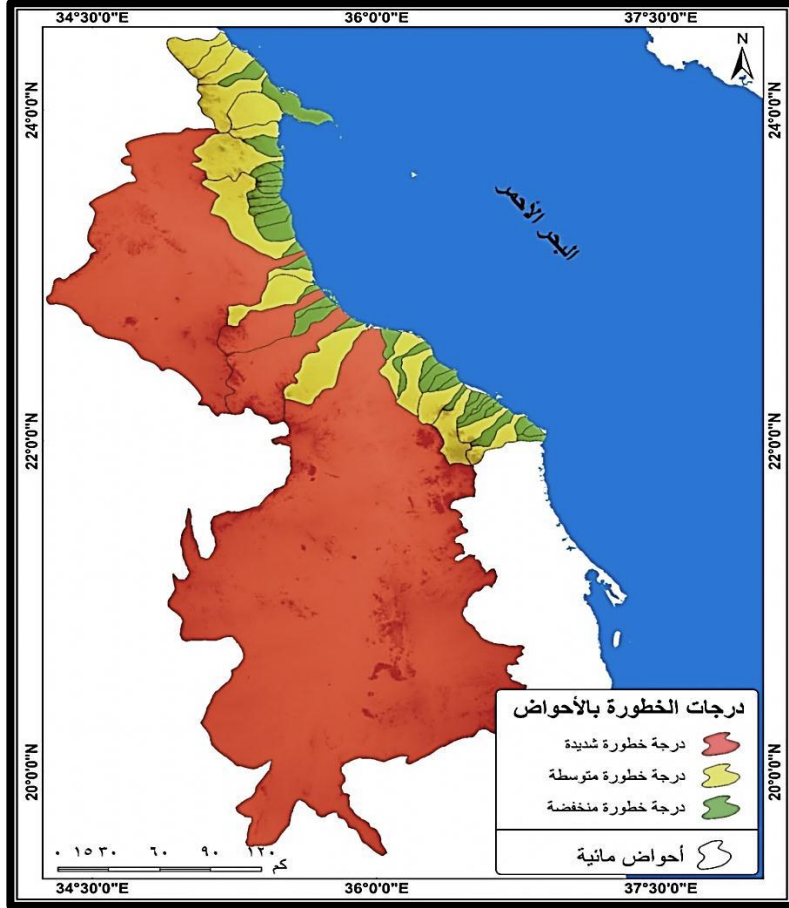
أ- أحواض قليلة الخطورة: وتضم هذه الفئة أربعة أحواض: ميركان وأوليا وأقلهوق وأيكون بنسبة ٢٣.٥% من إجمالي عدد أحواض التصريف بالمنطقة ويرجع انخفاض قيم هذه الأحواض لصغر مساحتها وابعادها المختلفة، وميلها إلى الاستطالة مما انعكس على انخفاض معدلات التصريف وانخفاض قيمة صافي الجريان بها وبالتالي قلة خطورتها.

ب- أحواض متوسطة الخطورة: وهي الأكثر انتشاراً بمنطقة الدراسة وتضم ثمانية أحواض وهي أحواض الدريرة وباشويا ويودر وعديب واتمتاب وسرمتاي وشلال واجواي بنسبة تصل إلى ٤٧.١% من إجمالي أعداد أحواض التصريف بالمنطقة.

ج- أحواض شديدة الخطورة: وتضم هذه الفئة خمسة أحواض وهي أحواض شعب وأبب وميسة وكراف وإكون بنسبة ٢٩.٤% من إجمالي أعداد أحواض التصريف بالمنطقة، وهذه الأحواض تقع عند مصباتها العديد من المراكز العمرانية بالإضافة إلى الطرق والآبار، مما يزيد من درجة خطورة هذه الأحواض.

٢- درجات خطورة الجريان السيلي على البيئة البشرية: بدراسة منطقة الدراسة أمكن تحديد المناطق التي تتعرض لأخطار السيول، وهي بالطبع المناطق الواقعة أسفل رواسب أسطح الدلتاوات الفيضية لأحواض التصريف حيث عملية الارساب عند خروج مياه السيول من أحواضها ثم تفقد سرعتها بسبب انتشارها على سطح السهل شبه المستوى ويكون الارساب على شكل نصف دائرة مركزها

مخرج الحوض ومع الجريان المائي في حالة السيول يؤدي ذلك الى حدوث أخطار جيومورفولوجية على مظاهر العمران بالمنطقة (الخريجي، ٢٠١٦، ص ٥٧).



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على دراسة خاصة المورفومترية والخصائص الهيدرولوجية لآحواض التصريف

شكل (١١) درجات الخطورة بأحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

أ- مناطق شديدة الخطورة: وهي تلك المناطق التي تتعرض للتدمير الكلي في حالة السيول القوية سواء كان ذلك بالنسبة للطرق أو أشكال العمران أو أي استخدامات أخرى، وتتمثل هذه المناطق في قريتي مرسى حميرة وأبرق وهما

قريتان جبليتان يسكنها العبادة، بالإضافة إلى مدينة شلاتين ومناطق حميد وأوليت وأبورماد والتيسة والجرف وحواريب ويقع معظمها بالقرب من مصبات الأودية في مناطق أودية شعب وأبب وميسة وكراف وإكوان مما يجعلها عرضة لأخطار الجريان السيلي.

