" النمذجة الهيدرولوجية للجريان السيلي وأثره البيئي بمنطقة رأس غارب، بالتطبيق علي سيل أكتوبر ٢٠١٦م"

إعداد

د. هاني ربيع نادي محمد

مدرس جغرافية البيئة

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب جامعة بني سويف

Hany.mohamed@art.bsu.edu.eg

المستخلص

تعرضت مدينة رأس غارب لسيول مدمرة يومي ٢٨ – ٢٩ أكتوبر ٢٠١٦م والتي نتجت عن عواصف مطرية يوم ٢٧أكتوبر ٢٠١٦م بلغت عمق المطر فيها ٢٧مم علي منطقة الدراسة والتي بلغت مساحتها ١١٤٦,٦كم٢، حيث قدر حجم المطر الذي سقط علي أحواض المنطقة بحوالي ١٢٠مليون م٣ وفق وزارة الموارد المائية والري و٢٢,٣مليون م٣ من خلال تحليل العاصفة المطرية و ٧٥,٥مليون م٣ كقيمة وسطي وفق نموذج سنايدر. وقد تم تطبيق نموذج سنايدر لتقدير حجم السيول واستخلاص هيدروجراف السيل لحوضي أبو حاد في الشمال وجنوب أبو حاد في الجنوب، حيث بلغ متوسط كمية التدفق الأقصى للسيول (٤٧٦,٣ – ١٤٧,٨م٣/ث) في واديا أبو حاد وجنوب أبو حاد علي الترتيب، في حين تراوح متوسط قيمة تدفق الذروة النوعي بين (٠,٤ – ٠,٧ م٣/ث/كم٢) لكلا الحوضين علي الترتيب وبلغ متوسط حجم السيل (٥٩,٤ – ١٦,١ مليون م٣) لكلا الحوضين علي الترتيب، وبلغ متوسط قوة السيل (١٤,١ – ١٠,٢) لكلا الحوضين، كما بلغ متوسط فترة الهيدروجراف (١٢٥ – ١٠٣ ساعة) لكلا الحوضين علي الترتيب. وقد غطت مياه السيول والرواسب الطينية ٣٤,٣٪ من مساحة المدينة، مما أدي إلي وفاة ١٤فرد و إصابة ٣٤ فرد إلي جانب تدمير ٣٢٠سيارة وقطع طريقي السويس – الغردقة و رأس غارب – الشيخ فضل وتصدع بعض المنازل وواجهات المحلات التجارية.

Abstract

During 28th - 29th Oct , 2016, RaaS Ghareb city was exposed to destructive floods brought by rainstorms on 27th Oct. The study area that expands to 1146.6 km^2 received rains estimated as 27 mm in depth. According to the Ministry of Water Resources and Irrigation the volume of rains fell on the basins of the area were estimated by 120 million m^3. According to the analysis of the rainstorm, the volume of rains was estimated to be 22 million m^3 . According to Snyder Model the volume of rains is 75.5 million m^3 as an average value. Snyder Model has been applied to estimate the volume of floods and to extract the volume hydrograph of both Abo Had basin in the north and South Abo Had in the south where the average of the maximum flood flow volume $Q_p^{(m3/s)}$ reached (476.3 - 147.8 m^3/ s) in the valleys of Abo Had and South Abo Had respectively. Whereas the value of the quantitative flow peak averages $Qp^{(m3/s/km2)}$ between (0.4 - 0.7 m^3 / s / km^2) for both basins respectively, the average of flood volume $AL^{(Hm3)}(10^{6m3})$ was (59.4 - 16.1 million m^3) for both basins respectively, the average of flood strength ***(A)*** reached (14.1 - 10.2) for both basins respectively and the average of hydrograph period was (125 - 103 hour) for both basins respectively. Flood water and sedimentary mud covered 34.3% of the area of the city leading to 14 deaths, 34 injuries, 320 cars destructed, break down of both Suez - Hurgada Road and Raas Ghareb - El Sheikh Fadl Road in addition to cracks in some houses and storefronts.

الاستشهاد المرجعى:

هاني ربيع نادي محمد (٢٠١٩): النمذجة الهيدرولوجية للجريان السيلي وأثره البيئي بمنطقة رأس غارب، بالتطبيق علي سيل أكتوبر ٢٠١٦م، حولية كلية الآداب، جامعة بنى سويف، عدد خاص ٢٠١٩، ص ص ١٥ - ٧٤ .

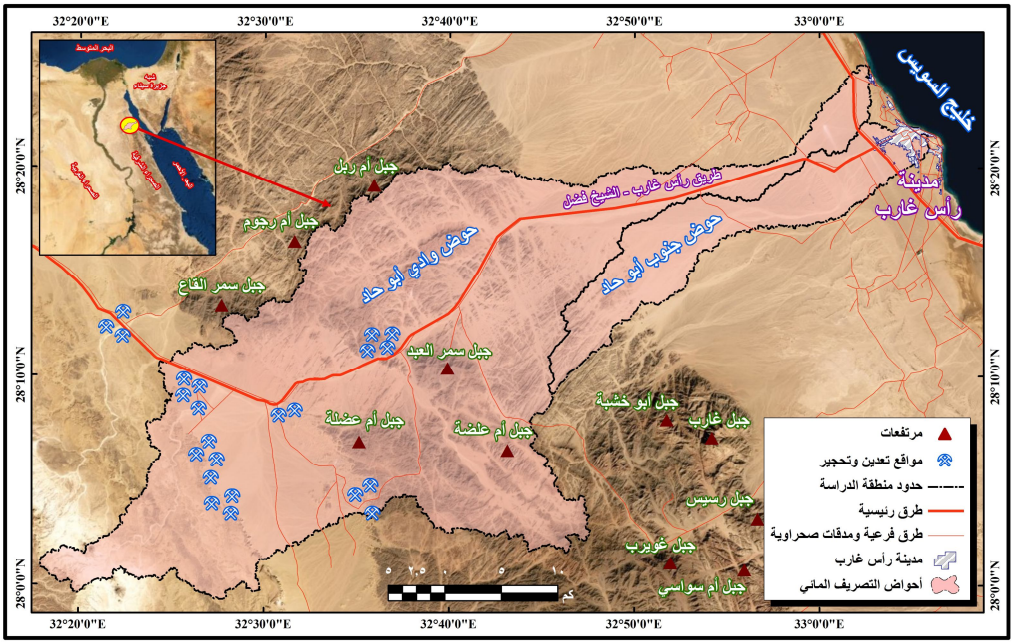
مقدمة

تعد النماذج الهيدرولوجية بمثابة محاولات لتمثيل النظام الهيدرولوجي منذ بداية التساقط المطري وحتى الجريان السيلى والتدفق وذلك في شكل رياضي، حيث تختلف تعقدات تلك النماذج باختلاف متطلبات المستخدم ووفرة البيانات. وتتدرج النماذج الهيدرولوجية من النماذج البسيطة التي تستخدم الأساليب الرسومية في الدراسة إلي النماذج الفيزيائية ثلاثية الأبعاد الأكثر تعقيداً. وترتكز النماذج علي ثلاث قواعد هي؛ هل يحقق النموذج العشوائية في التعامل مع البيانات، هل يحقق النموذج التباين المكاني، هل يحقق النموذج التباين الزمني؟ [١]. ويمثل نموذج سنايدر أحد النماذج الهيدرولوجية التي تم تصميمها لتقدير أحجام السيول وقوتها ورسم هيدروجراف السيل بالاعتماد علي الخصائص المورفومترية للأحواض خاصة في المناطق التي تتسم بقلة القياسات الهيدرولوجية للعواصف المسببة للجريان السيلى.

منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة علي الساحل الغربي لخليج السويس عند مدينة رأس غارب، حيث تمتد بين دائرتي عرض ٢" ٥٩' ٢٧° - ٥٣" ٢٤' ٢٨° شمالا، و بين خطي طول ٥٣" ١٧' ٣٢° - ١٣" ٦' ٣٣° شرقاً، شكل رقم (١)، ويحدها من الجنوب الشرقي حوض وادي الدرب والخريم ومن الجنوب حوض وادي غارب ومن الجنوب الغربي حوض وادي قنا ومن الغرب حوض وادي الطرفة ومن الشمال الغربي والشمال حوض وادي حواشية، ومن الشرق يمتد خليج السويس. وتعد مدينة رأس غارب أحد أهم المراكز العمرانية علي الساحل الغربي لخليج السويس، والتي ارتبطت في نشأتها وتطورها العمراني

ارتباطاً وثيقاً باكتشاف البترول في المنطقة والتي ما لبثت أن أصبحت المدينة البترولية الأولي في مصر. وقد قامت بعض الأنشطة الاقتصادية الأخرى في المدينة إلي جانب استخراج البترول مثل الصناعة والتجارة والتعدين والخدمات إلي جانب موقعها علي خليج السويس وطريق السويس الغردقة ، ساهم كل ذلك في نمو عمران المدينة بشكل واضح خلال تلك الفترة [٢]. وقد بلغت مساحة المدينة ٨,٢كم٢ عام ٢٠١٧م، وبلغ عدد سكانها نحو ٤١,٣ ألف نسمة بنسبة ١١,٥٪ من سكان محافظة البحر الأحمر[*]. وتتأثر المدينة بالجريان السيلى لبعض مجاري الأودية التي تصب في خليج السويس عندها لعل أهمها واديا أبو حاد في الشمال ووادي جنوب أبو حاد في الجنوب [**]، حيث تسبب هذين الواديين في حدوث جريان سيلي مدمر تعرضت له المدينة يومي ٢٨- ٢٩ أكتوبر ٢٠١٦م.



المصدر : من عمل الباحث اعتماداً علي الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ ونماذج الارتفاعات الرقمية

شكل (١) موقع منطقة الدراسة

إشكالية الدراسة

تتمثل إشكالية الدراسة في تعرض مدينة رأس غارب لسيول مدمرة في ٢٨- ٢٩ أكتوبر عام ٢٠١٦م، ترتب عليها العديد من الخسائر البشرية والمادية في المدينة، ومن ثم جاءت هذه الدراسة لتقدير أحجام السيول التي يمكن أن تتعرض لها المدينة وفق قياسات مرتبطة بخصائص أحواض التصريف المائي في المنطقة، ومن ثم وضعها في الاعتبار عند الشروع في عمل مشروعات حماية للمدينة من أخطار السيول.

أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلي الآتي :

١. دراسة الخصائص الطبيعية المختلفة لمنطقة رأس غارب
٢. تطبيق نموذج سنايدر علي حوضي أبو حاد وجنوب أبو حاد
٣. دراسة احتمالية عودة العواصف المطرية المسببة للجريان السيلى.
٤. تقدير أحجام السيول المتوقعة من أحواض المنطقة
٥. تحديد الآثار البيئية الناتجة عن سيل أكتوبر ٢٠١٦م.

منهجية الدراسة

اعتمدت الدراسة علي منهجية التحليل المكاني والتي تتفق مع المنهج التحليلي والذي يعتمد علي الأساليب الكمية الحديثة في تفسير نشأة وتطور الظاهرات وربطها ببعضها البعض، حيث تم الاعتماد عليه في تحليل بيانات المرئيات الفضائية ونماذج الارتفاعات الرقمية والخرائط الطبوغرافية وبيانات القياسات الميدانية. كما تم الاعتماد المنهج التجريبي الكمي والذي يعتمد علي الطرق التجريبية الكمية في

معالجة الأشكال الأرضية ووصفها وصفاً كمياً من خلال القياسات الخاصة بها وتطبيق المعادلات عليها وجدولة نتائجها ونمذجتها للحصول علي النتائج النهاية لتقدير أحجام السيول ومخاطرها.

مصادر الدراسة

اعتمدت الدراسة الحالية علي المصادر الآتية:

١. الدراسات السابقة

تعد السيول واحدة من الأخطار الطبيعية التي تتعرضض لها منطقة الدراسة، حيث تناولت العديد من الدراسات هذه المشكلة بالدراسة لخطورتها وللآثار السلبية المترتبة عليها، غير أنه يجدر الإشارة إلي أن النمذجة الهيدرولوجية وتقدير حجم السيول في منطقة رأس غارب وفق نموذج سنايدر لم يتم دراستها، وهو ما دفع الباحث إلي تطبيق هذا النموذج علي أحواض المنطقة للوصول إلي تقدير تقريبي لحجم السيول في المنطقة. وفيما يلي عرض لبعض الدراسات التي تناولت موضوع الدراسة أو منطقة الدراسة وهي كما يلي :

١. **دراسة (Sorman,A.U, 1994)** [٣] : بعنوان تقدير ذروة حجم الجريان السيلى باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، دراسة حالة وادي عتود جنوب غرب المملكة العربية السعودية، حيث هدفت الدراسة إلي ربط تقنيات الاستشعار عن بعد بالنموذج الهيدرولوجي لحساب ذروة التصريف السيلى وذلك بالاعتماد علي نموذج (TR-55) للأحواض صغيرة المساحة ومقارنة النتائج مع نتائج الطرق التقليدية، كما اعتمدت أيضا علي معادلة Creager's Formula في حساب ذروة التصريف المائي للأحواض متوسطة المساحة.

٢. دراسة (Geriesh, M.H., 2001) [٤] : بعنوان التقليل من السيول الفجائية وزيادة المياه الجوفية في حوض وادي فيران بشبه جزيرة سيناء، حيث يقوم البحث علي الاستفادة من مياه الأمطار في الوادي والتي تصل إلي ٦٢مليون م٣ بتغذية المياه الجوفية، حيث اعتمد علي ثلاثة نماذج في تلك الدراسة هي Rational Method (Lloyd – Davies,1906) ونموذج Synthetic Unit Hydrograph (Snyder Procedure, 1938) والنموذج الأخير يتمثل في SCS Synthetic Unit Hydrograph (USDA-SCS, 1975).

٣. دراسة (Gheith&Sultan,2002) [٥] : بعنوان إنشاء نموذج هيدرولوجي لتقدير الجريان السطحي في الأودية وتغذية المياه الجوفية في الصحراء الشرقية بمصر، حيث تم الاعتماد علي نموذج (NRCS) method (SCS, 1985).

٤. دراسة (محمود حجاب، ٢٠٠٤) [٦] : بعنوان جيومورفولوجية السهل الساحلي والإقليم الجبلي فيما بين رأس بكر ورأس الدب – غرب خليج السويس، حيث تعرض بالدراسة للخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف المائي ومنها وادي أبو حاد وانتهت الدراسة بتحديد مناطق خطورة الجريان السيلى حيث صنفت مدينة رأس غارب ضمن المناطق الأكثر خطورة للجريان السيلى.

٥. دراسة (سند الشربيني، ٢٠٠٥) [٧] : بعنوان المنطقة الساحلية فيما بين رأس غارب شمالاً ورأس دب جنوباً دراسة جيومورفولوجية، حيث تناولت دراسة مورفومترية أحواض وشبكات التصريف المائي جنوب مدينة رأس غارب.

٦. دراسة (Youssef,M,A., Hegab,M,A,. 2005) [٨] : بعنوان استخدام نظم

المعلومات الجغرافية والإحصاء لتطوير نظام إدارة قواعد بيانات أخطار الفيضان في منطقة رأس غارب، حيث تناولت الدراسة بناء قاعدة بيانات من خلال لغة Visual Basic لإدارة أخطار السيول في المنطقة بعد دراسة الخصائص المختلفة للأحواض .

٧. **دراسة (Saber,m., et al., 2008)** [٩] : بعنوان نمذجة الجريان السطحي للمجاري العابرة بمراعاة نظرية التجانس في المناطق الجافة، وادي أسيوط مصر، حيث تقوم الدراسة علي تقديم نموذج يهدف إلي السيطرة علي مياه الفيضانات وإدارة المياه وذلك بالاعتماد علي نموذج Hydro-BEAM Model.

٨. **دراسة (حنان الغيلان، ٢٠٠٨)** [١٠] : بعنوان دور نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي لبن، حيث تناولت نموذج سنايدر كأحد نماذج تقدير حجم السيول في الحوض ورسم الهيدروجراف.

٩. **دراسة (Badawy, M.M., Khidr,M,M., 2011)** [١١] : بعنوان منهج قائم علي نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لنمذجة الأحواض الصغيرة في مرسي علم، حيث اعتمدت الدراسة علي نموذج Rational Method .

