

توظيف تكاملي لتقنيات الجيوماتيكس لتقدير الخصائص الهيدرولوجية للسيول وأخطارها بمنطقة جبل عتاقة: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية

د/ شيرين صبري السباعي زكي الشيوبي (*)

الملخص:

تعد السيول ولحده من أهم الظواهر الطبيعية التي تؤثر على سطح الأرض وبخاصة على المناطق الصحراوية الجافة كمنطقة جبل عتاقة، حيث تتعرض أحواض تصريفها لسقوط أمطار غزيرة فجائية من وقت إلى آخر مسببة حدوث سيول سريعة الجريان، وهي عبارة عن حركة قوية وسريعة للمياه وتتميز بقوتها الهائلة وبالتالي تمثل خطرا تدميريا كبيرا يهدد المناطق العمرانية وشبكة الطرق الرئيسية المقامة بالمنطقة وخاصةً التي تقع عند مخارج ومصبات الأودية كطريق السويس- العين السخنة، والسويس - القاهرة، وطريق حجل - المحاجر وطريق المحاجر الدائري بإجمالي طول ١٢٥ كم، مما يؤدي في النهاية إلى توقف الطرق وتعطيل حركة المرور والنقل، حيث تتمثل خطورة السيول هنا في أنها تحدث فجأة وتحمل معها وفرة من المفتتات التي تصل إلى حجم الجلاميد أحيانا. مما يؤثر على حركة النقل بشكل عام نتيجة تجمع الرواسب أمام فتحات تصريف السيول، وتؤدي أحيانا إلى خسائر بشرية؛ لذا اهتمت الدراسة بتوظيف تكاملي لأهم تقنيات الجيوماتيكس لتقدير الخصائص الهيدرولوجية للسيول وأخطارها على العمران والطرق من خلال تطبيق برامج : WMS 11.1, ARC MAP 10.6.1, Erdas Imagine وطريقة (SCS-CN) وربطها بنتائج للدراسة الميدانية، وذلك لتحليل خصائص شبكة التصريف مورفومتريا وهيدرولوجيا وتأثيرها على الجريان السطحي، ومن ثم حساب حجم التصريف وذروة التدفق وصافي وسرعة الجريان، ثم تطرقت الدراسة في النهاية إلى تصنيف الأحواض حسب درجة الخطورة وتقييم مثل هذه الأخطار والتنبؤ بها، وتحديد أكثر المناطق بالعمران والطرق عرضة لأخطار السيول، مع كيفية معالجتها وإقتراح حلول مناسبة للحد من احتمالية حدوثها والأضرار الناتجة عنها، والاستفادة منها بطرق تخدم عمليات التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية: السيول، الخصائص الهيدرولوجية، جيوماتيكس، عتاقة، أخطار.

(*) مدرس الجيومورفولوجيا ونظم المعلومات الجغرافية كلية الآداب- جامعة بورسعيد Sherin.Sabry@arts.psu.edu.eg

Integration of Geomatics Techniques to Estimate the Hydrological Characteristics of Flash Floods and Their Hazards in Jabal Ataqa Area: A Study in Applied Geomorphology

Abstract:

Flash floods are one of the most significant physical phenomena that affect the surface of the earth, particularly dry desert areas such as Jabal Ataqa area. The drainage basins of these areas are exposed to sudden heavy rains from time to time, causing fast-flowing floods, which are strong and rapid movements of water characterized by their enormous strength. Accordingly, they represent a major destructive danger that threatens urban areas and the main road network established in the area, particularly those located at the exits and outlets of valleys such as the Suez-Ain Sokhna Road, Suez-Cairo Road, Hagoul-Al-Mahager Road and Al-Mahager Ring Road, with a total length of 125 km. This ultimately leads to the closure of roads as well as the disruption of traffic and transportation, as the danger of flash floods here is that they occur suddenly and carry with them an abundance of debris that sometimes reaches the size of boulders. Transportation in general is thus affected as a result of the accumulation of sediments in front of flood drainage openings, sometimes leading to human losses. Therefore, the study focuses on the integration of the most significant geomatics techniques to estimate the hydrological characteristics of flash floods and their hazards to urban areas and roads by applying the programs WMS 11.1, ARC MAP 10.6.1, Erdas Imagine and the (SCS-CN) method, and linking them to the results of field study. This is in order to analyze the characteristics of the drainage network morphometrically and hydrologically and its impact on surface runoff, and then calculate the discharge volume, peak flow, net flow and net speed. Finally, the study addresses the classification of basins according to the degree of hazard and the evaluation and prediction of such hazards, and the identification of the urban areas and roads that are exposed to flood hazards the most and how to treat them, propose appropriate solutions to reduce the possibility of their occurrence and the resulting damages, and utilize them in ways that serve sustainable development processes.

Keywords: Flash floods, hydrological characteristics, Geomatics, Ataqa, Hazards.

مقدمة:

الخصائص الهيدرولوجية من أهم المحددات المسؤولة عن حدوث الجريان السيلي من عدمه، حيث تعد انعكاساً لكل من العوامل المناخية والجيولوجية والتضاريسية والمورفومترية لأحواض التصريف، حيث إن من خلالها يمكن تحديد كمية الفواقد وبالتالي صافي الجريان، ومن ثم تحديد درجات الخطورة على الأنشطة البشرية أو الاعتماد عليها في التنمية أم لا.

وتعد تقنيات الجيوماتيكنس من التقنيات الحديثة التي لها دوراً محورياً في تحليل ودراسة الخصائص الهيدرولوجية بفضل قدرتها على جمع وتحليل وتفسير كميات هائلة من البيانات المكانية المتعلقة بها، ومن ثم بناء النماذج الرقمية المحاكية للعمليات الهيدرولوجية بدقة عالية وسرعة فائقة، وبالتالي توفير أدوات قوية لنمذجة العمليات الجغرافية والهيدرولوجية مما يساعد على فهم الأسباب الكامنة وراء هذه العوامل (Longley,2015)، وتوقع التغيرات المستقبلية لإدارة الموارد المائية وتقييمها، وتطوير حلول مبتكرة ومستدامة لمشاكل الجريان السطحي المتزايدة بالمنطقة، وذلك من خلال إعداد خرائط لأخطار السيول لتوجيه عمليات الإغاثة وتحديد أفضل المواقع لبناء السدود والخزانات لحماية المناطق المتضررة من السيول.

والسيول من أكثر العوامل الطبيعية التي تؤثر على مورفولوجية منطقة جبل عتاقة، فهي سبب رئيسي في تكون الأودية الجافة التي تقطع سطح المنطقة وخاصةً المناطق المتضررة التي تتبع من الجبال لتصب شرقاً في خليج السويس، ويرجع ذلك إلى عملية النحت الناتجة عن سرعة الجريان السيلي، هذا بالإضافة إلى كمية الرواسب التي يحملها السيل معه داخل المجاري المائية وكانت سبب في تكون بعض ظاهرات الإرساب المرتبطة بمصببات الأودية كظاهرة المراوح الفيضية، وهي عبارة عن خليط من الرواسب المفتتة المستمدة من صخور أحواض التصريف الخاصة بها.

وتتميز منطقة جبل عتاقة بوجود بعض الأنشطة البشرية (شكل ١) و(صورة ١)، والمتمثلة في: المناطق العمرانية بمساحة ٢٠.٧ كم^٢، وشبكة من الطرق الرئيسية المقامة والتي تقع عند مخارج ومصبات الأودية، بإجمالي طول ١٢٥ كم وتتمثل في: طريق السويس — العين السخنة بطول ٣٥.٢ كم، وطريق السويس — القاهرة بطول ٢٨.٧ كم،

وطريق حجول — المحاجر بطول ٢٥.٥ كم، وطريق حجول — المحاجر الداخلي بطول ١٨.٦ كم، وطريق المحاجر الدائري بطول ١٧ كم. وتتعرض هذه الأنشطة البشرية إلى سيول فجائية وتزداد الخطورة هنا في أنها تحمل معها وفرة من المفتتات تصل إلى حجم الجلاميد أحياناً، ثم تغير قنوات تصريفها من وقت لآخر على جسم المروحة، لتصب في النهاية في خليج السويس، وينتج عنها أضراراً كبيرة وخاصة على الطرق والمناطق العمرانية التي تقع عند مخارج ومصبات الأودية، وتتوقف درجة خطورة السيل على كمية المياه الساقطة وزمن سقوطها وسرعة المياه، هذا إلى جانب التركيب الصخري ودرجة المسامية والنفاذية التي تسمح بتسرب المياه إلى أسفل وكثافة الغطاء النباتي، وبالتالي أصبح من الضرورة وجود مقترحات وحلول للتقليل من مخاطر السيول كإنشاء السدود وعمل مخزات وقنوات لتجميع مياه السيول، إلى جانب وجود محطات لرصد السيول.

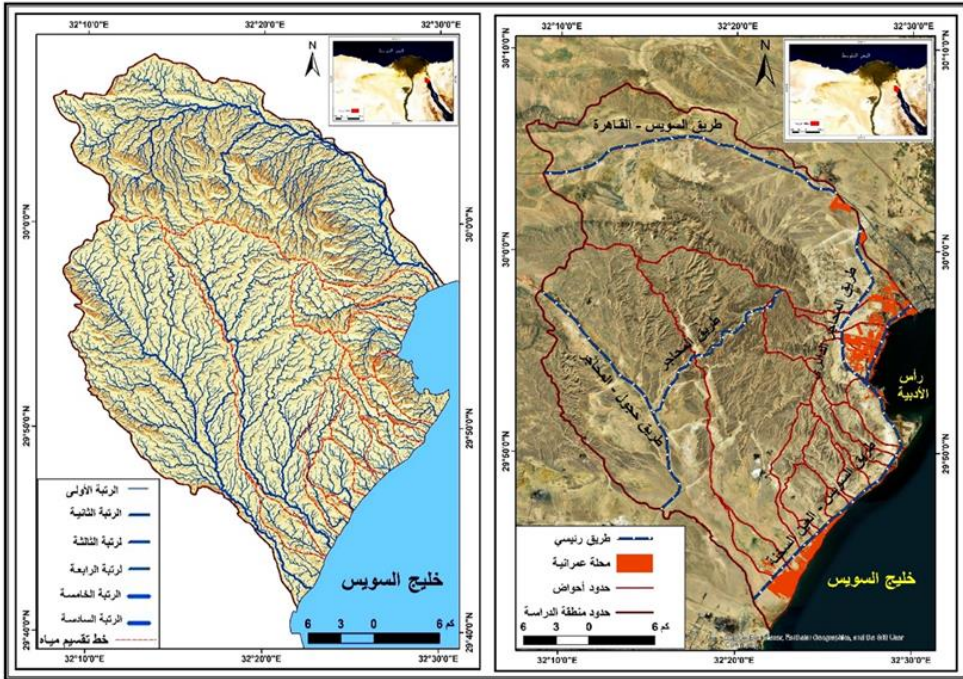


المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤م.

صورة ١: نماذج من تقاطع الأودية مع الطرق بمنطقة جبل عتاقة

وتقع منطقة الدراسة إحدائياً بين دائرتي عرض ١٠° ٤١' ٢٩" و ١٠° ٠٠' ٠٨' شمالاً وبين خطي طول ٣٠° ١٧' ٣٢" و ٣٠° ٣٢' ٣٠" شرقاً، ويتراوح طولها

بين ٣٣ و ٥١.٢ كم بينما يتراوح عرضها بين ١٨ و ٣٢ كم، بإجمالي مساحة ١٠٦٣ كم^٢ (شكل ١)، وتضم عشرة أحواض تصريف، وخطوط تصريفها تأخذ اتجاهات مختلفة، فمنها ما ينحدر من الغرب إلى الشرق، مثل: وادي الآبار، وأبو سياله، ومنها ما ينحدر من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي، مثل: أودية حجول، وحماض، وراميا، والجمال، ومغرة البحري، ومغرة حديرة، وما ينحدر من الشمال الغربي إلى الشمال الشرقي مثل: وادي العالي، ومن الشمال الشرقي إلى الجنوب الشرقي، مثل: وادي شرق حماض.



المصدر: الخرائط الطبوغرافية مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠، Google earth pro2024، بتطبيق برنامج 10.6.1 ArcGIS

شكل ١: الموقع الجغرافي وأحواض وشبكات التصريف بمنطقة جبل عتاقة

الدراسات السابقة:

• دراسة (السعدني، ٢٠٠٧) عن جيومورفولوجية منطقة جبل عتاقة شمالي الصحراء الشرقية وتناولت الملامح الجيولوجية والمناخية وخصائص السطح للمنطقة، كما تناولت الخصائص الجيومورفولوجية وخصائص أحواض التصريف بالمنطقة وانتهت الدراسة بتوضيح الأخطار الطبيعية التي تتعرض لها المنطقة.

- دراسة (صابر، ٢٠٠٧) عن الآثار الجيومورفولوجية الناجمة عن حركة المياه في المنطقة الممتدة من الصف إلى العين السخنة، وتناولت أهم الخصائص الطبيعية، والآثار الجيومورفولوجية الناجمة عن حركة المياه، وخاصة الجريان السيلي بالمنطقة، وانتهت الدراسة بتوضيح أهم الأخطار الناتجة عن الجريان السيلي مع اقتراح بعض الطرق المناسبة لمواجهة هذه الأخطار.
- دراسة (علي، ٢٠١٠) عن الأخطار الجيومورفولوجية غرب خليج السويس من السويس إلى رأس الزعفران باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، من خلال دراسة التطور الجيولوجي للمنطقة وخصائصها المناخية مع توضيح أهم الخصائص المورفولوجية والمورفومترية لأحواض وشبكات التصريف، ثم تطرقت الدراسة إلى التعرف على أهم العوامل المؤثرة في حدوث السيول بالمنطقة وخصائص حركة المواد ودرجات الخطورة المرتبطة بها.
- دراسة (محمود، ٢٠١١) عن جيومورفولوجية المراوح الفيضية بالساحل الغربي لخليج السويس من خلال دراسة الخصائص الطبيعية والجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة، مع توضيح كيفية نشأة المراوح الفيضية وتطورها والعمليات المرتبطة بها وخصائصها المورفومترية، ثم رصد أهم التغيرات والأخطار الجيومورفولوجية التي تعرضت لها المنطقة.
- دراسة (الجوهري، ٢٠١٢) عن هيدرولوجية أحواض التصريف الرئيسية على الساحل الغربي لخليج السويس، وتناولت العوامل الجيولوجية والمناخية المؤثرة في المنطقة والخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف بالمنطقة، ثم تناولت تصنيف أحواض التصريف طبقاً لدرجة الخطورة ومظاهر الأخطار الناجمة عن حدوث السيول وانتهت بدراسة سبل مواجهة الجريان السيلي والاستفادة من مياه السيول.
- دراسة (سيد، ٢٠١٥) عن جيومورفولوجية جبل عتاقة من خلال دراسة الخصائص الجيولوجية والتضاريسية والمناخية لمنطقة جبل عتاقة، ثم تناول التحليل المورفومتري لأحواض وشبكات التصريف، وقام بدراسة منحدرات جبل عتاقة وأهم الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة به، ثم الأخطار الطبيعية التي تتعرض لها لمنطقة كأخطار السيول.

• دراسة (شليبي، ٢٠١٨) عن تطبيق تقنيات الجيوماتيكس لتقييم أخطار السيول على طريق شرم الشيخ - دهب جنوب شرق سيناء دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، وتناولت كيفية دراسة أخطار الطرق بواسطة عدة طرق، ثم دراسة العوامل المؤثرة على الجريان السيلي والخصائص المورفومترية والتضاريسية والهيدرولوجية لأحواض وشبكات التصريف، إلى جانب دراسة الخصائص الجيولوجية والمناخية للمنطقة ثم قامت بتحديد درجات الخطورة بالأحواض مع اقتراح وسائل للحماية من أخطار السيول بالمنطقة.

• دراسة (صابر وآخرون، ٢٠٢٢) عن التقييم الجيوهيدرولوجي لزمن التركيز وتأثيره على الجريان السيلي على الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية حيث اعتمدت الدراسة على معادلات ، NRCS Velocity و Kerby و Kirpich و NRCS Lag في حساب زمن التركيز من خلال دراسة التقييم الجيوهيدرولوجي لمفهوم وطرق حساب زمن التركيز ثم دراسة الخصائص المناخية ومعدل تكرار العوامل المؤثرة في زمن التركيز وتأثيره على خصائص الجريان السيلي وحجم التصريف بأحواض الدراسة.

• دراسة (Saber & Hassan, 2022): عن (Engineering Geomorphology and Geotechnical Assessment of Wadi Abu Daraj, El-Galala Plateau Using Geomatics Applications) من خلال دراسة تقييم العلاقة بين المحددات والأخطار الطبيعية والاستخدامات البشرية وخاصة تقييم وسائل الحماية من أخطار المنحدرات والسيول ومدى تأثيرها على المنشآت ومشروعات التنمية المستدامة، من خلال تحديد مواضع ودرجات الخطورة ومحاولة إيجاد وسائل للحماية من أخطار السيول.

وتهدف الدراسة إلى: تطبيق وتكامل لأهم تقنيات الجيوماتيكس والتي تعد من الاتجاهات المتطورة لدراسة الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف، حيث أنها تجمع بين تقنيات متعددة مثل نظم المعلومات الجغرافية Arc Map 10.6.1 بتطبيق أدوات Hydrology لاستخراج شبكات التصريف وعمل قياسات مورفومترية لها ولأحواض التصريف بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model بدقة ٢.٥م، وتقنيات الاستشعار عن بعد Erdas Imagine لتحليل المرئيات الفضائية من نوع Landsat ETM لعام ٢٠٢٣، وربطهما بالعمل الميداني، إلى جانب تطبيق برنامج Watershed Modeling System (WMS 11.1) لحساب الخصائص

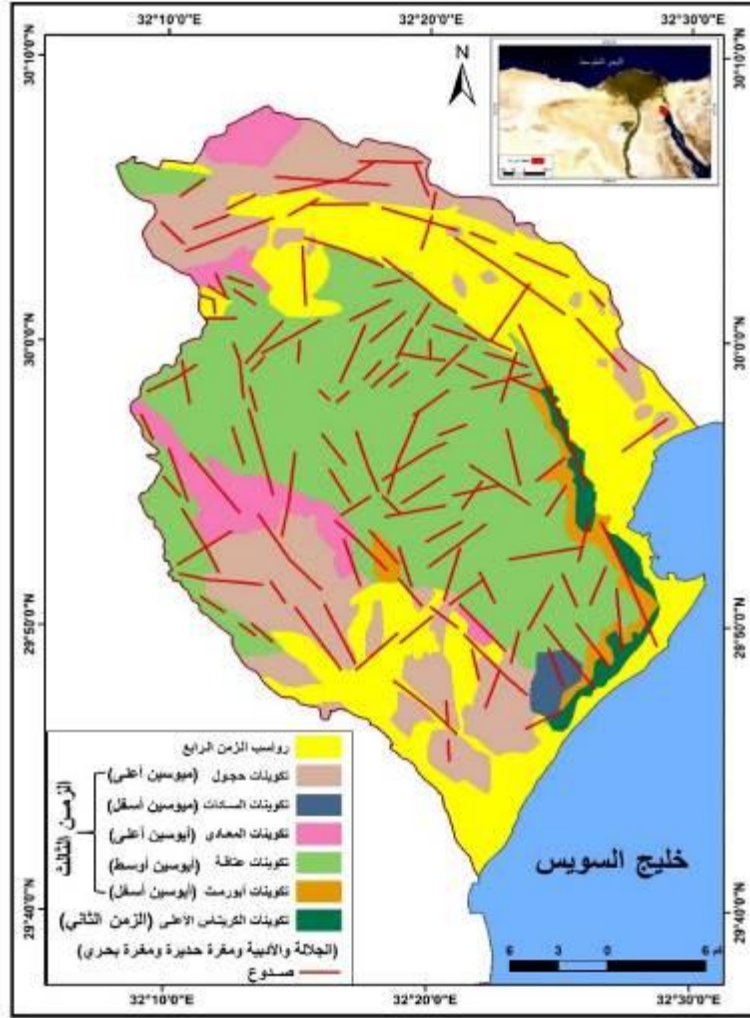
الهيدرولوجية رقمياً، وتطبيق طريقة (SCS-CN) Soil – Conservation- Curve Number –Service من الهيئة الأمريكية لحفظ التربة وهي من الأساليب التي يتم استخدامها لتحليل خصائص شبكة التصريف وتأثيرها على الجريان السطحي وعلى معدلات التسرب وحساب قيم المنحنى (CN) وحساب زمن التركيز Time of Concentration بتطبيق معادلة Ramser Method for Channel Flow باعتبارها الأنسب والأدق بالنسبة للمنطقة، وطريقة SCS- Unit Hydrograph لتقدير كميات مياه السيول ومعدلات تدفقها واستخراج منحنى الهيدروجراف عن طريق العلاقة بين الأمطار الساقطة ونوع التربة وغطاءات الأرض واستخداماتها، و (TR) لتحديد الغطاءات الأرضية، وتطبيق النموذج الهيدرولوجي ذو النظام الهندسي (HEC-HMS) Hydrologic Engineering Centre -Hydrologic Modelling System، ونظام تحليل الأمطار HEC-RAS لمعالجة علاقة الأمطار بالجريان السطحي في أحواض التصريف من خلال حساب حركة المياه والتبخر والتسرب وإجمالي الفواقد وقيم الجريان لتحديد المناطق المعرضة للغرق بالمياه، ومن ثم تطبيق عدد كبير من النماذج والمعادلات الرياضية المختصة بالحسابات الهيدرولوجية لحساب متغيرات أحواض التصريف واستخراج جميع القياسات لمعالجة البيانات المكانية بدقة عالية وإعداد النماذج الهيدرولوجية؛ وذلك لفهم طبيعة السيول والعوامل التي تؤدي إلى حدوثها داخل الأحواض، وتقييم خطر الجريان السيلبي على العمران والطرق وتصنيفها حسب درجة الخطورة، ثم تحديد أكثر المناطق عرضة لأخطار السيول بشبكة الطرق الرئيسية، وتقديم مجموعة من الحلول والمقترحات العلمية لمعالجتها والتعرف على وسائل الحماية المناسبة للحد منها حيث تبين من الدراسة الحقلية للمنطقة وجود بعض وسائل الحماية على الطرق التي تقع عند مصبات الأودية، ثم عمل نموذج مقترح لإنشاء بعض السدود داخل الأحواض للاستفادة من مياه السيول وتحقيق معايير الاستدامة بالمنطقة، ومن ثم إنتاج قاعدة بيانات متكاملة. ولتحقيق الهدف من الدراسة تم تقسيم الدراسة إلى المحاور التالية:

أولاً: النمذجة المكانية للعوامل المؤثرة في الخصائص الهيدرولوجية:

١ - الخصائص الجيولوجية:

تفيد دراسة الخصائص الجيولوجية في التعرف على الخصائص الهيدرولوجية للمجري المائية وإنتاجها الرسوبي بمنطقة جبل عتاقة، بالإضافة إلى دورها في تطور الأشكال الإرسابية المختلفة، حيث تعرضت المنطقة خلال العصور الجيولوجية المطيرة إلى سقوط أمطار غزيرة نتج عنها جريان سيلبي بين مناطق المرتفعات بجبل عتاقة،

وبالتالي تكونت الأودية نتيجة عملية النحت بواسطة المياه الجارية، حيث أنه كلما زادت سرعة المياه زادت قدرتها على عملية نحت وتعميق المجاري المائية، لذلك تتوقف كمية السيول على كمية التساقط ونوع الرواسب التي تتكون منها التربة السطحية للأودية ودرجة نفاذيتها للمياه، والهدف هو التعرف على حركة المياه السطحية وتحديد كمية المياه المتسربة إلى باطن التربة أثناء حدوث السيول، ومن ثم تحديد صافي الجريان.



المصدر: الخرائط الجيولوجية لمصر (كونوكو) لوحتي بني سويف والقاهرة مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠٠،

عام ١٩٨٧م، بتطبيق برنامج ArcGIS 10.6.1

شكل ٢: الخصائص الجيولوجية بمنطقة جبل عتاقة

جدول ١: مساحة التكوينات والرواسب الجيولوجية بمنطقة عتاقة

الزمن	العصر	التكوينات والرواسب الجيولوجية	المساحة	
			كم ^٢	%
الزمن الرابع	الهولوسين	رواسب متنوعة (هوائية رملية)، رواسب فيضية رواسب أودية، رواسب بحرية (شواطئ - سيخات)، رواسب منحدرات	٣٠٤,٧	٢٨,٦
الزمن الثالث	ميوسين أعلى ميوسين أسفل أيوسين أعلى أيوسين أوسط أيوسين أسفل	حجول	٢٠٦,٣	١٩,٤
		السادات	١٢,٦	١,٢
		المعادي	٥٩,٠	٥,٦
		عتاقة	٤٣٦,٢	٤١,٠
		أبورمث	٢٤,٢	٢,٣
الزمن الثاني	كريتاس أعلى	الجلالة والأدبية ومغرة حديرة ومغرة بحري	٢٠,٠	١,٩
إجمالي المساحة			١٠٦٣	١٠٠

المصدر: اعتماداً على شكل (٢) باستخدام برنامج Arc map 10.6.1

ويتضح من تحليل شكل (٢) وجدول (١) تنوع التكوينات والرواسب الجيولوجية بمنطقة الدراسة، حيث يتراوح عمرها الجيولوجي بين عصر الكريتاس الأعلى بالزمن الثاني وعصر الهولوسين بالزمن الرابع وتتمثل هذه التكوينات في التالي:

▪ **تكوينات الزمن الجيولوجي الثاني:** وتشمل تكوينات عصر الكريتاس الأعلى والتي تشغل مساحة ٢٠ كم^٢ بنسبة ١.٩% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتشمل تكوين الجلالة Galala formation الذي يتألف من الحجر الجيري الطباشيري والمارل والحجر الجيري الدولوميتي والحجر الرملي والجبس، بتكوينات مغرة حديرة Maghara Hadira Formation وتنتشر جنوب شرق جبل عتاقة وفي منابع أودية راميا وهمث، وتتألف من الحجر الجيري الصلب رمادي اللون أو بني اللون والحجر الرملي والطفل والمارل (Abdallah & El-Adinidani, 1963, pp.69-70)، ويتراوح السمك الكلي لطبقات هذا التكوين بين ٧٠ و ١٠٠ متراً (صابر، ٢٠٠٧، ص ١٥)، أما تكوينات الأدبية Adabiya Formation فتتألف من الدولوميت والحجر الجيري الطباشيري الأبيض والمارلي لذا تتميز بارتفاع نسبة الكالسيوم حيث تشير الطبقة الصخرية لتكوين الأدبية أنه تكون في بيئة بحرية عميقة خلال فترة الكامباني-المستريختي (سيد، ٢٠١٥، ص ١٢) وينتشر شمال غرب وجنوب خليج السويس وعلى

حواف أودية أبو سيالة والآبار، وتكوينات مغرة البحري Maghara Elbahari Formation وتنتشر بوادي مغرة البحري شرق جبل عتاقة على شكل شريط ضيق من الشمال إلى الجنوب بأودية أبو سيالة وحماض وآبار وجمال ومغرة حديرة وتتألف من الحجر الرملي الأحمر اللون (صورة ٢) والكونجولوميرات والمارل والحجر الجيري (El-Akkad & Abdallah,1971,p.29).