ب- مناطق خطرة: وهي تلك المناطق التي تعرضت لتدمير جزئي في حالة السيول المنخفضة والمتوسطة وتتمثل هذه المناطق في مناطق التيسة والجرف وحواريب اريس وتيج وحلايب.

ج- مناطق متوسطة الخطورة: وهي تلك المناطق التي تقل فيها التجمعات العمرانية وتبعد عن مصبات الأودية وتتمثل في منطقة رأس حدربة.

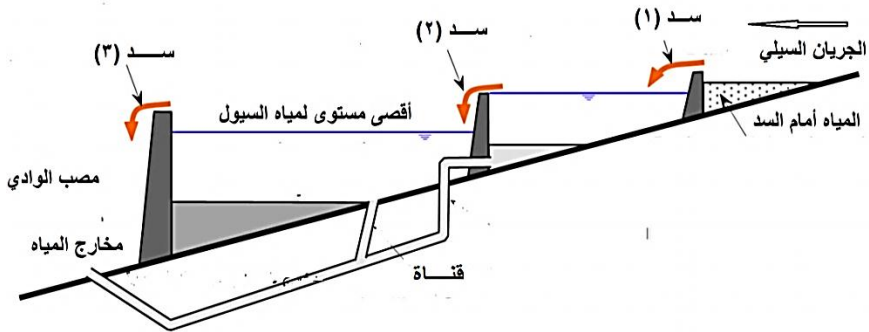
سادساً: طرق الحماية وبعض الحلول والمقترحات:

تعتبر منطقة الدراسة من أكثر المناطق تعرضاً لخطر الجريان السيلي على ساحل البحر الأحمر، نظراً لما تتميز به من سلاسل جبال عالية في كل من مصر والسودان والتي تعترض مسار الرياح المشبعة ببخار الماء، حيث تحدث عواصف رعدية مصحوبة بسقوط أمطار غزيرة في فترة زمنية محدودة لا تتعدى ساعات قليلة، تندفع المياه بعدها من قمم الجبال العالية من خلال شبكة من الأودية الجافة التي تصب شرقاً باتجاه البحر الأحمر، ويتمثل هذا الخطر في فجائية حدوث السيول وما ينتج عنها من تخريب ودمار قد يؤثر سلباً على حياة الإنسان ووجوده وممتلكاته وأنشطته الاقتصادية المتباينة، ولاشك أن هذا يشكل عائقاً كبيراً أمام التنمية في تلك المناطق المنكوبة ومثل هذه الخطر يمكن الحد منه بشئ من التخطيط والاستعداد، خاصة أنها تضر الإنسان وأنشطته، ويتطلب ذلك مواجهة أثارها من وقت إلى آخر تبعاً لتكرار هذه الأحداث والأضرار بغرض

الحماية وتجنب الأخطار بالنسبة لأشكال الاستخدام البشري المختلفة، وسوف يتم تناول بعض هذه الوسائل والمقترحات الواجب اتباعها لمواجهة هذه الأخطار وذلك على النحو التالي:

١-دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف بمنطقة الدراسة لتحديد مناطق تجميع الأمطار ومسارات الجريان السيلي بحيث يمكن إقامة سدود في المنابع العليا للأودية حتى يمكن حجز المياه للاستفادة منها ودرء أخطارها، وتوفير مساحات متزايدة من الأراضي والتربة التي يمكن استغلالها.

٢-القيام ببناء مجموعة من سدود التخزين المتتالية على مسافات متساوية بحيث يتم تحديد أماكنها وارتفاعاتها ونوعها وإنشاء قنوات مفيض تستخدم كمخارج للمياه تحسباً لظروف الجريان السطحي الذي يمكن أن يتخطى أقصى ارتفاع للسد كما يتضح من شكل (١٢). ويفضل أن تكون هذه السدود بالقرب من مصبات الأودية، وخاصة في الأودية الشديدة الخطورة .