١٠. **دراسة (البارودي، ٢٠١٢)** [١٢] : بعنوان تقدير أحجام السيول ومخاطرها عند المجري الأدنى لوادي عرنة، جنوب شرق مدينة مكة المكرمة، حيث تناول بالدراسة الخصائص الجيولوجية والمناخية والمورفومترية للمنطقة ثم تطبيق نموج سنايدر علي الحوض وانتهي بتقدير حجم السيول ورسم هيدروجراف السيل.

١١. **دراسة (البارودي وآخرون ، ٢٠١٣)** [١٣] : بعنوان استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقدير أحجام السيول ومدي خطورتها عند المجري الأدنى لوادي النعمان جنوب مكة

المكرمة من خلا تطبيق نموذج سنايدر واعتماد نموذج الارتفاعات الرقمية ASTER، حيث انتهت الدراسة بتطبيق نموذج سنايدر علي المجري وتحديد أحجام السيول ورسم هيدروجراف السيل للمجري.

١٢. **دراسة (أحمد صابر وأميرة البنا، ٢٠١٣)** [١٤] : بعنوان أسلوب مقترح لتحديد معايير درجات خطورة السيول في مصر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، حيث تناولا فيه دراسة تعريف السيول ومعايير درجات خطورة السيول وكيفية تحديد معايير درجات خطورة السيول و تطبيق المعايير علي أحواض التصريف في الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء، وقد قسما الأخطار إلي ثلاثة أقسام تشكل مثلث الخطر هي الإنسان وما يتعلق به وحجم الجريان وسرعة الجريان، حيث اعتبرا أن سرعة الجريان هي أهم معايير تحديد درجات خطورة السيول.

١٣. **دراسة (Sudhakar BS., et al., 2015)** [١٥] : بعنوان وحدة هيدروجراف سنايدر ونظم المعلومات الجغرافية لتقدير الفيضانات في الأودية غير المقاسه في حوض تابي السفلى بالهند، حيث تناولت الدراسة تطبيق نموذج سنايدر الأصلي دون التعديل فيه لرسم هيدروجراف السيل لعدد ٢٤ وادي مائي في المنطقة.

١٤. **دراسة (Elnazer,A., et al., 2017)** [١٦] : بعنوان السيول الفجائية التي تؤثر في مدينة رأس غارب، البحر الأحمر، مصر : قناة السيول الفجائية المقترحة، حيث قامت الدراسة بدراسة بعض الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف واقترحت قناة للسيول بطول ٣٨كم لحماية المدينة من السيول.

٢. **الخرائط والصور الفضائية**

اعتمدت الدراسة علي مجموعة من الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ وعددها ٧ لوحات من إنتاج الهيئة المصرية العامة للمساحة، و الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٢٥٠,٠٠٠ وعددها لوحتان، كما اعتمدت أيضا علي الخرائط الجيولوجية من إنتاج شركة كونكو كورال مقياس رسم ١: ٥٠٠,٠٠٠ لوحة بني سويف NH36SW. هذا إلي جانب الصور الفضائية للقمر الصناعي الأمريكي Landsat8(OLI) لوحة ١٧٥/٤٠ لعام ٢٠١٧م.

٣. **الدراسة الميدانية**

تعد الدراسة الميدانية أحد المرتكزات الرئيسية للدراسة، حيث تعد من المصادر المهمة للبيانات في مجال الجغرافيا. وقد تم إجراء زيارتان ميدانيتان لمنطقة الدراسة الأولي كانت يومي (٤- ٥ نوفمبر ٢٠١٦م) أي بعد حدوث السيول مباشرة والثانية كانت (٢٨ – ٣٠ يناير ٢٠١٧)، وقد تم خلال الزيارات الميدانية التحقق الحقلي والرصد الميداني لبعض المناطق المتضررة بيئيا من الجريان السيلى في المنطقة والمساهمة في رسم خريطة للمناطق المتضررة في المدينة، هذا إلي جانب التقاط الصور الفوتوغرافية للمواقع المتضررة والمقابلات الميدانية مع بعض السكان المتضريين وعقد جلسات مع المسئولين.

أولاً : الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة.

١. التكوينات الجيولوجية السطحية

تتنوع التكوينات الجيولوجية السطحية في المنطقة، حيث أدي توغل أحواضها غرباً إلي امتدادها في النطاق الجبلي الذي يمثل الامتداد الشمالي لجبال البحر الأحمر

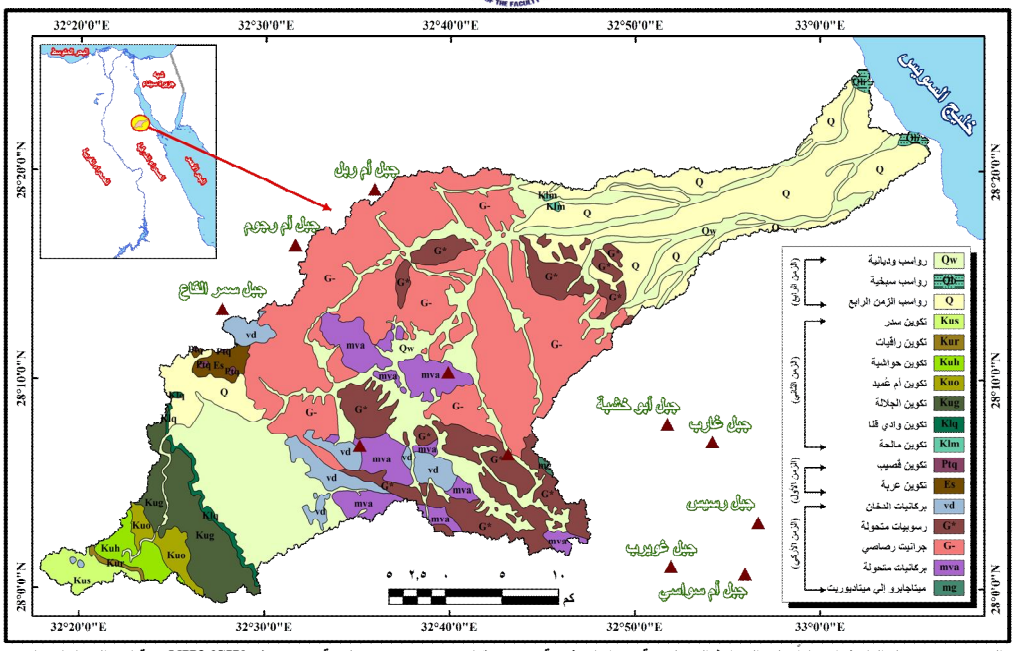
ممثلاً في بعض المرتفعات أهمها جبل سمر العبد وأم عضلة وغيرها من المرتفعات، ومن ثم تنوع التكوينات الجيولوجية التي يتراوح عمرها الجيولوجي بين صخور ما قبل الكامبري وحتى رواسب الزمن الرابع. وتؤثر التكوينات الجيولوجية السطحية في الجريان السيلى بالمنطقة من حيث نوعية الصخور؛ فالصخور النارية والمتحولة تتسم بقلة النفاذية وبالتالي انخفاض معدلات المياه المفقودة بالتسرب ومن ثم يرتبط بها جريان سيلي شديد عكس بعض الصخور الرسوبية والرواسب الجيولوجية التي تتسم بالنفاذية العالية خاصة رواسب الزمن الرابع والتي تتألف من الرواسب الحصوية والرملية، ومن ثم انخفاض معدلات الجريان السيلى. وفيما يلي عرض لأهم التكوينات الجيولوجية السطحية بالمنطقة والتي يوضحها الجدول رقم (١) والشكل رقم (٢).

أ. صخور ما قبل الكامبري

تشكل ما يقرب من نصف مساحة المنطقة (٤٧,٦٪)، ونحو (٥٣,٢٪) من مساحة حوض أبو حاد و (١٧,١٪) من مساحة حوض جنوب أبو حاد. وتتكون من الصخور النارية والمتحولة والنارية المتأثرة بعمليات التحول والانكسارات، وتمثل أقدم الوحدات الصخرية المنكشفة بالمنطقة ويقع معظمها غرب وجنوب غرب المنطقة، وتتنوع وحداتها الصخرية ما بين الميتاجابرو والميتاديوريت والبركانيات المتحولة والجرانيت القديم والرسوبيات المتحولة وبركانيات الدخان، شكل(٢). وتتسم هذه التكوينات بشدة الصلابة وقلة النفاذية مما أثر في عمليات الجريان السيلى في المنطقة.

ب. تكوينات الزمن الجيولوجي الأول

أقدم التكوينات الرسوبية في المنطقة والتي ترتكز غير متوافقة فوق صخور القاعدة، وتغطي (٠,٩٪) من مساحة المنطقة وتتمثل في تكوين عربة والذي يتألف من الحجر



المصدر : من عمل الباحث اعتماداً علي الخرائط الجيولوجية من إنتاج شركة كونكو مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠ لوحة بني سويف NH36SW تم قياس المساحات باستخدام برنامج Arc GIS 10.3

شكل (٢) التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة

جدول (١) التكوينات الجيولوجية السطحية في منطقة الدراسة.

الزمن	التكوين	الرمز	أبو حاد		جنوب أبو حاد		الإجمالي	
			المساحة (كم٢)	(%)	المساحة (كم٢)	(%)	المساحة (كم٢)	(%)
الرابع	رواسب وديانية	Qw	٢٨٣,١٢	٢٤,٧	٤٤,٩٦	٢١,٥	٣٢٨,٠٨	٢٤,٢
	رواسب سبخية	Qb	٢,٧	٠,٢	٢,٧٢	١,٣	٥,٤٢	٠,٤
	رواسب الزمن الرابع	Q	١١٤,٣	١٠	١٢٥,٦٦	٦٠,١	٢٣٩,٩٦	١٧,٧
الثاني	تكوين سدر	Kus	١٧,٦٣	١,٦	–	–	١٧,٦٣	١,٣
	تكوين راقيات	Kur	٢,٧١	٠,٢	–	–	٢,٧١	٠,٢
	تكوين حواشية	Kuh	١٧,٦٢	١,٥	–	–	١٧,٦٢	١,٣
	تكوين أم عُميد	Kuo	١٦,٢٧	١,٤	–	–	١٦,٢٧	١,٢
	تكوين الجلالة	Kug	٦١,٠١	٥,٣	–	–	٦١,٠١	٤,٥
	تكوين وادي قنا	Klq	٨,١٣	٠,٧	–	–	٨,١٣	٠,٦
	تكوين مالحة	Klm	١,٣٦	٠,١	–	–	١,٣٦	٠,١
الأول	تكوين قصيب	Ptq	١,٣٦	٠,١	–	–	١,٣٦	٠,١
	تكوين عربة	Es	١٠,٨٥	١	–	–	١٠,٨٥	٠,٨
الأركي	برکانيات الدخان	vd	٤٣,٣٨	٣,٨	–	–	٤٣,٣٨	٣,٢
	رسوبيات متحولة	G*	١٢٩,٧١	١١,٣	٨,٥٧	٤,١	١٣٨,٢٨	١٠,٢
	جرانيت رصاصي	G-	٣٥٥,١٣	٣١	٢٧,١٨	١٣	٣٨٢,٣١	٢٨,٢
	برکانيات متحولة	mva	٧٩,٩٩	٧	–	–	٧٩,٩٩	٥,٩
	ميتاجابرو إلي ميتاديوريت	mg	١,٣٦	٠,١	–	–	١,٣٦	٠,١
----	الإجمالي	-	١١٤٦,٦	١٠٠	٢٠٩,٠٩	١٠٠	١٣٥٥,٧٢	١٠٠

المصدر : من إعداد الباحث اعتمادا علي شكل رقم (٢).

الرملي والحجر الرملي الصلصالي والرمل الخشن [١٧]، وتكوين قُصيب الذي تألف من الطفل والحجر الرملي الهش ويختلط بطبقة رقيقة من الصخور الملحية [١٨].

ج. تكوينات الزمن الجيولوجي الثاني

تغطي تكوينات هذا الزمن نحو (٩,٢٪) من مساحة المنطقة وتتمثل في تكوينات (مالحة، وادي قنا، الجلالة، أم عُميد، حواشية، راقيات، سدر)، وتظهر هذه التكوينات في وادي أبو حاد بينما لا تظهر في وادي جنوب أبو حاد، وتتألف هذه التكوينات من الحجر الرملي النوبي والحجر الرملي الأبيض والأصفر والطفل والطفل الطيني والمارل الرملي والمارل و الحجر الجيري الطباشيري الناصع البياض [١٩] [٢٠].

د. رواسب الزمن الجيولوجي الرابع

تغطي هذه الرواسب حوالي (٤٢,٣٪) من مساحة المنطقة، ترتفع هذه النسبة في حوض جنوب أبو حاد لتصل إلي (٨٢,٩٪)، بينما تصل في حوض وادي أبو حاد إلي (٣٤,٩٪)، وتتمثل في رواسب الزمن الرابع غير المصنفة والرواسب السبخية والرواسب الوديانية. وتغطي هذه الرواسب منطقة السهل الساحلي حتى أقدام الجبال في الغرب وتتسم بقلة انحدار سطحها.

يتضح من دراسة التكوينات الجيولوجية بالمنطقة أن ٤٢,٣٪ من مساحة المنطقة تتألف من الرواسب الحصوية والرملية والسبخية والوديانية والتي تتسم بنفاذيتها العالية مما يؤثر في الجريان السيلي حيث تُفقد كمية من المياه بالتسرب عبر هذه الرواسب، في حين أن ٤٧,٦٪ من مساحة المنطقة تتألف من الصخور الأركية ذات النفاذية المنخفضة والتي تساهم في زيادة معدلات الجريان السيلي وتقلل من فقد المياه عبر الصخور.

٢. الخصائص التضاريسية

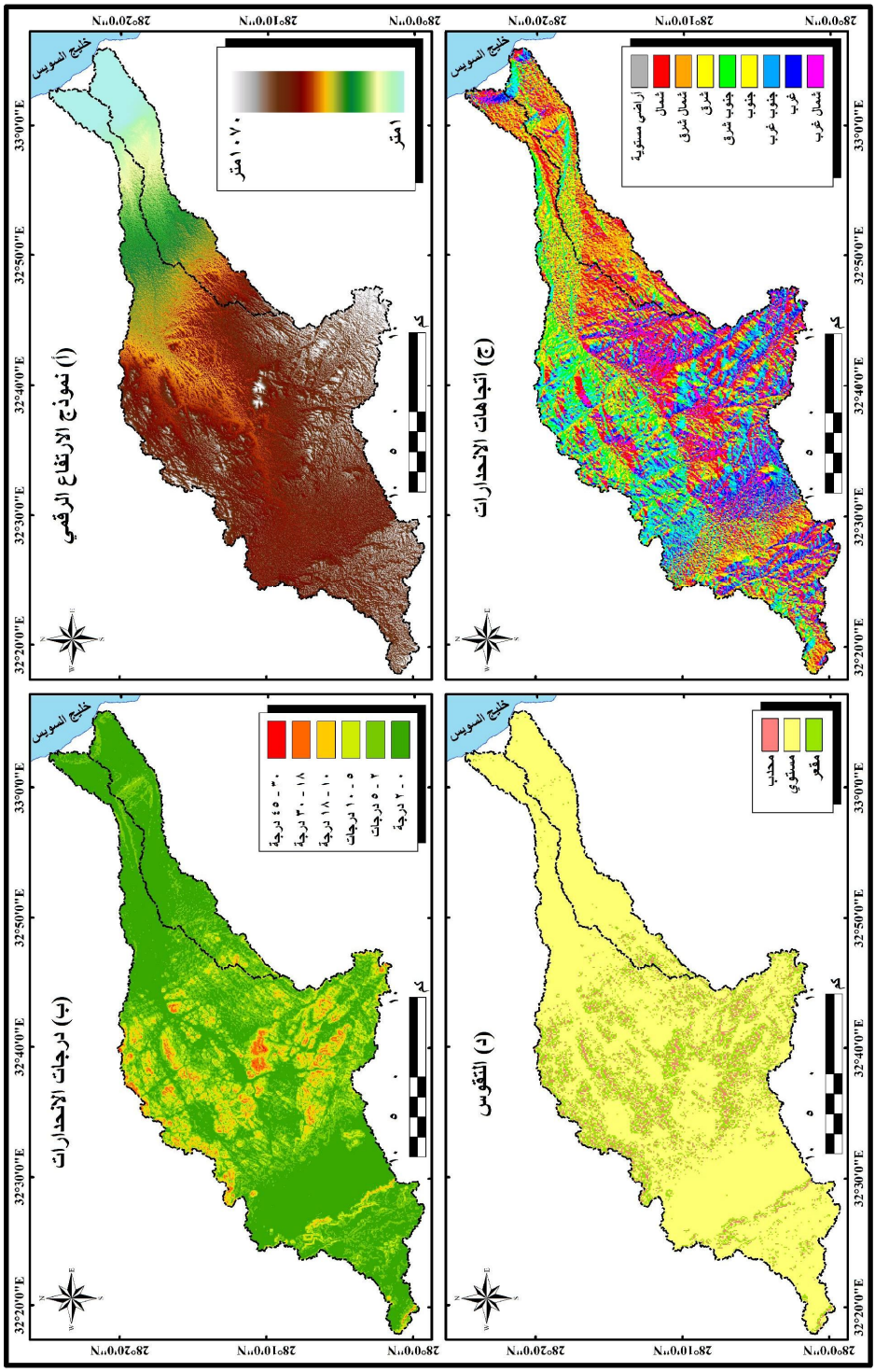
تؤثر الخصائص التضاريسية للمنطقة بوضوح في الجريان السيلى من خلال تأثيرها علي كمية المياه المتدفقة من المنحدرات الجبلية وسرعتها واتجاهها، فضلا عن تأثيرها في بعض المعاملات المورفومترية للأحواض مثل زمن التركيز وزمن التباطؤ. وتتكون المنطقة من سهل ساحلي ومنطقة بيدمنت تفصله عن النطاق الجبلي في الغرب، حيث يتدرج سطح المنطقة في الانحدار من النطاق الجبلي غرباً نحو السهل الساحلي هين الانحدار في الشرق. وفيما يلي عرض لبعض الخصائص التضاريسية بالمنطقة:-