صورة ٢: تكوينات الحجر الرملي أحمر اللون بأودية مغرة حديرة وجمال

■ **تكوينات الزمن الجيولوجي الثالث:** وتتمثل في تكوينات عصري الأيوسين والميوسين، وتشمل تكوينات أبو رمث Abu Ramth Formation (أيوسين أسفل) وتتألف من الحجر الجيري الطباشيري الغني بعروق أو عقد الصوان والكتل الصوانية (Said, 1962, p.173) وتشغل مساحة ٢٤.٢ كم^٢ بنسبة ٢.٣٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وينتشر رواسبه بوادي أبو رمث أحد روافد وادي حجول ووسط وادي همث، وتكوين عتاقة Ataqa Formation (أيوسين أوسط) وينتشر على مساحة ٤٣٦.٢ كم^٢ بنسبة ٤١.٠٪ من إجمالي مساحة المنطقة ويعتبر أكثر التكوينات مساحة، ويوجد بوادي راميا جنوب شرق جبل عتاقة ويتألف من الحجر الجيري الطباشيري والمارل الأبيض والدولوميت والحجر الرملي والجبس وينقسم إلى مجموعتين (Said, 1962, p.177) المجموعة السفلى التي تتركز أعلى صخور الكريتاس وتتألف من الحجر الجيري الطباشيري والعليا التي تتألف من الحجر الجيري الطباشيري الغني بحفريات قروش الملائكة حيث أطلق عليها (EL-Akkad,1971)

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد العشرون (الجزء الأول)

اسم تكوينات الراميا Elramiya Formation وقسمها إلى ثلاث طبقات سفلى ووسطى وعليا، وتكوين المعادي Elmaadi Formation "أيوسين أعلى" ويتألف من الحجر الرملي والطفل والمارل، ويشغل مساحة ٥٩ كم^٢ بنسبة ٥.٦٪ من إجمالي مساحة المنطقة وقسمه الجيولوجيين إلى وحدتين العليا تتألف من طفل ومارل وحجر جيرى غني بحفريات أوستريا ويحوي المارل الجيري الحفريات والقنفديات، أما الوحده السفلى فتتكون من مفتتات جيرية كبيرة الحجم بها بقايا الأويستر وترتكز مباشرة فوق صخور من الحجر الجيري العني بالحفريات وتنتشر في الأجزاء العليا والوسطى من روافد وادي همث وأبو ريشات وتكثر به الشقوق والفواصل مما ساعد على انهيار وسقوط بعض أجزائها (سيد، ٢٠١٥، ص ١٦)، ويتراوح سمكه بين ٣٠٠٠ و ٤٢.٨٠ متر في شرق منطقة الدراسة (Sultan, 2000, p. 909)، في حين يصل السمك في الجزء الغربي من منطقة الدراسة بين ٢٥ و ٩٧ متراً (Shehata, 1986, pp 54-55)، تكوين السادات Sadat Formation (ميوسين أسفل) يتألف من الطفل والحجر الجيري الحبيبي الغني بالحفريات والحجر الرملي والدولوميت والطباشير وينفاوت سمكه من مكان إلى آخر ويبلغ أقصاه في وادي الراميا جنوب شرق جبل عتاقة (السعدني، ٢٠٠٧، ص ٢٥) بينهم تكوين همث Hamth Formation (ميوسين أوسط) يتألف من حجر رملي وحصى وكنجلوميرات وجبس وطفل وانهيدرايت وينتشر بوادي همث، أما تكوين حجول Hagul Formation (ميوسين أعلى) فيشغل مساحة ٢٠٦.٣ كم^٢ بنسبة ١٩.٤٪ من مساحة منطقة الدراسة ويتألف من الحجر الرملي والحجر الجيري الرملي والطفل والحصى والصوان وينتشر جنوب شرق وادي حجول وبأودية همث وأم رمث وأبوريشات.

■ **رواسب الزمن الجيولوجي الرابع Quaternary:** تشغل مساحة ٣٠٤.٧ كم^٢ بنسبة ٢٨.٦٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتنتشر شمال وشرق وجنوب وشمال غرب منطقة الدراسة وعلى ساحل خليج السويس شرق جبل عتاقة، وتتكون من رواسب شاطئية رملية وبعض الحفريات وشعاب مرجانية ورواسب ملحية ورواسب فيضية إلى جانب رواسب الأودية ورواسب المنحدرات التي تختلف أحجامها من مكان لآخر، وتظهر بمناطق السبخات والمراوح الفيضية وبعض دالات وبتون الأودية، وتتألف من الرمال الخشنة والناعمة والحصى والحصباء والطين والطفل والجلاميد والصلصال.

أما بنيويا فمنطقة جبل عتاقة عبارة عن طية محدبة هلالية الشكل تأخذ الاتجاه الشمالي الشرقي الجنوبي الغربي كما أنها شديدة الانحدار من الناحية الشرقية نتيجة لقوة الشد والضغط الجانبي الشديد (محسوب، ١٩٩٠، ص ٦٨)، وتعد الطيات من العوامل المؤثرة في توجيه حركة المياه حيث يرتبط الشكل المتشابك لشبكات التصريف عموماً بالطيات المتناظرة والمتأثرة بالصدوع عند محاورها، مما يؤدي إلى اتجاه المجاري المائية نحو محور الطية أو الصدوع الذي ينطبق عليه المجرى الرئيسي للحوض (Ollier, 1981, p.63).

وتتميز منطقة جبل عتاقة بكثرة الصدوع التي تحيط بها من جميع الاتجاهات، نتيجة للحركات الأرضية العنيفة التي أصابت المنطقة حيث تضم ١٢٨ صدعا بطول ٣٩٥.٦ كم (شكل ٢): وكانت سبب رئيسي في نشأة الأودية وتوجيه مجاريها وروافدها، وتعد الحافة الشمالية الشرقية لجبل عتاقة حافة صدعية رئيسة تأخذ الاتجاه الشمالي الشرقي - الجنوبي الغربي الذي يتماشى مع اتجاه خليج العقبة، ويتباين اتجاه باقي الصدوع فمنها صدوع اتجاهها شمال الشمال الغربي - جنوب الجنوب الشرقي وعددها ١٩ صدعا بطول ٧٠.٨ كم وتتماشى مع روافد أودية جمال وراميا ومغرة بحري ومغرة حديرة، وصدوع تأخذ الاتجاه الشمالي الغربي - الجنوبي الشرقي وعددها ١٩ صدعا بإجمالي طول ٦٤.٤ كم، وصدوع تأخذ الاتجاه غرب الشمال الغربي - شرق الجنوب الشرقي وعددها ١٨ صدعا بطول ٥٧.٤ كم، وصدوع اتجاهها شمال الشمال الشرقي - غرب الجنوب الغربي وعددها ١٨ صدعا بطول ٩٠.٧ كم، وصدوع تأخذ الاتجاه الشمال الشرقي - الجنوب الغربي موازية لخليج السوسي وعددها ٢٠ صدعا بطول ٤١.٨ كم، وصدوع اتجاهها شمال الشمال الشرقي - جنوب الجنوب الغربي وعددها ١٣ صدعا بطول ٤٠.٨ كم، وصدوع اتجاهها شرقي - غربي موازية للبحر المتوسط وعددها ١٠ صدوع بطول ٣٩.٩ كم، وتظهر بوضوح داخل وادي حماض شرق جبل عتاقة، وصدوع تأخذ الاتجاه الشمالي - الجنوبي ويبلغ عددها ١١ صدعا بإجمالي طول ٣٠.٨ كم ويطلق عليها الصدوع المحورية وترجع إلى حركة الرفع التي حدثت في بداية الزمن الثاني وأسهمت في تكوين جبل عتاقة وفي توجيه بعض مجاري الأودية وروافدها مثل وادي الآبار وبعض روافد وادي العال الشرقية والشمالية والتي تظهر جوانبها على هيئة حواف خطية مستقيمة شديدة الانحدار وشبه عارية من المفصلات الصخرية باستثناء أقدامها (سيد، ٢٠١٥، ص ٢١). ووجود مثل هذه الصدوع بمنطقة جبل عتاقة أدى إلى نشاط عمليتي التعرية والتجوية

بالصخور وبالتالي تفككها وتفتتها ومن ثم جرفها وحملها أثناء حدوث الجريان السيلي من داخل المجاري المائية إلى المصببات مما يسبب خطراً تدميراً كبيراً على العمران والطرق. تبين مما سبق أن التكوينات والرواسب الجيولوجية تؤثر بشكل ملحوظ على الجريان السيلي بمنطقة جبل عتاقة لما لها من دور واضح في زيادة السيول أو حدثها، حيث تتوقف خطورة السيل بالمنطقة على حجم ونوع وكمية الرواسب التي تتكون منها المنطقة إلى جانب درجة نفاذية ومسامية التربة، فصخور الحجر الجيري التي تتكون منها المنطقة أكثر مقاومة للجريان السيلي، بينما رواسب الطفل والمارل والرمال الخشنة إلى جانب كثرة الشقوق والفواصل بمناطق الصدوع؛ يجعلها بيئة مناسبة لنشاط عوامل التعرية المختلفة بفعل المياه الجارية والتي ينتج عنها انتشار وتساقط أجزاء من الكتل والمفتتات الصخرية على منحدرات المنطقة فيسهل نحتها بواسطة الجريان السيلي، ومن ثم يزيد من القوة التدميرية لمياه السيل، كما أن زيادة درجة مسامية ونفاذية التربة يقلل من خطورة الجريان السيلي لأنها تساعد على تسرب مياه السيل إلى أسفل في بطون الأودية وتتسبع التربة بالمياه، أما إذا قلت درجة المسامية والنفاذية زادت خطورة الجريان السيلي، وهذا بدوره يمثل خطراً فادحاً يهدد العمران وشبكة الطرق المقامة. ويتضح أيضاً أن العلاقة المتبادلة بين حركة المياه والتكوينات الجيولوجية تعتمد على التركيب الميكانيكي للصخور، والتي تعتمد بدورها على الأحجام المختلفة للمسامات الموجودة في الصخور، كما تعتمد كمية المياه التي تستطيع أن تتراكم تحت سطح الأرض على مسامية الطبقات، وهذه الطبقات ربما تتكون من مواد غير متماسكة مثل الصخور الرملية والصخور الجيرية. مع ملاحظة إن الصخور الجيرية هي نسبياً غير نفاذة لكنها تذوب في الماء، وقد يتسبب في تشقق مثل هذا الصخر الفواصل وسطوح الطبقات فتجعل منه صخوراً يسمح بنفاذ الماء، مع ملاحظة أن سطوح الفواصل تكون مغلقة في الأعماق، وتظهر وكأنها مفتوحة قرب السطح لزوال الضغط بسبب تعرية ما فوقها من حمل (صابر، ٢٠٠٧، ص ص ٢٨ و ٢٩).

٢- الخصائص التضاريسية:

تعد الخصائص التضاريسية من أهم العوامل التي تؤثر في الخصائص الهيدرولوجية للجريان السيلي، حيث تفيد في التعرف على الارتفاعات التي تتكون منها المنطقة ودرجات

الانحدار واتجاهها، وبالتالي تأثير كل ذلك على حجم وسرعة الجريان السيلي، وفيما يلي توضيح لأهم هذه الخصائص بشكل (٣) وجدول (٢) كما يلي:

جدول ٢: الخصائص التضاريسية بمنطقة جبل عتاقة

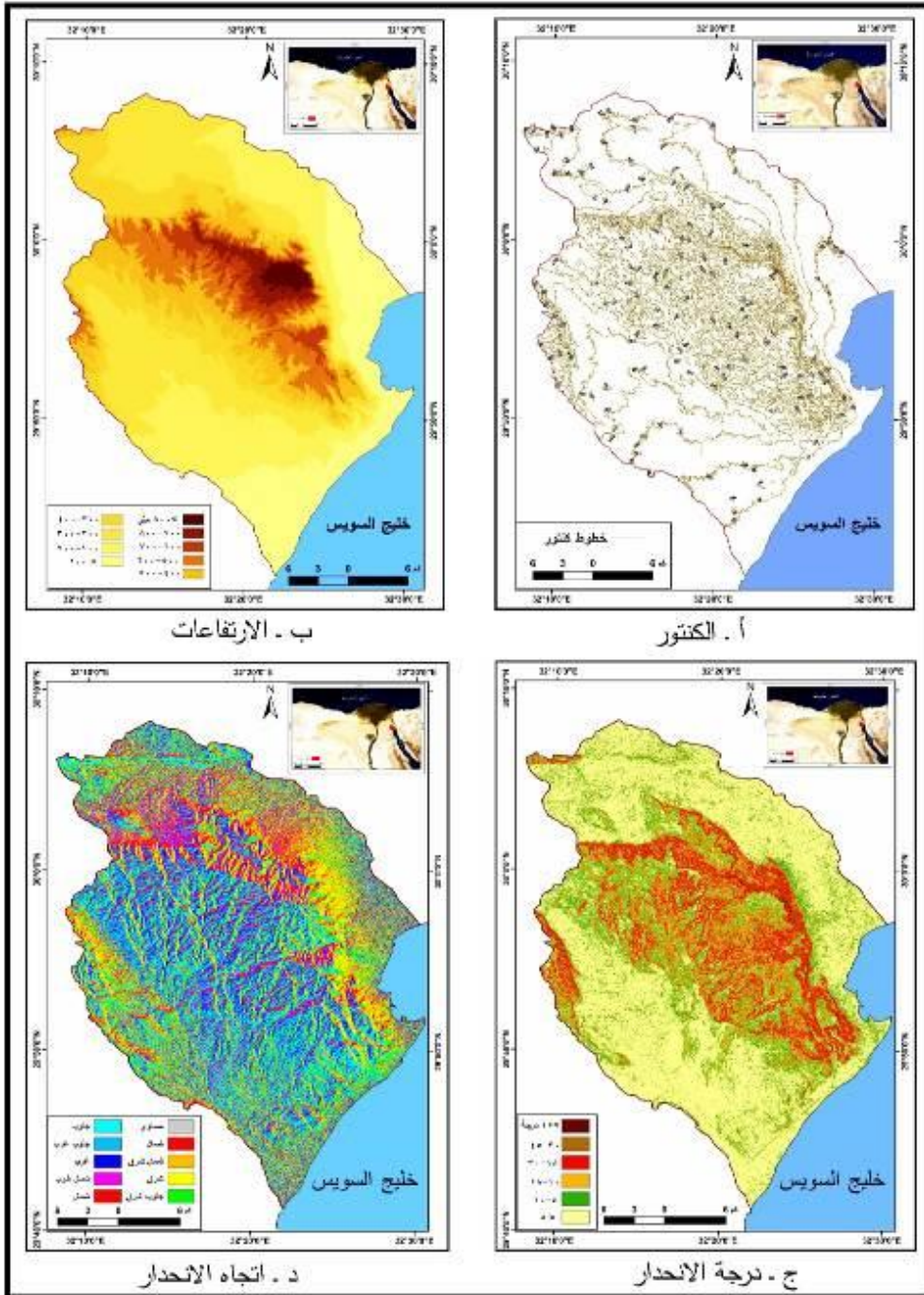
الاتجاه الانحدار		درجة الانحدار			الارتفاع		
المساحة		المساحة		الفئة بالدرجات	المساحة		الفئة بالمتر
%	كم ^٢	%	كم ^٢		%	كم ^٢	
٦,٤	٦٩	٥٢,٧	٥٦١	أقل من ٥	١٦,٣	١٧٣,٥	أقل من ١٠٠
٦,٦	٧٠	٢١	٢٢١,٥	١٠-٥	١٩,٣	٢٠٥	٢٠٠-١٠٠
١٢,٦	١٣٤,٥	١٤,٣	١٥٣	١٨-١٠	٢٣,١	٢٤٤,٥	٣٠٠-٢٠٠
١٣	١٣٧,٥	٩,٦	١٠٢	٣٠-١٨	١٤,٣	١٥٢	٤٠٠-٣٠٠
١٤,٥	١٥٤	٢,٢	٢٣	٤٥-٣٠	١١	١١٨	٥٠٠-٤٠٠
١٢,٨	١٣٧	٠,٢	٢,٥	٤٥ فأكثر	٨,٧	٩٣	٦٠٠-٥٠٠
١٣,٣	١٤١,٥	-	-	-	٤	٤٣	٧٠٠-٦٠٠
١٠,٦	١١٢	-	-	-	٢,٢	٢٣	٨٠٠-٧٠٠
١٠,٢	١٠٧,٥	-	-	-	١,١	١١	أكثر من ٨٠٠
١٠٠	١٠٦٣	١٠٠	١٠٦٣	الإجمالي	١٠٠	١٠٦٣	الإجمالي

المصدر: اعتماداً على شكل (٣) باستخدام برنامج Arc map 10.6.1، درجات الانحدار طبقاً لتصنيف (young,1972,p.173)

ويتبين من تحليل شكل (٣) و جدول (٢) ما يلي:

أ- الارتفاعات:

- يبلغ المدى التضاريسي العام لها ٨٨٧ م، وهو الفارق بين منسوب أعلى نقطة (٨٩٣ متر) بنطاق المرتفعات بأحواض العالي وحماض والآبار ومنسوب أدنى نقطة (٦ متر)، هذا التفاوت في الارتفاع يعيد على وجود سرعة في الجريان السيلي المحمل بالرواسب والمفتتات الصخرية من المناطق المرتفعة إلى المناطق المنخفضة، كما أثر على شكل شبكة التصريف بالمنطقة.



المصدر: الخرائط الطبوغرافية مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠، ونموذج الارتفاع الرقمي DEM الخاص بمنطقة الدراسة، بتطبيق برنامج ArcGIS 10.6.1

شكل ٣: الخصائص التضاريسية لمنطقة جبل عتافة

- يشغل النطاق الأقل ارتفاعاً والذي يقل منسوبه عن ١٠٠م نسبة ١٦.٣٪ من إجمالي مساحة المنطقة وهو النطاق الممتد شمال شرق وشرق وجنوب المنطقة بشكل موازي لساحل خليج السويس ومغطى برواسب المراوح الفيضية، حيث يشغل النطاق المحصور بين ١٠٠ و ٢٠٠ م نسبة ١٩.٣٪، بينما تشغل مساحة النطاق المحصور بين ٢٠٠ و ٤٠٠ م نسبة ٣٧.٤٪، ومن ثم تشغل المناطق ذات التضرس الذي يقل عن ٤٠٠م مساحة قدرها ٧٣٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتعد أكبر النطاقات مساحة ويقطعها العديد من مجاري الأودية.
- تشغل مساحة المناطق التي يتراوح ارتفاعها بين ٥٠٠ و ٨٠٠ م نسبة ١٤.٩٪ من إجمالي المساحة الكلية لمنطقة الدراسة وتمثل مناطق ذات تضرس شديد ويظهر بها العديد من الحافات الصدمية وتنتشر حول منطقة جبل عتاقة وسط منطقة الدراسة وفي بعض الأجزاء غرب المنطقة.
- تمثل النقاط التي يزيد ارتفاعها نسبياً على ٨٠٠ م نسبة ١.١٪ فقط من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وهي المناطق الأكثر ارتفاعاً وأشد تضرساً، متمثلة في بعض القمم الجبلية كقمة جبل عتاقة بارتفاع ٨٧١ متر وسط المنطقة والتي ينبع منها العديد من روافد الأودية.
- تتقارب خطوط الكنتور في بعض الأجزاء الوسطى والغربية من المنطقة، نظراً لوجود بعض المرتفعات كالتلال والجبال ومناطق الجروف، بينما تتباعد خطوط الكنتور في المناطق قليلة الانحدار والتي توجد بالاتجاه شرقاً نحو خط الساحل وشمال وجنوب وغرب المنطقة نظراً لوجود بعض المناطق شبه المستوية المتمثلة في السهول والمراوح الفيضية وبطون بعض الأودية.

ب- درجة الانحدار:

- يميل سطح منطقة الدراسة نحو الانحدار الخفيف، حيث تشغل المناطق التي يقل فيها الانحدار عن 5° مساحة 561 كم^2 بنسبة 52.7% من إجمالي المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، أي أكثر من نصف مساحة المنطقة لذلك تمثل أكبر فئة من حيث المساحة، ويرجع ذلك إلى انتشار الظاهرات الجيومورفولوجية قليلة الانحدار، والمتمثلة في: سهول البهادا والمراوح الفيضية وقيعان وبطون الأودية والسبخات والشواطئ.
- المناطق متوسطة وفوق متوسطة الانحدار والتي يتراوح انحدارها بين 5° و 18° تشغل مساحة قدرها 374.5 كم^2 بنسبة 35.3% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، أي أكثر من ربع مساحة المنطقة وتنتشر في وسط وشمال وشرق وغرب المنطقة.
- المناطق شديدة الانحدار وشديدة الانحدار جدا والتي يتراوح درجة انحدارها بين 18° و 45° تشغل مساحة 125 كم^2 بنسبة 11.8% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتنتشر وسط وغرب المنطقة ببعض التلال والحافات الجبلية ومنحدرات جوانب بعض الأودية وتعد من أكثر المناطق تأثرا بالصدوع وهي من أكثر المناطق تعرضا للتساقط والانجراف أثناء حدوث السيل.
- تشغل المنحدرات الجرفية والتي يزيد انحدارها على 45° مساحة قدرها 2.5 كم^2 بنسبة 0.2% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتنتشر في جوانب المنحدرات وفي قمة جبل عتاقة التي تقطعها مجموعة من الأودية الجافة كوادي همث والعالي وراميا وجمال ومغرة حديرة ومغرة البحري إلى جانب بعض الحافات الصدمية والجروف، وهي أكثر المناطق سرعة في الجريان السيلي.

ج- اتجاه الانحدار:

- يفيد اتجاه الانحدار في تحديد اتجاه الجريان السيلي، فاحتلت المناطق التي يأخذ انحدارها اتجاه جنوب شرقي وجنوب غربي وشرقي وجنوبي وشمال شرقي أكبر مساحة من منطقة الدراسة حيث بلغت 407.5 كم^2 بنسبة 66.2% من إجمالي مساحة المنطقة. وهو الاتجاه الذي يتفق مع اتجاه الجريان السيلي من الشمال

الغربي والغرب إلى الشمال الشرقي والجنوب الشرقي والشرق ويرجع ذلك لتأثير الصدوع، وتعد من أكثر المناطق خطورة لتعاقد اتجاه جريانها على الطرق الرئيسية بمنطقة جبل عتاقة.

- بلغت مساحة المناطق المستوية وشبه المستوية ٦٩ كم^٢ بنسبة ٦.٤٪ من إجمالي مساحة المنطقة وهي مناطق قليلة الانحدار، وتشغل بعض الأجزاء المستوية من بطون الأودية وسهول البهادا وأسطح بعض المنحدرات.
- المناطق التي يأخذ انحدارها الاتجاه الغربي بلغت مساحتها ١١٢ كم^٢ بنسبة ١٠.٦٪، بينما المناطق التي يأخذ انحدارها اتجاه شمالي بلغت مساحتها ٧٠ كم^٢ بنسبة ٦.٦٪، أما المناطق التي يتجه انحدارها ناحية الشمال الغربي فبلغت ١٠٧.٥ كم^٢ بنسبة ١٠.٢٪ من إجمالي مساحة المنطقة.

تبين مما سبق تأثير كل من الارتفاعات ودرجات الانحدار واتجاهاتها على سرعة واتجاه الجريان السيلي بمنطقة جبل عتاقة، حيث يساعد وجود الارتفاعات على تساقط الأمطار التضاريسية وذلك عند تعرض المنطقة للمنخفضات الجوية الشتوية، أما درجات الانحدار فتتحكم في سرعة المياه الجارية وقوتها، حيث تساعد الانحدارات الشديدة على زيادة سرعة الجريان السيلي، أما الانحدارات الهينة فنقل من سرعة الجريان السيلي، بينما اتجاه الانحدار يحدد المناطق المواجه للسيول والمناطق الواقعة في ظل السيل، كل هذه العوامل سوف تفيد في تحديد أكثر المناطق بالعمران والطرق الرئيسية المقامة بالمنطقة عرضة لأخطار السيول.

٣- الخصائص المناخية:

تلعب الخصائص المناخية دور مهم في تشكيل بعض الظواهر التي تميز منطقة جبل عتاقة، كظاهرة الأودية التي تكونت بفعل الجريان السيلي الناتج عن تساقط الأمطار الغزيرة وما تقوم به من عمليات نحت وارساب للمفتتات الصخرية، كما تؤثر عناصر المناخ على الخصائص الهيدرولوجية وخاصة كمية الجريان السيلي بالمنطقة، وقد اعتمدت الدراسة على بيانات محطات: فايد، والسويس، ورأس سدر، وبئر عريضة (شكل ٤)، وتم اختيار هذه المحطات لأنها الأقرب إلى منطقة الدراسة والأكثر تأثيراً. وتم تناول الخصائص المناخية خلال فترات زمنية مختلفة (جدول ٣) و (شكل ٥).