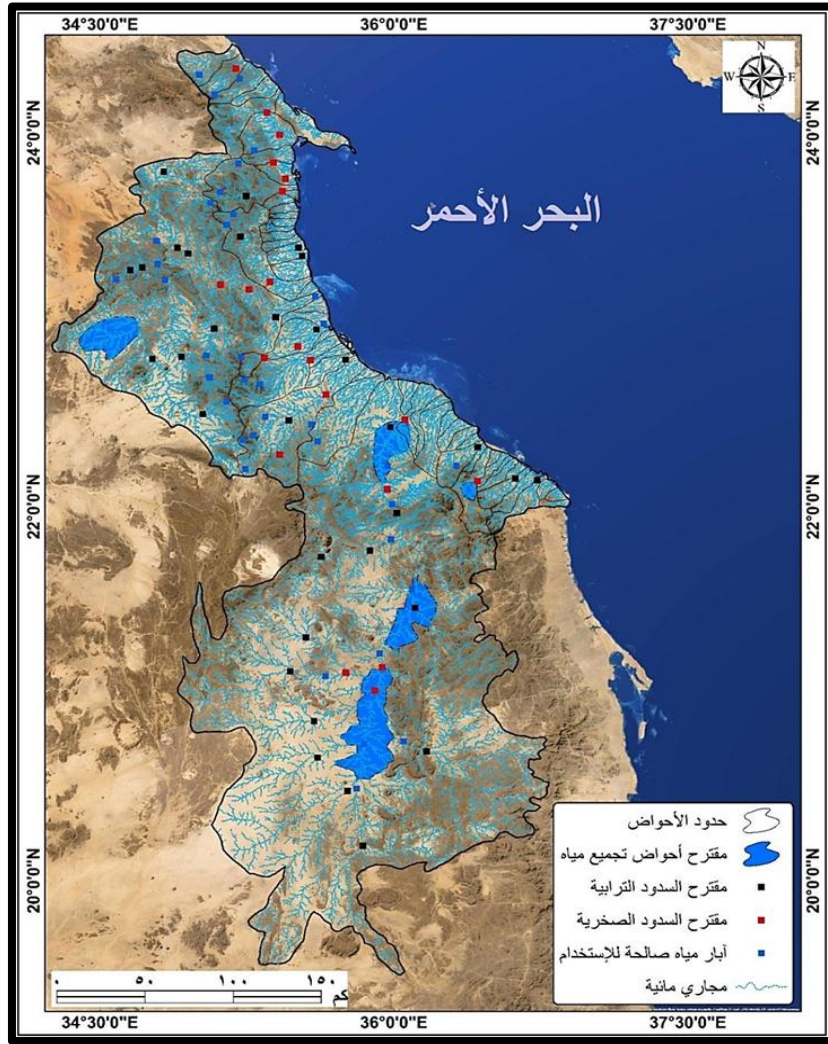


المصدر: نقلاً عن (Morris,2020,p.10) مع التعديل.

شكل (١٢) مجموعة من السدود المتعاقبة لمواجهة أخطار الجريان السيلي

٣- إقامة مجموعة من السدود على الروافد الداخلية للأودية الكبيرة المساحة مثل أودية شعب وأبب وميسة وكراف وإكوان كما يتضح من شكل (١٣) وهذا يساعد

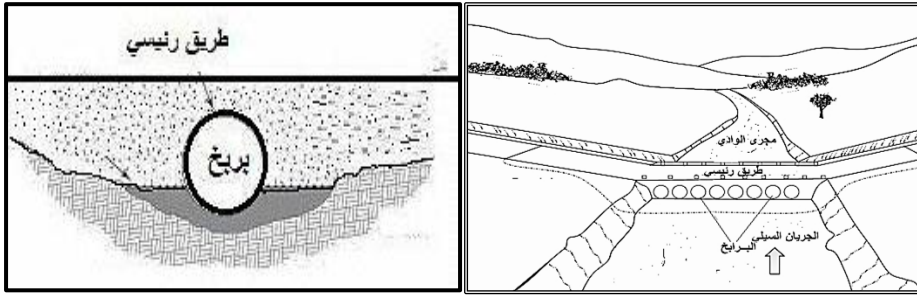
بدوره على منع تزايد قوة المياه وطاقتها والتحكم في الخصائص الهيدرولوجية للأحواض مما يضمن في النهاية السيطرة الكاملة على جميع أجزاء أحواض التصريف بمنطقة الدراسة.



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على دراسة خاصة الأودية الجافة وتحليل الخرائط والمرئيات الفضائية شكل (١٣) المواضع المقترحة لإقامة سدود وأحواض تجميع للمياه بمنطقة الدراسة.

٤- تحديد مسارات السيول عبر المجاري المائية المختلفة لسرعة تصريف المياه في أقل وقت ممكن دون تعرض المناطق السكنية الواقعة عند مصبات الأودية لأي خطر عند حدوث الجريان السيلي.

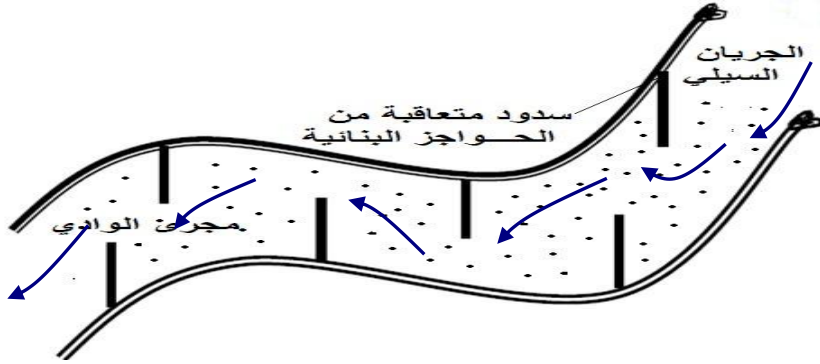
٥- إنشاء مجموعة من البرابخ وفتحات تصريف الأمطار بالطرق الرئيسية بأقطار كبيرة تستوعب الكمية المتوقعة من مياه السيول حتى لا تتراكم المياه بما تحمله من رمال وحصى وكتل صخرية، كما يتضح من شكل (١٤)، وتترسب تلك المواد داخل هذه البرابخ وأمام مداخلها ويؤدي ذلك إلى إعاقة هذه المياه ونقص القدرة التصريفية لهذه البرابخ مما يعني عدم قدرتها على توفير الحماية الكاملة للطرق الرئيسية و منشآت البنية الأساسية مما يؤدي إلى تعرضها إلى أخطار كبيرة وانهيار أجزاء منها، ولذلك يجب تطهير هذه البرابخ بعد حدوث الجريان السيلي لإبقائها صالحة لمرور المياه بدون أي إعاقة.