أ. **نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)** : من خلال دراسة نموذج الارتفاع الرقمي لأحواض المنطقة والذي يوضحه الجدول رقم (٢) والشكل رقم (٣- أ)، يلاحظ ما يلي :

- يتراوح منسوب سطح المنطقة بين ١م في النطاق السهلي الساحلي وبين ١٠٧٠م في جبل سمر العبد وسط حوض أبو حاد، قد بلغ المدى التضاريسي بحوض وادي أبو حاد ١٠٦٢م بينما بلغ ٧٨٧م في حوض جنوب أبو حاد. ويؤثر ارتفاع المدى التضاريسي بشكل واضح في الجريان السيلى للمياه في تلك الأحواض.

- تغطي الأجزاء التي يقل منسوبها عن ٢٠٠م حوالي ٨,٧٪ من مساحة المنطقة، ترتفع هذه النسبة في حوض جنوب أبو حاد لتصل إلي ٣٨,٨٪، في حين بلغت ٣,٢٪ في حوض أبو حاد، وهذا يدل علي ارتفاع منسوب سطح المنطقة.

- بلغت نسبة مساحة المناطق التي يقل منسوبها عن ٥٠٠م حوالي ٢٦,٢٪ تصل هذه النسبة إلي ٨٣,٦٪ في حوض جنوب أبو حاد بينما تبلغ ١٥,٨٪ في حوض أبو حاد.



المصدر : من إعداد الباحث اعتمادا على ملفات الارتفاعات الرقمية التي تنتجها هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS.

شكل (٣) الخصائص التضاريسية لمنطقة الدراسة

- بلغت نسبة مساحة الأراضي التي يزيد منسوبها علي ٥٠٠م حوالي ٧٣,٨٪ وهو ما يدل علي ارتفاع منسوب سطح المنطقة وتوغلها في النطاق الجبلي في الغربي، وتبلغ هذه النسبة ٨٤,٢٪ في حوض أبو حاد أكثر الأحواض توغلا نحو الغرب، في حين بلغت ١٦,٤٪ في حوض جنوب أبو حاد.

ب. **درجات الانحدار** : يتسم سطح المنطقة بقلة درجات انحداره، وقد بلغت أقصي درجة انحدار حوالي٣٣,٢ درجة علي منحدرات جبل سمر العبد، ومن خلال دراسة الجدول رقم (٣) والشكل رقم (٣ - ب) الذي يوضح درجات الانحدار في المنطقة، يتضح ما يلي :

- تغطي الأراضي المستوية وشبه المستوية وهينة الانحدار (٠- ٥درجات) حوالي ٨٢,٣٪ من مساحة المنطقة، في حين تغطي الأراضي التي يزيد انحدارها علي ٥درجات نحو ١٧,٧٪، وبالتالي يغلب علي سطح المنطقة الانحدار التدريجي .

- تغطي الأراضي شديدة الانحدار وشديدة الانحدار جدا (١٨- ٤٥درجة) حوالي ١,٣٪ من مساحة المنطقة وتظهر علي جوانب المنحدرات في المناطق الجبلية

ج. **اتجاهات الانحدارات** : ينحدر سطح المنطقة من الشمال إلي الجنوب ومن الغرب إلي الشرق، ويوضح الجدول (٤) والشكل (٣ – ج) اتجاهات الانحدارات والتي توضح الآتي :

- يغلب علي ١٣,٤٪ من سطح المنطقة الاستواء النسبي، وينحدر ٢٤,٢٪ من سطحها ناحية الشمال وهو الاتجاه العام لانحدار الأرض في مصر.

- تشكل اتجاهات الشمال والشمال الشرقي والشرق الاتجاهات الرئيسية لانحدار السطح في المنطقة بنسبة ٤٦,٧٪ من مساحة المنطقة، في حين يعد اتجاه الجنوب الغربي هو اقل الاتجاهات ٧,١٪.

د. درجات التقوس : يتسم سطح المنطقة بالاستقامة، حيث بلغت مساحة الأقسام المستقيمة ٧٦,٧٣٪، في حين تغطي العناصر المحدبة ١٧,١٤٪، وتغطي العناصر المقعرة نحو ٦,١٣٪، جدول رقم (٥) وشكل رقم (٣ – د).

جدول (٢) فئات الارتفاع الرئيسية في منطقة الدراسة.

فئات المناسيب (متر)	أبو حاد		جنوب أبو حاد		الإجمالي	
	المساحة (كم٢)	(%)	المساحة (كم٢)	(%)	المساحة (كم٢)	(%)
أقل من ١٠٠	٢٦,٩٥	٢,٣٥	٤٩,٦٢	٢٣,٧٣	٧٦,٥٧	٥,٦٥
من ١٠٠ – ٢٠٠	٩,٧٥	٠,٨٥	٣١,٤١	١٥,٠٢	٤١,١٦	٣,٠٤
من ٢٠٠ – ٣٠٠	٢٢,٨٢	١,٩٩	٣٦,٢١	١٧,٣٢	٥٩,٠٣	٤,٣٥
من ٣٠٠ – ٤٠٠	٤٦,٧٨	٤,٠٨	٣٧,٠٧	١٧,٧٣	٨٣,٨٥	٦,١٨
من ٤٠٠ – ٥٠٠	٧٤,٧٦	٦,٥٢	٢٠,٥٣	٩,٨٢	٩٥,٢٩	٧,٠٣
من ٥٠٠ – ٦٠٠	١٦٧,٥٢	١٤,٦١	١٨,٨٢	٩	١٨٦,٣٤	١٣,٧٤
من ٦٠٠ – ٧٠٠	٤٦٠,٧١	٤٠,١٨	١٣,٥٧	٦,٤٩	٤٧٤,٢٨	٣٥
من ٧٠٠ – ٨٠٠	٢٧١,٢٩	٢٣,٦٦	١,٨٦	٠,٨٩	٢٧٣,١٥	٢٠,١٤
من ٨٠٠ – ٩٠٠	٥٨,٠٢	٥,٠٦	–	–	٥٨,٠٢	٤,٢٨
من ٩٠٠ – ١٠٠٠	٧,٨	٠,٦٨	–	–	٧,٨	٠,٥٨
١٠٠٠ متر فأكثر	٠,٢٣	٠,٠٢	–	–	٠,٢٣	٠,٠٢
الإجمالي	١١٤٦,٦	١٠٠	٢٠٩,٠٩	١٠٠	١٣٥٥,٧٢	١٠٠

المصدر : من إعداد الباحث اعتمادا علي شكل رقم (٣).

جدول (٣) فئات الانحدار بمنطقة الدراسة.

فئات الانحدار	أبو حاد		جنوب أبو حاد		الإجمالي	
	المساحة (كم٢)	(%)	المساحة (كم٢)	(%)	المساحة (كم٢)	(%)
أقل من ٢,٠	٦١٨,٦١	٥٣,٩٥	١٥٩,٦٢	٧٦,٣٤	٧٧٨,٢٣	٥٧,٤
٢ – ٥	٢٩٦,٠٦	٢٥,٨٢	٤٢,٠٣	٢٠,١	٣٣٨,٠٩	٢٤,٩٤
٥ – ١٠	١٤٣,٩	١٢,٥٥	٥,٥٨	٢,٦٧	١٤٩,٤٨	١١,٠٢
١٠ – ١٨	٧٠,٨٦	٦,١٨	١,٧٦	٠,٨٤	٧٢,٦٢	٥,٣٦
١٨ – ٣٠	١٦,٩٧	١,٤٨	٠,١	٠,٠٥	١٧,٠٧	١,٢٦
٣٠ – ٤٥	٠,٢٣	٠,٠٢	–	–	٠,٢٣	٠,٠٢
الإجمالي	١١٤٦,٦	١٠٠	٢٠٩,٠٩	١٠٠	١٣٥٥,٧٢	١٠٠

المصدر : من إعداد الباحث اعتمادا علي شكل رقم (٣).

جدول (٤) اتجاهات الانحدار بمنطقة الدراسة.

الاتجاهات	أبو حاد		جنوب أبو حاد		الإجمالي	
	المساحة (كم٢)	(%)	المساحة (كم٢)	(%)	المساحة (كم٢)	(%)
مستوي	١٤٥,٩٧	١٢,٧٣	٣٥,٩	١٧,١٧	١٨١,٨٧	١٣,٤١
الشمال	٢٦٦,٠١	٢٣,٢	٦٢,٢٩	٢٩,٧٩	٣٢٨,٣	٢٤,٢٢

الشمال الشرقي	١١٩,٠٢	١٠,٣٨	٣٦,٣٨	١٧,٤	١٥٥,٤	١١,٤٦
الشرق	١٢٢,٣٤	١٠,٦٧	٢٦,٨١	١٢,٨٢	١٤٩,١٥	١١
الجنوب الشرقي	١١٠,٣١	٩,٦٢	١٥,٧	٧,٥١	١٢٦,٠١	٩,٣
الجنوب	٩٢,٨٨	٨,١	١٢,٢٥	٥,٨٦	١٠٥,١٣	٧,٧٦
الجنوب الغربي	٩٠,٢٤	٧,٨٧	٥,٩٤	٢,٨٤	٩٦,١٨	٧,٠٩
الغرب	٩٦,٢	٨,٣٩	٤,٦٦	٢,٢٣	١٠٠,٨٦	٧,٤٤
الشمال الغربي	١٠٣,٦٦	٩,٠٤	٩,١٦	٤,٣٨	١١٢,٨٢	٨,٣٢
الإجمالى	١١٤٦,٦	١٠٠	٢٠٩,٠٩	١٠٠	١٣٥٥,٧٢	١٠٠

المصدر : من إعداد الباحث اعتمادا علي شكل رقم (٣).

جدول (٥) فئات تقوس السطح بمنطقة الدراسة.

الاتجاهات	أبو حاد		جنوب أبو حاد		الإجمالي	
	المساحة (كم٢)	(%)	المساحة (كم٢)	(%)	المساحة (كم٢)	(%)
محدب	١٥٣,٣	١٣,٣٧	٧٩,١	٣٧,٨٣	٢٣٢,٤	١٧,١٤
مستقيم	٩١٤,٢١	٧٩,٧٣	١٢٦,٠٨	٦٠,٣	١٠٤٠,٢٩	٧٦,٧٣
مقعر	٧٩,١٢	٦,٩	٣,٩١	١,٨٧	٨٣,٠٣	٦,١٣
الإجمالي	١١٤٦,٦	١٠٠	٢٠٩,٠٩	١٠٠	١٣٥٥,٧٢	١٠٠

المصدر : من إعداد الباحث اعتمادا علي شكل رقم (٣).

يتضح من دراسة الخصائص التضاريسية للمنطقة أن المدى التضاريسي لها بلغ ١٠٦٩م وهو ما يؤثر في طبيعة الجريان السيلي للمياه المنحدرة من المرتفعات نحو المنطقة السهلية بما فيها من أنشطة بشرية، كما يتضح أن سطح المنطقة ينحدر نحو الشمال والشمال الشري بنسبة ٣٥,٧٪ تقريبا، أي نحو عمران المدينة مما يساهم في زيادة خطورة الجريان السيلي، فضلا عن استقامة سطح المنطقة وغلبة العناصر المحدبة علي العناصر المقعرة.

٣. الخصائص المناخية

تلعب الظروف المناخية لمنطقة الدراسة دوراً مهما في التأثير علي الجريان السيلى، خاصة عنصر المطر المسئول الرئيسي عن ذلك. وقد تم الاعتماد علي بيانات محطة رأس غارب لدراسة الخصائص المناخية في المنطقة عدا عنصر المطر الذي تم دراسته وفق بيانات محطة سانت انطونيو التي تقع شمال رأس غارب بحوالي ١٠٠كم، ويوضح الجدول رقم (٦) الخصائص المناخية في المنطقة ويتضح منه ما يلي:

أ. درجة الحرارة : بلغ المتوسط العام لدرجة الحرارة العظمي في محطة رأس غارب ٣١,٨ درجة بينما بلغ المتوسط السنوي للحرارة الدنيا نحو ٢٠,٥درجة، في حين بلغ المتوسط السنوي للمدى الحراري نحو ١١,٣درجة، وهو معدل مرتفع إلي حد ما له تأثيرات واضحة علي عمليات التجوية والتعرية التي تتم علي صخور منطقة الدراسة التي يغلب عليها النوع الناري إلي جانب بعض الصخور الرسوبية، مما يؤدي إلي زيادة معدلات النحت والتعرية والتي يتمثل أهمها في التفكك الكتلي والحبيبي وتقشر الصخور ومن ثم تجهيزها حتى حدوث الجريان السيلى فتمتلئ الأودية بهذه الرواسب وتمثل في النهاية خطراً جيومورفولوجيا في مناطق المصب وعلي التجمعات البشرية علي طول المجري المائي.

جدول (٦) الخصائص المناخية بمنطقة الدراسة.

المحطات	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	المتوسط السنوي
الحرارة العظمي (درجة مئوية)	٢٣	٢٢,٦	٢٨	٢٩	٣٥,٥	٣٩,٦	٣٨,٦	٣٥,٢	٣١,٦	٣٨,٨	٣٤	٢٥,٨	٣١,٨
الحرارة الدنيا (درجة مئوية)	١٥,٨	١٣	١٥,٣	١٦,٣	١٨,٨	٢٢,٨	٢٥	٢٦,٧	٢٥,٥	٢٤,٩	٢٣,٧	١٨,١	٢٠,٥
المدى الحراري (درجة مئوية)	٧,٢	٩,٦	١٢,٧	١٢,٧	١٦,٧	١٦,٨	١٣,٦	٨,٥	٦,١	١٣,٩	١٠,٣	٧,٧	١١,٣
الرطوبة النسبية (٪)	٥٦	٥٧	٦٥	٦٦	٥٥	٥٧	٧٢	٧٤	٦٦	٦١	٥٤	٥٣	٦١,٣
التبخر (مم)	٨,٦	٩,٣	١١,١	١٤,٠	١٨,٣	١٩,٠	٢٢,٣	٢٠,٥	١٨,٢	١٧,١	١٣,٦	١٢,٤	١٥,٤
سرعة الرياح (كم/ساعة)	٢١,١	٢١,٥	٢١,٣	٢٤,٨	٢٥,٧	٢٦,٦	٢٥,٥	٢٣,١	٢٢,٨	٢٢,٩	٢١,٣	٢١,٨	٢٣,٢
المطر (مم)	٣,٠	١,١	٣,١	٠,٤	٢,٠	١,٦	صفر	صفر	صفر	صفر	٢,٠	صفر	١٣,٢

المصدر : الهيئة العامة للأرصاد الجوية .