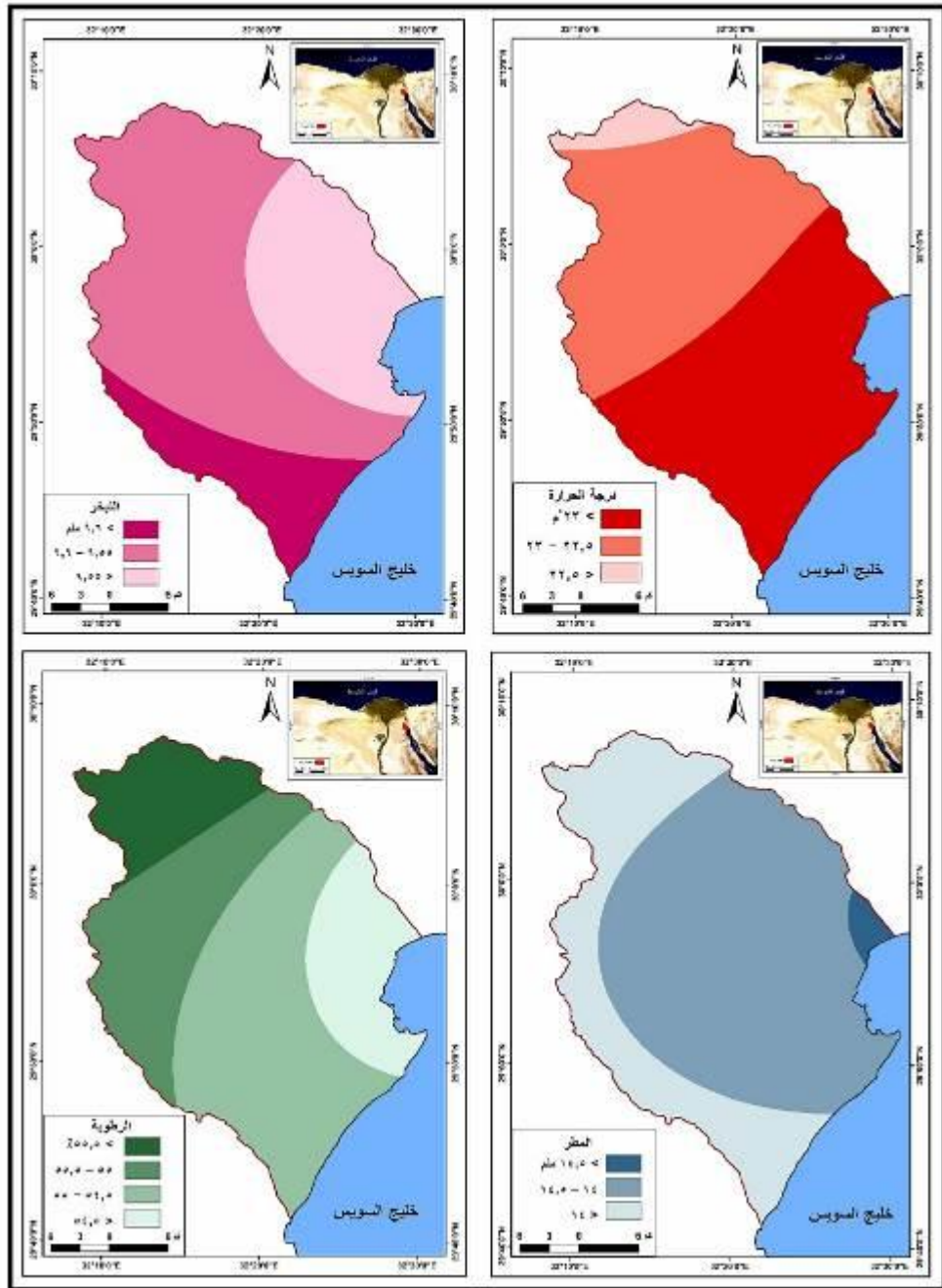
المصدر: الحرائط الطبوغرافية مقياس 1:50000 عام 1961م، 2009م.

شكل ٤: المحطات المناخية القريبة من منطقة جبل عتاقة

جدول ٣: الخصائص المناخية بمنطقة جبل عتاقة

المحطة	عناصر المناخ	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	م
فايد	درجة الحرارة (°م)	14,7	14,1	17,1	21,5	24,8	28,4	29,3	29,3	27	24,4	19,9	14,5	22,05
	الأمطار (مم)	3,1	2,8	2,1	0,6	0,12	0,1	صفر	صفر	صفر	0,25	1,4	3	13,7
	الرطوبة (%)	60	60	53	52	51	53	57	61	65	60	62	61	57
السويس	التبخر (مم)	7	6	9,1	11,5	12,2	13,6	14	10,2	8,5	6,6	6	9,6	
	درجة الحرارة (°م)	15,9	15,4	18,5	22,4	26	28,7	29,9	30,2	28,5	25,2	20,8	16,7	23,1
	الأمطار (مم)	3,1	2,4	3,8	0,5	0,3	0,5	صفر	صفر	0,2	0,6	1,3	2,5	14,6
رأس منفر	الرطوبة (%)	59	59	52	50	48	52	55	56	57	57	60	54	
	التبخر (مم)	7,2	6,2	7	8,4	11,4	12,6	12,2	11	10,7	9,3	7,6	6,3	9,5
	درجة الحرارة (°م)	15,5	16,8	20,4	24	26,5	29,6	31,2	31,4	29	26,8	22,3	17,8	24,1
بحر عريضة	الأمطار (مم)	2,8	2	3,1	0,7	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	0,3	1,2	2,5	12,6
	الرطوبة (%)	60	57	55	52	49	50	51	55	58	60	59	60	52,5
	التبخر (مم)	6	7,2	13,8	13	12,8	12,1	12	11,1	10,2	7	7,7	6,2	9,9
بحر عريضة	درجة الحرارة (°م)	11	13,2	16,9	21	25,1	27,2	28,3	27	25,5	23,1	17,2	12,5	20,6
	الأمطار (مم)	1,8	0,7	0,3	0,1	0,2	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	0,66	3,7
	الرطوبة (%)	62	49	39	32	25	29	34	36	39	43	58	63	44
	التبخر (مم)	7,1	7,9	11,0	16	17,2	19,1	18,3	17,5	16	13	9,2	6,4	13,1

المصدر: هيئة الأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة، في المدة من 1980 إلى 2024م



المصدر: اعتمادا على جدول (٣) بتطبيق برنامج ArcGIS 10.6.1

شكل ٥: الخصائص المناخية بمنطقة جبل عتاقة

أ- درجة الحرارة:

تعد درجة الحرارة من أهم العناصر المناخية التي تؤثر على منطقة الدراسة نتيجة تعرض الصخور لظاهرة التمدد والانكماش الناتجة عن التباين في المدى الحراري بسبب ارتفاع درجات الحرارة خلال فصل الصيف ثم انخفاضها مرة أخرى خلال فصل الشتاء، ويعتبر فصل الصيف أكثر فصول السنة تأثيراً على تكسير الصخور حيث تؤثر السعة الحرارية على نظام الانهيار الصخري (حسن، ٢٠٢٢، ص ٩٩٦)، كل هذه العوامل تؤثر على حمولة المياه الجارية للمفتحات الصخرية وبالتالي على درجة خطورة السيول بالمنطقة، ومن تحليل جدول (٣) وشكل (٥) تبين الآتي:

■ يتراوح المتوسط السنوي لدرجة الحرارة بين 20.6°C بمحطة بئر عريضة و 24.1°C بمحطة رأس سدر، مما يدل على ارتفاع درجات الحرارة شرق وجنوب شرق وجنوب منطقة الدراسة لقربها من خليج السويس وتأثرها بالمؤثرات البحرية المتمثلة في حرارة مياه خليج السويس، بينما تنخفض نسبياً كلما اتجهنا نحو الداخل بسبب وجود المرتفعات.

■ يعد فصل الشتاء أقل الفصول تسجيلاً لدرجة الحرارة بمحطات منطقة الدراسة، حيث يعد شهر يناير أقل الشهور تسجيلاً لدرجات الحرارة بمحطات بئر عريضة وفايد والسويس ورأس سدر بمتوسط 11°C و 14.1°C و 15°C و 15.5°C على الترتيب.

■ فصل الصيف أعلى الفصول تسجيلاً لدرجات الحرارة حيث سجل شهر أغسطس أعلى معدلات لدرجات الحرارة بمتوسط بلغ 29.3°C و 30.2°C و 31.4°C بمحطات فايد والسويس ورأس سدر على التوالي، باستثناء محطة بئر عريضة حيث سجل شهر يوليو أعلى معدل لدرجات الحرارة بمتوسط 28.3°C ، ويرجع ذلك لزيادة عدد ساعات سطوع الشمس صيفاً، بينما خلال فصلي الربيع والخريف تكاد أن تكون درجات الحرارة مرتفعة نسبياً بجميع المحطات المناخية لوقوع المنطقة داخل النطاق الصحراوي الحار الجاف.

ب- التبخر والرطوبة:

تؤثر عمليتي التبخر والرطوبة على الجريان السطحي بمنطقة جبل عتاقة، كما أن لها دور فعال في عملية تجوية الصخور التي تتكون منها سطح المنطقة، حيث يؤثر التبخر على كمية الفاقد من المياه وبالتالي على كمية الجريان السيلي، كما تتوقف نسبة التبخر

على نسبة الرطوبة النسبية ودرجات الحرارة بالمنطقة، أي أنه كلما زادت درجة الحرارة زادت معدلات التبخر، بينما تتزايد معدلات الرطوبة مع انخفاض درجات الحرارة. ويتضح من تحليل جدول (٣) و شكل (٥) الآتي:

■ يتراوح المتوسط السنوي للرطوبة النسبية بين ٤٢٪ بمحطة بئر عريضة بسبب موقعها الداخلي و٥٧٪ بمحطة فايد لقربها من خليج السويس، وهذا دليل على ارتفاع نسبة الرطوبة كلما اتجهنا ناحية الشمال الغربي بحوض وادي العالي بينما تنخفض نسبة الرطوبة بالاتجاه ناحية الشرق، في حين سجل أعلى متوسط سنوي للتبخر ١٣.١ مم/يوم بمحطة بئر عريضة، بينما تقل معدلات التبخر لتصل إلى ٩.٥ مم/يوم بمحطة السويس، مما يدل على ارتفاع معدلات التبخر كلما اتجهنا جنوباً بحوض وادي حجول نتيجة ارتفاع درجة الحرارة وقلة الرطوبة النسبية، مما يدل على انخفاض معدلات التبخر بالاتجاه نحو الشمال الشرقي بأحواض العالي والآبار وأبو سيالة ويرجع ذلك لانخفاض درجات الحرارة.

■ تعد شهور فصل الشتاء من أقل الشهور تسجيلاً لمعدلات التبخر بمتوسط تراوح بين ٦.٢ مم/يوم بمحطة فايد و٧.٢ مم/يوم بمحطة بئر عريضة، بينما أعلى الشهور تسجيلاً لمعدلات الرطوبة النسبية هي شهور فصلي الشتاء والخريف بجميع المحطات والتي تراوحت بين ٦٥٪ بمحطة فايد خلال شهر سبتمبر و٦٣٪ بمحطة بئر عريضة خلال شهر ديسمبر، ويرجع ذلك إلى انخفاض درجات الحرارة وزيادة كمية الأمطار.

■ تزداد معدلات التبخر في فصلي الربيع والصيف حيث بلغت أقصاها لتتراوح بين ١٣.٨ مم/يوم بمحطة رأس سدر خلال شهر مارس و٩.١ مم/يوم بمحطة بئر عريضة خلال شهر يونيو، ويرجع ذلك لارتفاع معدلات درجات الحرارة وزيادة كمية الإشعاع الشمسي إلى جانب هبوب الرياح، أما بالنسبة للرطوبة النسبية فنقل معدلاتها لتتراوح بين ٢٥٪ بمحطة بئر عريضة خلال فصل الصيف و٤٥٪ بمحطة السويس خلال شهري ابريل ومايو، نتيجة هبوب رياح الخماسين الجافة على المنطقة.

■ تتخفض معدلات التبخر في فصل الخريف بشكل تدريجي نتيجة انخفاض درجات الحرارة لتصل إلى ٨.٣ مم/يوم بمحطة رأس سدر و ٩.٢ مم/يوم بمحطة السويس،

بينما تتزايد الرطوبة لتتراوح بين ٤٦.٦٪ بمحطة بئر عريضة و ٦٢.٣٪ بمحطة فايد.

يتضح مما سبق أن التغير في درجات الحرارة ومعدلات التبخر والرطوبة النسبية مع اتساع المدى الحراري بمنطقة الدراسة ينتج عنه نشاط عملية التجوية، ويرجع ذلك إلى أن الاختلافات الحرارية مع تعاقب الليل والجفاف وحدوث تمدد وانكماش للصخر يؤدي في النهاية إلى تفتت وتفكك الصخور في موضعها، كما أن زيادة معدلات التبخر يعمل على زيادة كمية الفاقد من المياه وبالتالي زيادة الفاقد من الجريان السطحي، بينما ارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء يؤدي إلى نشاط عملية الإذابة في الصخور ومن ثم تفتتها، وعند تعرض المنطقة لسيول فجائية تقوم بجرف المفتتات والرواسب الصخرية ناحية المصببات وتسبب تدميرا للمناطق العمرانية والطرق المقامة.

ج- الأمطار:

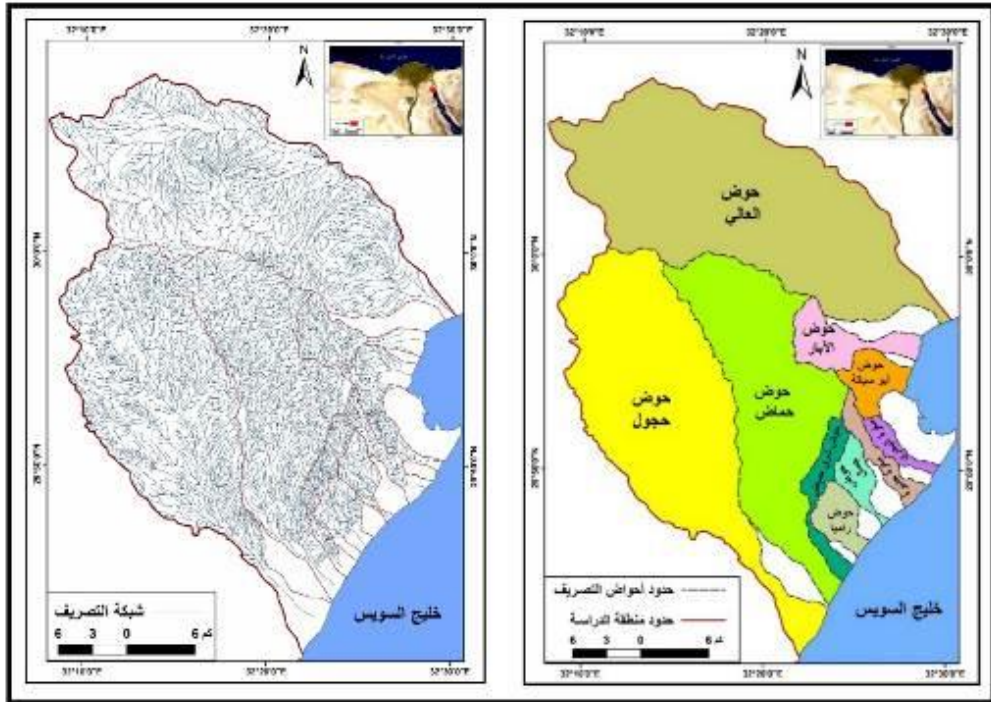
تلعب الأمطار الغزيرة دور كبير في حدوث جريان سيلفي فجائي بمنطقة جبل عتاقة، إلى جانب دورها في تشكيل بعض الظواهر والتمثلة في شبكة التصريف الناتجة عن نحت المياه الجارية، وتتميز الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة بعدم انتظامها زمانيا ومكانيتا حيث أن معظم العواصف المطيرة في مصر تحدث في فصلي الخريف والربيع من كل عام (صابر وآخرون، ٢٠١٨، ص ٣٠٨)، ويوجد بالمنطقة نوعين من الأمطار وهي أمطار تصاعدية تسببها العواصف الرعدية في فصلي الربيع والخريف والأمطار التضاريسية الناتجة عن وجود المرتفعات. ويتضح بتحليل جدول (٣) وشكل (٥) الآتي:

■ تتفاوت كمية الأمطار الساقطة من شهر أكتوبر إلى شهر مايو بمنطقة الدراسة، حيث يبلغ مجموع المطر السنوي ١٣.٧ ملم بمحطة فايد و ٤.٦ ملم بمحطة السويس و ١٢.٦ ملم بمحطة رأس سدر و ٣.٧ ملم بمحطة بئر عريضة، مما يعني أن كمية الأمطار تقل شمال وجنوب المنطقة وتترايد شرق ووسط المنطقة بأودية الآبار وأبو سيالة وحماض وشرق حماض وراميا وجمال ومغرة بحري ومغرة حديرة ومنطقة المصب بحوض العالي والسبب في ذلك هو وجود ساحل خليج السويس وتعرض المنطقة للمنخفضات الشتوية الباردة التي تصطدم بالمناطق المرتفعة وتسقط مطراً.

- يعد شهر مارس أغزر شهور السنة سقوطاً للأمطار حيث سجل ٣.٨ ملم بمحطة السويس، ويرجع ذلك لتعرض المنطقة للعواصف الرعدية والمنخفضات الجوية الربيعية وهبوب الرياح الشمالية الغربية.
 - تعد شهور فصل الشتاء من أعلى شهور السنة مطراً بجميع المحطات المناخية، وبخاصة شهر يناير الذي سجل أعلى معدلات لسقوط الأمطار والتي بلغت ٣.١ ملم و ٣.١ ملم و ٢.٨ ملم و ١.٨ ملم بمحطات فايد والسويس ورأس سدر وبئر عريضة على التوالي.
 - ينعدم سقوط الأمطار خلال شهور فصل الصيف بجميع المحطات، باستثناء شهر يونيو والذي سجل معدلات قليلة جداً بمحطتي فايد والسويس بلغت ٠.١ ملم و ٠.٠٥ ملم على التوالي، ثم ترتفع كمية الأمطار مرة أخرى في فصل الخريف بشكل تدريجي لتسجل ١.٤ ملم بمحطة فايد و ١.٣ ملم بمحطة السويس و ١.٢ ملم بمحطة رأس سدر خلال شهر نوفمبر.
 - بلغت أقصى كمية مطر سقطت في يوم واحد بمحطة فايد (٣.٠ملم) و (٤٤.٣) بمحطة السويس عام ٢٠١٩ و (٢٥ ملم) بمحطة رأس سدر (هيئة الأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة، الفترة من ١٩٨٠-٢٠٢٣).
- يتبين مما سبق أن منطقة الدراسة تتسم بندرة سقوط الأمطار بشكل عام وتكاد أن تنعدم في بعض فصول السنة، كما أن الأمطار الساقطة من النوع الفجائي؛ ويرجع ذلك لوقوع المنطقة ضمن المناطق الصحراوية الجافة، وترتفع معدلات سقوط الأمطار على شرق ووسط المنطقة نظراً لوجود المرتفعات المتمثلة في جبل عتاقة وبعض التلال التي تعترض الكتل الهوائية وترفعها إلى أعلى ومن ثم تتسبب في سقوط أمطار، وفي فصلي الربيع والخريف تسقط الأمطار بشكل مفاجئ نتيجة تعرض المنطقة للمنخفضات الجوية الآتية من البحر المتوسط، وينتج عن الأمطار الغزيرة حدوث جريان سطحي داخل الأودية، حيث يتوقف حجم الجريان على كمية الأمطار الساقطة، كما تعمل الأمطار على تعرية الصخور لما تقوم به من عملية تحلل وتفتيت للصخور الجيرية الضعيفة الهشة وتفكيكها وعند حدوث الجريان السيلي يقوم بنحت هذه الرواسب والمفتتات وجرفها إلى مناطق المصب، وبالتالي تمثل خطراً كبيراً على شبكة الطرق المقامة والعمران في مثل هذه المناطق.

٤- الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف:

تلعب الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف دور مهم في التأثير على الخصائص الهيدرولوجية بمنطقة الدراسة (شكل ٦)، وتهدف إلى فهم أبعاد الأحواض من مساحة وطول ومحيط، ودراسة الخصائص التضاريسية والشكلية للأحواض إلى جانب أطوال المجاري وكثافة شبكة التصريف، وذلك لمعرفة مقدرة كل حوض في استيعاب كميات المياه الساقطة عليه إلى جانب مقدار الحمولة من الرواسب ودورها في تحديد خطورة الجريان السيلي على الطرق المقامة، وتم اختيار هذه المتغيرات والموضحة بالجدول (٤) لارتباطها بالعوامل الهيدرولوجية وتأثيرها على الجريان السيلي بالمنطقة، بتطبيق بعض المعادلات والتي سيتضح أهميتها عند دراسة الأزمنة الهيدرولوجية والميزانية المائية الخاصة بأحواض التصريف.



المصدر: الخرائط الطبوغرافية مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠، وخرائط الارتفاع الرقمي دقة ١٢.٥ متر، بتطبيق

برنامج ArcGIS 10.6.1

شكل ٦: أحواض التصريف وشبكة تصريفها بمنطقة جبل عتاقة

جدول ٤: الخصائص المورفومترية والشكلية لأحواض وشبكات التصريف بمنطقة جبل عتاقة

المعالم	الاستدارة (١)	معامل الاستطالة (٣)	معامل الشكل (١)	كثافة التصريف (١) كم ^٢ /كم ^٢	أطول شبكة التصريف كم	قيمة الوعورة	النسبة التضاريسية	نسبة التضرس	التضاريس المحلية م	المساحة		المحيط	الطول	الارتفاع
										%	كم ^٢			
العالي	٠,٤٠	٠,٥٤	٠,٢٣	٣,١	١١٣٧,١	٠,٠٢٦	٠,٨٦	٠,٠٢	٨٨٠	٣٦,٨	٣٦٥	١٠١,٦	٣٩,٣	
حجول	٠,٣٣	٠,٤٩	٠,١٩	٣,٥	١٠١٧,٨	٠,٠١٩	٠,٥٦	٠,٠١	٥٨٦	٢٩,٣	٢٩٠,٤	١٠٣,٦	٣٨,٥	
حماض	٠,٣١	٠,٤٩	٠,١٩	٤,٢	٨٥٨,٧	٠,٠٤٠	٠,٩٦	٠,٠٢	٨٦٨	٢٠,٤	٢٠٢,٧	٨٩,٩	٣٢,٥	
شرق حماض	٠,١٨	٠,٣٧	٠,١٠	٥,١	١٠٨,٣	٠,٠٧٩	١,٥٥	٠,٠٤	٥٨٧	٢,١	٢١,٢	٣٧,٧	١٤	
راميا	٠,٥٨	٠,٧٣	٠,٤٢	٣,٨	٧٠,١	٠,٠٤٨	١,٢٨	٠,٠٣	٢٥٤	١,٩	١٨,٣	١٩,٨	٦,٦	
الجمال	٠,٤٠	٠,٥١	٠,٢٠	٣,٩	٥٨,٣	٠,٠١٠	٢,٦٢	٠,٠٦	٥٥٦	١,٤	١٤,٧	٢١,٢	٨,٤	
مغرة حديرة	٠,٢٢	٠,٣٩	٠,١٢	٣,٦	٥٩,٥	٠,٠٧٤	٢,٠٥	٠,٠٥	٦١٣	١,٦	١٦,١	٢٩,٨	١١,٤	
مغرة البحري	٠,٣٥	٠,٤٥	٠,١٦	٤,٤	٤٥,٣	٠,١٣	٣,١٧	٠,٠٧	٦٠٧	١,٠	١٠,٣	١٩,١	٧,٩	
أبو سيالة	٠,٥٤	٠,٨٣	٠,٥٤	٣,٧	٨١,٥	٠,١١	٣,٠٨	٠,١٠	٦٨٨	٢,٢	٢١,٦	٢٢,٣	٦,٣	
الآبار	٠,٣٢	٠,٥٥	٠,٢٤	٤,٠	١٢٨	٠,٠٩٩	٢,٤٩	٠,٠٧	٨٧٣	٣,٣	٣١,٩	٣٥	١١,٥	
الإجمالي	-	-	-	-	٣٥٦٤,٦	-	-	-	-	١٠٠	٩٩٢,٢	٤٨٠	١٧٦,٤	

المصدر: نموذج الارتفاع الرقمي DEM 12.5m، بتطبيق برنامجي WMS 11.1 ، ArcGIS 10.6.1

أ- أبعاد أحواض التصريف:

تعد من أهم الخصائص المورفومترية المؤثرة على الخصائص الهيدرولوجية للجريان السيلي بمنطقة الدراسة، وتتمثل في دراسة كل من المساحة والطول والمحيط، حيث تكمن أهمية دراسة مساحة الأحواض هنا لوجود علاقة طردية بينها وبين حجم التصريف، وعلاقة عكسية بينها وبين سرعة الجريان السيلي، إلى جانب ارتباطها بشبكة التصريف خاصة أطوال المجاري وتحديد كمية الأمطار التي من الممكن استيعابها داخل الحوض وبالتالي تحديد حجم وزمن التصريف. وتبين من دراسة وتحليل جدول (٤) وشكل (٧) ما يلي:

^١ كثافة التصريف = مجموع أطوال شبكة التصريف كم/ مساحة حوض التصريف كم^٢ (الدليمي، ٢٠٠٥، ص٢٧٤)