شكل (١٤) البرابخ وفتحات تصريف الجريان السيلي بالطرق الرئيسية.

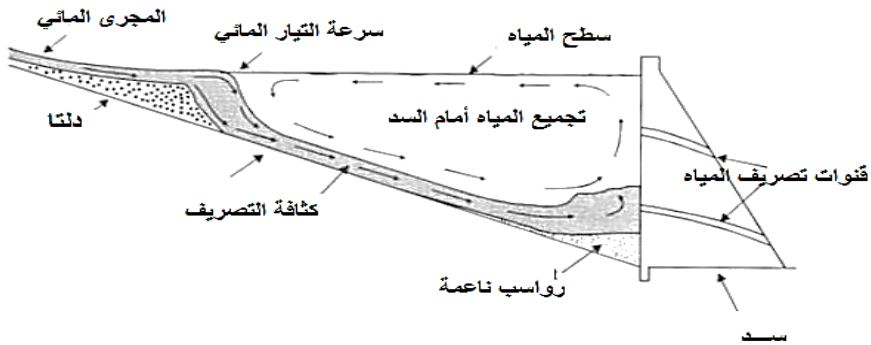
٦- القيام ببناء سلسلة متعاقبة من السدود البنائية المتبادل وغير الكاملة (حواجز جانبية وتعرف بسدود الإعاقة) بحيث لا يزيد ارتفاعها وعرضها عن المتر الواحد، ويبدأ أولها من أحد جوانب الوادي بحيث لا يصل إلى الجانب الآخر الذي يبدأ منه الحاجز الثاني بعد مسافة أقل من ١٠٠ م ، وهذا يجعل

سريان الماء بصورة متعرجة وبطيئة (الدسوقي، ١٩٩٥، ص ٣٥)، كما يتضح من شكل (١٥).



شكل (١٥) سلسلة متعاقبة من السدود البنائية المتبادلة.

٧- إقامة سدود 'عاقبة ركامية من الصخور المحلية في مجرى الوادي عند مصبه كما يتضح من شكل (١٦) لتقليل اندفاع المياه وتغذية الخزان الجوفي.



المصدر: نقلاً عن (Luis, et al, 2012, p.10) مع التعديل.

شكل (١٦) سدود 'عاقبة لتقليل اندفاع المياه وتغذية الخزان الجوفي.

٨- حفر مخرات سيول وتكسيبتها بكتل من الحجر الجيري عند مخارج الأودية بمنطقة الدراسة حتى تصل إلى البحر الأحمر.

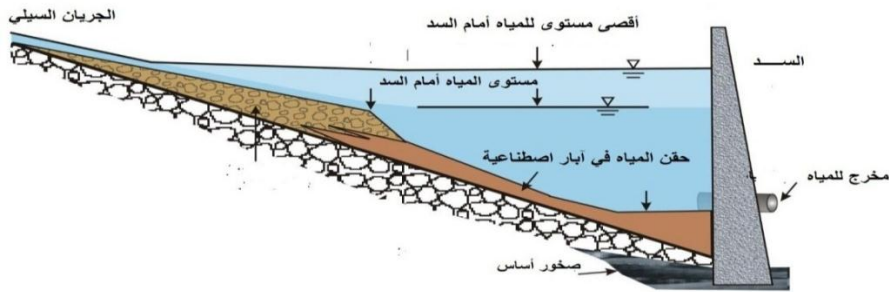
٩- استخدام تقنية الاستشعار عن بعد والرادارات للتعقب والإنذار السريع والمبكر للسكان من خطر الجريان السيلي، وبالتالي إخلاء المناطق المعرضة لسيل محتمل وإغلاق الطرق لتفادي أخطار السيول.

١٠- بناء قاعدة بيانات دقيقة مع توفير الخرائط الرقمية المختلفة لتشكيل منظومة متكاملة للتعقب بأخطار الجريان السيلي وإدارته الفعالة.

١١- ويمكن الاستفادة من مياه الجريان السيلي بمنطقة الدراسة من خلال: -
أ- إنشاء مجموعة من الخزانات السطحية (هرابات) عند مخارج الأودية وتكون محاطة بالأفواس الحجرية بحيث تقوم بحجز الرواسب وتنقية المياه منها بحيث تصل إلى الخزانات الأرضية نقية ونظيفة وبالتالي يمكن الحفاظ على السعة التخزينية والطاقة الاستيعابية للخزانات بحيث يمكن عن طريقها الحصول على المياه العذبة واستخدامها عند الحاجة في ري الأراضي والأغراض المنزلية، وتكون سعة الحوض ما بين ٢٠٠ - ٥٠٠ م^٢، وهذه الوسيلة غير مكلفة ولا تحتاج إلى مجهود كبير وتساعد على تقليل سرعة سريان الماء الجاري من الأودية التي تحكمها السدود مما يزيد من فرصة التخلل الرأسي للتكاوين المنفذة وبالتالي ملء هذه الخزانات، وتمنع انجراف التربة وتساعد على تنميتها وزراعتها عن طريق وصول المياه إلى المناطق المحرومة (الشامي، ١٩٩٥، ص ٧٠)، كما تحد من أخطار الجريان السيلي والاستفادة من المياه في تنمية منطقة الدراسة.