جدول (٧) اتجاهات هبوب الرياح بمنطقة الدراسة (٪) .

الاتجاه	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب	سكون
رأس غارب	٣٣,١	١٥,٢	٢,١	٢,٤	١,٧	١,٤	٦,٣	٣٤,٢	٣,٦

المصدر : الهيئة العامة للأرصاد الجوية .

ب. الرطوبة النسبية والتبخر : بلغ المتوسط السنوي للرطوبة النسبية في منطقة الدراسة حوالي ٦١,٣٪، ويؤدي ارتفاع قيم الرطوبة النسبية خاصة وأنها تتفق مع فترات سقوط الأمطار وانخفاض درجات الحرارة إلى نشاط كبير لعمليات التجوية الكيميائية في صخور المنطقة، خاصة في المناطق التي تحتوي على صخور ترتفع فيها نسبة كربونات الكالسيوم مثل الحجر الجيري والطفل والتي تتأثر بعمليات التكربن والإذابة، مما يؤدي إلى حدوث حفر وتجويفات عميقة داخل الصخر . في حين بلغ المتوسط العام لمعدل التبخر نحو ١٥,٤مم، ويقلل هذا العامل من الجريان السيلى حيث يساهم في تبخر مياه الوادي ومن ثم قلة كميتها وقدرتها علي الحمل والتدمير ومن ثم انخفاض الخطورة.

ج. الرياح : تعد الرياح الشمالية الغربية هي الرياح السائدة والتي بلغت نسبتها في محطة أرصاد رأس غارب حوالي ٣٤,٢٪ من جملة اتجاهات هبوب الرياح، جدول رقم (٧)، كما بلغ متوسط سرعتها حوالي ٢٣,٢كم/ساعة. وتلعب الرياح دوراً مهما في نحت الصخور وتجهيزها لعمليات النقل عن طريق مياه الأودية الجافة، فضلا عن كونها المسئولة عن حركة السحب الحاملة لمياه المطر المؤثر الرئيسي في حدوث الجريان السيلى.

د. الأمطار: بلغ متوسط مجموع المطر السنوي خلال الفترة من ١٩٩٥م- ٢٠١٢م في محطة سانت أنطونيو نحو ١٣,٢مم، تزداد هذه الكمية في فصل الشتاء وتنخفض في باقي الفصل وتنعدم في فصل الصيف، أما أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد في نفس المحطة فقد بلغت ١٨,٣مم. ويعد المطر هو العنصر المناخي الرئيسي المؤثر في الجريان السيلى .

هـ- السجلات القصوى للأمطار :

لا تعكس معدلات الأمطار القيمة الحقيقية لمدي مساهمتها في الجريان السطحي، حيث أن للمطر في المناطق الصحراوية خصائصه التي تميزه عن غيرها من المناطق والتي يتمثل أهمها في التركز الشديد والفجائية، ومن ثم فإن دراسة أقصي كمية مطر سقطت في يوم واحد يعبر عن الدور الحقيقي للمطر في الجريان السيلى. وقد تم الاعتماد في دراسة أكبر كمية مطر سقطت علي منطقة الدراسة علي بيانات محطات الأرصاد الجوية في الساحل الغربي لخليج السويس حتى مدينة الغردقة للوقوف علي الوضع العام للتساقط في الإقليم ككل، وتمثل ذلك في بيانات محطات السويس وسانت أنطونيو والغردقة والتي يوضحها الجدول رقم (٨)، والذي يتضح منه ما يلي :

- بلغت أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد قرابة ٥٠مم وذلك في محطة السويس عام ١٩٦٥م، بينما أقل هذه الكميات فقد بلغت ٠,٥مم في نفس المحطة عام ١٩٩٤م.
- يلاحظ تركز الأمطار العالية في الجزء الشمالي من خليج السويس وتأخذ الأمطار في الانخفاض التدريجي بالاتجاه ناحية الجنوب.
- يعد شهر أكتوبر أعلي أشهر العام من حيث أكبر كمية مطر سقطت والتي بلغت ٨٤,٦مم، يليه شهر فبراير ٧٦,٦مم ثم شهر نوفمبر ٦٦,٧مم، في حين يعد شهر سبتمبر هو أقل الشهور من حيث كمية التساقط والتي بلغت ٠,٥مم يليه شهر يونيو ١,٩مم، وتنعدم الأمطار في شهري يوليو و أغسطس.
- يعد فصل الخريف هو أعلي الفصول من حيث كميات المطر التي سقطت فيه والتي بلغت كميتها ١٥١,٨مم، يليه فصل الشتاء ١٤٩,٨مم ثم فصل الربيع ٧١,٥مم وأخيرا فصل الصيف ١,٩مم.

- يعد سيل ٢٨ أكتوبر عام ٢٠١٦م هو المسئول عن الجريان السيلى في أحواض المنطقة، حيث بلغ عمق المطر في هذا السيل ٣٥مم.

جدول (٨) أقصي كمية مطر سقطت في يوم واحد في المنطقة.

العام	الفاصل الزمني	المحطة	التاريخ	كمية المطر (مم)
١٩٤٧	-	سانت انطونيو	١٩٤٧/٠٤/١٩	١٦,٥
١٩٥٠	٣	سانت انطونيو	١٩٥٠/٠٥/١٢	٧,٥
١٩٥٤	٤	سانت انطونيو	١٩٥٤/٠٢/١٨	١٨,٣
١٩٥٤	٠,٨	الغردقة	١٩٥٤/١٢/١٩	٢٤,٧
١٩٦٤	١٠	السويس	١٩٦٤/١٢/١٢	١٠
١٩٦٥	١	السويس	١٩٦٥/١٠/٠٦	٤٩,٦
١٩٦٧	٢	السويس	١٩٦٧/٠٥/١٥	٢٢
١٩٧٥	٨	الغردقة	١٩٧٥/٢/٨	١١
١٩٧٦	١	السويس	١٩٧٦/٠٤/١٢	٩,٢
١٩٨٢	٦	السويس	١٩٨٢/٠٢/٢٢	٧,٣
١٩٨٤	٢	السويس	١٩٨٤/١١/٢٣	٩,٧
١٩٨٥	١	السويس	١٩٨٥/٠٣/٢٢	١٦,٣
١٩٨٧	٢	الغردقة	١٩٨٧/٠٢/٠٣	٤٠
١٩٨٨	١	السويس	١٩٨٨/١/١٢	١٦,٥
١٩٩٠	٣	السويس	١٩٩٠/٠١/٢٦	٢٢
١٩٩١	١	السويس	١٩٩١/٠٦/١٤	١,٩
١٩٩٤	٣	السويس	١٩٩٤/٠٩/٢٧	٠,٥
١٩٩٤	٠,٢	الغردقة	١٩٩٤/١١/٠١	١٢
١٩٩٦	٢	الغردقة	١٩٩٦/١١/١٧	٤٥
٢٠١٦	١٠	السويس	٢٠١٧/١٠/٢٨	٣٥

المصدر : هيئة الأرصاد الجوية ، بيانات غير منشورة ، سنوات مختلفة.

و. تحليل العاصفة المطرية (٢٦-٢٧ أكتوبر ٢٠١٦م) :

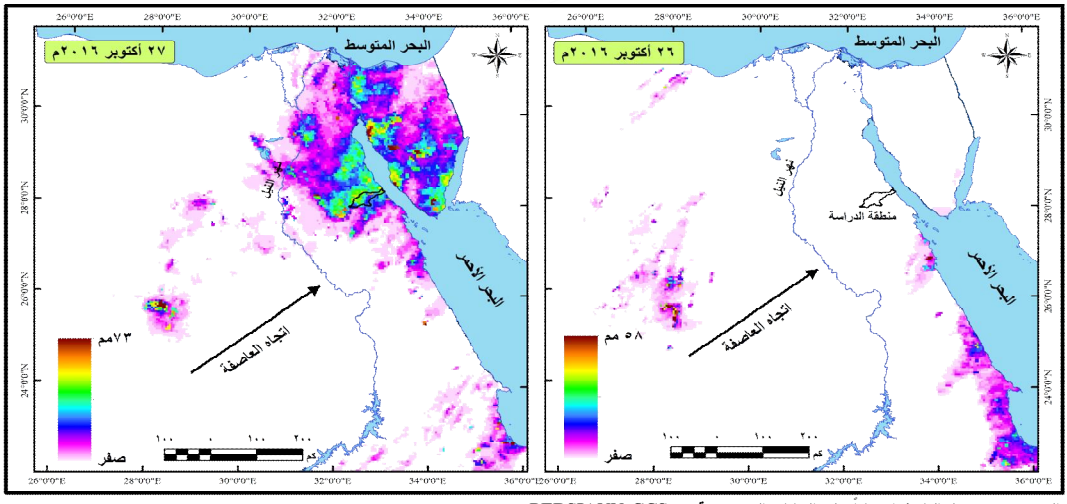
تعرضت منطقة الدراسة لسيول مدمرة ترتب عليها خسائر في الأرواح والممتلكات وذلك في يومي ٢٨ – ٢٩ أكتوبر عام ٢٠١٦م في مدينة رأس غارب، ونظرا لعدم وجود محطات رصد مناخي داخل أحواض المنطقة، فقد اعتمدت الدراسة علي بيانات مشروع PERSIANN (***) التابع لمركز الأرصاد الجوية والهيدرولوجية والاستشعار عن بعد

في جامعة كاليفورنيا والذي يقوم علي استخراج بيانات الأمطار من صور الأقمار الصناعية بواسطة النماذج الشبكية العصبية Neural Network Models ، حيث تتوفر البيانات في ثلاثة أنماط حيث تم الاعتماد علي البيانات من نوع PERSIANN-CCS (****) وهي بيانات عالية الدقة المكانية حيث يصل حجم الخلية فيها إلي ٤كم X ٤كم. ويوضح الشكلين رقما (٤) و(٥) حجم التساقط المطري علي أحواض منطقة الدراسة.

يلاحظ من خلال دراسة الشكل رقم (٤) أن المنطقة قد تأثرت بالعاصفة المطرية في يوم ٢٧ أكتوبر ٢٠١٦م والتي بلغت قوتها ٧٣مم في النطاق الشمالي الشرقي من خليج السويس، أما متوسط عمق المطر الذي سقط علي أحواض المنطقة والذي يوضحه الشكل رقم (٥) فقد تراوح بين (٨ – ٢٧مم) وبمتوسط تسقط بلغ ١٥,٨مم، وهو ما يقارب أكبر كمية مطر تم تسجيلها في محطة السويس والتي بلغت ٣٥مم، في حين أن أكبر كمية مطر سجلتها هذه العاصفة وفق تلك البيانات بلغت ٢٧مم، ولعل الفارق بين الكميتين يرجع إلي عامل انخفاض كمية التساقط بالاتجاه نحو الجنوب. وقد تم بالاعتماد علي البيانات المستخرجة من هذه النماذج حساب حجم المطر الساقط علي أحواض المنطقة وفق المعادلة الآتية :

$$R_{vol} = (R_{cum} / 1000_{mm/m})\ iz \quad (21)$$

حيث أن R_{vol} حجم المطر و R_{cum} إجمالي المطر بالمليمتر و iz حجم الخلية بالمتر المربع، وتضم أحواض المنطقة ٨٩ خلية يبلغ حجم الخلية الواحدة ١٦كم٢ وتختلف كمية المطر داخل كل خلية، وبتطبيق المعادلة السابقة يتضح أن حجم المطر الساقط علي المنطقة بلغ ٢٢,٣ مليون م٣ من المياه يوم ٢٧ أكتوبر ٢٠١٦م.



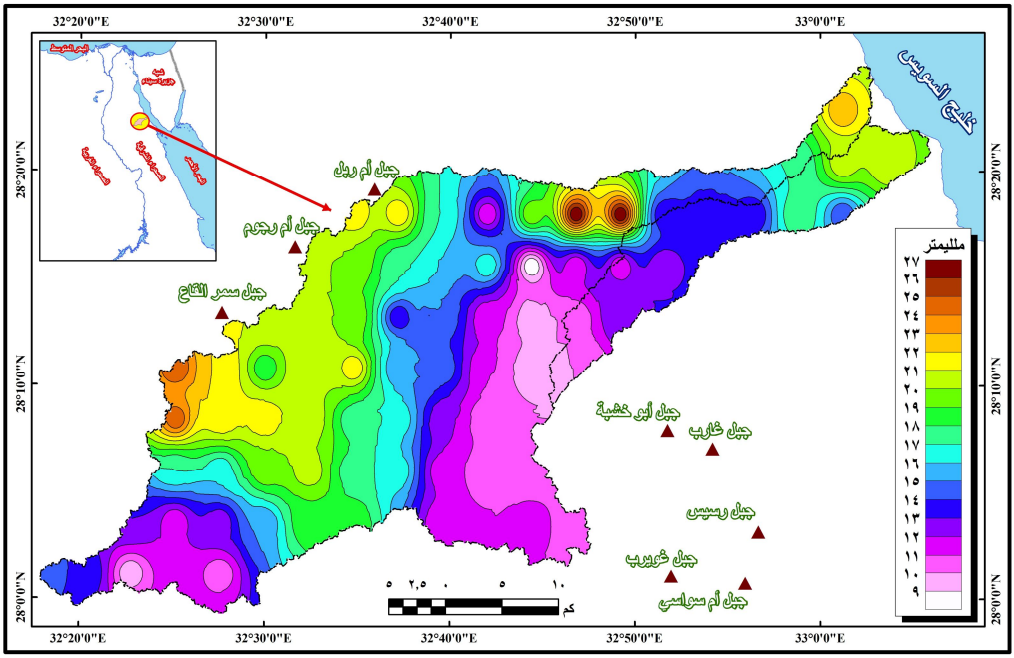
المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على البيانات المستخرجة من PERSIANN-CCS

شكل (٤) مسار العاصفة المطرية يومي ٢٦-٢٧ أكتوبر ٢٠١٦م

وقد تم دراسة سجل العاصفة المطرية التي حدثت يوم ٢٧ أكتوبر ٢٠١٦م بعد الحصول علي بيانات لكمية المطر علي مدار الساعة، حيث تم اقتطاع ٢٤ لوحة تمثل كمية المطر في منطقة الدراسة خلال ٢٤ساعة بداية من الساعة (صفر) الثانية عشر صباحاً وحتى الساعة (٢٣) الحادية عشر مساءً، ويوضح الشكل رقم (٦) هيدروجراف السيل الناتج عن تلك العاصفة، حيث غطت هذه العاصفة أحواض المنطقة في فترات زمنية مختلفة، وقد بلغ إجمالي ما سقط من المياه خلال هذه المادة ٦٧مم موزعة علي ٢٤ ساعة كما يوضحها هذا الشكل، حيث يلاحظ أن أكبر كمية تساقط قد سقطت خلال الفترة من الساعة (١٣- ١٩) أي من الساعة الواحدة ظهرا وحتى الساعة السابعة مساءً حيث سقط خلال هذه الفترة نحو ٦١مم من المياه، حيث تمثل هذه الفترة ذروة المطر والذي أعقبها الجريان السيلى الذي تسبب في حدوث تلك السيول. كذلك تم حساب الشدة المطرية وفق المعادلة الآتية :

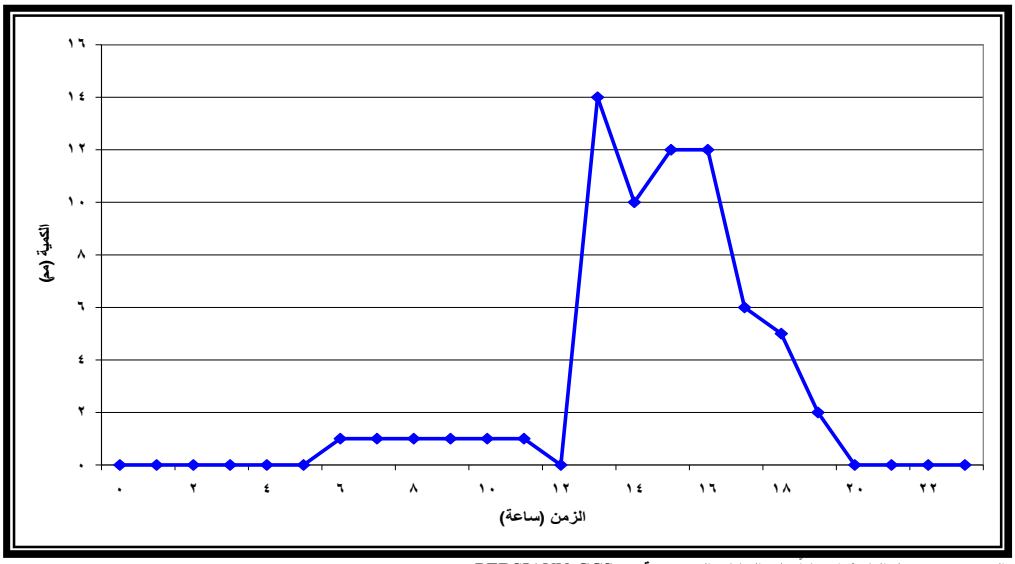
$$R_{int} = 7.44 \times P_6 \times D^{-0.645} \quad (22)$$

حيث أن R_{int} شدة المطر و P_6 كمية المطر الساقط خلال ٦ ساعات و D فترة العاصفة بالدقائق، وقد بلغت شدة العاصفة صفر في أول ست ساعات من يوم ٢٧ أكتوبر ٢٠١٦م، وبلغت ٠,٦مم/ساعة في ثاني ست ساعات، بينما بلغت ٥,٢مم/ساعة في ثالث ست ساعات وبلغت ٠,٧مم/ساعة في رابع ست ساعات، في حين بلغت ٥,٩مم/ساعة خلال فترة ذروة المطر من الساعة الواحدة ظهراً وحتى السابعة مساءً.



المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على البيانات المستخرجة من PERSIANN-CCS

شكل (٥) متوسط عمق المطر في العاصفة المطرية يوم ٢٧ أكتوبر ٢٠١٦م



المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على البيانات المستخرجة من PERSIANN-CCS

شكل (٦) هيدروجراف السيل للعاصفة المطرية يوم ٢٧ أكتوبر ٢٠١٦م

٤. أحواض منطقة رأس غارب

تضم منطقة رأس غارب حوضين رئيسيين هما حوض وادي أبو حاد في الشمال وحوض وادي جنوب أبو حاد في الجنوب، حيث يصب الأول شمال مدينة رأس غارب بينما ينتهي الثاني إلي الجزء الغربي الأوسط من المدينة. ويوضح الجدول رقم (٩) بعض الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف بالمنطقة والتي يتضح منه ما يلي :

أ. تضم منطقة الدراسة حوضين أحدهما كبير المساحة (أبو حاد) والآخر صغير المساحة (جنوب أبو حاد).

ب. يغلب علي أحواض المنطقة الاستطالة والتي بلغت (٠,٤٤- ٠,٣٩) للحوضين علي الترتيب، وهو ما يؤكدة معامل الانبعاج الذي بلغت قيمته (١,٦٤- ٢,٠٧) لكلا الحوضين وبالتالي تفلطحها واستطالتها. كما تتسم بعدم تناسق الشكل وإقترابها من الشكل المثلث حيث بلغت قيمة معامل الشكل في كلا الحوضين (٠,١٥- ٠,١٢) علي الترتيب، في حين تشير قيم الاندماج إلي عدم انتظام وتناسق هذه الاحواض وكثرة تعرج محيطاتها.

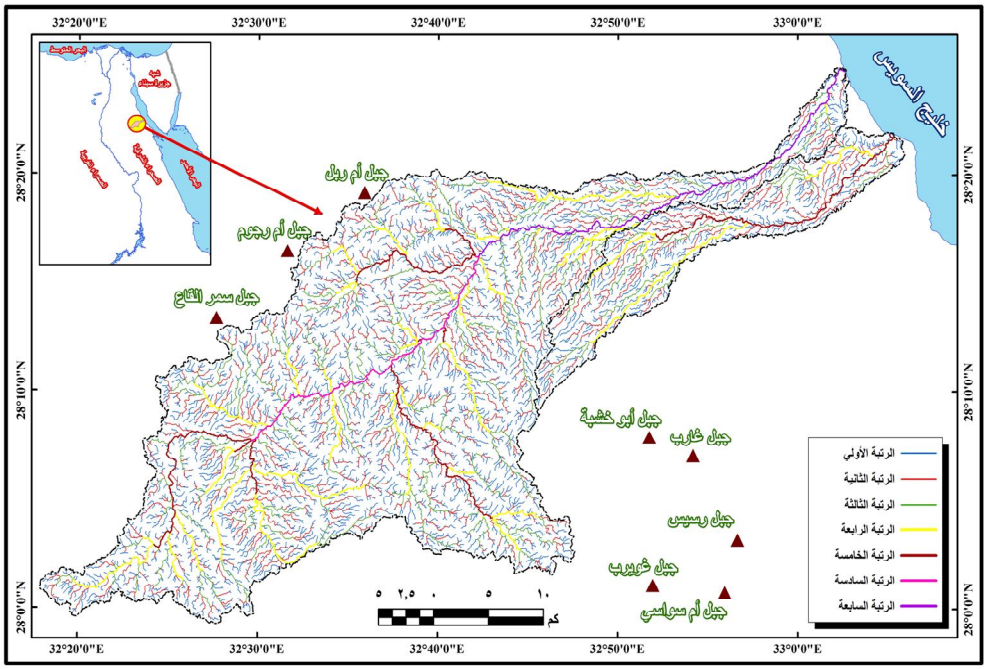
ج. تتسم أحواض منطقة الدراسة بقلة تضرس السطح والتي بلغت (٠,٠١ - ٠,٠٢) علي التريب، في حين تشير قيم التضاريس النسبية المنخفضة إلي مقاومة الصخور للتعرية حيث بلغت (٠,٣٦- ٠,٦٩). كما تؤكد بيانات الوعورة (٢,٩٤- ٢,١٣) علي زيادة التضرس الحوضي والذي بلغ (١٠٦٢- ٧٨٧م) لكلا الحوضين علي الترتيب، بينما تؤكد بيانات الرقم الجيومتري علي قلة انحدار السطح وهو ما تؤكده بيانات التكامل الهبسومتري وبالتحديد في حوض أبو حاد.

د. بلغ حوض أبو حاد الرتبة السابعة في حين بلغ حوض جنوب أبو حاد الرتبة الخامسة، شكل رقم (٧). وتشير بيانات كثافة التصريف المنخفضة إلي ارتفاع نسبة التسرب المائي وقلة سقوط الأمطار وكبر مساحة الحوض كما في حوض أبو حاد، ويتراوح النسيج الطبوغرافي فيها بين المتوسط كما في حوض جنوب أبو حاد والناعم في حوض أبو حاد.

جدول (٩) مورفومترية أحواض التصريف المائي بمنطقة الدراسة.

الحوض	المساحة (كم٢)	الطول (كم)	العرض (كم)	المحيط (كم)	تضاريس الحوض
أبو حاد	١١٤٦.٦	٨٦.٦	١٩.١	٢٩٦.٣	١٠٦٢
جنوب أبو حاد	٢٠٩.٠٩	٤١.٦	٥.٨	١١٤.٢	٧٨٧
الحوض	الاستدارة	الاستطالة	الشكل	الاندماج	الاتباعاج
أبو حاد	٠.١٧	٠.٤٤	٠.١٥	٢.٤٧	١.٦٤
جنوب أبو حاد	٠.٢٠	٠.٣٩	٠.١٢	٢.٢٣	٢.٠٧
الحوض	نسبة التضرس	التضاريس النسبية	الوعورة	الرقم الجيومتري	التكامل الهيسومترى
أبو حاد	٠.٠١	٠.٣٦	٢.٩٤	٤.١٩	١.٠٨
جنوب أبو حاد	٠.٠٢	٠.٦٩	٢.١٣	١.٩٦	٠.٢٧
الحوض	أعداد المجاري	أطوال المجاري	كثافة التصريف	النسيج الطبوغرافى	الرتب
أبو حاد	٤٦٥٥	٣١٧٦.٦	٢.٧٧	١٥.٧١	٧
جنوب أبو حاد	٦٧١	٥٦٥.٦	٢.٧١	٥.٨٨	٥

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً علي الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠٠٠٠ وملفات الارتفاعات الرقمية لمنطقة الدراسة بدقة مكانية ٣٠م



المصدر : من إعداد الباحث اعتمادا علي ملفات الارتفاعات الرقمية التي تنتجها هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS،

شكل (٧) شبكة التصريف المائي في أحواض منطقة رأس غارب

ثانياً : النمذجة الهيدرولوجية وتقدير تصريف السيول

اعتمدت الدراسة علي نموذج سنايدر Snyder (1938) في حساب وحدة الهيدروجراف لأحواض التصريف المائي، ويقصد بوحدة الهيدروجراف تغير تصريف النهر مع الوقت لفترة زمنية محددة من الأمطار عندما يكون عمق المطر المؤثر في الجريان (١سم) أو (١ بوصة) [٢٣]. ويعد نموذج سنايدر أحد أقدم النماذج التي تم تقديمها لحساب وحدة الهيدروجراف لحوض ما بالاعتماد علي خصائص وأبعاد حوض التصريف نفسه وذلك في المناطق التي يصعب فيها قياس العواصف المطرية، كما هو الحال في المناطق الجافة، كذلك يمكن تطبيقها علي أي حوض مائي علي اختلاف ظروفها المناخية لأنها لا تعتمد علي القياسات المطرية ولا علي قيم الجريان السطحي بل تعتمد علي خصائص الأحواض المورفومترية [٢٤]. وتقوم فكرة هذا النموذج علي اشتقاق وحدة الهيدروجراف لحوض التصريف المائي بالاعتماد علي عاملين مهمين في ذلك هما عامل زمن تدفق الذروة Peak flow time factor ويرمز له بالرمز *(ct)* وتتراوح قيمته بين (١,٨- ٢,٢)، وزمن تدفق الذروة Peak flow factor ويرمز له بالرمز *(cp)* وتتراوح قيمته بين (٠,٥- ٠,٧)، حيث تم الاعتماد عليهما في حساب باقي المعاملات التي تساهم في اشتقاق وحدة الهيدروجراف [٢٥].

وقد حقق نموذج سنايدر انتشاراً واسعا بفعل التعديلات التي قام بها العديد من الباحثين والهيئات ومنهم سلاح المهندسين في الجيش الأمريكي، وكل من شو (Chow et.al, 1988) و زنجيبو يو (Zhongbo you, 1998) و راميرز (Ramerez, 2000) و راجوناث (Raghunath, 1991,2006) والتي شملت تغيير قيم معاملات سنايدر بما يتناسب مع الوحدات المترية بدلا من الوحدات الإنجليزية [٢٦].

ويتكون نموذج سنايدر Snyder من مجموعة من المعادلات الرياضية البحتة التي

تعتمد علي بعض المعاملات المورفومترية لأحواض التصريف المائي والتي تم استخرجها بالاعتماد علي نموذج الارتفاع الرقمي للمنطقة من نوع SRTM بدقة تمييزية مكانية بلغت ٣٠م، حيث تم معالجة النموذج واستخراج البيانات المطلوبة منه بالاعتماد علي بعض برامج نظم المعلومات الجغرافية وبالتحديد برنامج Arc GIS 10.5 وبرنامج WMS 11.0. وقد تم الاعتماد علي النموذج المعدل بواسطة راجوناث (Raghunath, 1991,2006) نظرا لسهولته واعتماده الوحدات المترية، حيث أعطي راجوناث قيم مناسبة لقيمتي *(ct)* و *(cp)* والتي تراوحت بين (٠,٢ – ٢,٢) و (٢,٠ – ٦,٥) علي الترتيب. وفيما يلي عرض للمعادلات الرياضية التي تم تطبيقها للوصول إلي وحدة الهيدروجراف لأحواض المنطقة وهي كما يلي :

١. **زمن استجابة الأحواض المائية لتساقط الأمطار (ساعة) للوصول إلي ذروة التصريف** $T_p^{(hr)}$ والذي يعرف بزمن التباطؤ Lag Time والذي يمثل الفترة الزمنية بين ذروة سقوط الأمطار وذروة الجريان السيلى ويتم حسابه وفق المعادلة الآتية رقم (١) : -

$$T_p^{(hr)} = ct\,(L_b\ L_{ca})^{0.3} \quad (Raghunath,2006)$$

حيث أن $T_p^{(hr)}$ زمن التباطؤ L_b طول المجري الرئيسي للحوض و L_{ca} المسافة الفاصلة بين مصب الحوض المائي ومركز ثقله (كم) و ct معامل زمن تدفق الذروة Peak flow time factor أو معامل التباطؤ وهو خاص بطبيعة الحوض وانحداره وتتراوح قيمته بين (٠,٢ – ٢,٢).

ويلاحظ من الجدول رقم (١٠) أن فترة الاستجابة تراوحت بين ٢,٩ – ٣٢,١ ساعة في حوض أبو حاد وبين ٠,٥ – ٥,٨ ساعة في حوض جنوب أبو حاد. ولعل هذا ما يفسر الفترة الزمنية من سقوط الأمطار يوم ٢٧ أكتوبر والجريان السيلى صباح يوم ٢٨ أكتوبر. ويلاحظ أنه كلما زادت قيمة (ct) زادت فترة الاستجابة والعكس، وقد تراوحت هذه القيمة بين (١,٦٩ - ١٨,٦٣ساعة) في حوض عرنة شرق مدينة مكة المكرمة كما تراوحت بين (١,٥٩- ١٧,٤٥ساعة) في حوض نعمان جنوب مدينة مكة المكرمة.

جدول (١٠) فترة الاستجابة والفترة القياسية للأمطار في أحواض المنطقة.

ct	T_p		T_r	
	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد
٠,٢	٢,٩١٩	١,٧١٥	٠,٥٣١	٠,٣١٢
٠,٤	٥,٨٣٩	٣,٤٣١	١,٠٦٢	٠,٦٢٤
٠,٦	٨,٧٥٨	٥,١٤٦	١,٥٩٢	٠,٩٣٦
٠,٨	١١,٦٧٧	٦,٨٦٢	٢,١٢٣	١,٢٤٨
١	١٤,٥٩٧	٨,٥٧٧	٢,٦٥٤	١,٥٥٩
١,٢	١٧,٥١٦	١٠,٢٩٣	٣,١٨٥	١,٨٧١
١,٤	٢٠,٤٣٥	١٢,٠٠٨	٣,٧١٥	٢,١٨٣
١,٦	٢٣,٣٥٤	١٣,٧٢٤	٤,٢٤٦	٢,٤٩٥
١,٨	٢٦,٢٧٤	١٥,٤٣٩	٤,٧٧٧	٢,٨٠٧
٢	٢٩,١٩٣	١٧,١٥٤	٥,٣٠٨	٣,١١٩
٢,٢	٣٢,١١٢	١٨,٨٧٠	٥,٨٣٩	٣,٤٣١

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلة رقم (١) ورقم (٢).

٢. **الفترة الزمنية القياسية لتمثيل زمن ذروة سقوط الأمطار (ساعة)** $T_r^{(hr)}$ وتستخدم هذه المعادلة عندما تكون فترة سقوط الأمطار *(Tr)* لا تتجاوز زمن استجابة الحوض *(Tp)* وهو ما ينطبق علي أحواض المنطقة، ويمكن حسابها من خلال المعادلة الآتية رقم (٢) : -

$$T_r^{(hr)} = \frac{T_p^{(hr)}}{5.5} \qquad \textit{(Réméniéras G, 1972)}$$

حيث أن $T_r^{(hr)}$ الفترة القياسية لتمثيل زمن ذروة سقوط الأمطار و $T_p^{(hr)}$ زمن استجابة حوض التصريف لتساقط الأمطار. ويلاحظ من جدول رقم (١٠) أن الفترة الزمنية القياسية لتمثيل زمن ذروة هطول الأمطار قد تراوحت بين ١,٧ – ١٨,٩ ساعة في حوض أبو حاد وبين ٠,٣ – ٣,٤ ساعة في حوض جنوب أبو حاد. وبناء علي ذلك فإن حوض جنوب أبو حاد يحتاج إلي فترة لا تزيد عن ٣,٤ساعة للوصول إلي ذروة التساقط المطري والجريان السيلي، وذلك مرتبط بإنخفاض قيمة $T_p^{(hr)}$ التي تمثل زمن استجابة الحوض والتي تتأثر في الأساس بقيم *ct*، حيث أنه كلما زادت قيمتها زادت

معها فترة استجابة الحوض وهو ما يعني قلة الانحدار وزيادة الازمنة الأخرى في حين أن انخفاضها يشير إلي زيادة الانحدار ومن ثم انخفاض الأزمنة الأخرى، وذلك عكس وادي أبو حاد الذي ترتفع فيه قيمة ct مما أثر في زمن الاستجابة وفترة ذروة المطر.