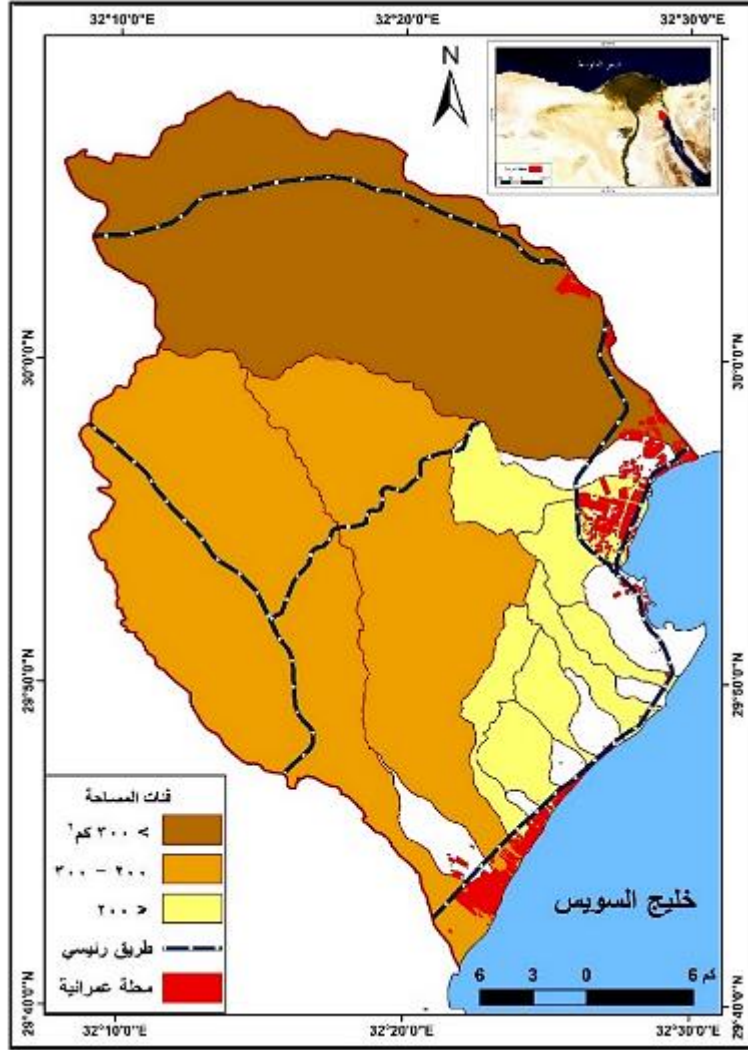
^٢ معامل الشكل = مساحة الحوض / (طول الحوض x طول الحوض) (التهامي، ٢٠٢٠، ص٩٦)

^٣ نسبة الاستطالة = $2 \times (\text{طول الحوض} / \sqrt{\text{مساحة الحوض}})$ (Gregory&walling,1976,p.151)

^٤ نسبة الاستدارة = مساحة الحوض بالكم^٢ / مساحة الدائرة التي لها نفس محيط الحوض بالكم (miller,1953,p.9)

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد العشرون (الجزء الأول)

- يبلغ إجمالي مساحة أحواض منطقة الدراسة ٩٩٣ كم^٢ بنسبة ٩٣.٤% من إجمالي مساحة المنطقة، وتتفاوت هذه الأحواض في مساحتها من منطقة إلى أخرى، حيث تتراوح بين ٣٦٥ كم^٢ بحوض العالي و ١٠.٣ كم^٢ بحوض مغرة البحري وهو أصغر الأحواض مساحة بالمنطقة، ويرجع هذا التباين إلى تأثير البنية الجيولوجية وطبيعة الصخور واتجاه الانحدار وشكل شبكات التصريف، فضلا عن وجود بعض الأحواض التي تتقارب مساحتها الحوضية كحوض أبو سيالة وحوض شرق حماض.
- الأحواض التي تزيد مساحتها على ٣٠٠ كم^٢ تضم حوض واحد فقط وهو حوض العالي ويشغل ٣٦.٨% من إجمالي مساحة أحواض التصريف، ويعد أكبر الأحواض مساحة ويرجع ذلك لوجود جبل عتاقة الذي ينحدر شمالا وشرقا مع وجود شبكة تصريف كبيرة، بينما الأحواض التي تتراوح مساحتها بين ٢٠٠ و ٣٠٠ كم^٢ تشمل حوضي حجول وحماض، واللذان يشغلان معا ما يقرب من نصف مساحة أحواض التصريف بنسبة ٤٩.٧% من إجمالي مساحة الأحواض، وهي من الأحواض التي تتميز بكبر مساحتها وبالتالي زيادة حجم وزمن التصريف.
- تتميز باقي أحواض التصريف بالمنطقة بصغر مساحتها والتي تقل عن ٥٠ كم^٢، وتضم أحواض شرق حماض، وراميا، وجمال، ومغرة حديرة، ومغرة البحري، وأبو سيالة، والآبار بنسبة ١٣.٥% من إجمالي مساحة الأحواض وهي أحواض صغيرة المساحة شديدة الانحدار سريعة الجريان السيلي.
- يبلغ إجمالي أطوال أحواض التصريف بمنطقة جبل عتاقة ١٧٦.٤ كم، حيث تتراوح بين ٦٠.٣ كم بحوض وادي أبو سيالة و ٣٩.٣ كم بحوض وادي العالي، بينما يبلغ إجمالي أطوال محيطات الأحواض ٤٨٠ كم، والتي تتراوح بين ٩.١ كم بحوض وادي مغرة البحري و ١٠٣.٦ كم بحوض وادي حجول، ويرجع هذا التباين في الطول والمحيط إلى ظروف النشأة الجيولوجية ونوع الصخور التي تخترقها الأودية ونسبة التضرس إلى جانب الحركات التكتونية واختلاف الظروف المناخية.



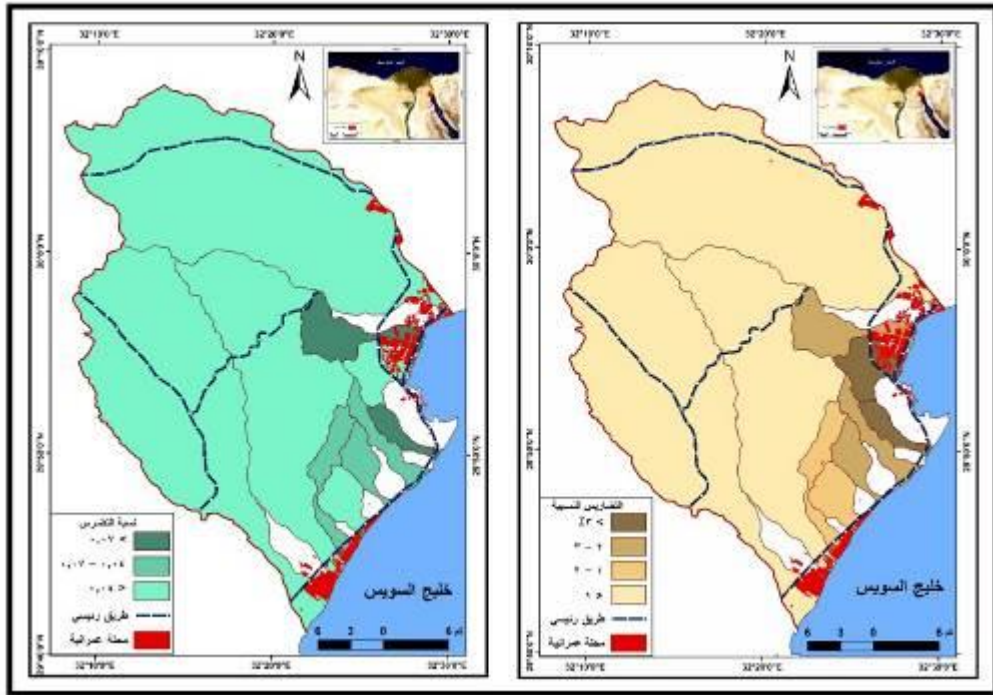
المصدر: الخرائط الطبوغرافية مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠٠، بتطبيق برنامج ArcGIS 10.6.1 .

شكل ٧: فئات المساحة لأحواض التصريف بمنطقة جبل عتاقة

تبين من دراسة أبعاد أحواض التصريف بمنطقة جبل عتاقة أنه كلما زادت مساحة الحوض زادت معه كمية الفاقد من المياه بالتبخر أو التسرب وانخفاض كمية وسرعة الجريان السيلي مثل: أحواض العالي، وحجول، وحماض، أما بالنسبة للأحواض صغيرة المساحة والأقل طولاً فهي الأكثر في سرعة الجريان، مثل: أحواض شرق حماض، ومغرة البحري، ومغرة حديرة، وراميا، وجمال، وأبوسيلة، والآبار.

ب- الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف:

تهدف دراسة الخصائص التضاريسية إلى التعرف على تأثيرها على العمليات الهيدرولوجية، حيث تفيد في تحديد اتجاهات المجاري المائية داخل الأحواض، كما أن لها دور مهم في التأثير على الجريان السطحي بالمنطقة، ومن أهم هذه الخصائص: التضاريس النسبية^١، ونسبة التضرس^٢، ودرجة الوعورة^٣، (جدول ٤) و (شكل ٨).



المصدر: الخرائط الطبوغرافية مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠٠، خريطة الارتفاع الرقمي دقة ١٢.٥ متر، بتطبيق برنامج 10.61

شکل ٨: التضاريس النسبية ونسبة التضرس بأحواض التصريف بمنطقة

جبل عتاقة

^١ التضاريس النسبية = (تضاريس الحوض بالمتر / محيط الحوض بالكم) × ١٠٠ (عاشور وآخرون، ١٩٩١، ص ٣٢٤)

^٢ نسبة التضرس = التضرس المحلي للحوض بالمتر (الفرق بين أعلى وأدنى منسوب) / طول الحوض بالكم (مصطفى، ٢٠٠٤، ص ٤١)

^٣ درجة الوعورة = (تضاريس الحوض بالمتر × (كثافة التصريف / ١٠٠٠) / طول محيط الحوض (مصطفى، ٢٠٠٤، ص ١٥)

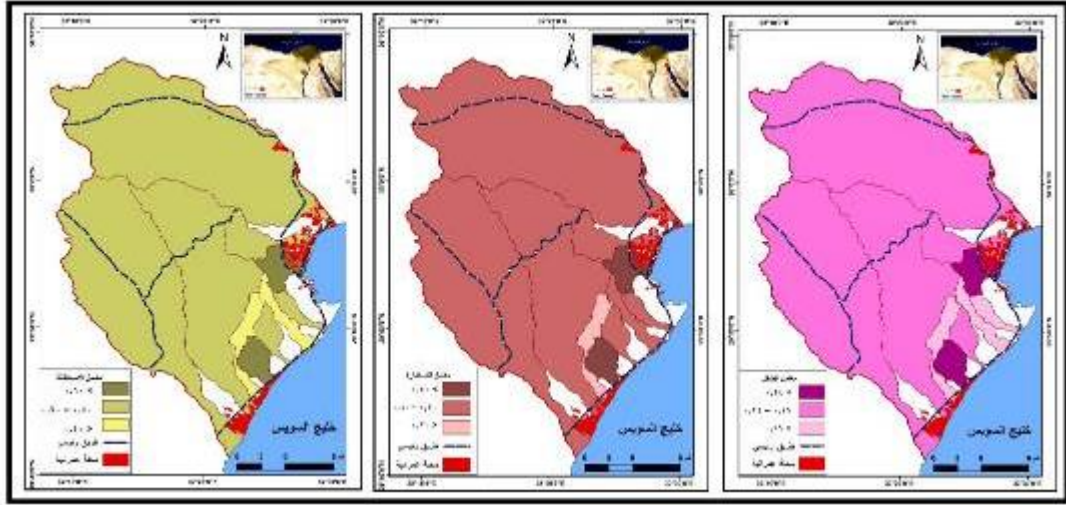
تبيين من تحليل جدول (٤) وشكل (٨) ما يلي:

- الأحواض التي يقل فيها التضرس المحلي عن ٣٠٠ م، تضم حوض واحد فقط وهو حوض وادي راميا ٢٥٤ م، بينما الأحواض التي يتراوح بها التضرس المحلي بين ٣٠٠ و ٦٠٠ م، تضم أحواض وادي حجول ٥٨٦ م، ووادي شرق حماض ٥٨٧ م، ووادي الجمال ٥٥٦ م. في حين الأحواض التي يتراوح بها التضرس المحلي بين ٦٠٠ و ٨٠٠ م، تتمثل في ثلاثة أحواض وهما: حوض وادي حديرة ٦١٣ م، وحوض وادي مغرة البحري ٦٠٧ م وحوض وادي أبو سيالة ٦٨٨ م، بينما الأحواض التي يزيد بها التضرس المحلي على ٨٠٠ م تضم أحواض وادي العالي ٨٨٠ م، ووادي حماض ٨٦٨ م، ووادي الآبار ٨٧٣ م، مما يدل على أن أحواض التصريف تميل إلى التضرس المحلي المتوسط والشديد.
- الأحواض المنخفضة في معدل التضرس والذي يتراوح بين ٠.٠١ و ٠.٠٤ تضم أحواض العالي وحجول وحماض وراميا، وهي من الأحواض كبيرة المساحة خفيفة الانحدار، ويرجع ذلك إلى ضعف التكوينات الجيولوجية، بينما الأحواض التي تتراوح بها نسبة التضرس بن ٠.٠٤ و ٠.٠٧ تضم أحواض شرق حماض والجمال ومغرة حديرة وتعد من الأحواض متوسطة التضرس، أما الأحواض شديدة التضرس التي يتراوح نسبة تضرسها بين ٠.٠٧ و ٠.١٠ شملت أحواض مغرة البحري والآبار وأبو سيالة وهي من الأحواض الأكثر خطورة لشدة انحدارها وتعرضها للجريان السيلي، يتضح مما سبق أن نسبة التضرس تتناسب عكسيا مع مساحة الحوض.
- الأحواض التي نقل بها قيم التضرس النسبي عن ١.٠٪ تتمثل في أحواض وادي العالي بنسبة ٠.٨٦٪، وحوض وادي حجول بنسبة ٠.٥٦٪، وحوض وادي حماض بنسبة ٠.٩٦٪، وهي الأحواض الأكبر مساحة بمنطقة الدراسة. أما الأحواض التي يتراوح بها قيم التضرس النسبية بين ١.٠ و ٢.٠٪ تضم أحواض راميا وشرق حماض، بينما التي تتراوح بها قيم التضرس النسبي بين ٢.٠ و ٣.٠٪ تشمل أحواض الجمال ومغرة حديرة والآبار، أما الأحواض التي يزيد بها قيم التضرس النسبي على ٣.٠٪ تضم حوضي مغرة البحري وأبو سيالة. وتتميز بصغر أطوال ومحيطات أحواضها وصغر مساحتها وهي أكثر الأحواض عرضة للسيول.
- تتراوح قيمة الوعورة للأحواض بين ٠.٠١٩ بحوض وادي حجول وهو من الأحواض منخفضة الوعورة بالمنطقة، ٠.١٣ بحوض وادي مغرة البحري أعلى الأحواض في قيمة الوعورة، بينما باقي الأحواض فهي أحواض متوسطة الوعورة وتضم: أحواض

حماض والعالي وشرق حماض والجمال ومغرة حديرة ومغرة البحري وأبو سيالة والآبار . لكن يعيها أنها لا تأخذ في الاعتبار الأشكال الناتجة عن عمليات التقطع الأخرى على سبيل المثال الأشكال الناتجة عن الصدوع والشقوق (عبد الحميد، ٢٠٢٢، ص ٤١٥). يتضح مما سبق أن الأحواض صغيرة المساحة هي أكثر الأحواض تضرراً وانحداراً ووعورة وأكثر سرعة في الجريان السيلي مثل: أحواض مغرة البحري، ومغرة حديرة، وراميا، والجمال، وأبو سيالة، وشرق حماض، والآبار، وهذا دليل على وجود علاقة عكسية بين التضرس والانحدار من جهة ومساحة الحوض وطوله من جهة أخرى.

ج- الخصائص الشكلية:

تفيد في التعرف على العوامل المؤثرة في الجريان السيلي وتأثير ذلك على شكل شبكة التصريف المائي، ومن أهم هذه الخصائص: معامل الشكل الذي يوضح العلاقة بين كل من طول الحوض ومساحته، كما يوضح مدى انتظام عرض الحوض بالنسبة لطوله من منطقة المنبع حتى المصب، ويؤثر على كمية الجريان المائي ويدل انخفاض قيمه على عدم انتظام شكل الحوض ويكون أقرب إلى الشكل الطولي وفي بعض الأحيان إلى الشكل المثلثي، بينما ارتفاع قيمه يدل على انتظام شكل الحوض وتكون مساحته على حساب طوله ويكون أقرب إلى الشكل المربع، ومعامل الاستدارة حيث يدل ارتفاع قيمه إلى اقتراب الحوض من الشكل شبه الدائري وبالتالي تتميز الأحواض التي تميل إلى الاستدارة بأنها أكثر احتمالية في استقبال كميات كبيرة من المياه في نقطة مركزية ثم تندفع بشكل فجائي داخل الوادي في شكل جريان سطحي ومن الممكن أن تحدث فيضانات، ومعامل الاستطالة الذي يصف امتداد مساحة الحوض مقارنة بأياها بالشكل المستطيل، وتتراوح قيمته بين صفر وواحد صحيح، فتنخفض هذه النسبة في الأحواض الأقرب إلى الشكل المستطيل، بينما تزيد في الأحواض التي يبتعد شكلها عن الاستطالة، ويختلف عرضها مع امتدادها الطولي (محيسن، ٢٠١٠، ص ٦٦).



المصدر: المرئيات الفضائية land sat ETM عام ٢٠٢٣، بتطبيق برنامج Arc Map 10.6.1

شكل ٩: معامل الشكل والاستدارة والاستطالة بأحواض التصريف بمنطقة جبل عتافة

يتضح من تحليل جدول (٤) وشكل (٩) التالي:

- الأحواض التي يقل بها معامل الشكل عن ٠.١٩ تضم ثلاثة أحواض وهي شرق حماض ومغرة حديرة ومغرة البحري، وهي أحواض غير منتظمة الشكل وأكثر عرضة للفيضان السيلي المفاجئ، بينما الأحواض التي يتراوح بها قيم معامل الشكل بين ٠.١٩ و ٠.٢٤ تضم أحواض العالي وحجول وحماض والجمال والآبار، أما الأحواض التي يزيد بها معامل الشكل على ٠.٢٤ فتشمل حوضي أبو سيالة وراميا وهي من أكثر الأحواض تناسقا في الشكل وأقرب إلى الاستدارة.
- أحواض تقل فيها نسبة الاستدارة عن ٠.٢٠ وتضم حوض واحد فقط وهو حوض شرق حماض ويشغل ٢.١٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ويرجع ذلك إلى تأثيره بالصدوع الطولية والتي ساعدت على زيادة طوله بالنسبة لعرضه لذا فان احتمالية حدوث سيول به تكون ضعيفة. أما أغلب أحواض التصريف ذات نسبة استدارة متوسطة، حيث تراوحت بين ٠.٢٠ و ٠.٤٠ وشملت أحواض حجول وحماض والجمال ومغرة حديرة ومغرة البحري والآبار والعالي، ويرجع ذلك الى تشابه التكوينات الصخرية. وبالنسبة للأحواض التي تزيد بها نسبة الاستدارة على ٠.٤٠ وتضم حوضي راميا وأبو سيالة وهي أحواض شبه مستديرة ، وتمثل ٤.١٪

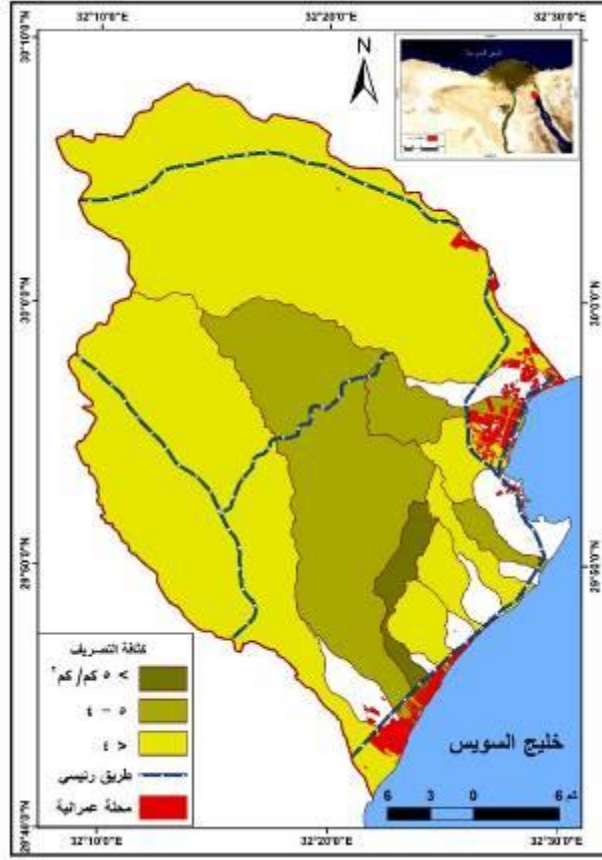
من إجمالي مساحة أحواض منطقة الدراسة، نظرا لتفوق عرضها على طولها وهي من أخطر الأحواض في حدوث الجريان السيلي بوقت قصير .

▪ تراوحت قيم نسبة الاستطالة بأحواض منطقة الدراسة بين ٠.٣٧ بحوض شرق حماض و ٠.٨٣ بحوض أبو سيالة. مع ملاحظة أن أغلب أحواض منطقة الدراسة تميل إلى الاستطالة والتي تقل نسبتها عن ٠.٥ وتضم أحواض حجول وحماض وشرق حماض ومغرة حديرة ومغرة البحري ويرجع ذلك إلى تشابه بنيتها الجيولوجية. كما تتميز المنطقة بوجود أحواض متوسطة الاستطالة والتي تتراوح نسبة استطالتها بين ٠.٥ و ٠.٧، وتشمل أحواض العالي والجمال والآبار، وهي الأقل في الجريان السطحي. في حين أن الأحواض منخفضة الاستطالة والتي تزيد على ٠.٧ ضمت حوضي راميا وأبوسيلة وهي من الأحواض التي تتميز بطول كبير.

تبين مما سبق تأثر مورفولوجية أحواض التصريف بمنطقة الدراسة بثلاثة عوامل وهي: الخصائص الطبيعية للصخور، والبنية الجيولوجية، والخصائص المناخية، كما تبين أن الأحواض صغيرة المساحة الأكثر انحدارا وتضرسا معظمها غير منظم الشكل وبعض منها يميل إلى الاستدارة لذا فهي من أكثر الأحواض عرضة للسيول مثل حوض أبو سيالة، وراميا، وجمال، ومغرة البحري، ومغرة حديرة، وشرق حماض، أما الأحواض كبيرة المساحة ومتوسطة الانحدار والتي يقل بها قيم التضرس النسبي والأقرب إلى الاستطالة، هي الأحواض الأقل عرضة للجريان السيلي مثل: أحواض العالي، وحجول، وحماض.

د- خصائص شبكة التصريف المائي:

تعد أطوال المجاري المائية وكثافة التصريف من أهم خصائص شبكة التصريف المائي بأحواض منطقة الدراسة، حيث تؤثر أطوال المجاري على حجم التصريف وشكل الحوض، بينما تعبر كثافة التصريف عن العلاقة بين أطوال المجاري ومساحة الأحواض، وتحدد الزمن التي تنتقل أثناءه المياه عبر الوادي حيث أن الوقت اللازم لانسياب المياه لمسافة ما يتناسب طرديا مع طول الوادي وذلك في حالة ثبات العوامل الأخرى؛ يقل الزمن اللازم للوصول للفيضان وتزداد سرعة المياه مع تزايد كثافة التصريف (خضر، ١٩٩٧، ص ٢٨٩).



المصدر: المرئيات الفضائية land sat ETM عام ٢٠٢٣، بتطبيق برنامج ArcGIS 10.6.1

شكل ١٠: كثافة التصريف بأحواض منطقة جبل عتاقة

تبيين من تحليل جدول (٤) وشكل (١٠) الآتي:

- الأحواض مرتفعة الكثافة التي يزيد بها قيم الكثافة على 0.0 km^2 تضم حوض واحد فقط وهو حوض شرق حماض، بسبب تأثره بالصدوع التي زادت من أعداد المجاري المائية، بينما الأحواض التي تتراوح كثافتها بين 4.0 و 0.0 km^2 تتمثل في أحواض حماض ومغرة البحري والآبار، وهي من الأحواض متوسطة الكثافة، أما الأحواض التي تقل بها كثافة التصريف عن 4.0 km^2 تضم أحواض العالي وحجول وراميا والجمال ومغرة حديرة وأبوسيلة وتعد من الأحواض منخفضة الكثافة.
- بلغ إجمالي أطوال المجاري المائية بأحواض منطقة الدراسة 3564.6 km ، وتتباين من حوض لآخر فتبلغ 1137.1 km بحوض العالي و 1017.8 km بحوض حجول

و ٨٥٨.٧ كم بحوض حماض و ٥٨.٣ كم بحوض الجمال و ٤٥.٣ بحوض مغرة البحري، مما يدل على أن الأحواض كبيرة المساحة والطول هي الأكثر في طول مجاريها، فزيادة طول المجرى المائي تقل سرعة الجريان السيلي وتزداد كمية الفواقد.