ب- إقامة السدود في المناطق المعرضة للجريان السيلي، وليس بالضرورة أن تكون سدوداً خرسانية، بل يمكن استخدام تقنيات حديثة غير مكلفة إقتصادياً ومن ثم إعادة تخزين المياه المتجمعة خلف هذه السدود إلى باطن الأودية المقامة عليها هذه السدود وحقق تلك المياه في باطن الأرض من خلال آبار

جوفية اصطناعية ذات تصميم خاص يتم حفرها في بحيرة السد كما يتضح من شكل (١٧) وهذا يقلل كثيراً من الفاقد عن طريق عملية التبخر كما يمكن الاستفادة من هذه المياه عن طريق إعادة ضخها مرة أخرى بواسطة الطلمبات واستخدامها في أغراض كثيرة مثل الزراعة وإمداد الأهالي بمنطقة حلايب وشلاتين بالمياه، وفي هذه الحالة يصبح للسد دوراً إيجابياً وأساسياً في البيئة الصحراوية الجافة بمنطقة الدراسة.



المصدر: نقلاً عن (Oladosu ,etal,2019,p.30) مع التعديل.

شكل (١٧) تخزين المياه المتجمعة خلف السد وحقتها في آبار اصطناعية

لإستخدامها عند الضرورة.

ج- إنشاء حفائر تخزينية (غدران صناعية) يتم فيها تحويل جزء من مياه السيول المتدفقة في الأودية الجافة لتأمين المياه لسكان منطقة الدراسة وسقيا الماشية وكذلك توفير بيئة نباتية تخفف من تأثير الظروف المناخية القاسية وتكون مصدر للرعي (آل الشيخ ، ٢٠٠٦ ، ص ٧).

د- عمل قناة صناعية على هامش السهل الساحلي لتجميع مياه السيول لتجميع مياه الجريان السيلي واستيعاب كميات من المياه الزائدة لنقلها من أماكن الخطورة إلى أماكن لا يمتثل بها الخطر أو إلى أماكن يمكن استغلال مياه الجريان بها (صالح، ٢٠٠٠، ص ٨٥)

٥- يمكن استخدام الصهاريج على طول الطريق الساحلي حلايب- شلاتين لكي يستخدمه الأهالي أو عند قرى الصيد والمراكز العمرانية البدوية.

الخاتمة والنتائج:

١- تقع منطقة الدراسة في الجزء الجنوبي الشرقي من الهضبة الجنوبية لمصر وشمالى دولة السودان، وتمثل أعلى جهاتها ارتفاعاً في سلسلة جبال البحر الأحمر، وتشغل رقعة جغرافية واسعة تبلغ مساحتها نحو ٣٠٣.٥ كم^٢.

٢- يعد خطر الجريان السيلي نتاجاً لعدد من العوامل المتداخلة لعل أهمها مورفولوجية الأحواض، ومساحتها، وأبعادها، والعوامل المناخية، والتضاريسية، وخصائص التربة، والنبات الطبيعي، والعوامل الهيدرولوجية والتي تساهم مع بعضها البعض في أحداث الجريان السيلي بمنطقة الدراسة.

٣- تصب في منطقة الدراسة مجموعة من الأودية الجافة والتي تتحدر في معظمها من الغرب والجنوب الغربي إلى الشرق والشمال الشرقي، حيث تبدأ منابعها من الكتلة الجبلية في كل من مصر والسودان باتجاه السهل الساحلى لتصب في البحر الأحمر، ويبلغ عددها سبعة عشر وادياً تختلف فيما بينها من حيث الخصائص المورفومترية والمورفولوجية، ولكنها تتفق فيما بينها من حيث صفة جريانها.

٤- استخدمت تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والنموذج الهيدرولوجي WMS في دراسة الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف بواسطة تحليل نموذج الارتفاع الرقمي Aster Dem ذو دقة ٣٠ والتي أمكن من خلالها تحديد سبعة عشر حوضاً تتباين في مساحتها وأبعادها وخصائصها الجيومورفولوجية والمورفومترية والتضاريسية، وترتب على هذا التباين الاختلاف في صافي الجريان

ومقدار ما يتجمع من مياه داخل كل حوض، وبالتالي الاختلاف في درجة خطورتها على منطقة الدراسة.

٥- تتميز الأمطار بموسمية واضحة خلال فصلي الخريف والشتاء بشكل يؤثر على الجريان السيلي بالمنطقة خلال شهور أكتوبر ونوفمبر وديسمبر، كما أتضح أن متوسط كمية الأمطار الساقطة في يوم واحد تزيد على ما يسقط على المنطقة من مطر في أعوام عديدة، ويشير ذلك إلى إمكانية حدوث سيول فجائية من خلال تجميع أحواض التصريف لكميات الأمطار الفجائية الساقطة خلال يوم واحد.