٣. **كمية التدفق الأقصى للسيول (م٣/ث)** $Q_p^{(m3/s)}$ ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية رقم (٣) :-

$$Q_p^{(m3/s)} = \frac{Cp(A)}{T_p^{(hr)}} \quad (Raghunath\ 2006)$$

حيث أن $Q_p^{(m3/s)}$ كمية التدفق الأقصى للسيول و(A) مساحة الحوض و (cp) معامل تدفق الذروة Peak flow factor ويرتبط بقابلية الحوض لتخزين المياه وله علاقة بالنفاذية وتتراوح قيمته بين (٢,٠ – ٦,٥). ويوضح الجدول رقم (١١) كمية التدفق الأقصى للسيول في أحواض المنطقة والذي يتضح منه أن قيمة تصريف وادي أبو حاد تتراوح بين (٧١,٤ – ٢٥٥٣,٠) م٣/ث، في حين تتراوح قيمة أقصي تصريف لحوض جنوب أبو حاد بين (٢٢,٢ – ٧٩٢,٣) م٣/ث. ويلاحظ أنه كلما زادت قيمة (cp) كلما زاد معه قيمة التدفق الأقصى للسيل، في حين أن العلاقة عكسية بين قيمة (ct) وأقصي تدفق للسيل. وقد تراوحت هذه الكمية بين (٦١- ٢١٧٠ م٣/ث) في حوض عرنة شرق مكة المكرمة، و بين (٧٩- ٢٨٠٦ م٣/ث) في حوض نعمان جنوب مكة المكرمة والتي تبلغ مساحتها (٥٦٥,٣ - ٦٨٥,١كم٢) لكل حوض منهما علي الترتيب.

٤. **زمن الأساس للسيل (القاعدة الزمنية للهيدروجراف أو زمن السيل) (يوم)** $T_b\ (days)$ ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية رقم (٤) :-

$$T_b\ (days) = 3 + \frac{T_p^{(hr)}}{8.0} \qquad (عبد الرحمن\ و\ ماردیني،\ ٢٠٠٣)$$

حيث أن $T_b\ (days)$ زمن الأساس للسيل والذي تبلغ مدته ثلاثة أيام للأحواض الكبيرة المساحة و$T_p^{(hr)}$ زمن استجابة حوض التصريف لتساقط الأمطار، ويلاحظ تأثر

زمن الأساس للسيل بقيمة زمن الاستجابة $T_p^{(hr)}$ والتي كلما زادت ارتفع معها زمن السيل الذي يتأثر أيضا بالزيادة في قيم معامل التباطؤ *(ct)*. ويلاحظ أن زمن الأساس للسيل يتراوح بين ٣,٤ – ٧,٠ يوم في حوض أبو حاد وبين ٣,٢ – ٥,٤ يوم في حوض جنوب أبو حاد، جدول رقم (١٢)، وهي قيم مرتفعة لا تتوافق مع أحواض المنطقة حيث تم حسابها علي أساس الأحواض كبيرة المساحة (٣- ٥ أيام) ولذلك تم استبدالها بمعادلة سنايدر الآتية رقم (٥) والتي تتوافق مع الأحواض صغيرة المساحة.

جدول (١١) كمية التدفق الأقصى للسيول في أحواض المنطقة.

cp	٢,٠		٣,٠		٤,٠		٥,٠		٦,٠		٦,٥	
ct	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد
٠,٢	٧٨٥,٦	٢٤٣,٨	١١٧٨,٣	٣٦٥,٧	١٥٧١,١	٤٨٧,٥	١٩٦٣,٩	٦٠٩,٤	٢٣٥٦,٧	٧٣١,٣	٢٥٥٣,٠	٧٩٢,٣
٠,٤	٣٩٢,٨	١٢١,٩	٥٨٩,٢	١٨٢,٨	٧٨٥,٦	٢٤٣,٨	٩٨١,٩	٣٠٤,٧	١١٧٨,٣	٣٦٥,٧	١٢٧٦,٥	٣٩٦,١
٠,٦	٢٦١,٩	٨١,٣	٣٩٢,٨	١٢١,٩	٥٢٣,٧	١٦٢,٥	٦٥٤,٦	٢٠٣,١	٧٨٥,٦	٢٤٣,٨	٨٥١,٠	٢٦٤,١
٠,٨	١٩٦,٤	٦٠,٩	٢٩٤,٦	٩١,٤	٣٩٢,٨	١٢١,٩	٤٩١,٠	١٥٢,٤	٥٨٩,٢	١٨٢,٨	٦٣٨,٣	١٩٨,١
١,٠	١٥٧,١	٤٨,٨	٢٣٥,٧	٧٣,١	٣١٤,٢	٩٧,٥	٣٩٢,٨	١٢١,٩	٤٧١,٣	١٤٦,٣	٥١٠,٦	١٥٨,٥
١,٢	١٣٠,٩	٤٠,٦	١٩٦,٤	٦٠,٩	٢٦١,٩	٨١,٣	٣٢٧,٣	١٠١,٦	٣٩٢,٨	١٢١,٩	٤٢٥,٥	١٣٢,٠
١,٤	١١٢,٢	٣٤,٨	١٦٨,٣	٥٢,٢	٢٢٤,٤	٦٩,٦	٢٨٠,٦	٨٧,١	٣٣٦,٧	١٠٤,٥	٣٦٤,٧	١١٣,٢
١,٦	٩٨,٢	٣٠,٥	١٤٧,٣	٤٥,٧	١٩٦,٤	٦٠,٩	٢٤٥,٥	٧٦,٢	٢٩٤,٦	٩١,٤	٣١٩,١	٩٩,٠
١,٨	٨٧,٣	٢٧,١	١٣٠,٩	٤٠,٦	١٧٤,٦	٥٤,٢	٢١٨,٢	٦٧,٧	٢٦١,٩	٨١,٣	٢٨٣,٧	٨٨,٠
٢,٠	٧٨,٦	٢٤,٤	١١٧,٨	٣٦,٦	١٥٧,١	٤٨,٨	١٩٦,٤	٦٠,٩	٢٣٥,٧	٧٣,١	٢٥٥,٣	٧٩,٢
٢,٢	٧١,٤	٢٢,٢	١٠٧,١	٣٣,٢	١٤٢,٨	٤٤,٣	١٧٨,٥	٥٥,٤	٢١٤,٢	٦٦,٥	٢٣٢,١	٧٢,٠

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلة رقم (٣)

٥. **زمن الأساس للسيل (ساعة)** $T_b\ (hours)$ وذلك وفق المعادلة الآتية رقم (٥):

$$T_b\ (hours) = (T_p)^{(hr)}\ X\ 4 \qquad (محمد سعيد البارودي، ٢٠١٢)$$

حيث أن $T_b\ (hours)$ زمن الأساس للسيل (ساعة) و$T_p^{(hr)}$ زمن استجابة حوض التصريف لتساقط الأمطار، وقد تراوح زمن الأساس للسيل في حوض أبو حاد بين ١١,٧ – ١٢٨,٥ ساعة وفي حوض جنوب أبو حاد بين ٦,٩ – ٧٥,٥٥ ساعة. وقد تراوحت هذه الفترة بين (٦,٨- ٧٤,٥ساعة) في ادي عرنة و(٦,٤- ٦٩,٨ساعة) في وادي نعمان.

جدول (١٢) زمن الأساس للسيل (يوم- ساعة) في أحواض المنطقة.

ct	(T_b (day)		(T_b (hours)	
	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد
٠,٢	٣,٣٦٥	٣,٢١٤	١١,٦٧٧	٦,٨٦٢
٠,٤	٣,٧٣٠	٣,٤٢٩	٢٣,٣٥٤	١٣,٧٢٤
٠,٦	٤,٠٩٥	٣,٦٤٣	٣٥,٠٣٢	٢٠,٥٨٥
٠,٨	٤,٤٦٠	٣,٨٥٨	٤٦,٧٠٩	٢٧,٤٤٧
١	٤,٨٢٥	٤,٠٧٢	٥٨,٣٨٦	٣٤,٣٠٩
١,٢	٥,١٨٩	٤,٢٨٧	٧٠,٠٦٣	٤١,١٧١
١,٤	٥,٥٥٤	٤,٥٠١	٨١,٧٤٠	٤٨,٠٣٢
١,٦	٥,٩١٩	٤,٧١٥	٩٣,٤١٨	٥٤,٨٩٤
١,٨	٦,٢٨٤	٤,٩٣٠	١٠٥,٠٩٥	٦١,٧٥٦
٢	٦,٦٤٩	٥,١٤٤	١١٦,٧٧٢	٦٨,٦١٨
٢,٢	٧,٠١٤	٥,٣٥٩	١٢٨,٤٤٩	٧٥,٤٧٩

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلة رقم (٤) و (٥).

٦. **فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل** $T_m{}^{(hr)}(days)$ ويقصد بها الفترة التي يحتاجها الجريان السطحي للوصول إلي أعلي منسوب له، ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية رقم (٦) : -

$$T_m{}^{(hr)}(days) = \frac{1}{3} T_b\,(days) \qquad (Raghunath\ 2006)$$

حيث أن $T_m{}^{(hr)}(days)$ فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل الأساس للسيل (ساعة) و $T_b\ (days)$ زمن الأساس للسيل (ساعة)، وقد تراوحت فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل بين ٢٦,٩ – ٥٦,١ ساعة في حوض أبو حاد وبين ٢٥,٧ – ٤٢,٩ ساعة في حوض جنوب أبو حاد، جدول (١٣).

٧. **الارتفاع التدريجي لتدفق السيل اعتماداً علي زمن السيل بالساعات** $(T_m{}^{(hr)}\ hours)$ ، وذلك تعديلاً لما جاء في المعادلة السابقة التي تم حسابها علي أساس الأحواض كبيرة المساحة، ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية رقم (٧) : -

جدول (١٣) فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (يوم- ساعة) في أحواض المنطقة.

ct	Tm (day)		Tm (hours)	
	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد
٠,٢	٢٦,٩١٩	٢٥,٧١٥	٣,٨٩٢	٢,٢٨٧
٠,٤	٢٩,٨٣٩	٢٧,٤٣١	٧,٧٨٥	٤,٥٧٥
٠,٦	٣٢,٧٥٨	٢٩,١٤٦	١١,٦٧٧	٦,٨٦٢
٠,٨	٣٥,٦٧٧	٣٠,٨٦٢	١٥,٥٧٠	٩,١٤٩
١	٣٨,٥٩٧	٣٢,٥٧٧	١٩,٤٦٢	١١,٤٣٦
١,٢	٤١,٥١٦	٣٤,٢٩٣	٢٣,٣٥٤	١٣,٧٢٤
١,٤	٤٤,٤٣٥	٣٦,٠٠٨	٢٧,٢٤٧	١٦,٠١١
١,٦	٤٧,٣٥٤	٣٧,٧٢٤	٣١,١٣٩	١٨,٢٩٨
١,٨	٥٠,٢٧٤	٣٩,٤٣٩	٣٥,٠٣٢	٢٠,٥٨٥
٢	٥٣,١٩٣	٤١,١٥٤	٣٨,٩٢٤	٢٢,٨٧٣
٢,٢	٥٦,١١٢	٤٢,٨٧٠	٤٢,٨١٦	٢٥,١٦٠

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلة رقم (٦) و (٧).

$$(T_m^{(hr)}\ hours) = \frac{T_b\ (hours)}{3.0}$$ (محمد سعيد البارودي، ٢٠١٢)

حيث أن $(T_m^{(hr)}\ hours)$ فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل بالساعات (ساعة) و$T_b\ (hours)$ زمن الأساس للسيل (ساعة)، وقد تراوحت فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل وفق المعادلة السابقة بين ٣,٩ – ٤٢,٨ ساعة في وادي أبو حاد وبين ٢,٣ – ٢٥,٢ ساعة في وادي جنوب أبو حاد، ويلاحظ هنا تأثر عامل مساحة الحوض علي ارتفاع تدفق السيل داخل الحوض. وقد تراوحت هذه الفترة بين (٢,٣- ٢٤,٨ساعة) في وادي عرنة وبين (٢,١- ٢٣,٣ساعة) في حوض نعمان.

٨. **فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل** $(T_d^{(hr)}\ days)$ ويقصد بها الفترة الزمنية التي يستغرقها السيل لرجوع المياه إلي وضعها الطبيعي، ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية رقم (٨ – أ) : -

$$(T_d^{(hr)}\ days) = \frac{2}{3}\ T_b\ (days)$$ (Raghunath 2006)

حيث أن $(T_d^{(hr)}\ days)$ فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل بالساعات (ساعة) وهي الفترة الزمنية الممتدة بين ذروة التدفق إلي نهايته علي الهيدروجراف و T_b

(days) زمن الأساس للسيل (ساعة)، وقد تراوحت فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل بين ٥٣,٨ – ١١٢,٢ ساعة في حوض أبو حاد وبين ٥١,٤ – ٨٥,٧ ساعة في حوض جنوب أبو حاد. ويلاحظ أيضا ارتفاع قيم ناتج المعادلة السابقة وذلك لأنه تم حسابها علي أساس الأحواض كبيرة في المساحة لذا تم تعديلها بالمعادلة الآتية رقم (٨ – ب) :

$$(T_d{}^{(hr)}\ hours) = T_b\ (hours)\ \frac{2}{3}$$ (محمد سعيد البارودي، ٢٠١٢)

حيث أن $(T_d{}^{(hr)}\ hours)$ فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل بالساعات (ساعة) و $T_b\ (hours)$ زمن الأساس للسيل (ساعة)، وقد تراوحت تلك الفترة بين ٧,٧ – ٨٥,٦ ساعة في حوض أبو حاد وبين ٤,٦ – ٥٠,٣ ساعة في حوض جنوب أبو حاد، جدول (١٤). ويلاحظ مما سبق أن الفترة اللازمة للأرتفاع التدريجي لتدفق السيل أقل بكثير من الفترة اللازمة للإنخفاض التدريجي لتدفق السيل حيث تراوح الفرق بين الفترتين بين (٣,٨- ٤٢,٨ساعة) في حوض أبو حاد وبين (٢,٣- ٢٥,١ساعة) في حوض جنوب أبو حاد ولعل هذه الفترة تشكل الفترة الزمنية من بداية التساقط المطري يوم ٢٧أكتوبر والجريان السيلي يوم ٢٨أكتوبر وأستمراره في يوم ٢٩ أكتوبر ٢٠١٦م.

جدول (١٤) فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل (يوم- ساعة) في أحواض المنطقة.

ct	$T_d{}^{(hr)}$/ (day)		$T_d{}^{(hr)}$ (hours)	
	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد
٠,٢	٥٣,٨٣٩	٥١,٤٣١	٧,٧٨٥	٤,٥٧٥
٠,٤	٥٩,٦٧٧	٥٤,٨٦٢	١٥,٥٧٠	٩,١٤٩
٠,٦	٦٥,٥١٦	٥٨,٢٩٣	٢٣,٣٥٤	١٣,٧٢٤
٠,٨	٧١,٣٥٤	٦١,٧٢٤	٣١,١٣٩	١٨,٢٩٨
١	٧٧,١٩٣	٦٥,١٥٤	٣٨,٩٢٤	٢٢,٨٧٣
١,٢	٨٣,٠٣٢	٦٨,٥٨٥	٤٦,٧٠٩	٢٧,٤٤٧
١,٤	٨٨,٨٧٠	٧٢,٠١٦	٥٤,٤٩٤	٣٢,٠٢٢
١,٦	٩٤,٧٠٩	٧٥,٤٤٧	٦٢,٢٧٨	٣٦,٥٩٦
١,٨	١٠٠,٥٤٧	٧٨,٨٧٨	٧٠,٠٦٣	٤١,١٧١
٢	١٠٦,٣٨٦	٨٢,٣٠٩	٧٧,٨٤٨	٤٥,٧٤٥
٢,٢	١١٢,٢٢٥	٨٥,٧٤٠	٨٥,٦٣٣	٥٠,٣٢٠

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلة رقم (٨ – أ) و (٨ – ب).