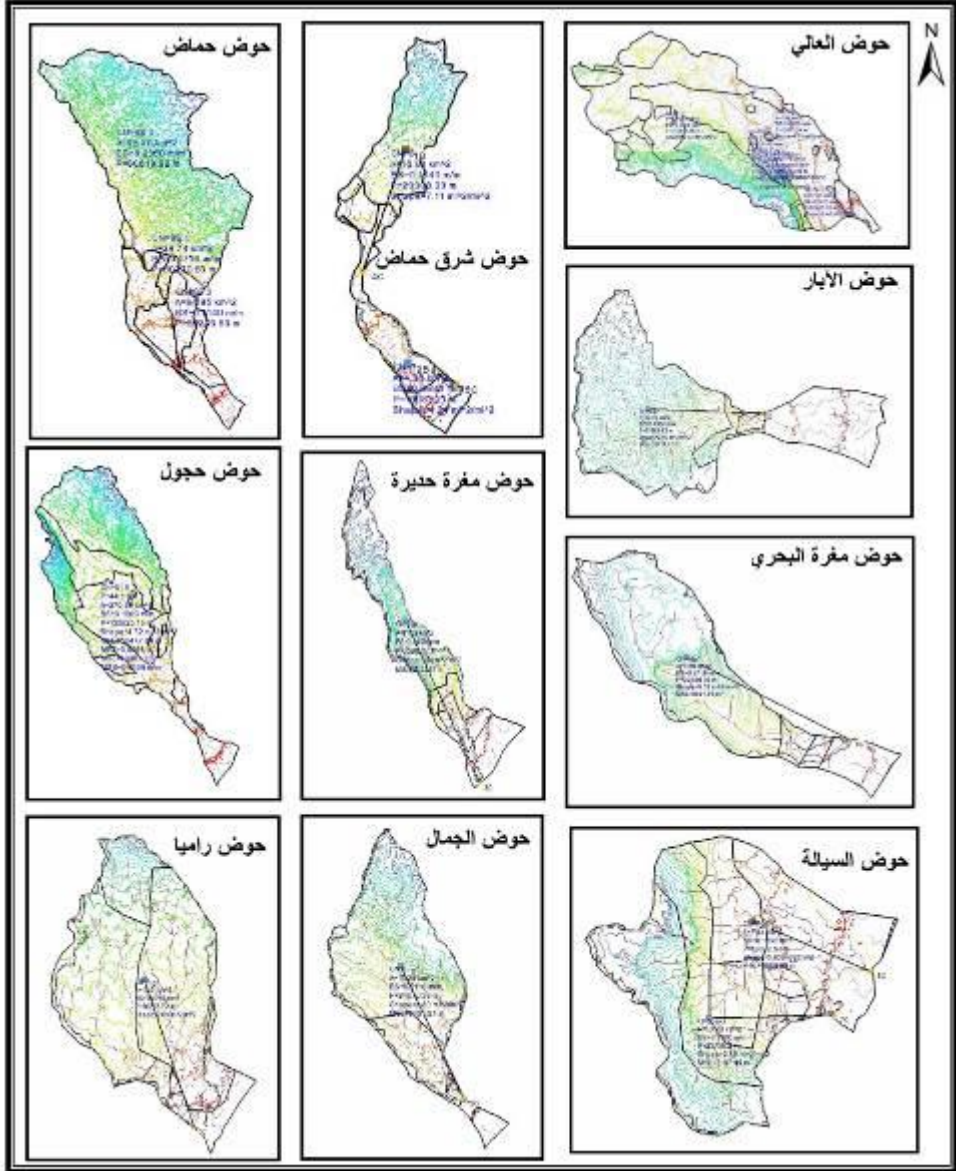
▪ تزداد أعداد الأودية داخل الأحواض كبيرة المساحة، ويرجع ذلك لوجود شبكة من التصريف تتكون من مجموعة من الروافد بالإضافة للمجرى الرئيسي. تبين مما سبق أن أحواض منطقة الدراسة متعددة الروافد مثل أحواض شرق حماض، وحماض، ومغرة البحري، والآبار هي التي تتميز بزيادة كثافة تصريفها، حيث تحتفظ بكميات كبيرة من المياه المتساقطة عليها، وبالتالي تتخفف كمية الفاقد منها وهي المياه المتاحة للجريان السيلي.

ثانياً: استنباط الخصائص الهيدرولوجية باستخدام تقنيات الجيوماتيكس:

ترجع أهمية دراسة الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة إلى ارتباطها بكمية الأمطار الساقطة على الأحواض وما ينتج عنها من جريان سيلي، وبالرغم من أن منطقة جبل عتاقة تتميز بندرة سقوط الأمطار إلا أنها تتعرض في بعض الأوقات لسيول فجائية، مما يؤدي في النهاية إلى حدوث جريان سيلي مدمر ويرجع ذلك إلى أن الزيادة في تساقط الأمطار يتبعه زيادة في حجم وكمية التصريف، ونظراً لتأثر عملية الجريان السطحي بعدة عوامل كالتضاريس وكمية المياه الساقطة ونوع التربة وكثافة الغطاء النباتي والتكوينات الجيولوجية، لذا كان من الضروري دراسة هذه الخصائص لتحديد أكثر الطرق عرضة للسيول وكيفية تأثيرها على عمليات التنمية المستدامة بالمنطقة.

لذا تم تطبيق تقنيات الجيوماتيكس والتي تجمع بين تقنيات متعددة مثل تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد، وتقنية WMS 11.1 والتي تعد من أدق التقنيات التي تساهم بشكل كبير في فهم العمليات الهيدرولوجية المعقدة، وحساب الخصائص الهيدرولوجية لأحواض تصريف منطقة جبل عتاقة، وذلك بتطبيق طريقة CN-SCS لتحليل خصائص شبكة التصريف وتقدير حجم الجريان السيلي، من خلال الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة ٢.٥ م واستنتاج الخواص المتعلقة بطبوغرافية الوديان واستقراء المعلومات عن خصائصها التضاريسية وعملية المحاكاة الهيدرولوجية لجريان مياه الأمطار باستخدام مجموعة من الطرق التحليلية المطبقة على المعلومات

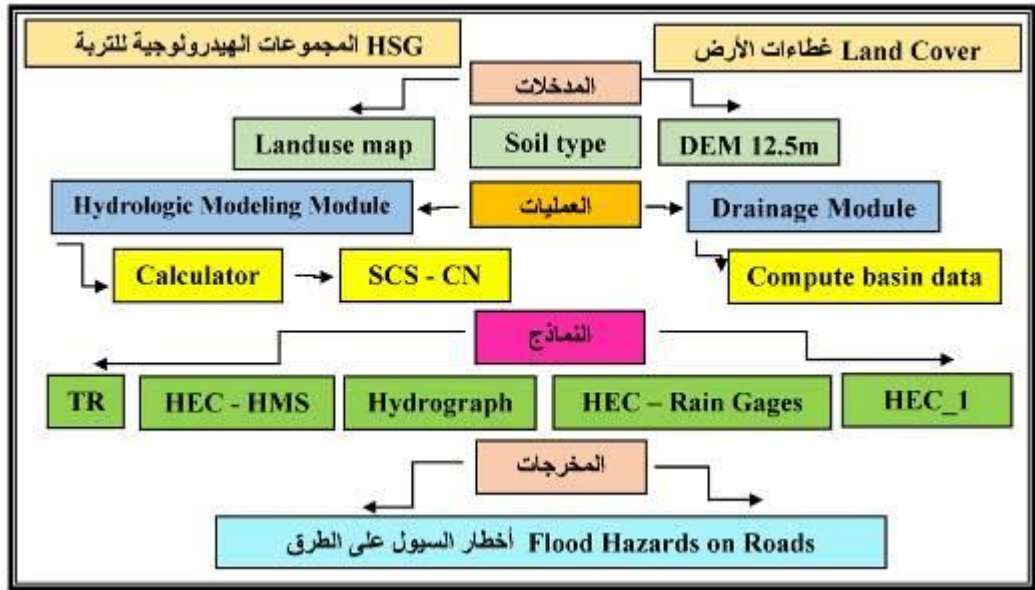
الرقمية لتحديد حدود الأحواض المائية (العمرى، ٢٠١٩، ص ٤٠٥)، حتى نتمكن من رسم الأحواض وشبكة التصريف المائي وحساب جميع المعاملات المورفومترية والهيدرولوجية المتعلقة بهما شكلي (١١، ١٢).



المصدر: إعداد الباحثة

شكل ١١: استنباط بعض المعاملات الهيدرولوجية لأحواض تصريف منطقة جبل عتاقة

باستخدام برنامج WMS 11.1 بتطبيق طريقة SCS- CN



شكل ١٢: مخطط للعمليات التي تم استخدامها ببرنامج WMS 11.1

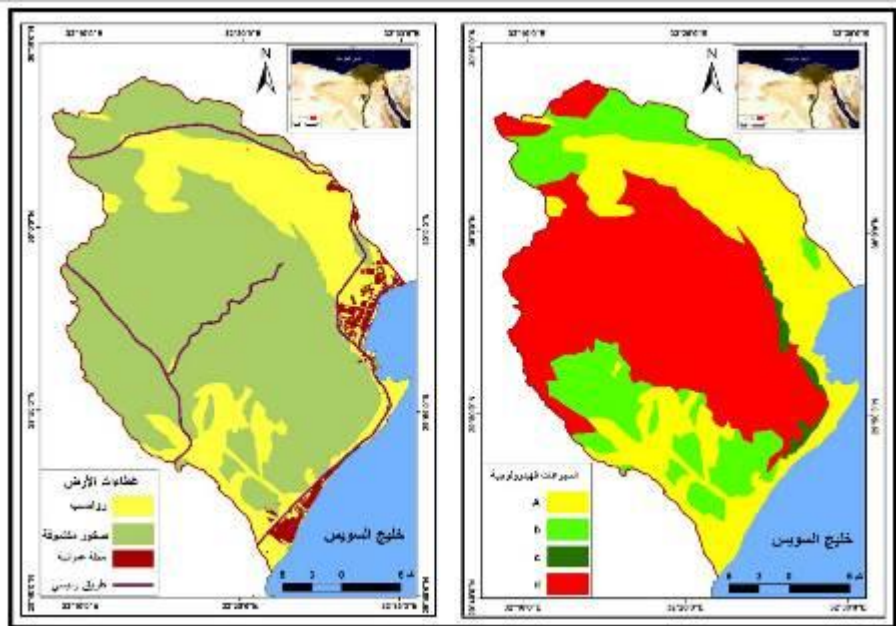
١- المجموعات الهيدرولوجية للتربة:

تم الاعتماد على نموذج الهيئة الأمريكية لحفظ التربة (SCS)، حيث حددت أربع مجموعات هيدرولوجية (A- B- C -D) طبقاً لمعدل النفاذية والمسامية وتأثيرها على الجريان السطحي الذي يرتبط بنوع الرواسب التي تتكون منها التربة والصخور، ومن خلال الاعتماد على الخرائط الجيولوجية للمنطقة وخريطة التربة وبيانات الدراسة الميدانية للتعرف على كثافة الغطاء النباتي وتحليل جدول (٥) وشكل (١٣) تبين أن المجموعات الهيدرولوجية للتربة بمنطقة الدراسة شملت الأربع تصنيفات لأنها تنتمي إلى مجموعة الغطاء النباتي ذو الحالة الفقيرة والذي يتمثل في بعض الأعشاب الطبيعية الصغيرة على جوانب وبطون الأودية وذلك نظراً لوقوعها ضمن نطاق المناطق الصحراوية الجافة، وبالتالي ينتج عنها جريان سطحي يتراوح بين منخفض وعالي جداً، ومعدلات تسرب تتراوح بين منخفضة جداً وعالية. فضلاً عن استبعاد المناطق العمرانية والطرق والتي تقع عند نهاية مصبات الأودية على خليج السويس ويشغلان معاً مساحة صغيرة جداً تبلغ ٢٦ كم^٢ بنسبة ٢.٤٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وبالتالي فإن تأثيرها على الجريان السيلي بالمنطقة ضئيل جداً.

جدول ٥: قيم CN لغطاءات الأرض والمجموعات الهيدرولوجية للتربة

نوع التربة	معدل التسرب مم/ساعة	عمق الجريان	المجموعات	المجموعات الهيدرولوجية				غطاءات الأرض
				D	C	B	A	
طبقة رملية عميقة مع كمية قليلة من الطيني والغرين	تسرب عالي أكبر من ٧,٦٦	منخفض	A	٩٣	-	-	-	صخور مكشوفة
طبقة رملية وطميية أقل عمقا	تسرب متوسط ٧,٦٢ - ٣,٨١	متوسط	B	-	٩١	٨٦	٧٧	تربة جرداء
				-	٩٨	٨٥	٧٦	رواسب خشنة مفككة
طبقة صخرية	تسرب منخفض ٣,٨١ - ١,٢٧	فوق المتوسط	C	٩٨	٩٨	٩٨	٩٨	طرق ومواقف أسفلتية وأسقف مباني
				٨٨	٨٥	٧٧	٦٣	غطاء نباتي بحالة فقيرة
طبقة صخرية عارية صماء، وصخور جرانيتية رمادية أو قديمة	تسرب منخفض جدا أقل من ١,٢٧	عالي	D	٨٦	٨١	٧٢	٥٥	غطاء نباتي بحالة متوسطة

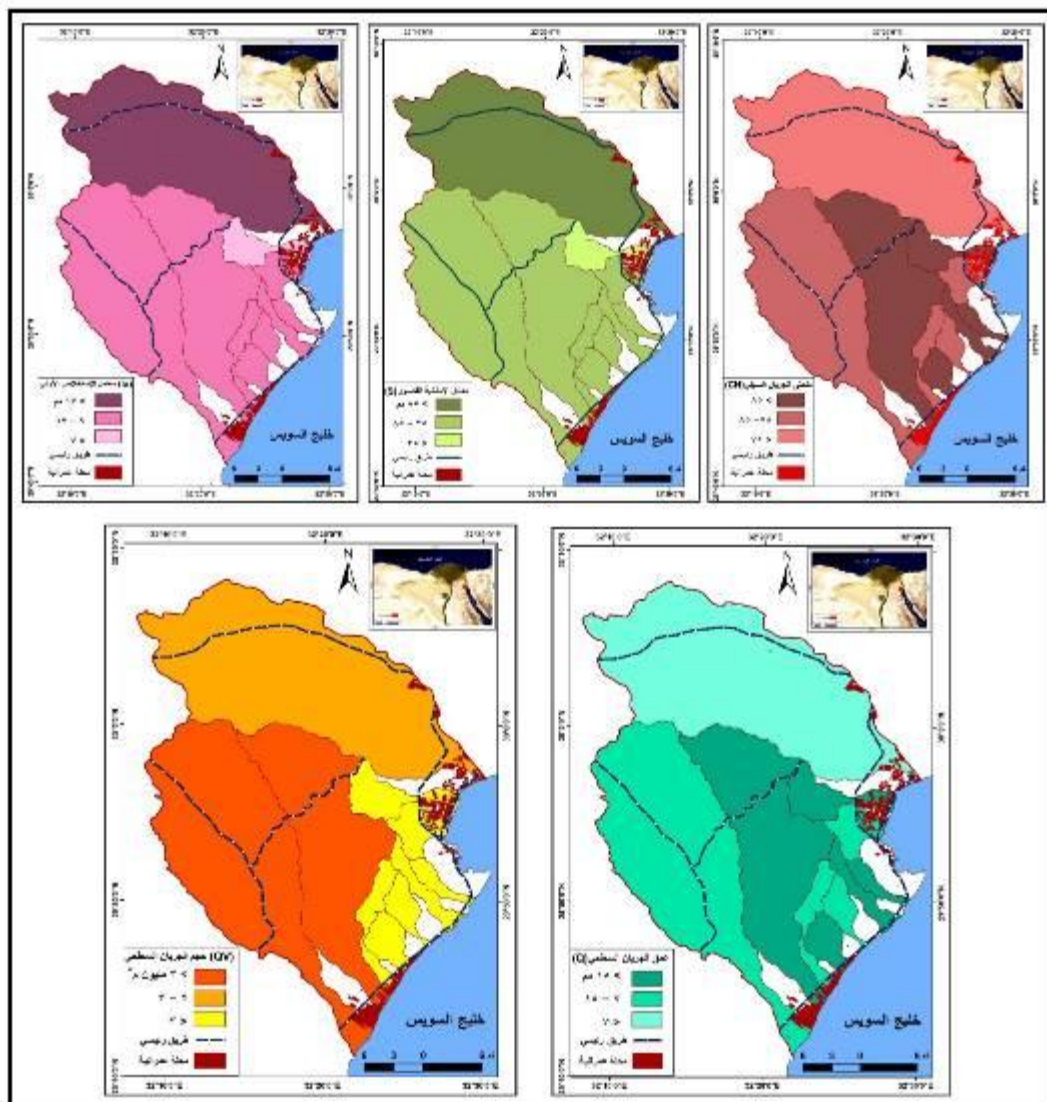
المصدر : USDA, 1986, p.24, USDA, 2004, p.5-9, Chow, etal, 1988, p.150, Elawa& Qaddah, 2011.



المصدر: الخرائط الطبوغرافية مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠، المرئيات الفضائية Landsat TM بتطبيق برنامجي 10.6.1

.WMS 11.1 ، ArcGIS

شكل ١٣: المجموعات الهيدرولوجية وأغطية الأرض واستخداماتها بمنطقة جبل عتاقة



المصدر: اعتمادا على بيانات جدول (٦) بتطبيق برنامجي ArcGIS 10.6.1، WMS 11.1

شكل ١٤: معاملات طريقة SCS – CN لأحواض منطقة جبل عتاقة

جدول ٦: طريقة SCS- CN والمعاملات المرتبطة بها بأحواض منطقة جبل عتاقة

الأحواض	منحنى الجريان السيلي (CN)	معامل الإمكانيّة القصوى للاحتفاظ بالماء (S) مم	معامل الاستخلاص الأولي (Ia) مم	عمق الجريان السطحي (Q) مم	حجم الجريان السطحي (QV) مليون م ^٣
العالي	٧٤,٦	٨٦,٥	١٧,٣	٦,٤	٢,٣
حجول	٨١,٨	٥٦,٥	١١,٣	١٢,٢	٣,٥
حماض	٨٥,٨	٤٢,٢	٨,٤	١٦,٥	٣,٣
شرق حماض	٧٨,٥	٦٩,٥	١٣,٩	٩,٣	٠,١٩
الجمال	٧٧,٨	٧٢,٤	١٤,٥	٨,٧	٠,١٦
راميا	٨٦,٢	٤٠,٦	٨,١	١٧,١	٠,٢٥
مغرة حديرة	٨٧,١	٣٧,٦	٧,٥	١٨,٢	٠,٢٩
مغرة البحري	٨٧,٦	٣٥,٩	٧,١	١٩	٠,٢٠
أبو سيالة	٨٠,٧	٦٠,٧	١٢,١	١١,٢	٠,٢٤
الآبار	٨٧,٩	٣٤,٩	٦,٩	١٩,٤	٠,٦١

المصدر: برنامج WMS 11.1 بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM ١٢,٥ م، وبعض المعادلات التي تم ذكرها

ويتبين من تحليل جدول (٦) وشكل (١٤) ما يلي:-

أ- منحنى الجريان السيلي (Curve Number (CN

يعبر عن الاستجابة المائية لغطاءات الأرض ومن ثم الاستجابة للجريان السيلي في أحواض التصريف ويتراوح قيمته بين (صفر و ١٠٠)، فكلما اقتربت القيم من الصفر دل على سرعة نفاذية التربة للمياه، بينما يدل ارتفاع رقم المنحنى على أسطح قليلة النفاذية أو التسرب وبالتالي ارتفاع مخاطر الجريان السيلي والعكس صحيح (حسن، ٢٠١٩، ص ١٦٣). وتتراوح قيمة Cn بمنطقة الدراسة بين ٧٤.٦ بحوض العالي وهي أقل قيمة و ٨٧.٩ بحوض الآبار وهي أعلى قيمة، بينما تراوحت باقي القيم بين ٧٥ و ٨٦.٦ بباقي الأحواض، وتدل القيم المنخفضة بأحواض العالي وراميا وشرق حماض على احتمالية انخفاض الجريان السطحي، بينما القيم المرتفعة بأحواض الآبار ومغرة البحري ومغرة حديرة تدل على إمكانية حدوث جريان سطحي وبالتالي فهي من الأحواض الأكثر خطورة.

ب- معامل الإمكانيّة القصوى للاحتفاظ بالماء (S)

يمثل الحالة التشريعية للتربة بعد توقف التسرب وبدء الجريان السطحي، ويتأثر بنوع التربة في كيفية الاحتفاظ بكمية المياه على السطح بعد بدء الجريان مما يؤدي الى ارتفاع منسوب المياه الجارية على السطح، وتدل القيم المنخفضة على أقل الأحواض نفاذية

للماء والتي نقل قيمتها عن ٤٠ مم كأحواض الآبار ومغرة البحري ومغرة حديرة، حيث يقل سمك التربة المشبعة بالماء، بينما الأحواض التي تتراوح بين ٤٠ و ٦٠ مم تضم أحواض الجمال وحماض وحجول وهي أحواض متوسطة النفاذية للمياه، بينما الأحواض التي يزيد بها معامل الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء على ٦٠ مم تضم أحواض أبو سيالة وراميا وشرق حماض والعالي وهي الأحواض الأكثر نفاذية للمياه نظرا لانتشار رواسب الأودية المفككة، كما يتضح وجود علاقة عكسية بين قيم (S) وبين قيم (CN) حيث تنخفض قيم معامل الامكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بزيادة (CN) ويرجع ذلك لارتباطها بالمواقع الأقل نفاذية للمياه بأحواض التصريف المائي، وبالتالي تكون أكثر عرضه للجريان السطحي وأكثر خطورة والعكس صحيح.

ج- حساب معامل الاستخلاص الأولي^١ (Ia) Initial abstraction

يعبر عن مقدار الفاقد من مياه الأمطار بالتسرب ويرتبط بخصائص التربة وغطاءات الأرض والتبخر ويعتبر خمس قيمة التشبع (شلبي، ٢٠١٨، ص٣٦)، وتتراوح قيم معامل الاستخلاص الأولي بين ٦.٩ مم بحوض وادي الآبار و ١٧.٣ مم بحوض وادي العالي، فالأحواض التي يقل بها قيم معامل الاستخلاص الأولي عن ٨ مم تضم أحواض الآبار ومغرة البحري ومغرة حديرة حيث تدل القيم المنخفضة على قلة الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان وبالتالي ينتج عنها سرعة في الجريان السطحي لذلك تعد من أكثر الأحواض خطورة، أما الأحواض التي تتراوح قيمتها بين ٨ و ٤ مم ضمت أحواض أبو سيالة والجمال وشرق حماض وحماض وحجول، بينما تعد أحواض راميا والعالي من

¹Reshma&Sundara,2010,pp.34,35.

$$QV = (Q \times \frac{A}{1000})$$

حيث:
Runoff Volume = QV وهو حجم الجريان السطحي م^٣
Q = عمق الجريان السطحي مم
A = مساحة حوض التصريف المائي

$$Q = \frac{(P - Ia)2}{(P + 0.8 S)}$$

حيث:
Q = عمق الجريان السطحي مم
P = الأمطار الساقطة مم
Ia = المستخلصات الأولية قبل بدء الجريان كالتسرب والامتصاص من قبل النباتات
Initial abstraction
S = التجمع السطحي الأقصى بعد بدء الجريان السطحي مم (سمك التربة المشبعة بالمياه)
Potential Maximum Retention After Runoff

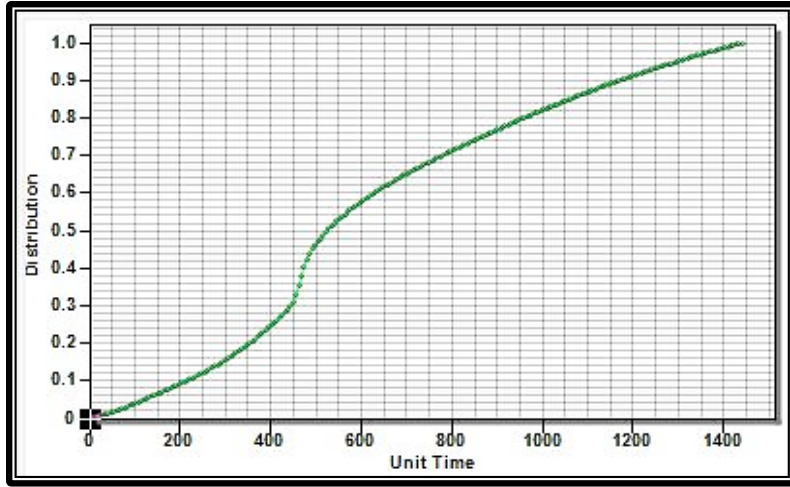
$$S = \frac{(25400)}{(CN)} - 254$$

$$Ia = 0.2 \times S$$

أعلى الأحواض في معامل الاستخلاص الأولي والتي تزيد عن ٤م مما يدل على زيادة الفاقد من مياه الأمطار، وهذا دليل على وجود علاقة طردية بين قيم (Ia) وقيم (S).

د- عمق الجريان السطحي (Q)

يعتبر انعكاساً لخصائص حوض التصريف المائي، ويتراوح بين ٦.٤م بحوض العالي و ٩.٤م بحوض الآبار، وتعتمد قيم معامل عمق الجريان السطحي في حسابها على أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد (P) (العاصفة المطيرة) شكل (١٥)، ومعامل الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء (S) ومعامل الاستخلاص الأولي (Ia)، كما يتوقف على خصائص التربة وسرعة تسرب المياه بها، وتتراوح قيمته بمنطقة الدراسة بين ٦.٤م بحوض العالي و ٩.٤م بحوض وادي الآبار، مما يدل على وجود علاقة طردية بينه وبين قيم منحني الجريان السيلي ووجود علاقة عكسية بينه وبين قيمة معامل امكانية الاحتفاظ بالمياه (S) حيث ترتبط القيم المنخفضة بقيم (CN) المنخفضة كما في أحواض العالي وراميا وشرق حماض وحجول، بينما ترتبط القيم المرتفعة بقيم (CN) المرتفعة كما في أحواض الآبار ومغرة البحري ومغرة حديرة وجمال وحماض، ويرجع هذا التباين إلى اختلاف كمية الأمطار الساقطة على الحوض.



المصدر : تطبيق برنامج WMS 11.1 بالاعتماد على نمط Type IA

شكل ١٥: منحني العاصفة المطيرة بمنطقة جبل عتاقة

هـ- حجم الجريان السطحي (صافي الجريان) (QV)

يعتمد في حسابه على عمق الجريان السيلي ومساحة حوض التصريف، ويبلغ إجمالي حجم الجريان السيلي بالمنطقة ١١ مليون م^٣، ويتراوح بين ٠.١٦ مليون م^٣ بحوض وادي راميا و ٣.٥ مليون م^٣ بحوض وادي حجول، فالأحواض التي يقل بها حجم الجريان السيلي عن ١ مليون م^٣ ضمت أحواض الآبار وأبو سيالة ومغرة البحري ومغرة حديرة وجمال وراميا وشرق حماض أما الأحواض التي يزيد بها حجم الجريان السيلي على ٢ مليون م^٣ فتضم أحواض حماض وحجول والعالى، مما يدل على أن قيم حجم الجريان السطحي المنخفضة ترتبط بالأحواض صغيرة المساحة وهي الأحواض الأكثر عرضه للجريان السيلي، بينما القيم المرتفعة ترتبط بالأحواض كبيرة المساحة.