٦- أوضحت الميزانية الهيدرولوجية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة إن إجمالي الفواقد المائية عن طريق عمليتي التبخر والتسرب بلغت ٦٨٢.٨ مليون م^٣ بمتوسط ٤٠.٢ مليون للحوض الواحد، في حين بلغ إجمالي صافي الجريان المائي للأحواض ١.٤ مليار م^٣، بمتوسط ٨٣.٦ مليون م^٣ للحوض الواحد.

٧- صنفت أحواض التصريف بمنطقة الدراسة تبعاً لدرجة خطورتها وفقاً لمعايير الخصائص المورفومترية والقيم الهيدرولوجية والميزانية الهيدرولوجية، ومن خلال هذه التصنيفات والتحليل الأحصائي للعلاقات الارتباطية بينها أمكن تحديد الأحواض الشديدة والمتوسطة والقليلة الخطورة ومدى تأثيرها على الطرق المراكز العمرانية والمنشآت الحيوية وخطوط المياه العذبة بمنطقة الدراسة.

٨- تم تحديد مجموعة من الحلول والمقترحات للحد من أخطار الجريان السيلي والوقاية منها وتجنب الأخطار بالنسبة لأشكال الاستخدام البشري المختلفة، والاستفادة من مياهها في عمليات التنمية المختلفة.

المصادر والمراجع

أولاً: -المصادر: -

١. ادارة المساحة العسكرية: الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ١٠٠.٠٠٠، ١٩٩٢، لوحات (حلايب، جبل سروك، علبة، جبل ايس، جبل أم الطيور الفوقاني، جبل سيجع، جبل مشبح، جبل سيجع، جبل جرف، مرسى شعب، جزر سيال).
٢. إدارة المساحة العسكرية، الخرائط الطبوغرافية، طبعة ١٩٨٣ مقياس ١:٢٥٠.٠٠٠ لوحتي علبة وبرنيس.
٣. الهيئة المصرية العامة للبتروال، الخريطة الجيولوجية التي أصدرتها شركة كونكو كورال، ١/٥٠٠,٠٠٠/١ لوحة برنيس، ١٩٨٧.
٤. وزارة الطاقة والتعدين بالسودان، الخريطة الجيولوجية للسودان، ١/٢٠٠٠,٠٠٠/١، قسم الخرطوم، ١٩٨٣.
٥. الهيئة العامة الأرصاد الجوية المصرية: المعدلات المناخية لمحطات الأرصاد الجوية تقارير غير منشورة من الفترة ٢٠٠٥-٢٠١٢، القاهرة ٢٠١٣
٦. الهيئة العامة الأرصاد الجوية السودانية: المعدلات المناخية لمحطات الأرصاد الجوية تقارير غير منشورة من الفترة ٢٠٠٥-٢٠١٠، الخرطوم.
٧. مركز التنمية والتخطيط التكنولوجي، (١٩٨٨): حماية مدينة ١٥ مايو من السيول، التقرير الأول، جامعة القاهرة.

ثانياً: -المراجع العربية :-

١. أبورية، أحمد محمد (٢٠١٦): الأخطار الجيومورفولوجية في البر الغربي لمدينة الأقصر باستخدام التقنيات الجغرافية الحديثة، مجلة كلية الآداب، جامعة الفيوم.
٢. الألفي، زينهم (١٩٩٨): جيولوجية منطقة مثلث حلايب، ندوة مثلث حلايب، معهد البحوث والدراسات الأفريقية

٣. آل الشيخ، عبد الملك بن عبد الرحمن، (٢٠٠٦): حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية، المؤتمر الدولي الثاني للموارد المائية في المملكة العربية السعودية.
٤. التركماني، جودة فتحي (١٩٩٨): جيومورفولوجية أودية جبال الجزء الأوسط بهضبة نجد، مجلة الانسانيات، كلية الآداب بدمنهور، جامعة الاسكندرية، العدد الأول.
٥. الدسوقي، طاهر محمود (١٩٩٥): طرق التحكم في السيول والاستفادة من مياهها، بحوث ندوة المياه في الوطن العربي، الجمعية الجغرافية المصرية، المجلد الأول، القاهرة.
٦. الكيالي، منى عبد الرحمن، عبد الجواد، صبحي عبد الحميد (٢٠٢٠): النمذجة لهيدرولوجية ثنائية الأبعاد للجريان السيلي، حوض وادي الجمال، البحر الأحمر، مصر، باستخدام تطبيقات الجيوماتكس، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، المجلة العربية للدراسات الجغرافية. العدد الرابع.
٧. السبيعي، محمد الحسين (٢٠١٦): الأخطار الطبيعية على الطريق الصحراوي الغربي (فيما بين الأقصر جنوباً وأبوتشت شمالاً)، مجلة الجمعية الجغرافية المصرية، العدد الثامن والستون، الجزء الأول.
٨. السلاوي، محمود سعيد (١٩٨٩): هيدرولوجية المياه السطحية، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، طرابلس.
٩. الشامي، إبراهيم ذكريا (١٩٩٥): التحكم في السيول الاستفادة من مياهها ودرء أخطارها، بحوث ندوة المياه في الوطن العربي، الجمعية الجغرافية المصرية، المجلد الأول، القاهرة.
١٠. حجاب، محمود أحمد (٢٠١١): الجريان السيلي في محافظة سوهاج- دراسة جيومورفولوجية، مجلة كلية الآداب - جامعة بنها، إصدار خاص.
١١. خضر، محمود محمد (١٩٩٧): الأخطار الجيومورفولوجية الرئيسية في مصر، مع التركيز على السيول في بعض مناطق وادي النيل، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس، القاهرة.