٩. **تركيز الأمطار المناسبة لتدفق الذروة (سم/ساعة)** ، ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية رقم (٩) :-

$$I^{(cm/hr)} = \frac{1}{T_r^{(hr)}}$$ *(محمد سعيد البارودي، ٢٠١٢)*

حيث أن $I^{(cm/hr)}$ تركيز الأمطار المناسبة لتدفق الذروة (سم/ساعة) و $T_r^{(hr)}$ الفترة القياسية لتمثيل زمن ذروة سقوط الأمطار، وقد تراوح أدنى وأقصى تركيز أمطار مناسبة لتدفق الذروة في حوض أبو حاد بين ٠,١٧١ – ١,٩ سم/ساعة، في حين تراوح في حوض جنوب أبو حاد بين ٠,٢٩١ – ٣,٢ سم/ساعة، جدول رقم (١٥). ويلاحظ أن العلاقة عكسية بين تركيز الأمطار أو كثافتها وبين الفتر القياسية لزمن ذروة المطر $T_r^{(hr)}$، حيث أنه كلما زادت قيمة الفترة الزمنية قلت كثافة المطر والعكس صحيح وهي أيضا مرتبطة بقيمة ct بعلاقة عكسية أيضا.

جدول (١٥) تركيز الأمطار المناسبة لتدفق الذروة في أحواض المنطقة.

ct	أبو حاد		جنوب أبو حاد	
	$I^{(cm/hr)}$	$I^{(mm)}$	$I^{(cm/hr)}$	$I^{(mm)}$
٠,٢	١,٨٨٤	١٨,٨٤٠	٣,٢٠٦	٣٢,٠٦٢
٠,٤	٠,٩٤٢	٩,٤٢٠	١,٦٠٣	١٦,٠٣١
٠,٦	٠,٦٢٨	٦,٢٨٠	١,٠٦٩	١٠,٦٨٧
٠,٨	٠,٤٧١	٤,٧١٠	٠,٨٠٢	٨,٠١٥
١	٠,٣٧٧	٣,٧٦٨	٠,٦٤١	٦,٤١٢
١,٢	٠,٣١٤	٣,١٤٠	٠,٥٣٤	٥,٣٤٤
١,٤	٠,٢٦٩	٢,٦٩١	٠,٤٥٨	٤,٥٨٠
١,٦	٠,٢٣٦	٢,٣٥٥	٠,٤٠١	٤,٠٠٨
١,٨	٠,٢٠٩	٢,٠٩٣	٠,٣٥٦	٣,٥٦٢
٢	٠,١٨٨	١,٨٨٤	٠,٣٢١	٣,٢٠٦
٢,٢	٠,١٧١	١,٧١٣	٠,٢٩١	٢,٩١٥

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلة رقم (٩)

١٠. **قيمة تدفق الذروة النوعي للحوض المائي** $Qp^{(m3/s/km2)}$ ، ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية رقم (١٠) :-

$$Qp^{(m3/s/km2)} = \frac{Q_p^{(m3/s)}}{A\ (km2)}$$ *(Raghunath 2006)*

حيث أن $Qp^{(m3/s/km2)}$ قيمة تدفق الذروة النوعي للحوض المائي $Q_p^{(m3/s)}$ كمية التدفق الأقصى للسيول و $A\ (km2)$ مساحة الحوض، وقد تراوحت قيمة تدفق الذروة النوعي للحوض المائي في المنطقة بين ٠,٠٦٢ – ٢,٢م٣/ث/كم٢ في حوض أبو حاد وبين ٠,١٠٦ – ٣,٨م٣/ث/كم٢، جدول رقم (١٦). وقد تراوحت هذه القيمة بين (٠,١– ٣,٨م٣/ث/كم٢) في وادي عرنة وبين (٠,١١– ٤,٠٩م٣/ث/كم٢) في وادي نعمان، حيث يلاحظ أنه كلما قلت مساحة الحوض ارتفعت معه قيمة تدفق الذروة النوعي والعكس صحيح حيث تصرف الأحواض صغيرة المساحة مياهها بشكل اسرع من الأحواض كبيرة المساحة.

جدول (١٦) قيمة تدفق الذروة النوعي في أحواض المنطقة.

cp	٢		٣		٤		٥		٦		٦,٥	
ct	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد
٠,٢	٠,٦٨٥	١,١٦٦	١,٠٢٨	١,٧٤٩	١,٣٧٠	٢,٣٣٢	١,٧١٣	٢,٩١٥	٢,٠٥٥	٣,٤٩٨	٢,٢٢٧	٣,٧٨٩
٠,٤	٠,٣٤٣	٠,٥٨٣	٠,٥١٤	٠,٨٧٤	٠,٦٨٥	١,١٦٦	٠,٨٥٦	١,٤٥٧	١,٠٢٨	١,٧٤٩	١,١١٣	١,٨٩٥
٠,٦	٠,٢٢٨	٠,٣٨٩	٠,٣٤٣	٠,٥٨٣	٠,٤٥٧	٠,٧٧٧	٠,٥٧١	٠,٩٧٢	٠,٦٨٥	١,١٦٦	٠,٧٤٢	١,٢٦٣
٠,٨	٠,١٧١	٠,٢٩١	٠,٢٥٧	٠,٤٣٧	٠,٣٤٣	٠,٥٨٣	٠,٤٢٨	٠,٧٢٩	٠,٥١٤	٠,٨٧٤	٠,٥٥٧	٠,٩٤٧
١	٠,١٣٧	٠,٢٣٣	٠,٢٠٦	٠,٣٥٠	٠,٢٧٤	٠,٤٦٦	٠,٣٤٣	٠,٥٨٣	٠,٤١١	٠,٧٠٠	٠,٤٤٥	٠,٧٥٨
١,٢	٠,١١٤	٠,١٩٤	٠,١٧١	٠,٢٩١	٠,٢٢٨	٠,٣٨٩	٠,٢٨٥	٠,٤٨٦	٠,٣٤٣	٠,٥٨٣	٠,٣٧١	٠,٦٣٢
١,٤	٠,٠٩٨	٠,١٦٧	٠,١٤٧	٠,٢٥٠	٠,١٩٦	٠,٣٣٣	٠,٢٤٥	٠,٤١٦	٠,٢٩٤	٠,٥٠٠	٠,٣١٨	٠,٥٤١
١,٦	٠,٠٨٦	٠,١٤٦	٠,١٢٨	٠,٢١٩	٠,١٧١	٠,٢٩١	٠,٢١٤	٠,٣٦٤	٠,٢٥٧	٠,٤٣٧	٠,٢٧٨	٠,٤٧٤
١,٨	٠,٠٧٦	٠,١٣٠	٠,١١٤	٠,١٩٤	٠,١٥٢	٠,٢٥٩	٠,١٩٠	٠,٣٢٤	٠,٢٢٨	٠,٣٨٩	٠,٢٤٧	٠,٤٢١
٢	٠,٠٦٩	٠,١١٧	٠,١٠٣	٠,١٧٥	٠,١٣٧	٠,٢٣٣	٠,١٧١	٠,٢٩١	٠,٢٠٦	٠,٣٥٠	٠,٢٢٣	٠,٣٧٩
٢,٢	٠,٠٦٢	٠,١٠٦	٠,٠٩٣	٠,١٥٩	٠,١٢٥	٠,٢١٢	٠,١٥٦	٠,٢٦٥	٠,١٨٧	٠,٣١٨	٠,٢٠٢	٠,٣٤٤

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلة رقم (١٠)

١١. **الفترة الزمنية** $W_{50}^{(hr)}$ و $W_{75}^{(hr)}$ المناسبتين لعرض منحني السيل (الهيدروجراف) عند مستوي ٥٠٪ و ٧٥٪ من تصريف الذروة ، ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية رقم (١١) و (١٢) :-

$$W_{50}^{(hr)} = \frac{5.6}{(Q_p)^{1.08}} \quad (11)$$

(Dubreuil,p. 1974)

$$W_{75}^{(hr)} = \frac{3.21}{(Q_p)^{1.08}} \quad (12)$$

حيث أن $W_{50}^{(hr)}$ و $W_{75}^{(hr)}$ الفترة الزمنية المناسبة لقيمة ٥٠٪ و ٧٥٪ من التدفق الأقصى للسيل (م٣/ثانية) بينما تمثل قيمة $Qp^{(m3/s/km2)}$ تدفق الذروة النوعي للحوض المائي، وقد تراوحت الفترة الزمنية المناسبة لعرض منحني السيل (الهيدروجراف) عند مستوي ٥٠٪ بين ٢,٤ – ١١٢,٣ساعة في وادي أبو حاد و بين ١,٣ – ٦٣,٢ ساعة في حوض جنوب أبو حاد ، جدول رقم (١٧). كما تراوحت الفترة الزمنية المناسبة لعرض منحني السيل (الهيدروجراف) عند مستوي ٧٥٪ بين ١,٤ – ٦٤,٤ساعة في وادي أبو حاد و بين ٠,٧٦ – ٣٦,٢ ساعة في حوض جنوب أبو حاد ، جدول رقم (١٨).

١٢. **حجم السيل في الحوض المائي** $AL^{(Hm3)}(10^{6m3})$ ، ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية رقم (١٣) :-

$$AL^{(Hm3)}(10^{6m3}) = Q_p{}^{(m3/s)} [\, T_m(sec.)\ 10^{-6}] \quad (PNUD\text{-}OPE,1987)$$

حيث أن $AL^{(Hm3)}(10^{6m3})$ حجم السيل ف الحوض المائي، وتمثل $Q_p{}^{(m3/s)}$ كمية التدفق الأقصى للسيول، في حين تمثل $T_m(sec.)$ فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل، وقد تراوح حجم السيل في حوض أبو حاد بين ١٤,٤ – ٢٤٧,٤مليون/م٣ وبين ٣,٤ – ٧٣,٣ مليون/م٣ في حوض جنوب أبو حاد، جدول(١٩). وقد تراوح حجم السيل بين (٩,٣- ٢٠٠,٧مليون م٣) في وادي عرنة وبين (١١,٧- ٢٥٨,٥مليون م٣) في وادي نعمان.

جدول (١٧) الفترة الزمنية W_{50} المناسبة لعرض منحني السيل في أحواض المنطقة.

cp	٢		٣		٤		٥		٦		٦,٥	
ct	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد
٠,٢	٨,٤٣	٤,٧٤	٥,٤٤	٣,٠٦	٣,٩٩	٢,٢٤	٣,١٣	١,٧٦	٢,٥٧	١,٤٥	٢,٣٦	١,٣٣
٠,٤	١٧,٨١	١٠,٠٣	١١,٥٠	٦,٤٧	٨,٤٣	٤,٧٤	٦,٦٢	٣,٧٣	٥,٤٤	٣,٠٦	٤,٩٩	٢,٨١
٠,٦	٢٧,٦٠	١٥,٥٤	١٧,٨١	١٠,٠٣	١٣,٠٥	٧,٣٥	١٠,٢٦	٥,٧٨	٨,٤٣	٤,٧٤	٧,٧٣	٤,٣٥
٠,٨	٣٧,٦٥	٢١,٢٠	٢٤,٣٠	١٣,٦٩	١٧,٨١	١٠,٠٣	١٤,٠٠	٧,٨٨	١١,٥٠	٦,٤٧	١٠,٥٤	٥,٩٤
١	٤٧,٩١	٢٦,٩٨	٣٠,٩٢	١٧,٤١	٢٢,٦٦	١٢,٧٦	١٧,٨١	١٠,٠٣	١٤,٦٣	٨,٢٤	١٣,٤٢	٧,٥٦
١,٢	٥٨,٣٤	٣٢,٨٦	٣٧,٦٥	٢١,٢٠	٢٧,٦٠	١٥,٥٤	٢١,٦٩	١٢,٢١	١٧,٨١	١٠,٠٣	١٦,٣٤	٩,٢٠
١,٤	٦٨,٩١	٣٨,٨١	٤٤,٤٧	٢٥,٠٥	٣٢,٦٠	١٨,٣٦	٢٥,٦٢	١٤,٤٣	٢١,٠٤	١١,٨٥	١٩,٣٠	١٠,٨٧
١,٦	٧٩,٦٠	٤٤,٨٣	٥١,٣٧	٢٨,٩٣	٣٧,٦٥	٢١,٢٠	٢٩,٥٩	١٦,٦٦	٢٤,٣٠	١٣,٦٩	٢٢,٢٩	١٢,٥٥
١,٨	٩٠,٤٠	٥٠,٩١	٥٨,٣٤	٣٢,٨٦	٤٢,٧٦	٢٤,٠٨	٣٣,٦٠	١٨,٩٢	٢٧,٦٠	١٥,٥٤	٢٥,٣١	١٤,٢٥
٢	١٠١,٢٩	٥٧,٠٤	٦٥,٣٧	٣٦,٨١	٤٧,٩١	٢٦,٩٨	٣٧,٦٥	٢١,٢٠	٣٠,٩٢	١٧,٤١	٢٨,٣٦	١٥,٩٧
٢,٢	١١٢,٢٨	٦٣,٢٣	٧٢,٤٦	٤٠,٨١	٥٣,١١	٢٩,٩١	٤١,٧٤	٢٣,٥٠	٣٤,٢٨	١٩,٣٠	٣١,٤٤	١٧,٧٠

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلة رقم (١١)

جدول (١٨) الفترة الزمنية W75 المناسبة لعرض منحني السيل في أحواض المنطقة.

cp	٢		٣		٤		٥		٦		٦,٥	
ct	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد
٠,٢	٤,٨٣	٢,٧٢	٣,١٢	١,٧٦	٢,٢٨	١,٢٩	١,٨٠	١,٠١	١,٤٧	٠,٨٣	١,٣٥	٠,٧٦
٠,٤	١٠,٢١	٥,٧٥	٦,٥٩	٣,٧١	٤,٨٣	٢,٧٢	٣,٨٠	٢,١٤	٣,١٢	١,٧٦	٢,٨٦	١,٦١
٠,٦	١٥,٨٢	٨,٩١	١٠,٢١	٥,٧٥	٧,٤٨	٤,٢١	٥,٨٨	٣,٣١	٤,٨٣	٢,٧٢	٤,٤٣	٢,٤٩
٠,٨	٢١,٥٨	١٢,١٥	١٣,٩٣	٧,٨٤	١٠,٢١	٥,٧٥	٨,٠٢	٤,٥٢	٦,٥٩	٣,٧١	٦,٠٤	٣,٤٠
١	٢٧,٤٧	١٥,٤٧	١٧,٧٣	٩,٩٨	١٢,٩٩	٧,٣٢	١٠,٢١	٥,٧٥	٨,٣٨	٤,٧٢	٧,٦٩	٤,٣٣
١,٢	٣٣,٤٤	١٨,٨٣	٢١,٥٨	١٢,١٥	١٥,٨٢	٨,٩١	١٢,٤٣	٧,٠٠	١٠,٢١	٥,٧٥	٩,٣٦	٥,٢٧
١,٤	٣٩,٥٠	٢٢,٢٤	٢٥,٤٩	١٤,٣٦	١٨,٦٨	١٠,٥٢	١٤,٦٨	٨,٢٧	١٢,٠٦	٦,٧٩	١١,٠٦	٦,٢٣
١,٦	٤٥,٦٣	٢٥,٧٠	٢٩,٤٥	١٦,٥٨	٢١,٥٨	١٢,١٥	١٦,٩٦	٩,٥٥	١٣,٩٣	٧,٨٤	١٢,٧٨	٧,١٩
١,٨	٥١,٨٢	٢٩,١٨	٣٣,٤٤	١٨,٨٣	٢٤,٥١	١٣,٨٠	١٩,٢٦	١٠,٨٥	١٥,٨٢	٨,٩١	١٤,٥١	٨,١٧
٢	٥٨,٠٦	٣٢,٧٠	٣٧,٤٧	٢١,١٠	٢٧,٤٧	١٥,٤٧	٢١,٥٨	١٢,١٥	١٧,٧٣	٩,٩٨	١٦,٢٦	٩,١٦
٢,٢	٦٤,٣٦	٣٦,٢٤	٤١,٥٤	٢٣,٣٩	٣٠,٤٤	١٧,١٤	٢٣,٩٢	١٣,٤٧	١٩,٦٥	١١,٠٦	١٨,٠٢	١٠,١٥