٢- الأزمنة الهيدرولوجية وخصائص التصريف:

أ- زمن التباطؤ^١:

يتحدد بالفترة المحصورة بين بداية حدوث الجريان ثم وصوله لبداية المجاري المائية (مدى تجمع مياه الأمطار وتحولها لجريان سطحي)، ويعرف بالزمن الفاصل بين بداية التساقط وبدء الجريان السطحي، ويتوقف على نوع الصخور وما بها من شقوق وفواصل إلى جانب نفاذية ومسامية التربة، كما يرتبط بكمية الفواقد الناتجة عن عمليتي التسرب والتبخر، ويتناسب عكسياً مع درجة انحدار السطح حيث أنه يزيد مع السطوح قليلة الانحدار والتي ينتج عنها زيادة في معدلات الفواقد، ويقبل مع الانحدارات الشديدة نتيجة انخفاض معدلات الفواقد وزيادة سرعة الجريان والتصريف.

ويتبين من تحليل جدول (٧) وشكل (١٦) ما يلي:-

يتراوح زمن التباطؤ بين ٠.٤ دقيقة بحوض وادي أبو سيالة و ١.٦ دقيقة بحوض وادي حماض، حيث أن الأحواض التي يقل بها زمن التباطؤ عن ١ دقيقة تضم أحواض جمال ومغرة حديرة ومغرة البحري وأبو سيالة والآبار وهي من الأحواض الأكثر انحداراً

$$Te = Ki (A)^{0.3} (Sa/Dd)^1$$

حيث أن Te = زمن التباطؤ ، Ki = ثابت (٠,٤) للتربة الجيرية، (٠,٢٥) للتربة الرملية) ، A = المساحة ، Sa = معدل الانحدار ، Dd = كثافة التصريف

معدل الانحدار = (الفارق الرأسى بين أعلى نقطة وأنى نقطة بالمتر / المسافة الأفقية بين النقطتين) $\times 60$ (خضر، ١٩٩٧)

، أما الأحواض التي يتراوح بها زمن التباطؤ بين ١.٠ و ٢.٠ دقيقة تضم أحواض راميا وشرق حماض وحجول والعالي وحماض هي من الأحواض المتوسطة وهينة الانحدار .
جدول ٧: الأزمنة الهيدرولوجية وخصائص التصريف بأحواض التصريف بمنطقة جبل عتاقة

الحوض	زمن التركيز		زمن التباطؤ دقيقة	زمن التصريف بالساعة	ذروة التصريف م ^٣ / ثانية	حجم التصريف م ^٣ / ثانية
	دقيقة	ساعة				
العالي	١١٦,٥	١,٩٠	١,٣	٠,٩٠	٨٨,٣٠	٣٠٣,٥
حجول	٨٢,٨	١,٤٠	١,٥	٠,٨٠	٨٢,٢٠	٢٤٧,٠
حماض	١٠٤,٦	١,٧٠	١,٦	٠,٧٠	٣٣,٩٠	١٧٨,٧
شرق حماض	٥٤,٥	٠,٩٠	١,١	٠,٣٠	١٨,٥٠	٢٣,٤
راميا	٢٢,٠	٠,٤٠	١,٠	٠,٢٠	٢,٩٢	٢٠,٥
جمال	٢٣,٠	٠,٤٠	٠,٦٠	٠,١٧	١٠,٣٠	١٦,٨
مغرة حديرة	٢٩,٦	٠,٥٠	٠,٧٠	٠,٢٢	٩,١٣	١٨,٣
مغرة البحري	٢٠,٩	٠,٣٥	٠,٥٠	٠,١٤	٧,٩٠	١٢,٢
أبو سيالة	١٧,٨	٠,٣٠	٠,٤٠	٠,٠٩	٣١,٧٥	٢٣,٨
الآبار	٣٠,٩	٠,٥٠	٠,٧٠	٠,١٩	٢١,٦٠	٣٣,٨

المصدر: اعداد الباحثة اعتمادا على خرائط Dem دقة ١٢,٥ م، بتطبيق برنامجي ArcMap10.6.1، Wms 11.1.

ب- زمن التركيز (Time of Concentration):

يعرف بأنه الفارق الزمني بين نهاية فائض سقوط الأمطار ونقطة انعطاف الهيدروجراف (McCuen,etal, 1984)، ويعرف ايضا بأنه الفترة الزمنية اللازمة لتدفق الجريان السطحي من الجزء الأبعد من حوض التصريف إلى المخرج (Johansson, 1984)، فكلما زادت قيمة زمن التركيز داخل الحوض دل على انخفاض معدلات الخطورة، بينما انخفاض قيمة زمن التركيز يزيد من خطورة الحوض في الجريان السطحي لوصول كميات كبيرة من المياه في وقت قصير، ويرتبط بالعديد من المتغيرات الأخرى والتي من أهمها: درجة انحدار السطح الحوضي التي تؤثر في سرعة الجريان، ومعامل

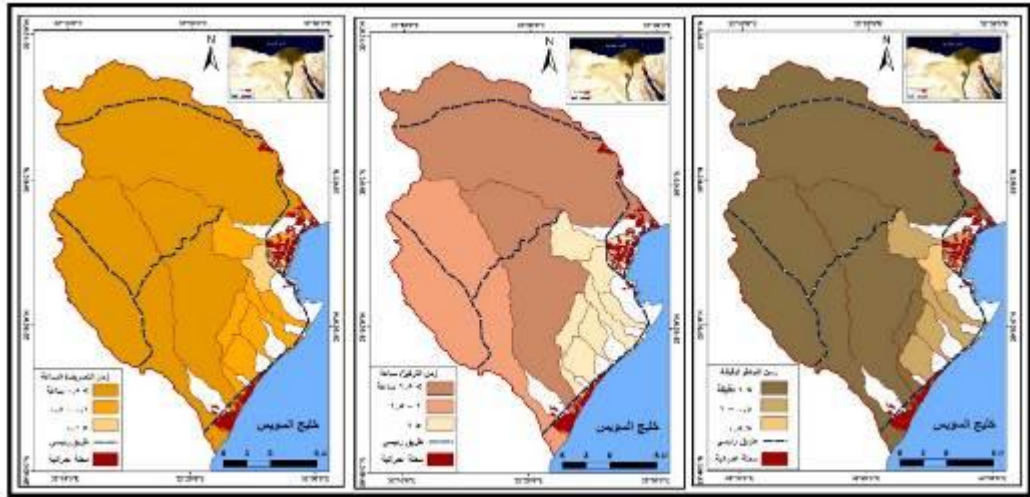
$$T_c = 0.008 * (L_c)^{0.77} * (S_c)^{-0.385}$$

حيث T_c = زمن التركيز و L_c = طول المجرى الرئيسي بالمتر و S_c = انحدار سطح الحوض المصدر: برنامج WMS 11.1

(-٠,٣٨٥ و ٠,٧٧) = أس ثابت يعبر عن خصائص الحوض

التعرج وطول الحوض وأطوال المجاري، وكمية الفواقد بشتى أنواعها وكثافة التصريف (عبد الحميد، ٢٠٢٢، ص ٤٢٩). ويتم تطبيق زمن التركيز بشكل عام على الجريان السطحي فإذا حدث تساقط مطر منتظم على مساحة من الأرض فإن الأجزاء القريبة من المخرج تساهم في الجريان السطحي عند المخرج على الفور، ومع استمرار سقوط الأمطار تصل مساهمات الجريان السطحي من نقاط مختلفة عند المنبع في أوقات لاحقة حتى تصل التدفقات في النهاية من جميع النقاط على أحواض التصريف، مُركزة عند المخرج (صابر وآخرون، ٢٠٢٢، ص ٣٩٠).

ويتراوح زمن التركيز بأحواض منطقة الدراسة بين ١٧.٨ دقيقة بوادي أبو سيالة و ١.٩ ساعة بحوض العالي، فالأحواض التي يقل بها زمن التركيز عن ١.٠ ساعة تضم أحواض شرق حماض وراميا وجمال ومغرة البحري ومغرة حديرة وأبو سيالة والآبار وبالتالي فهي من الأحواض الأكثر عرضه للجريان السيلي، بينما الأحواض التي يتراوح بها زمن التركيز بين ١.٠ و ١.٥ ساعة ضمت حوض واحد فقط وهو حوض حجول، أما الأحواض التي يزيد بها زمن التركيز على ١.٥ ساعة تضم حوضي حماض والعالي، مما يدل على أنه كلما صغرت المساحة قلت الفترة الزمنية اللازمة لانتقال المياه من المنبع حتى المصب وأصبحت عرضة للجريان السيلي وأكثر خطورة والعكس صحيح.



شكل ١٦: الأزمنة الهيدرولوجية بأحواض تصريف بمنطقة جبل عتاقة

ج- زمن التصريف^١:

يقصد به الفترة الزمنية اللازمة لصرف كل كمية المياه الساقطة على الحوض من المنبع لتصل إلى المصب (سيد، ٢٠١٥، ص ٢٧٥)، وتعتبر القيم المنخفضة تدل على أكثر الأحواض تأثراً بسرعة الجريان السيلي في فترة زمنية صغيرة حيث يتمكن الحوض في هذه الحالة من صرف كافة مياهه في فترة زمنية صغيرة وبالتالي يزيد من معدلات الخطورة، ويتضح من تحليل جدول (٧) ما يلي:

بلغ إجمالي الوقت التي تحتاجه أحواض التصريف بمنطقة جبل عتاقة لصرف المياه الساقطة عليها ٣.٧ ساعة، في حين أن زمن التصريف تراوح بين ٠.٠٩ و ٠.٠٩ ساعة، فالأحواض التي يقل بها زمن التصريف عن ٠.١ ساعة تضم حوض واحد فقط وهو حوض وادي أبو سيالة، والأحواض التي يتراوح بها زمن التصريف بين ٠.١ و ٠.٥ تضم أحواض الآبار ومغرة البحري ومغرة حديرة وجمال وراميا وشرق حماض وهي من الأحواض الأكثر خطورة، أما الأحواض التي يزيد بها زمن التصريف عن ٠.٥ ساعة فتضم أحواض حماض وحجول والعالي.

تبين مما سبق أن أحواض التصريف في المناطق الجافة يكون الجريان السيلي بها على فترات متباعدة وبشكل مفاجئ وغير منتظم سواء في كمية المياه والسرعة والفترة الزمنية.

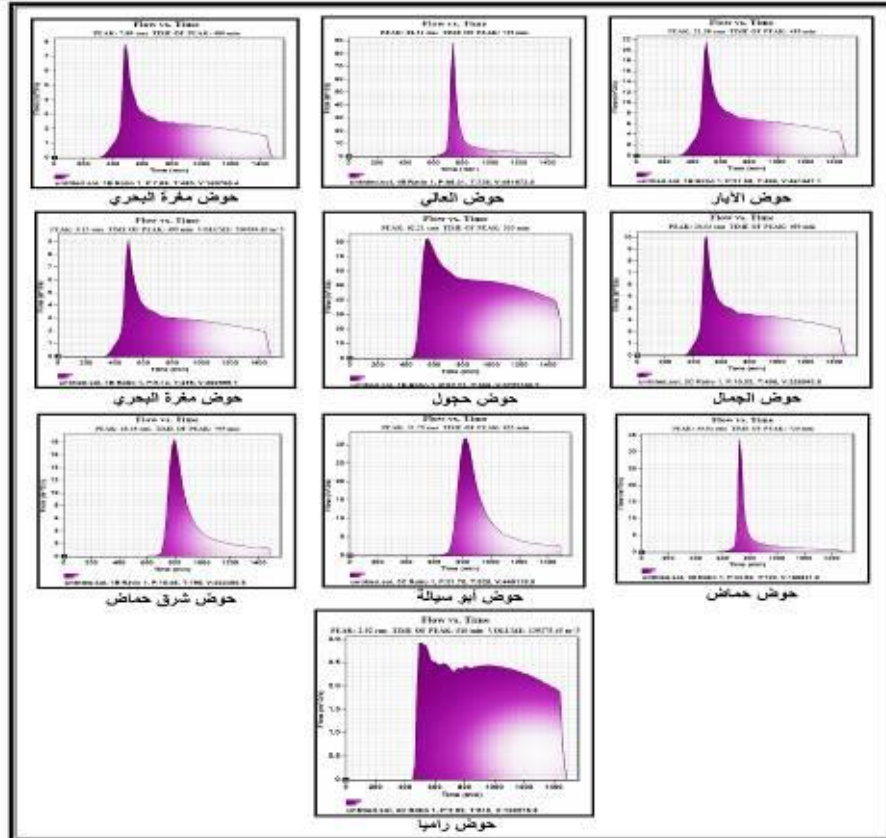
د- ذروة التصريف:

يقصد بها الوصول إلى أعلى معدل من تجمع المياه الساقطة على الحوض، بينما يقصد بزمن ذروة التصريف المدة الزمنية من بداية سقوط الأمطار وحتى الوصول إلى قمة التصريف، ويتأثر بعدة عوامل وهي: كمية وزمن واتجاه الأمطار الساقطة (العواصف المطيرة) وخصائص الحوض التضاريسية ونوع التربة وغطاءات الأرض واستخدامتها، لذلك فهو يختلف من حوض إلى آخر.

ويتضح من تحليل جدول (٧) وشكل (١٧) الخاص بمنحنى الهيدروجراف لتقدير ذروة التصريف بالنسبة لأحواض منطقة جبل عتاقة أن عملية الجريان السيلي استمرت بالمنطقة ما يقرب من ١٥٠٠ دقيقة (٢٥ ساعة)، حيث يبدأ الجريان السطحي بشكل تدريجي فيكون خفيف في البداية ثم يصل إلى ذروته (قمة التصريف) ثم ينخفض مرة أخرى، ويتراوح معدل ذروة التصريف بالمنطقة بين ٢.٩ م^٣/ثانية بحوض وادي راميا

^١ زمن التصريف = $L \times 0,305 / 7700 / (H \times 0,305)^{0,38}$ (السلوي، ١٩٨٩، ص ١٠٢) حيث أن L = طول المجرى الرئيسي و H = التضرس المحلي للحوض (٠,٣٠٥ و ١,١٥ و ٠,٣٨ ثوابت تعبر عن خصائص الحوض)

خلال ٥١٠ دقيقة و ٨٨.٣ م^٣/ثانية بحوض وادي العالي خلال ٧٣٥ دقيقة وهي أعلى ذروة تصريف، كما تبين أن أقل قيم لذروة التصريف كانت بالأحواض الصغيرة المساحة والتي ضمت أحواض راميا ومغرة البحري ومغرة حديرة وجمال، أما أعلى قيم فكانت من نصيب الأحواض كبيرة المساحة كأحواض العالي وحجول وحماض.



المصدر: برنامج WMS 11.1 بتطبيق نموذج SCS- CN

شكل ١٧: منحنى الهيدرولوجراف لأحواض تصريف منطقة جبل عتاقة

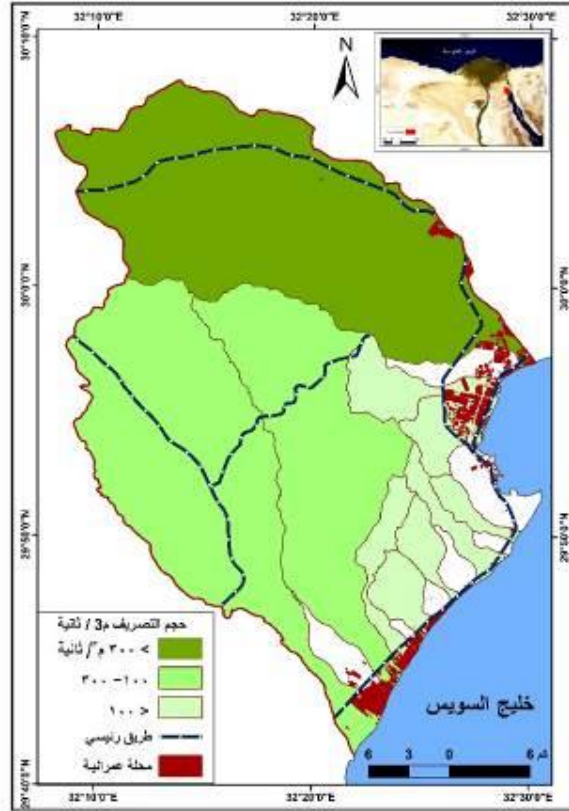
هـ - حجم التصريف^١:

يتم التعرف عليه من خلال كمية المياه التي تتجمع داخل الحوض خلال فترة من الزمن، مع الأخذ في الاعتبار تساوي كمية المياه على كل أجزاء الحوض وخاصة الأحواض صغيرة المساحة، ويتوقف حجم التصريف على كمية الأمطار الساقطة على

^١ $T = 1.5 (A)^{0.9}$ حيث T = حجم التصريف ، A = مساحة الحوض ، (١،٥ و ٠،٩ ثوابت تعبر عن خصائص الحوض) (خضر، ١٩٩٧، ص ٣١٧)

الحوض ومساحة الحوض ويقاس بالمتري المكعب/الثانية، ويزيد معدله في الأحواض كبيرة المساحة والتي تستوعب كميات كبيرة من الأمطار شكل (١٨)، بينما يقل في الأحواض صغيرة المساحة.

ويتفاوت حجم التصريف داخل أحواض منطقة جبل عتاقة حيث يتراوح بين ١٢.٢ م^٣/ثانية بحوض وادي مغرة البحري و ٣٠٣.٥ م^٣/ثانية بحوض وادي العالي، فالأحواض التي يقل بها حجم التصريف عن ١٠٠ م^٣/ثانية تضم أحواض شرق حماض وراميا وجمال ومغرة البحري ومغرة حديرة وأبو سيالة والآبار وهي الأحواض صغيرة المساحة، بينما الأحواض التي يتراوح بها حجم التصريف بين ١٠٠ و ٣٠٠ م^٣/ثانية فتضم حوضي حماض وحجول، أما الأحواض التي يرتفع بها حجم التصريف عن ٣٠٠ م^٣/ثانية فتضم حوض واحد فقط وهو حوض العالي.



المصدر: اعتمادا على بيانات جدول (٧) بتطبيق برنامج ArcGIS 10.6.1

شكل ١٨: حجم التصريف بأحواض تصريف بمنطقة جبل عتاقة

تبين مما سبق أن الأحواض كبيرة المساحة هينة الانحدار بمنطقة جبل عتاقة ذات القيم المرتفعة في حجم التصريف مثل: أحواض راميا وحجول وحماض، من المفترض أن تكون من أكثر الأحواض عرضة لحدوث جريان سطحي، ولكن هذا ليس صحيح فالرغم من كبر مساحتها واستيعابها كميات كبيرة من المياه الساقطة عليها فإن عملية الجريان داخلها تستغرق مدة زمنية طويلة للوصول إلى المصب وبالتالي تتعرض لفقدان كميات كبيرة من المياه بالتسرب أو التبخر، لذا فإن احتمالية حدوث جريان سيلبي بها ضعيف والعكس بالنسبة للأحواض الصغيرة.

٣- الميزانية الهيدرولوجية لأحواض التصريف بمنطقة جبل عتاقة أ- كمية المياه المتساقطة^١:

تعتمد على أكبر كمية مياه سقطت في يوم واحد (بفرض تساوي كمية الأمطار الساقطة على الحوض) مع إجمالي مساحة حوض التصريف، لذلك فهي تعبر عن حجم المياه المتوقع سقوطها على حوض التصريف لتحديد أكثر المناطق المتوقع حدوث جريان سيلبي بها.

ويتضح من تحليل جدول (٨) وشكل (١٩) ما يلي:-

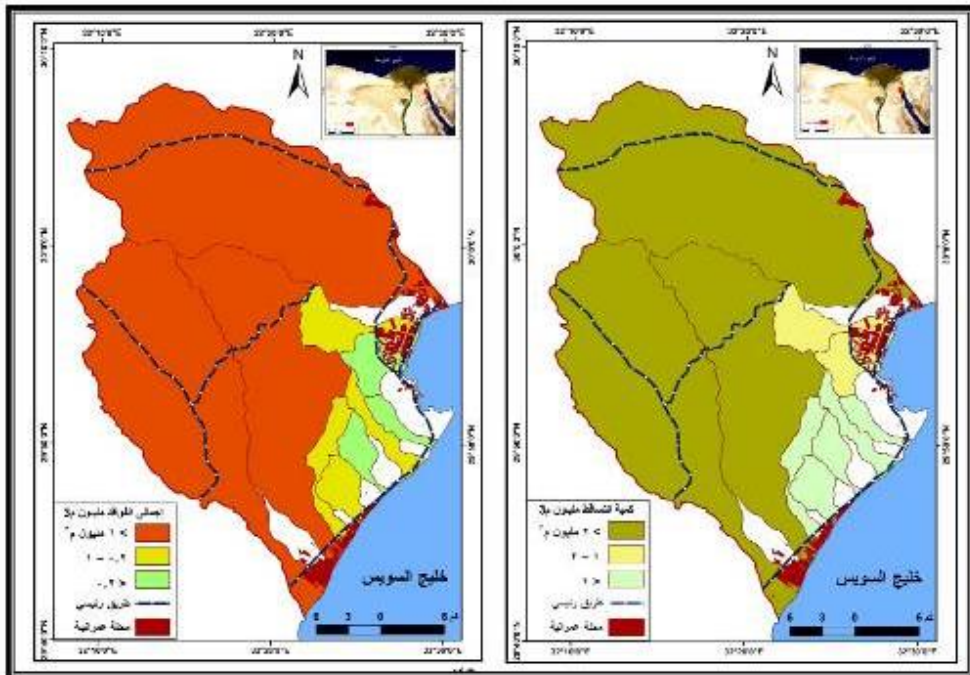
- بلغ مجموع كمية المياه المتوقع سقوطها على أحواض التصريف نحو ٤٤.١ مليون م^٣ سنويا، وتتباين كميتها على أحواض التصريف من حوض إلى آخر حسب مساحة الحوض، حيث تتراوح بين ٠.٥ و ١٦.٢ مليون م^٣. فالأحواض التي يقل بها حجم المياه المتوقع سقوطها عن ٢ مليون م^٣ تضم أحواض شرق حماض وراميا ومغرة حديرة ومغرة البحري وأبو سيالة والآبار بنسبة ١٣.٦٪ من إجمالي المياه المتوقع سقوطها، بينما الأحواض التي يزيد بها حجم المياه المتوقع سقوطها عن ٨ مليون م^٣ تضم أحواض العالي وحجول وحماض بنحو ١٦.٢ و ١٢.٩ و ٩.٠ مليون م^٣ على التوالي، وهي الأحواض الأكبر مساحة. لذا يجب مراعاة المساحة الحوضية وخصائص العاصفة المطيرة المتمثلة في: المساحة التي تغطيها العاصفة، زمن بقاء العاصفة، كمية الأمطار، اتجاه العاصفة، عدد مرات حدوثها وذلك لتحديد درجة الخطورة (علام، ٢٠١٤، ص ٥٥٨، ٥٥٩).

^١ إجمالي المياه الساقطة على الحوض = أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد × مساحة الحوض (٤٤.٣ مم بمحطة السويس) (صالح، ١٩٩٩، ص ٢٧)

جدول ٨: خصائص الميزانية الهيدرولوجية بمنطقة جبل عتاقة

الحوض	المساحة كم ^٢	إجمالي المياه الساقطة (مليون م ^٣)	إجمالي التبخر اليومي (مم ^٣)	التبخر خلال الساعة مليون م ^٣	التبخر خلال التصريف مليون م ^٣	التسرب في زمن التباطؤ مليون م ^٣	التسرب الثابت خلال زمن التصريف مليون م ^٣	إجمالي الفواقد من المياه (مليون م ^٣)
العالي	٣٦٥	١٦,٢	٣,٨	٠,٢	٠,١٤٤	٧,٤٩٧	٥,١٩٠	١٢,٨٣
حجول	٢٩٠,٤	١٢,٩	٣,٠	٠,١	٠,١٠٢	٦,٨٨٢	٣,٦٧١	١٠,٦٥
حماض	٢٠٢,٧	٩,٠	٢,١	٠,١	٠,٠٦٢	٥,١٢٤	٢,٢٤٢	٧,٤٣
شرق حماض	٢١,٢	٠,٩	٠,٢	صفر	٠,٠٠٣	٠,٣٦٨	٠,١٠٠	٠,٤٧
راميا	١٨,٣	٠,٨	٠,٢	صفر	٠,٠٠٢	٠,٢٨٩	٠,٠٥٨	٠,٣٥
جمال	١٤,٧	٠,٧	٠,٢	صفر	٠,٠٠١	٠,١٣٩	٠,٠٣٩	٠,١٨
مغرة حديرة	١٦,١	٠,٧	٠,٢	صفر	٠,٠٠٢	٠,١٧٨	٠,٠٥٦	٠,٢٤
مغرة البحري	١٠,٣	٠,٥	٠,١	صفر	٠,٠٠١	٠,٠٨١	٠,٠٢٣	٠,١٠
أبو سيالة	٢١,٦	١,٠	٠,٢	صفر	٠,٠٠١	٠,١٣٧	٠,٠٣١	٠,١٧
الآبار	٣١,٩	١,٤	٠,٣	صفر	٠,٠٠٣	٠,٣٥٣	٠,٠٩٦	٠,٤٥
الإجمالي	٩٩٢,٢	٤٤,١	-	-	٠,٣٢١	٢١,٠٥	١١,٥٠٦	٣٢,٨٧

المصدر: اعتمادا على بيانات جدولي (٣) و (٧)، والمعادلات التي تم ذكرها



المصدر: اعتمادا على بيانات جدولي (٣)، (٧) بتطبيق برنامج ArcGIS 10.6.1

شكل ١٩: إجمالي كمية التساقط وإجمالي الفواقد بأحواض تصريف منطقة جبل عتاقة

ب- التبخر خلال زمن التصريف^١:

تبين سابقا من تحليل جدول (٣) أن معدلات التبخر بمنطقة جبل عناق مرتفعة وخاصة في فصل الصيف ويرجع ذلك لأنها تقع ضمن النطاق الصحراوي الجاف الذي يتميز بارتفاع درجات الحرارة وندرة الغطاء النباتي، وفي العموم يتأثر التبخر بكمية الإشعاع الشمسي وما يرتبط به من حرارة مع انتظام الرياح التي تؤدي إلى وجود طاقة مناسبة لعملية التبخر (علام، ١٩٩٧، ص٦)، ويحدث التبخر على مستويين مختلفين الأول يحدث في طبقات الجو العليا أثناء سقوط الأمطار وقبل بدء الجريان السيلي، والثاني يحدث بعد حدوث الجريان السيلي (جاد، ١٩٩٢، ص١٢)، حيث يوجد علاقة عكسية بين التبخر وكمية التساقط فكلما زادت كمية الأمطار المتساقطة على الحوض قلت معدلات التبخر مما يؤدي إلى تزايد الجريان السطحي بالحوض والعكس صحيح. ومن تحليل جدول (٨) تبين الآتي:

بلغ إجمالي كمية التبخر خلال زمن التصريف بمنطقة جبل عناق ٠.٣٢١ مليون م^٣، حيث يتراوح بين ٠.٠٠١ مليون م^٣ بأحواض جمال ومغرة البحري وأبوسيلة و ٠.١٤٤ مليون م^٣ بحوض العالي، وبلغ ٠.٠٠٢ مليون م^٣ بحوضي وادي راميا ومغرة حديرة، و ٠.٠٠٣ مليون م^٣ بحوضي الآبار وشرق حماض، و ٠.٠٦٢ مليون م^٣ بحوض وادي حماض، و ٠.١٠٢ مليون م^٣ بحوض وادي حجول، مما يدل على أن الأحواض صغيرة المساحة هي الأحواض التي يقل بها نسبة التبخر، وبالتالي هي من أكثر الأحواض عرضة للجريان السيلي والعكس بالنسبة للأحواض كبيرة المساحة.