١٢. سالم، نصرالدين محمود(٢٠١٨): شبكة التصريف في منطقة رأس غارب والأخطار الجيومورفولوجية المرتبطة بها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، والأدبية، كلية الآداب، جامعة كفر الشيخ.
١٣. سلامة، حسن رمضان(١٩٨٢): الخصائص الشكلية ودلالاتها الجيومورفولوجية، نشرة دورية محكمة يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد (٤٣)، الكويت.
١٤. شطا، محمود سيد(٢٠١٥): الخصائص والأخطار الجيومورفولوجية وتأثيراتها في حوض وادي البارود شمال منطقة سفاجا، مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة قناة السويس، العدد ٤.
١٥. شعبان، أسامة حسين(٢٠١٢): أخطار السيول على منطقة شرق مدينة المنيا دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، مجلة كلية الآداب، جامعة القاهرة، مج ٧٢، ج ١.
١٦. صالح، أحمد سالم(١٩٨٩): الجريان السيلي في الصحاري، دراسة في جيومورفولوجية الأودية الصحراوية، معهد البحوث والدراسات العربية، جامعة الدول العربية، القاهرة.
١٧. صالح، أحمد سالم(١٩٩٩): السيول في الصحاري نظريا وعمليا، دار الكتاب الحديث، القاهرة.
١٨. صالح، كريم مصلح(٢٠٠١): الأخطار الطبيعية على الجانب الشرقي لوادي النيل فيما بين أولاد يحي جنوباً والسلاموني شمالاً -سوهاج، دراسة جيومورفولوجية، مجلة كلية الآداب بسوهاج - سلسلة الدراسات الخاصة -جامعة جنوب الوادي.
١٩. علام، عبد الله علام(١٩٩٧): الأخطار الجيومورفولوجية على الطرق الجبلية جنوب غرب السعودية -دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، مجلة كلية الآداب، جامعة المنوفية، العدد ١٤ .

ثالثاً؛-المراجع الأجنبية:

1. **Abd el-Ghani, M& Abdellkhalik, K., (2006):** Floristic Diversity and Phytogeography of the Gebel Elba National Park, South-East Egypt, Doga, Turkish Journal of Botany.
2. **Abdelfattah, M.etal.,(2017):** Risk Assessment of Flash Floods in the Valley of the Kings, Egypt, DPRI Annuals, No. 60 .
3. **Abou El-Magd I,etal., (2010):** GIS modelling of the spatial variability of flash flood hazard in Abu Dabbab catchment, Red Sea Region, Egypt, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, [https:// www .journals.elsevier.com/the-egyptian-journal-of-remote-sensing-and-space-sciences](https://www.journals.elsevier.com/the-egyptian-journal-of-remote-sensing-and-space-sciences).
4. **Abu El-Magd, S,etal.,(2020):** Multi-criteria decision-making for the analysis of flash floods: A case study of Awlad Toq-Sherq, Southeast Sohag, Egypt, Journal of African Earth Sciences,<https://www.journals.elsevier.com/journal-of-african-earth-sciences>.
5. **Aravinda,P,etal.,(2019):**Morphometric analysis of Nelligudda watershed using Remote sensing and Gis: A case study of Vrishbhavathi sub basin, National Conference on Futuristic Technology in Civil Engineering for Sustainable Development.
6. **Azab, M., (2009):** Flood hazard between Marsa Alam- Ras Banās, Fourth Environmental Conference, Faculty of Science, Zagazig University.
7. **Ball, J.,(1912):**The geography and geology of South eastern Desert of Desert of Egypt,Cairo.
8. **Black, A, etal,(2021):** Natural flood management, lag time and catchment scale:Results from an empirical nested catchment study, J Flood Risk Management, wileyonlinelibrary.com /journal/jfr3.
9. **Bogale,A,(2021):**Morphometric analysis of a drainage basin using geographical information system in Gilgel Abay watershed, Lake Tana Basin, upper Blue Nile Basin, Ethiopia, Applied Water Science.
10. **Carmona,M, etal,(2021):**Assessing torrential flow susceptibility using triggering and propagation models for tropical mountainous regions, a case study of the northern Andes, Colombia, SCG-XIII International Symposium On Landslides. Cartagena, Colombia-Conference Paper · February 2021.
11. **Dolui ,G,etal.,(2022):** Multi-criteria-based Morphometric Prioritization for Soil Erosion Susceptibility and Denudation Rate Assessment of Purulia District, India, :<https://www.researchgate.net/publication/357507414>