ج- التسرب:

تختلف قيم التسرب من حوض لآخر وتتوقف على طبيعة الرواسب ودرجة المسامية والنفاذية وسرعة المياه الجارية ودرجة انحدار السطح وكثافة الغطاء النباتي، ومن دراسة الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة تبين أن سطح المنطقة يتكون في الغالب من رواسب مفككة من الحصى والطفل إلى جانب تكوينات الحجر الجيري الهشة مما ساعد على زيادة معدلات التسرب، فيزداد التسرب مع زيادة المسامية وزيادة عمق التربة الجافة وقلة الانحدار، ويقل مع انخفاض نسبة المسامية والنفاذية وزيادة الانحار، ويرجع ذلك إلى أن زيادة كمية الأمطار الساقطة عن طاقة التسرب يؤدي إلى تجمع كميات كبيرة من المياه وبالتالي حدوث جريان سطحي، فلا يحدث الجريان إلا بعد تشبع التربة بالمياه.

^١ التبخر خلال زمن التصريف = إجمالي التبخر في الساعة × زمن تصريف الحوض
التبخر في الساعة = إجمالي التبخر اليومي/٢٤، التبخر اليومي = متوسط التبخر × مساحة الحوض (علام، ١٩٩٧، ص٦)

ج-١ التسرب خلال زمن التباطؤ^١:

يعبر عن التسرب الذي يحدث منذ بداية سقوط الأمطار وحتى بداية الجريان، حيث يبلغ إجمالي معدلات التسرب خلال زمن التباطؤ داخل أحواض منطقة الدراسة ٢١.٠٥ مليون م^٣، ويتراوح بين ٠.٠٠.٨١ و ٧.٤٩٧ مليون م^٣، فالأحواض التي يقل بها معدلات التسرب عن ١.٠ مليون م^٣ تضم أحواض الآبار وأبو سيالة ومغرة البحري ومغرة حديرة وجمال وراميا وشرق حماض وهي الأكثر خطورة في الجريان السطحي، بينما الأحواض المرتفعة في معدلات التسرب في زمن التباطؤ وتزيد على ٥ مليون م^٣ تضم أحواض العالي وحجول وحماض، والسبب في ذلك هو تكوّن بعض الأجزاء منها من رواسب مفككة وصخور هشة إلى جانب كبر مساحتها وانحدارها الهين.

ج-٢ التسرب الثابت خلال زمن التصريف^٢:

يدل على كمية المياه المتسربة خلال عملية الجريان السطحي ولكن بمعدلات تكاد أن تكون قليلة، ويتوقف على مساحة الحوض ونوع الرواسب والصخور ودرجة انحدار السطح وسرعة الجريان.

وتبين من تحليل جدول (٨) أن إجمالي التسرب خلال زمن التصريف بمنطقة الدراسة بلغ ١١.٥ مليون م^٣، ويتراوح بين ٠.٠٠٢٣ مليون م^٣ بحوض مغرة البحري و ٥.١٩٠ مليون م^٣ بحوض العالي، حيث يتضح أن الأحواض التي يقل بها معدلات التسرب الثابت عن ٠.١١ مليون م^٣ تضم: أحواض شرق حماض، وراميا، وجمال، ومغرة البحري، ومغرة حديرة، وأبو سيالة، والآبار وهي الأحواض الأصغر مساحة والأكثر خطورة، والأحواض التي يزيد بها معدلات التسرب الثابت عن ٢.٠ مليون م^٣ تضم: أحواض العالي، وحجول، وحماض، وهي الأحواض الأكبر مساحة والأقل خطورة.

د- إجمالي الفواقد^٣:

يتم حسابه بمجموع قيم التبخر خلال زمن التصريف مع قيم التسرب في زمن التباطؤ وقيم التسرب خلال زمن التصريف، أي أنها تعبر عن الفائض من مياه الأمطار بعد عمليتي التبخر والتسرب، حيث تتزايد كمية الفواقد في المناطق الصحراوية الجافة، ولكن عندما تكون كمية الفواقد أكبر من كمية التساقط لا يحدث جريان سيلبي.

^١ التسرب خلال زمن التباطؤ = مساحة الحوض × زمن التباطؤ × ٠,٠١٥٨ (ثابت يعبر عن خصائص الصخور الجيرية) (عبد الله، ٢٠١٠، ص ١٠٨)

^٢ التسرب خلال زمن التصريف = مساحة الحوض × زمن التصريف × ٠,١٨٥ (خضر، ١٩٩٧، ص ٤٧)

^٣ إجمالي الفواقد = التبخر خلال زمن التصريف + التسرب خلال زمن التباطؤ + التسرب خلال زمن التصريف (خضر، ١٩٩٧، ص ٤١١)

ويتضح من تحليل جدول (٨) أن إجمالي الفواقد من التبخر والتسرب بمنطقة الدراسة بلغ ٣٢.٩ مليون م^٣، وتراوح بين ٠.١٠ مليون م^٣ بحوض وادي مغرة البحري و١٢.٨٣ مليون م^٣ بحوض وادي العالي، ويقل إجمالي الفواقد في الأحواض الصغيرة المساحة شديدة الانحدار عن ٠.٥٠ مليون م^٣ والمتمثلة في أحواض شرق حماض وراميا وجمال ومغرة البحري ومغرة حديرة وأبو سيالة والآبار، لذلك فهي أكثر عرضة للجريان السيلبي وبالتالي فهي من الأحواض الأكثر خطورة. أما الأحواض التي يزيد بها إجمالي الفواقد عن ٧.٠ مليون م^٣ فتشمل الأحواض كبيرة المساحة كالعالي وحجول وحماض.

ثالثاً: أخطار السيول على الأنشطة البشرية بمنطقة جبل عتاقة:

تمثل السيول خطراً طبيعياً فادحاً لما تسببه من أضرار كثيرة تمثل عائقاً كبيراً أمام عمليات التنمية بالمنطقة، حيث تتمثل أخطار السيول على الطرق في اندفاع السيل فجأة من المناطق المرتفعة بالوادي حتى المصببات جارفة معها وفرة من الرواسب والمواد مما يؤدي إلى غرق المناطق العمرانية وشل وتعطيل حركة المرور وتدمير الطرق. وتتوقف درجة الخطورة على الظروف المناخية، والخصائص الجيولوجية، والخصائص المورفومترية للأحواض، وكثافة الغطاء النباتي.

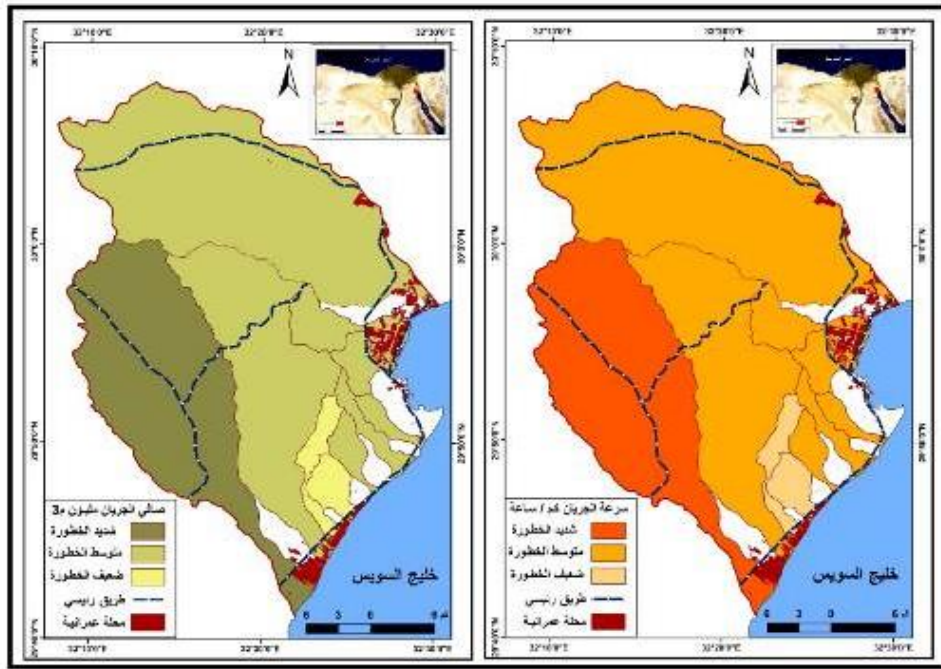
وتتميز منطقة الدراسة بوجود بعض الأنشطة البشرية متمثلة في العمران بمساحة ٢٠.٧ كم^٢، والعديد من الطرق الرئيسية التي تقطع أحواض المنطقة بإجمالي طول ١٢٥ كم، ففي الشمال يوجد طريق السويس — القاهرة والذي يقطع حوض وادي العالي بشكل عرضي على اتجاه الجريان السيلبي، وفي الشرق يوجد طريق المحاجر الدائري الذي يمر بمصببات أودية العالي والآبار وأبو سيالة، وفي الشرق والجنوب الشرقي يوجد طريق السويس — العين السخنة الذي يقع عند مصبات أودية مغرة البحري ومغرة حديرة وجمال وراميا وشرق حماض وحماض وحجول، وفي الغرب يوجد طريق حجول المحاجر الذي يقطع بطن وادي حجول.

واعتمدت الدراسة في تحديد معايير درجات خطورة أحواض التصريف على الطرق الرئيسية بمنطقة جبل عتاقة على تصنيف (Saber & Hassan, 2023)، حيث تقوم فكرتها على أن مكن الخطر يمكن تمثيله على شكل مثلث أضلاعه الثلاثة تتكون من: الإنسان وما يتعلق به، وحجم الجريان السيلبي (صافي الجريان)، سرعة الجريان السيلبي، والتي يمكن توضيحها على النحو التالي والموضحة بالجدول (٩) والشكل (٢٠):

جدول ٩: سرعة وصافي الجريان بأحواض منطقة جبل عتاقة

الحوض	سرعة الجريان (كم / ساعة)	صافي الجريان (مليون م ^٣)	صافي الجريان (QV) مليون م ^٣	متوسط صافي الجريان مليون م ^٣
العالي	٢٠,٣	٣,٣	٢,٣	٢,٨٠
حجول	٢٧,٩	٢,٢	٣,٥	٢,٩٠
حماض	١٨,٧	١,٦	٣,٣	٢,٤٥
شرق حماض	١٥,٦	٠,٥	٠,١٩	٠,٣٤
راميا	١٨,٣	٠,٥	٠,١٦	٠,٣٣
جمال	٢٢,١	٠,٥	٠,٢٥	٠,٣٧
مغرة حديرة	٢٣,٣	٠,٥	٠,٢٩	٠,٤٠
مغرة البحري	٢٣,٢	٠,٤	٠,٢٠	٠,٣٠
أبو سيالة	٢١,٧	٠,٨	٠,٢٤	٠,٥٢
الأيار	٢٢,٥	١,٠	٠,٦١	٠,٨٠
الإجمالي	-	١١,٣	١١,٠٤	١١,١٦

المصدر: برنامجي WMS 11.1 ، Arc Map 10.6.1



المصدر: اعتمادا على بيانات جدول (٩) بتطبيق برنامج ArcGIS 10.6.1

شكل ٢٠: درجة خطورة سرعة الجريان وصافي الجريان بأحواض تصريف منطقة جبل عتاقة

١- سرعة الجريان السيلي^١:

تتوقف على طول الحوض وزمن التركيز داخل الحوض، وتؤثر على تحديد درجات الخطورة حيث يصاحبها عملية نحت لقاع وجوانب الأودية وتتأثر بحجم الرواسب وقوة الجريان، ويلاحظ وجود علاقة طردية بين سرعة الجريان ودرجة خطورة الحوض وعلاقة عكسية بين سرعة الجريان ومساحة بعض الأحواض، حيث يبلغ متوسط سرعة الجريان في الأحواض نحو ٩.٣ كم/ساعة، وتتراوح قيمته بين ١٥.٦ و ٢٧.٩ كم/ساعة بأحواض منطقة جبل عتاقة.

ويتضح من تحليل جدول (٩) وشكل (٢٠) تم تقسيم الأحواض حسب درجة خطورة سرعة الجريان إلى ما يلي:

- **أحواض شديدة الخطورة:** وهي الأحواض التي تزيد بها قيم سرعة الجريان على ٢٥ كم/ساعة وتضم حوض واحد فقط وهو حوض وادي حجول، ويعد من الأودية كبيرة المساحة.
- **أحواض متوسطة الخطورة:** والتي تتراوح بها قيم سرعة الجريان بين ١٨.٥ و ٢٥ كم/ساعة وتضم أحواض حماض والعالي وراميا وجمال ومغرة حديرة ومغرة البحري وأبو سيالة والآبار، ومعظمها أحواض صغيرة المساحة شديدة الانحدار سريعة الجريان وبالتالي تزداد قدرة التيار المائي على نحت كميات كبيرة من الرواسب مما ينتج عنه سيول مدمرة.
- **أحواض منخفضة الخطورة:** والتي يقل بها قيم سرعة الجريان عن ١٨.٥ كم/ساعة وتضم حوضي شرق حماض، وراميا، حيث يتميز حوض شرق حماض بالشكل المنحني والأقرب إلى الإستطالة نظرا لتأثير الصدوع عليه لذا فإن احتمالية تعرضه للجريان السيلي ليست كبيرة ولكن ممكنة.

٢- صافي الجريان^٢:

تم حساب صافي الجريان بأحواض تصريف منطقة جبل عتاقة للتعرف على المناطق التي ستتعرض لجريان سيلي ومن ثم إمكانية تحديد أنسب المناطق لبناء السدود، وتم الاعتماد على طريقتين، وهما: الأولى باستخدام برنامج WMS 11.1 من خلال الاعتماد على نموذج (SCS- CN) بحساب كل من معامل الامكانية القصوي للاحتفاظ بالماء (S)

^١ سرعة الجريان السيلي = طول حوض التصريف بالكم / زمن التركيز بالساعة (Green et al,2002,pp.76-77)

^٢ صافي الجريان = إجمالي المياه المتساقطة - إجمالي الفواقد (محسوب، ٢٠٠٣، ص ٢٦٨)

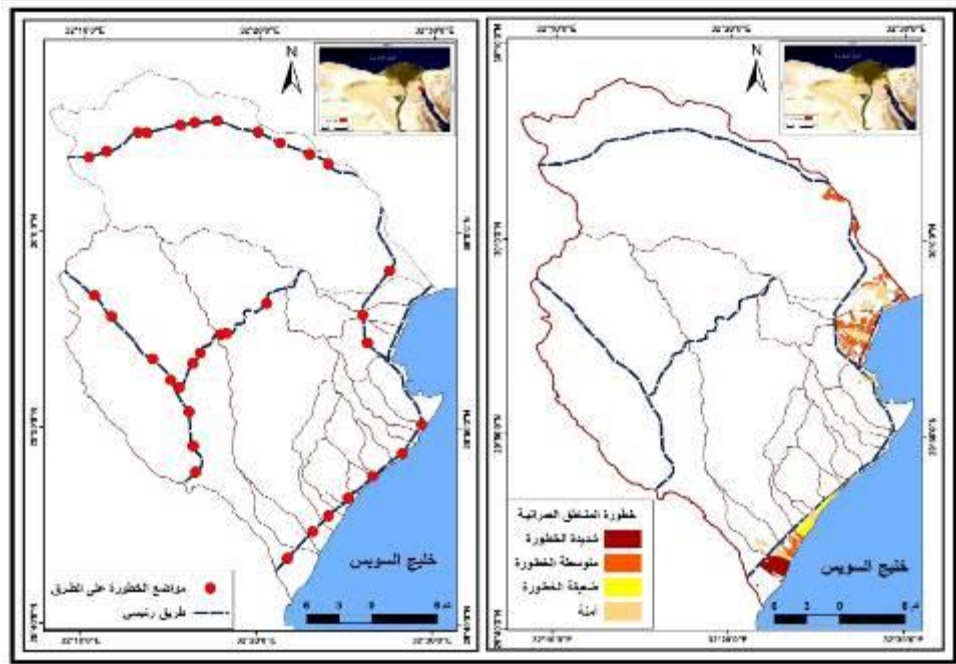
ومعامل الاستخلاص الأولي (IA) وعمق الجريان (Q) وذلك تبعا لأكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد على المنطقة كما اتضح سابقا بجدول (٦)، والطريقة الثانية من خلال طرح إجمالي الفوائد من إجمالي كمية المياه المتساقطة على الأحواض، وبناءً على ما سبق سيتم الاعتماد على متوسط صافي الجريان للطريقتين للتعرف على درجة خطورة الأحواض.

وتبين من تحليل جدول (٩) أن إجمالي متوسط صافي الجريان بلغ بمنطقة جبل عتاقة ١١.١٦ مليون م^٣، حيث تراوحت قيمة صافي الجريان بين ٠.٣ مليون م^٣ بحوض وادي مغرة البحري و ٢.٩ مليون م^٣ بحوض وادي حبول، مما يعني أن جملة ما تبقي من المياه الساقطة تزداد في الأحواض كبيرة المساحة هينة الانحدار، أما الأحواض صغيرة المساحة شديدة الانحدار سريعة الجريان تحوي نسبة أقل من صافي الجريان.

ويتضح من تحليل جدول (٩) وشكل (٢١) تم تصنيف درجة خطورة الأحواض طبقا

لصافي الجريان إلى الآتي:

- **أحواض شديدة الخطورة:** وهي الأحواض التي يزيد بها متوسط صافي الجريان السيلبي على ٢.٨ مليون م^٣، وتوجد غرب المنطقة وتتمثل في حوض وادي حبول ووادي حماض وهما من الأحواض كبيرة المساحة.
- **أحواض متوسطة الخطورة:** يتراوح بها متوسط صافي الجريان السيلبي بين ٠.٣٥ و ٢.٨ مليون م^٣، وتضم أحواض: العالي وحماض وجمال ومغرة حديرة ومغرة بحري وأبو سيالة والآبار.
- **أحواض منخفضة الخطورة:** وهي الأحواض التي يقل بها متوسط صافي الجريان عن ٠.٣٥ مليون م^٣، وتضم حوضي شرق حماض وراميا، وهي من الأحواض صغيرة المساحة.



المصدر: اعتمادا على بيانات جدول (٩) بتطبيق برنامج ArcGIS 10.6.1

شكل ٢١: درجة الخطورة على المناطق العمرانية والطرق بأحواض تصريف منطقة جبل عتاقة وقد تبين من الدراسة الميدانية وتحليل شكلي (٢٠ ، ٢١)، وتطبيق برنامج ArcGIS 10.6.1 بناءً على المعايير الجيولوجية والمناخية والتضاريسية والمورفومترية والهيدرولوجية لمنطقة جبل عتاقة ما يلي:

- تم رصد ٣٤ موقع على طرق منطقة الدراسة تتقاطع مع مصبات أحواض التصريف الفرعية والرئيسية منهم: ١٢ موقع على طريق السويس - القاهرة بحوض العالي بنسبة ٣٥.٣٪، و ١١ موقع على طريق حجول - المحاجر بحوض حجول بنسبة ٣٢.٥٪، و ٤ نقاط على طريق حجول - المحاجر الداخلي بحوض حماض بنسبة ١١.٨٪، و ٧ مواقع على طريق السويس - العين السخنة بنسبة ٢٠.٤٪ من إجمالي عدد المواقع، وهي من المواضع الأكثر خطورة على الطرق، لذا تقترح الدراسة إقامة سدود وخزانات في تلك المواضع لحماية الطرق من أخطار السيول.
- بلغت مساحة المناطق العمرانية شديدة الخطورة ٣.٦ كم^٢ بنسبة ١٧.٤٪ وتتمثل في المناطق الواقعة عند مصب حوض وادي حجول، والمناطق العمرانية متوسطة الخطورة بلغت مساحتها ٩.٣ كم^٢ بنسبة ٥٠٪ وتقع عند مصبات أحواض العالي

والآبار وأبو سيالة وحماض، بينما مساحة المناطق العمرانية ضعيفة الخطورة بلغت ١.٦ كم^٢ بنسبة ٧.٧٪ وتوجد عند مصبات أحواض شرق حماض وراميا، أما المناطق العمرانية الآمنة تشغل مساحة ٦.٢ كم^٢ بنسبة ٢٤.٩٪ من إجمالي مساحة العمران بالمنطقة وتوجد في المناطق الفاصلة بين الأحواض.

رابعاً: وسائل مواجهة أخطار السيول بمنطقة جبل عتاقة:

تعرضت منطقة جبل عتاقة إلى سيول جارفة خلال فترات زمنية مختلفة نتج عنها تدمير وخراب على العمران و الطرق، أولها عام ١٩٨٧ واستمرت لمدة ثلاثة أيام ونتج عنها تدمير في شبكة الطرق وبعض المناطق العمرانية (صورة ٣)، وسيول عام ١٩٩٤ ونتج عنها شل حركة الطرق وتعطيل حركة المرور وتعرض المسافرين للخطر، وسيول ١٧- ١٨ يناير عام ٢٠١٠ والتي أثرت على أجزاء كبيرة من طريق السويس - العين السخنة وطريق جبول المحاجر (محيسن، ٢٠١٠)، وخلال أعوام ٢٠١٦ و ٢٠١٨ و ٢٠٢١ م تعرضت منطقة جبل عتاقة إلى سيول أخرى أدت إلى غرق بعض القرى السياحية وتدمير شبكة الطرق وتوقف حركة الطرق على طريق السويس العين السخنة وتم إعلان حالة الطوارئ، وفي عام ٢٠٢٣ اجتاحت محافظة السويس سيول نتيجة سقوط أمطار غزيرة ومتقطعة وامتألت بطون أودية جبل عتاقة بالمياه والتي تجمعت من عدة روافد ولكن لم ينتج عنها أي أخطار وتم السيطرة عليها (هيئة موانئ البحر الأحمر، ٢٠٢٣).

ونظراً لما تتعرض له الأنشطة البشرية من أخطار الجريان السيلي، وما ينتج عنها من عمليات تدمير واسعة، فقد أصبح من الضروري الأخذ في الاعتبار الاحتياطات اللازمة لتفادي هذه الأخطار، حيث أن السيول تؤدي إلى قطع الطرق وتلحق بها خسائر فادحة.

وتتمثل وسائل الحماية بمنطقة الدراسة فيما يلي:

- إقامة كباري عند تقاطع الأودية مع الطرق (صورة ٤) وليس برباخ والتي ثبت فشلها في استيعاب كمية المياه الجارية، بالإضافة إلى تكرار ملئها بالرواسب والأعشاب والمفتتات الصخرية التي تجلبها السيول (دسوقي، ١٩٩٨، ص ٣٤١)، (صورة ٥).



المصدر: <https://www.google.com/url?sa=i&url>

صورة ٣: أثر السيول على طريق السويس العين السخنة وبعض المناطق العمرانية بمنطقة جبل عتاقة



المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤م.

صورة ٤: نماذج من الكباري المقامة على الطرق عند مصبات الأودية بمنطقة جبل عتاقة



المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤م.

صورة ٥: انسداد المخزرات والبرابخ بالرواسب بأودية منطقة جبل عتاقة

- وجود بعض وسائل الحماية الأخرى من أخطار السيول بمنطقة جبل عتاقة والمتمثلة في وجود بيارات لتجميع مياه السيل، إلى جانب وجود بعض الممرات المائية بجوانب الطريق لمرور مياه السيل بها نحو المخزرات بمنطقة المصببات بالأودية، وذلك لتفادي تجمع مياه السيل على الطريق (صورة ٦).

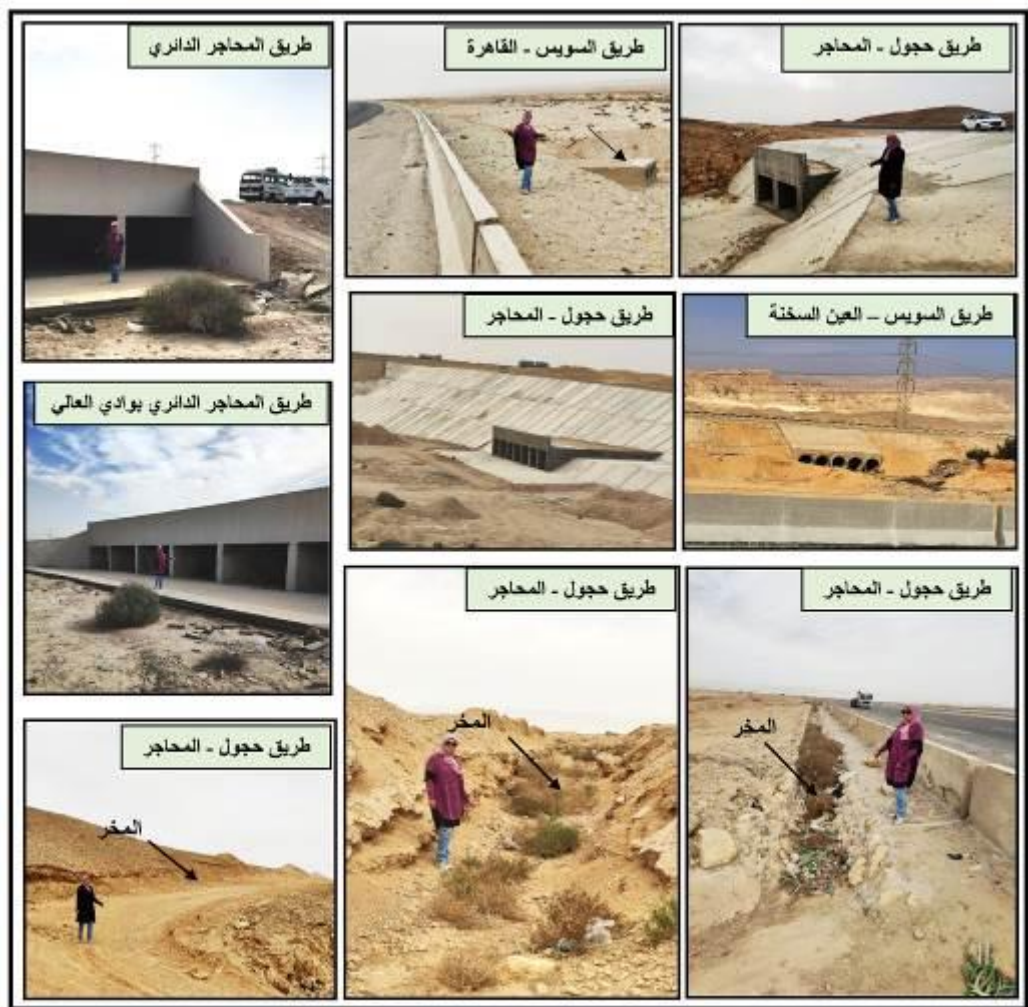


المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤م.

صورة ٦: نماذج من القنوات الأسمنية على جوانب الطرق بأودية منطقة جبل عتاقة

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد العشرون (الجزء الأول)

- القيام بإنشاء مخرات وبرابخ وهرابات للسيول الفجائية في أماكن تقاطع الطرق مع مصبات الأودية؛ بهدف تحويل مياه السيول بعيداً عن الطرق المقامة، وبذلك يجب أن تكون متسعة وعميقة ومتعددة الفتحات حتى تستوعب كميات كبيرة من المياه كما يجب أن تكون جوانبها هينة الانحدار لتقليل الانهيار بفعل التفويض السفلي للمياه (دسوقي، ١٩٩٨، ص ٣١٤) (صورة ٧).



المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤م.

صورة ٧: البرابخ والمخرات على الطرق بمنطقة جبل عتاقة

- تبين من الدراسة الميدانية إقامة الطرق بمناطق المصببات على مستويات متفاوتة من قاع الوادي فمنها ما هو مساو للقاع ومنها ما هو على ارتفاعات تتراوح بين ٣ و ٨ متر، كما تبين تكسية جوانب الطرق حتى يمكنها تغيير اتجاه السيل ومقاومة الجريان السيلي وحتى لا تتعرض للإنهيار (صورة ٨). إلى جانب انشاء قنوات أسمنتية على جوانب الطرق لمرور مياه السيل بها دون الإضرار



المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤م.

صورة ٨: تكسية جوانب الطرق التي تقع عند مصبات أودية منطقة جبل



المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤م.

صورة ٩: نماذج من القنوات الأسمنتية على جوانب الطرق بأودية منطقة جبل عتاقة

خامساً — النتائج:

توصلت دراسة توظيف تكاملي لتقنيات الجيوماتيكتس لتقدير الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف بمنطقة جبل عتاقة وأخطارها على الأنشطة البشرية إلى عدة حقائق يمكن تلخيصها فيما يلي:

- تتميز منطقة جبل عتاقة بتعدد مجاريها المائية، بالإضافة إلى وجود بعض الأنشطة البشرية المتمثلة في: المناطق العمرانية وشبكة من الطرق الرئيسية المقامة والتي تقع عند مخارج ومصبات الأودية.
- تمثل السيول خطراً طبيعياً فادحاً لما تسببه من أضرار كثيرة تمثل عائقاً كبيراً أمام عمليات التنمية بالمنطقة.
- تطبيق تقنيات الجيوماتيكتس في الدراسات الهيدرولوجية لما تقدمه من دقة عالية في تحليل النتائج الخاصة بشبكات التصريف، كما توفر إمكانية التنبؤ بالأماكن المعرضة لأخطار الجريان السيلي وكيفية معالجتها، وذلك باستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية (ARC Map 10.6.1) و (Erdas Imagine) لتحليل المرئيات الفضائية، وبرنامج (WMS 11.1) لحساب الخصائص الهيدرولوجية رقمياً، وتعد من أدق الطرق في تقدير الجريان السيلي، وبالتالي إعداد ونتاج خرائط رقمية تساعد على توفير معلومات لمتخذي القرار.
- تتنوع التكوينات والرواسب الجيولوجية بمنطقة الدراسة حيث تبين احتواءها على نسبة كبيرة من الجير والطفل والرمال الخشنة المفككة إلى جانب كثرة الشقوق والفواصل بمناطق الصدوع؛ مما جعلها بيئة مناسبة لنشاط عوامل التعرية المختلفة بفعل المياه الجارية والتي ينتج عنها انتشار وتساقط أجزاء من الكتل والمفتتات الصخرية على منحدرات المنطقة، ومن ثم يزيد من القوة التدميرية لمياه السيل، وهذا بدوره يمثل خطراً فادحاً يهدد شبكة الطرق المقامة.
- وجود الارتفاعات يساعد على تساقط الأمطار عند تعرض المنطقة للمنخفضات الجوية الشتوية، أما درجات الانحدار فتتحكم في سرعة المياه الجارية وقوتها، بينما اتجاه الانحدار يحدد المناطق المواجه للسيول والمناطق الواقعة في ظل

السيول، كل هذه العوامل سوف تفيد في تحديد أكثر المناطق بالطرق والعمران عرضة لأخطار السيول.

نتج عن التغير في درجات الحرارة ومعدلات التبخر والرطوبة النسبية مع اتساع المدى الحراري بمنطقة جبل عتاقة نشاط عملية التجوية، مما يؤدي في النهاية إلى تفتت وتفكك الصخور، كما أن زيادة معدلات التبخر تعمل على زيادة كمية الفاقد من المياه وبالتالي زيادة الفاقد من الجريان السطحي، بينما ارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء أدى إلى نشاط عملية الإذابة في الصخور ومن ثم تفتتها، كما أن الأمطار الساقطة من النوع الفجائي، وعند تعرض المنطقة لسيول فجائية تقوم بجرف المفتتات والرواسب الصخرية ناحية المصببات وتسبب تدميراً للأنشطة البشرية.

كلما زادت مساحة الحوض زادت معه كمية الفاقد من المياه بالتبخر أو التسرب وبالتالي انخفضت سرعة الجريان السيلي والعكس صحيح، كما أن الأحواض الأقل طولاً هي الأكثر في سرعة الجريان.

الأحواض صغيرة المساحة هي أكثر الأحواض تضرراً وانحداراً ومعظمها غير منتظم الشكل وبعض منها يميل إلى الاستدارة والاستطالة لذا فهي أكثر سرعة في الجريان السيلي، وهذا دليل على وجود علاقة عكسية بين التضرس والانحدار من جهة ومساحة الحوض وطوله من جهة أخرى، كما أن وجود الصدوع ساعد على زيادة نسبة التضرس، أما الأحواض كبيرة المساحة ومتوسطة الانحدار والتي يقل بها قيم التضرس النسبي والأقرب إلى الاستطالة، هي الأحواض الأقل عرضة للجريان السيلي.

الاعتماد على نموذج هيئة حفظ التربة الأمريكية (SCS- CN) لتقدير قيمة منحى الجريان السيلي وحجم وذروة التصريف بالنسبة لأحواض منطقة جبل عتاقة، حيث حددت أربع مجموعات هيدرولوجية (A- B- C -D) طبقاً لمعدل النفاذية والمسامية وتأثيرها على الجريان السطحي الذي يرتبط بنوع الرواسب التي تتكون منها التربة والصخور، ومن خلال الاعتماد على الخرائط الجيولوجية للمنطقة وخريطة التربة وبيانات الدراسة الميدانية للتعرف على كثافة الغطاء

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد العشرون (الجزء الأول)

- النباتي تبين أن منطقة الدراسة تضم الأربع مجموعات الهيدرولوجية للتربة لأنها تنتمي إلى مجموعة الغطاء النباتي ذو الحالة الفقيرة.
- وجود تباين في قيم CN بمنطقة الدراسة حيث تراوحت بين ٧٤.٦ بحوض العالي وهي أقل قيمة و ٨٧.٩ بحوض الآبار وهي أعلى قيمة، وتدل القيم المنخفضة على احتمالية انخفاض الجريان السطحي، بينما تدل القيم المرتفعة على إمكانية حدوث جريان سطحي.
 - يتراوح زمن التركيز بأحواض منطقة الدراسة بين ١٧.٨ دقيقة بوادي أبو سيالة و ١.٩ ساعة بحوض العالي، بينما يتراوح زمن التباطؤ بين ٠.٤ دقيقة بحوض وادي أبو سيالة و ١.٦ دقيقة بحوض وادي حماض، في حين أن زمن التصريف تراوح بين ٠.٠٩ ساعة بحوض أبو سيالة و ٠.٩ ساعة بحوض العالي، مما يدل على أنه كلما صغرت المساحة قلت الفترة الزمنية اللازمة لانتقال المياه من المنبع حتى المصب وأصبحت عرضة للجريان السيلي وأكثر خطورة والعكس صحيح.
 - الأحواض كبيرة المساحة هيئة الانحدار بمنطقة جبل عتاقة ذات القيم المرتفعة في حجم التصريف خلال الثانية، من المفترض أن تكون من أكثر الأحواض عرضة لحدوث جريان سطحي، ولكن هذا ليس صحيح فبالرغم من كبر مساحتها واستيعابها كميات كبيرة من المياه الساقطة عليها فإن عملية الجريان داخلها تستغرق مدة زمنية طويلة للوصول إلى المصب وبالتالي تتعرض لفقدان كميات كبيرة من المياه بالتسرب أو التبخر، لذا فإن احتمالية حدوث جريان سيلي بها ضعيف والعكس بالنسبة للأحواض الصغيرة.
 - بلغ إجمالي الفوائد من التبخر والتسرب بمنطقة الدراسة ٣٢.٩ مليون م^٣، وتراوح بين ٠.١٠ مليون م^٣ بحوض وادي مغرة البحري و ١٢.٨٣ مليون م^٣ بحوض وادي العالي، مما يدل على قلة إجمالي الفوائد في الأحواض صغيرة المساحة شديدة الانحدار وزيادته في الأحواض.
 - تختلف قيم التسرب من حوض لآخر وتتوقف على طبيعة الرواسب ودرجة المسامية والنفاذية وسرعة المياه الجارية ودرجة انحدار السطح وكثافة الغطاء النباتي، ويرجع ذلك إلى أن سطح المنطقة يتكون في الغالب من رواسب مفككة

من الحصى والطفل إلى جانب تكوينات الحجر الجيري الهشة مما ساعد على زيادة معدلات التسرب.

- يبلغ إجمالي متوسط صافي الجريان بمنطقة جبل عتاقة ١١.١٦ مليون م^٣، حيث تراوحت قيمته بين ٠.٣ مليون م^٣ بحوض وادي مغرة البحري و ٢.٨٥ مليون م^٣ بحوض وادي حجول، مما يعني أن جملة ما تبقي من المياه الساقطة تزداد في الأحواض كبيرة المساحة هينة الانحدار، أما الأحواض صغيرة المساحة شديدة الانحدار سريعة الجريان تحوي نسبة أقل من صافي الجريان.
- تبين من تصنيف درجة خطورة الطرق طبقا لسرعة وصافي الجريان بمنطقة جبل عتاقة أن مساحة المناطق العمرانية شديدة الخطورة بلغت ٣.٦ كم^٢، ومساحة المناطق العمرانية متوسطة الخطورة بلغت ٩.٣ كم^٢، بينما مساحة المناطق العمرانية ضعيفة الخطورة بلغت ١.٦ كم^٢، وجميعها تقع عند مصبات الأودية على ساحل خليج السويس، أما المناطق العمرانية الآمنة تشغل مساحة ٦.٢ كم^٢ وتوجد في المناطق الفاصلة بين الأحواض، كما تم رصد ٣٤ موقع على طرق منطقة الدراسة تتقاطع مع مصبات أحواض التصريف الفرعية وهي من المواضع الأكثر خطورة على الطرق.

سادساً — المقترحات:

هناك العديد من المقترحات التي يجب اتباعها لتقليل الأضرار التي تلحق بالطرق والعمران بمنطقة جبل عتاقة، من خلال عمل الآتي:-

- إقامة عدد من السدود المقاومة للسيول بأشكالها المختلفة على الأودية الرئيسية بالمنطقة أو على روافد الأودية قبل مصابتها في المجري الرئيسي، ويلاحظ عند توقيع هذه السدود أن تكون في مواقع قبل بداية المراوح الفيضية للأودية، كما يفضل أن تقام في المناطق خفيفة الانحدار وبمواقع تسمح بتجميع مياه الروافد داخل الوادي، ومن ثم تعمل على تغذية الخزان الجوفي في المنطقة، واستغلالها في أوجه النشاط البشري (صالح، ١٩٩٤، ص ص ١٠٦ و ١٠٧) .

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد العشرون (الجزء الأول)

- إقامة الطرق على منسوب أدنى أو مساو لقاع الوادي، لتفادي تآكل أسفل الطرق بفعل الجريان السيلي، وبذلك تمر مياه السيول فوق الطريق، مع مراعاة تطهيرها باستمرار بإزالة الرواسب عقب انتهاء السيل.
- عمل وسائل حماية متمثلة في التكسية الحجرية لجوانب الأودية حتى يمكنها من مقاومة الجريان السيلي الجارف للرواسب.
- إنشاء خزانات عند مصبات الأودية وبجوار الطرق لتجميع كميات كبيرة من مياه الأمطار الساقطة عليها، ومن الممكن استغلالها مرة أخرى في عمليات التنمية، ويرجع ذلك لأن المنطقة تعد من المناطق الصحراوية التي تعاني من نقص في موارد المياه.
- إنشاء مخزات للسيول بالقرب من العمران عند المصببات بمناطق المراوح الفيضية لتغيير اتجاه مياه السيل بعيدا عن الأبنية، مع مراعاة تنظيف وتطهير مخزات السيول والبرابخ من الرواسب التي تجلبها السيول ويكون ذلك بشكل دوري ومستمر حتى لا تعوق عملية الجريان خلالها.
- إقامة محطات الإنذار المبكر ونقط المراقبة للفيضانات المفاجئية، ويمكن أن تقوم على أساس ربط محطات رصد الأمطار والجريان في مناطق المنابع بتليفونات أتوماتيكية أو أجهزة إشارات ضوئية أو أجراس؛ لتحذر السكان أو مستخدمي الطرق أو أماكن التجمعات المختلفة (صابر، ٢٠٠٧).
- الاعتماد على التقنيات العلمية الحديثة لمعرفة أكثر المناطق على العمران والطرق عرضة لأخطار السيول، والتخطيط الجيد للسيطرة على هذه الأخطار.
- أخذ التدابير الوقائية بنشر الوعي البيئي بين المواطنين للتوعية بأخطار الجريان السيلي لعدم استغلال بطون الأودية في إقامة أي نشاط بشري.

سابعاً — المصادر والمراجع:

المصادر:

١. الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية المصرية: الخريطة الجيولوجية لمصر، لوحتي بني سويف والقاهرة، مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠٠٠، طبعة عام ١٩٨٧، القاهرة.
٢. الهيئة العامة المصرية للمساحة، أطلس مصر الطبوغرافي، لوحات مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠، طبعة سنة ١٩٩٦م، ٢٠٠٩م، القاهرة.
٣. الهيئة العامة للارصاد الجوية: الإحصاءات المناخية، في الفترة من عام ١٩٨٠ - ٢٠٢٤م، القاهرة.
٤. هيئة موانئ البحر الأحمر، تقارير غير منشورة، عام ٢٠٢٣.
٥. نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) Digital elevation model بدقة ١٢.٥ متر .

المراجع العربية:

١. الدليمي، خلف حسين (٢٠٠٥): التضاريس الأرضية" دراسة جيومورفولوجية عملية تطبيقية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.
٢. السعدني، عادل عبد المنعم (٢٠٠٧) : جيومورفولوجية منطقة جبل عتاقة شمالي الصحراء الشرقية، العدد ٥٠، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية.
٣. السلاوي، محمود سعيد (١٩٨٩): هيدرولوجية المياه السطحية، دار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، طرابلس، ليبيا.
٤. العمري، عبد المحسن صالح (٢٠١٩): تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة كريتير عدن باستخدام معطيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، رسالة دكتوراة، قسم الجيولوجيا الهندسية، كلية النفط والمعادن، جامعة عدن، اليمن.
٥. جاد، طه محمد (١٩٩٢): حول تنمية الصحاري العربية، وكالة الأهرام للتوزيع، القاهرة.
٦. حجاب، محمود أحمد (٢٠١١): الجريان السيلي في محافظة سوهاج، مجلة كلية الآداب، جامعة سوهاج.

٧. حسن، هويدا توفيق أحمد (٢٠١٩): النمذجة الهيدرولوجية لحوض وادي أم عدوي بجنوب سيناء وأثره في التنمية باستخدام WMS بتطبيق SCS- CN، العدد ١٧، مجلة كلية الآداب، جامعة السويس.
٨. حسن، محمد الحسين محمد (٢٠٢٢): السيول ودرء أخطارها على محافظة أسوان، مجلة الدراسات الإنسانية والأدبية، العدد ٢٦، يناير، كلية الآداب، جامعة كفر الشيخ.
٩. خضر، محمود محمد (١٩٩٧): الأخطار الجيومورفولوجية الرئيسية في مصر مع التركيز على السيول في بعض مناطق وادي النيل، رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.
١٠. درويش، ابراهيم عبد الله (٢٠١٧): النمذجة الخرائطية لمخاطر السيول في حوض وادي منى (مكة المكرمة)، باستخدام طريقة CN، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، المجلد ١٠، العدد ٢، الجمعية الجغرافية السعودية.
١١. دسوقي، صابر أمين (١٩٩٨): جيومورفولوجية دلتا وادي غويبة وأهميتها التطبيقية، مجلة الجمعية الجغرافية العربية، العدد ٣١، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
١٢. سيد، شريف ممدوح مصطفى (٢٠١٥): جيومورفولوجية جبل عتاقة، رسالة دكتوراة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة بني سويف.
١٣. شحاته، سيد أحمد (١٩٩٠): المطر في مصر، رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
١٤. شلبي، منال سمير (٢٠١٨): تطبيق تقنيات الجيوأنفورماتيكس لتقييم أخطار السيول على طريق شرم الشيخ - هب جنوب شرق سيناء، دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، العدد ٢٣، المجلة العلمية لكلية الآداب، جامعة طنطا.
١٥. صابر، أحمد إبراهيم محمد (٢٠٠٧): الآثار الجيومورفولوجية الناجمة عن حركة المياه في المنطقة الممتدة من الصف إلى العين السخنة، رسالة دكتوراة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة بنها.

١٦. صابر، أحمد ابراهيم محمد، والبناء، أميرة محمد محمود (٢٠١٣): أسلوب مقترح لتحديد معايير درجات خطورة السيول في مصر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، العدد ٦٤، مجلة كلية الآداب، جامعة الزقازيق.
١٧. صابر، أحمد ابراهيم محمد، وحسن، هويدا توفيق أحمد، والبناء، أميرة محمد محمود (٢٠٢٢): التقييم الجيوهيدرولوجي لزمن التركيز وتأثيره على الجريان السيلي على الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، العدد ١٦، مجلة كلية الآداب، جامعة الوادي الجديد.
١٨. صابر، شريف سيد، وهاشم، سهام محمد، والمالكي، محمد غريب، وحسانين، محمد محمود (٢٠١٨): كيفية إدارة الكارثة تطبيق أخطار السيول وطرق الوقاية، منطقة سفاجا، مصر، مجلة العلوم البيئية، المجلد الثالث والأربعون الجزء الأول سبتمبر، معهد الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس.
١٩. صالح، أحمد سالم (١٩٩٩): السيول في الصحاري نظريا وعمليا، دار الكتاب الحديث، القاهرة.
٢٠. عبد الحميد، صبحي عبد الحميد عبد الجواد (٢٠٢٢): أخطار السيول في مدينة القاهرة الجديدة باستخدام الهيدرولوجية ثلاثية الأبعاد، العدد ٢٢، مجلة كلية الآداب، جامعة بورسعيد.
٢١. علام، عبد الله علام عبده (١٩٩٧): الأخطار الجيومورفولوجية على الطرق الطرق الجبلية، دراسة تطبيقية على بعض الدول العربية، المجلد ٤٥، مجلة كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
٢٢. علام، عبد الله علام عبده (٢٠١٤): أثر التغيرات المناخية المعاصرة والسيول على خط تقسيم المياه في منطقتي جبال الحجاز، إقليم المدينة المنورة في السعودية، وجبال البحر الأحمر- رأس بناس - في مصر، دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، أعمال المؤتمر الدولي الثاني، الآثار المحتملة للتغيرات المناخية، على القارة الأفريقية، معهد البحوث والدراسات الإفريقية، جامعة القاهرة.
٢٣. محسوب، محمد صبري (٢٠٠٣): القاموس الجغرافي، الجوانب الطبيعية والبيئية، مطبعة الاسراء، القاهرة.

٢٤. محسوب، محمد صبري (١٩٩٠) : جغرافية الصحارى المصرية (الجوانب الطبيعية) - الجزء الثاني - الصحراء الشرقية ، دار النهضة العربية ، القاهرة .
٢٥. محيسن، محمد حسن (٢٠١٠): الأخطار الجيومورفولوجية غرب خليج السويس من السويس إلى رأس الزعفرانة، دراسة تطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الزقازيق.
٢٦. مصطفى، إسلام سلامه محمد (٢٠٠٤): الأخطار الجيومورفولوجية في منطقة أسبوط، رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الزقازيق فرع بنها.

المراجع الأجنبية:

1. Abdallah, A, M., & EL- Adindani, A, A., (1963): Note on Senomanian-Turonian, Contract in the Galala Plateau, Eastern Desert, Geol, Surv,Egypt.
2. AbdEL-Fattah, M. Sameh Kantoush, and Tetsuya SUMI (2015): Integrated Management of Flash Flood in Wadi System of Egypt: Disaster Prevention and Water Harvesting, Annuals of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No. 58 B.
3. Abou El- Enin, H. S., (2003): Geomorphological, Significance of the Present Drainage Pattern and Palaeochannel Evolution of the Pseudo Delta of Wadi Al-Batin in Kuwait, Bull. Soc. Geog. Egypte, Vol. 76, pp. 191 – 211.
4. Cooke, R.U & DoornKamp, J.C. (1974): Geomorphology in Environmental Management, Oxford, London.
5. El-Akkad, S. & Abdallah, A. M., (1971): Contribution to Geology of Ataqa Area, Annals of the Geol. Sur. of Egypt.
6. Elewa, H.H. & A.A. Qaddah, (2011): Ground water potentiality mapping in the Sinai peninsula, Egypt, using remote sensing and Gis- watershed-based modeling: Hydrogeol. J., 19:613-628. DOI:10.1007/s10040-011-0703-8.
7. Gregory , K. J. & Walling , D. E. , (1973) : Drainage Basin Form and Process and Geomorphological Approach , Edward Arnold , London.
8. Geriesh, M.H., El-Shamy, I.Z. & Abouelmagd, A., (2001): Flash Floods Mitigation and Groundwater Augmenting in Wadi Feiran Basin, South Sinai, Egypt: proceeding of the 6th Conf. Geology of Sinai for Development, Ismailia, pp.303-319.
9. Jensen, J. R. (2007). Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. Prentice Hall.

10. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W., (2015): Geographical Information Systems and Science. Wiley.
11. Miller, V.C., (1953): A quantitative geomorphic study of Drainage basin characteristics in in the clinch mountain area .California, office Naval Research project No 389_082.3.Columbia Univ .Dept.Geol and Geog ,Bronch Newyork .
12. Ollier, C., (1981): Tectonics and land forms, longman,London.
13. Reshma, T. & Sundara Kumar, P. (2010): Simulation of Runoff In Watersheds Using SCS-CN And Muskingum-Cunge Methods Using Remote Sensing And Geographical Information Systems, International Journal of Advanced Science And Technology.
14. Saber, A. I. & Hassan, H. T., (2023): Engineering Geomorphology and Geotechnical Assessment of Wadi Abu Daraj, El-Galala El-Bahariya Plateau Using Geomatics Applications, Journal of the Faculty of Arts, Port Said University, 2023, Issue No. 23. January.
15. Said, R., (1962): "Geology of Egypt", El Sevier Publ. Co. Amsterdam.
16. Shehata, M. A, (1986): Geological and Hydrogical Studies on Southern part of El-Giza Governorate, El-Saff Area, Ph. D. Thesis, Fac. Of Science, Zagazig University.
17. Strahler, A. N., (1964): quantitative Geomorphology of drainage basin and channels net works, Handbook of applied Hydrology, PP.439_ 476.
18. Sultann, S. A. & Mohamed, S. A., (2000): Geophysical Investigation For GroundWater at Wadi Ghuwaybah, Northeastern part of Eastern Desert, Egypt, Annals of the Geological Survey of Egypt, Cairo.
19. USDA-TR55 (1986): Urban Hydrology for Small Watersheds, Department of Agriculture, USA. Young, A. (1973): "Slopes Oliver and Boyd," Enidburgh.