12. **El Bastawesy, M., et al., (2019):** Flash floods and groundwater evaluation for the non-gauged dryland catchment using remote sensing, GIS and DC resistivity data: A case study from the Eastern Desert of Egypt *Journal of African Earth Sciences*, <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-african-earth-sciences>
13. **Elsadek, W, et al., (2019):** Flash Flood Risk Estimation of Wadi Qena Watershed, Egypt Using GIS Based Morphometric Analysis Applied Environmental Research, <https://www.tci-thaijo.org/index.php/aer>.
14. **Ghasemizade, M., (2011):** Estimation of Design Flood Hydrograph for an Ungauged Watershed, *Journal of Flood Engineering*, International Science Press (India).
15. **Ismail, I, et al., (2015):** Origin of fluorite mineralizations in the Nuba Mountains, Sudan and their rare earth element geochemistry, *Journal of African Earth Sciences* 112 ,pp. 276-286
16. **Kamel, O.A., & Said, M., (1999):** Final Report of The Project: Geology and Mineral Resources of EL- Minia District, Fac, Sci, Minia Univ.
17. **Kanhaiya, S & et al., (2018):** Geomorphic evolution of the Dongar River Basin, Son Valley, Central India, *Geology, Ecology, and Landscapes*, Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/tgel20>.
18. **Luis, J, et al., (2012):** Challenge in running hydropower as Source of clean energy: ringlet reservoir, Cameron highlands case study, Conference: Proceedings National Graduate Conference 2012 At: Universiti Tenaga Nasional, Putrajaya Campus.
19. **Mahmoud, S. H., (2014):** Investigation of rainfall–runoff modeling for Egypt by using remote sensing and GIS integration, <https://www.sciencedirect.com/journal/catena>
20. **Marchi, L, et al , (2010):** Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management, *Journal of Hydrology* ,PP. 118–133.
21. **Morris, G., (2010):** Classification of Management Alternatives to Combat Reservoir Sedimentation, *Water* ,v 12, 861;
22. **Morrisawa, M., (1968) :** Streams their dynamics and morphology, McGraw- Hill book Company., New York.
23. **Oladosu, O, et al., (2019):** n investigative study on the volume of sediment accumulation in Tagwai dam reservoir using bathymetric and geostatistical analysis techniques, *Applied Sciences*, Published by Springer Nature.

- 24. Pandey A&Singh G,(2021):**Flash flood vulnerability assessment and zonation through an integrated approach in the Upper Ganga Basin of the Northwest Himalayan region in Uttarakhand, International Journal of Disaster Risk Reduction Volume 66.
- 25. Pareta,K&Pareta,U.,(2011):**Quantitative morphometric analysis of a watershed of Yamuna basin, India using ASTER (DEM) data and GIS, International Journal of Geomatics and geoscience Volume 2, No 1.
- 26. Petersen,M.,(2001):** Impacts of Flash Floods, Coping With Flash Floods, art of the NATO Science Series book series ,ASEN2, vol.77
- 27. Raghunath, H. M.,(1984):** Hydrology Principles Analysis and Design ,John Wiley ,New York.
- 28. Said,R.,(1990) :** The Geology of Egypt , Balkema , Rotterdam , nether lands.
- 29. Stephen , A . ,(1999) :** Hydrology for water management ,A.A, Balkema ,Rotterdam, Bookfield.
- 30. Tewari, etal.,(2019):**Assessment of geomorphological and hydrological variations in Bhagirathi River Drainage sub-basin with the help of morphometric studies, Journal of Taibah University for Science,<https://doi.org/10.1080/>
- 31. Thornbury,D.,(1984):** Principle of Geomorphology ,Second Edition ,John Wiley & Sons , New York.
- 32. Wanielista,M, etal(1997):** Water quantity and quality control. John Wiley and Sons, Inc, New York.
- 33. Wilson,J&etal.,(2012):**Morphometric Analysis of Major SubWatersheds in Aiyar & Karai Pottanar Basin, Central Tamil Nadu, India Using Remote Sensing & GIS Techniques, Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science, Vol. 2, Special Issue 1.
- 34. Youssef, A, etal., (2009):** Geomorphological hazard analysis along the Egyptian Red Sea coast between Safaga and Quseir,Natural Hazards and Earth System Sciences,<https://www.natural-hazards-and-earth-system-sciences.net>.
- 35. Zhang,L&Guilbert,E.,(2012):** Astudy of variables characterizing drainage patterns in river networks, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B2. Melbourne, Australia.

Torrential flows Hazards South east of Egypt between the Hadrba valleys in the south and Sfira in the north, A study in applied geomorphology using modern geographical techniques.

Abstract

The research deals with hazards of torrential flow, which is one of the most important geomorphological hazards in the study area in terms of spread, frequency of occurrence, sudden appearance and speed of flow, as these hazards are exacerbated and increasing day by day, threatening human life, property and the components of his natural environment, which requires studying, understanding and then predicting and confronting them.

The research relied on the regional approach, and the objective approach, and several methods, including the descriptive deductive method, in addition to the use of quantitative and statistical methods when studying the morphometric characteristics of the drainage basins in the Study area.

The research aimed to identify areas of the hazards of torrential flow, to identify their causes and avoid the hazards resulting from them, the distribution of areas of hazards, types, degree of hazard and development potentials in the study area, To achieve this, the geological characteristics, climatic characteristics, topographic characteristics, the nature of the soil and the characteristics of the natural vegetation were studied, in addition to studying the morphometric and hydrological characteristics of the drainage basins.

The research concluded with many suggestions and recommendations, through which it is possible to reduce the hazards of torrential flow in the study area and ways to confront them

Keywords: South East of Egypt-Geomorphological hazards -Torrential flows