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلة رقم (١٢)

جدول (١٩) أحجام السيول في أحواض المنطقة.

cp	٢		٣		٤		٥		٦		٦,٥	
ct	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد
٠,٢	٧٦,١٣	٢٢,٥٧	١١٤,١٩	٣٣,٨٥	١٥٢,٢٥	٤٥,١٤	١٩٠,٣٢	٥٦,٤٢	٢٢٨,٣٨	٦٧,٧٠	٢٤٧,٤١	٧٣,٣٤
٠,٤	٤٢,١٩	١٢,٠٤	٦٣,٢٩	١٨,٠٥	٨٤,٣٨	٢٤,٠٧	١٠٥,٤٨	٣٠,٠٩	١٢٦,٥٧	٣٦,١١	١٣٧,١٢	٣٩,١٢
٠,٦	٣٠,٨٨	٨,٥٣	٤٦,٣٢	١٢,٧٩	٦١,٧٦	١٧,٠٥	٧٧,٢٠	٢١,٣٢	٩٢,٦٤	٢٥,٥٨	١٠٠,٣٦	٢٧,٧١
٠,٨	٢٥,٢٢	٦,٧٧	٣٧,٨٤	١٠,١٦	٥٠,٤٥	١٣,٥٤	٦٣,٠٦	١٦,٩٣	٧٥,٦٧	٢٠,٣١	٨١,٩٨	٢٢,٠١
١	٢١,٨٣	٥,٧٢	٣٢,٧٥	٨,٥٨	٤٣,٦٦	١١,٤٤	٥٤,٥٨	١٤,٢٩	٦٥,٤٩	١٧,١٥	٧٠,٩٥	١٨,٥٨
١,٢	١٩,٥٧	٥,٠٢	٢٩,٣٥	٧,٥٢	٣٩,١٤	١٠,٠٣	٤٨,٩٢	١٢,٥٤	٥٨,٧٠	١٥,٠٥	٦٣,٦٠	١٦,٣٠
١,٤	١٧,٩٥	٤,٥١	٢٦,٩٣	٦,٧٧	٣٥,٩٠	٩,٠٣	٤٤,٨٨	١١,٢٩	٥٣,٨٥	١٣,٥٤	٥٨,٣٤	١٤,٦٧
١,٦	١٦,٧٤	٤,١٤	٢٥,١١	٦,٢١	٣٣,٤٨	٨,٢٨	٤١,٨٥	١٠,٣٥	٥٠,٢٢	١٢,٤١	٥٤,٤٠	١٣,٤٥
١,٨	١٥,٨٠	٣,٨٥	٢٣,٧٠	٥,٧٧	٣١,٥٩	٧,٦٩	٣٩,٤٩	٩,٦١	٤٧,٣٩	١١,٥٤	٥١,٣٤	١٢,٥٠
٢	١٥,٠٤	٣,٦١	٢٢,٥٦	٥,٤٢	٣٠,٠٩	٧,٢٢	٣٧,٦١	٩,٠٣	٤٥,١٣	١٠,٨٣	٤٨,٨٩	١١,٧٤
٢,٢	١٤,٤٣	٣,٤٢	٢١,٦٤	٥,١٣	٢٨,٨٥	٦,٨٤	٣٦,٠٦	٨,٥٥	٤٣,٢٨	١٠,٢٦	٤٦,٨٨	١١,١٢

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلة رقم (١٣)

١٣. **سمك (عمق) الجريان السطحي المناسب لذروة تدفق السيل** ، ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية رقم (١٤) :-

$$E^{(mm)} = Q_p^{(m3/s)} \left[(T_m(sec.) X\ 10^{-3})(S^{-1}(Km^2)) \right] \quad (Raghunath\ 2006)$$

حيث أن $E^{(mm)}$ سمك أو عمق الجريان السطحي المناسب لذروة تدفق السيل،

وتمثل Q_p $^{(m3/s)}$ كمية التدفق الأقصى للسيول، في حين تمثل $T_m(sec.)$ فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل وتمثل (S) مساحة الحوض، وقد تراوح عمق الجريان السطحي في حوض أبو حاد بين ١٢,٦ – ٢١٥,٨مم وبين ١٦,٤ – ٣٥٠,٨مم في حوض جنوب أبو حاد، جدول (٢٠). وقد تراوحت هذه القيمة بين (١٦,٥- ٣٥٥مم) في وادي عرنة وبين (١٧,١- ٣٧٧,٣مم) في وادي نعمان.

جدول (٢٠) عمق الجريان السطحي المناسب لذروة تدفق السيل في أحواض المنطقة.

cp	٢		٣		٤		٥		٦		٦,٥	
ct	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد
٠,٢	٦٦,٣٩	١٠٧,٩٣	٩٩,٥٩	١٦١,٩٠	١٣٢,٧٨	٢١٥,٨٦	١٦٥,٩٨	٢٦٩,٨٣	١٩٩,١٨	٣٢٣,٨٠	٢١٥,٧٧	٣٥٠,٧٨
٠,٤	٣٦,٨٠	٥٧,٥٧	٥٥,١٩	٨٦,٣٥	٧٣,٥٩	١١٥,١٣	٩١,٩٩	١٤٣,٩٢	١١٠,٣٩	١٧٢,٧٠	١١٩,٥٩	١٨٧,٠٩
٠,٦	٢٦,٩٣	٤٠,٧٨	٤٠,٤٠	٦١,١٧	٥٣,٨٦	٨١,٥٥	٦٧,٣٣	١٠١,٩٤	٨٠,٧٩	١٢٢,٣٣	٨٧,٥٢	١٣٢,٥٣
٠,٨	٢٢,٠٠	٣٢,٣٨	٣٣,٠٠	٤٨,٥٧	٤٤,٠٠	٦٤,٧٧	٥٥,٠٠	٨٠,٩٦	٦٥,٩٩	٩٧,١٥	٧١,٤٩	١٠٥,٢٤
١	١٩,٠٤	٢٧,٣٥	٢٨,٥٦	٤١,٠٢	٣٨,٠٨	٥٤,٦٩	٤٧,٦٠	٦٨,٣٧	٥٧,١٢	٨٢,٠٤	٦١,٨٧	٨٨,٨٨
١,٢	١٧,٠٧	٢٣,٩٩	٢٥,٦٠	٣٥,٩٨	٣٤,١٣	٤٧,٩٨	٤٢,٦٦	٥٩,٩٧	٥١,٢٠	٧١,٩٧	٥٥,٤٦	٧٧,٩٦
١,٤	١٥,٦٦	٢١,٥٩	٢٣,٤٨	٣٢,٣٩	٣١,٣١	٤٣,١٨	٣٩,١٤	٥٣,٩٨	٤٦,٩٧	٦٤,٧٧	٥٠,٨٨	٧٠,١٧
١,٦	١٤,٦٠	١٩,٧٩	٢١,٩٠	٢٩,٦٩	٢٩,٢٠	٣٩,٥٨	٣٦,٥٠	٤٩,٤٨	٤٣,٨٠	٥٩,٣٧	٤٧,٤٥	٦٤,٣٢
١,٨	١٣,٧٨	١٨,٣٩	٢٠,٦٧	٢٧,٥٩	٢٧,٥٥	٣٦,٧٨	٣٤,٤٤	٤٥,٩٨	٤١,٣٣	٥٥,١٨	٤٤,٧٧	٥٩,٧٨
٢	١٣,١٢	١٧,٢٧	١٩,٦٨	٢٥,٩١	٢٦,٢٤	٣٤,٥٥	٣٢,٨٠	٤٣,١٨	٣٩,٣٦	٥١,٨٢	٤٢,٦٤	٥٦,١٤
٢,٢	١٢,٥٨	١٦,٣٦	١٨,٨٧	٢٤,٥٤	٢٥,١٦	٣٢,٧١	٣١,٤٥	٤٠,٨٩	٣٧,٧٤	٤٩,٠٧	٤٠,٨٩	٥٣,١٦

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلة رقم (١٤)

١٤. **قوة السيل (A)** ، ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية رقم (١٥) :-

$$A = \frac{Q_p \ ^{(m3/s)}}{\sqrt{S\ (km2)}} \qquad (Prade,1961)$$

حيث أن A معامل قوة السيل، وتمثل Q_p $^{(m3/s)}$ كمية التدفق الأقصى للسيول، في حين تمثل $S\ (km2)$ مساحة الحوض، وقد تراوح معامل قوة السيل في حوض أبو حاد بين ٢,١ – ٧٥,٤، في حين تراوح هذا المعامل بين ١,٥ – ٥٤,٨ في حوض جنوب أبو حاد، جدول (٢١). وتعد منطقة المجري الأدنى والوسط من أحواض المنطقة هي الأكثر عرضة لخطر الجريان السيلى وذلك، حيث تمثل المناطق الأقل انحداراً

والتي تتجمع فيها مياه شبكة التصريف، وفي نفس الوقت هي أكثر الأماكن المناسبة لإقامة المنشآت المختلفة فيها وبالتالي الأكثر عُرضة لخطر الجريان السيلى.

ويوضح الجدول رقم (٢٢) القيم الكمية والزمنية لتدفق السيل في منطقة الدراسة، وهي نتائج رياضية بحتة يمكن الاعتماد عليها في تحديد الحدود الدنيا والقصوى والوسطي لخصائص السيول في المنطقة، غير أن أهمية هذا النموذج وتطبيقه مرهونة بقياس قيم معامل زمن تدفق الذروة Peak flow time factor *(ct)* ومعامل تدفق الذروة Peak flow factor *(cp)* أو نقلها من حوض آخر مقاس وله نفس الخصائص، حيث يترتب علي ذلك تحديد دقيق لقيم معاملات السيول المدروسة وفق هذا النموذج بحيث يتم الاعتماد عليها في الدراسات التي تهدف إلي الحد من أخطار السيول ومقاومة أضرارها.

جدول (٢١) معامل قوة السيول في أحواض منطقة الدراسة.

	٢		٣		٤		٥		٦		٦,٥	
ct	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد	ابو حاد	جنوب ابو حاد
٠,٢	٢٣,٢٠	١٦,٨٦	٣٤,٨٠	٢٥,٢٩	٤٦,٤٠	٣٣,٧٢	٥٨,٠٠	٤٢,١٥	٦٩,٦٠	٥٠,٥٨	٧٥,٤٠	٥٤,٧٩
٠,٤	١١,٦٠	٨,٤٣	١٧,٤٠	١٢,٦٤	٢٣,٢٠	١٦,٨٦	٢٩,٠٠	٢١,٠٧	٣٤,٨٠	٢٥,٢٩	٣٧,٧٠	٢٧,٤٠
٠,٦	٧,٧٣	٥,٦٢	١١,٦٠	٨,٤٣	١٥,٤٧	١١,٢٤	١٩,٣٣	١٤,٠٥	٢٣,٢٠	١٦,٨٦	٢٥,١٣	١٨,٢٦
٠,٨	٥,٨٠	٤,٢١	٨,٧٠	٦,٣٢	١١,٦٠	٨,٤٣	١٤,٥٠	١٠,٥٤	١٧,٤٠	١٢,٦٤	١٨,٨٥	١٣,٧٠
١	٤,٦٤	٣,٣٧	٦,٩٦	٥,٠٦	٩,٢٨	٦,٧٤	١١,٦٠	٨,٤٣	١٣,٩٢	١٠,١٢	١٥,٠٨	١٠,٩٦
١,٢	٣,٨٧	٢,٨١	٥,٨٠	٤,٢١	٧,٧٣	٥,٦٢	٩,٦٧	٧,٠٢	١١,٦٠	٨,٤٣	١٢,٥٧	٩,١٣
١,٤	٣,٣١	٢,٤١	٤,٩٧	٣,٦١	٦,٦٣	٤,٨٢	٨,٢٩	٦,٠٢	٩,٩٤	٧,٢٣	١٠,٧٧	٧,٨٣
١,٦	٢,٩٠	٢,١١	٤,٣٥	٣,١٦	٥,٨٠	٤,٢١	٧,٢٥	٥,٢٧	٨,٧٠	٦,٣٢	٩,٤٢	٦,٨٥
١,٨	٢,٥٨	١,٨٧	٣,٨٧	٢,٨١	٥,١٦	٣,٧٥	٦,٤٤	٤,٦٨	٧,٧٣	٥,٦٢	٨,٣٨	٦,٠٩
٢	٢,٣٢	١,٦٩	٣,٤٨	٢,٥٣	٤,٦٤	٣,٣٧	٥,٨٠	٤,٢١	٦,٩٦	٥,٠٦	٧,٥٤	٥,٤٨
٢,٢	٢,١١	١,٥٣	٣,١٦	٢,٣٠	٤,٢٢	٣,٠٧	٥,٢٧	٣,٨٣	٦,٣٣	٤,٦٠	٦,٨٥	٤,٩٨

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلة رقم (١٥)

جدول (٢٢) القيم الكمية والزمنية لتدفق السيول في أحواض منطقة رأس غارب.

المتغيرات	اقصي قيمة (Qp. Max)		المتوسط (Qp. Mean)		اعلي قيمة (Qp. Min)	
	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد	أبو حاد	جنوب أبو حاد
A(km)	١١٤٦.٦٣	٢٠٩.٠٩	١١٤٦.٦٣	٢٠٩.٠٩	١١٤٦.٦٣	٢٠٩.٠٩
L_b	١١٨.٩٦٨	٤٩.١١٧	١١٨.٩٦٨	٤٩.١١٧	١١٨.٩٦٨	٤٩.١١٧
L_{ca}	٦٣.٨٨٥	٢٦.٩٢٨	٦٣.٨٨٥	٢٦.٩٢٨	٦٣.٨٨٥	٢٦.٩٢٨
ct	٠.٢	٠.٢	١.٢	١.٢	٢.٢	٢.٢
cp	٦.٥	٦.٥	٤.٢٥	٤.٢٥	٢	٢
$T_p^{(hr)}$	٣٢.١	١٨.٩	١٧.٥	١٠.٣	٢.٩	١.٧
$T_r^{(hr)}$	٥.٨	٣.٤	٣.٢	١.٩	٠.٥	٠.٣
$Q_p^{(m3/s)}$	٢٥٥٣.١	٧٩٢.٣	٤٧٦.٣	١٤٧.٨	٧١.٤	٢٢.٢
T_b (days)	٧	٥.٤	٥.٢	٤.٣	٣.٤	٣.٢
T_b (hours)	١٢٨.٥	٧٥.٥	٧٠.١	٤١.٢	١١.٧	٦.٩
$T_m^{(hr)}$(days)	٥٦.١	٤٢.٩	٤١.٥	٣٤.٣	٢٦.٩	٢٥.٧
($T_m^{(hr)}$ hours)	٤٢.٨	٢٥.٢	٢٣.٤	١٣.٧	٣.٩	٢.٣
($T_d^{(hr)}$ days)	١١٢.٢	٨٥.٧	٨٣	٦٨.٦	٥٣.٨	٥١.٤
($T_d^{(hr)}$ hours)	٨٥.٦	٥٠.٣	٤٦.٧	٢٧.٤	٧.٨	٤.٦
$I^{(cm/hr)}$	١.٩	٣.٢	٠.٥	٠.٩	٠.١٧	٠.٣
$Qp^{(m3/s/km2)}$	٢.٢	٣.٨	٠.٤	٠.٧	٠.٠٦	٠.١١
$W_{50}^{(hr)}$	١١٢.٣	٦٣.٢	٣٠.٣	١٧.١	٢.٤	١.٣
$W_{75}^{(hr)}$	٦٤.٤	٣٦.٢	١٧.٤	٩.٨	١.٤	٠.٧٦
$AL^{(Hm3)}(10^{6m3})$	٢٤٧.٤	٧٣.٣	٥٩.٤	١٦.١	١٤.٤	٣.٤
$E^{(mm)}$	٢٥١.٨	٣٥٠.٨	٥١.٨	٧٧	١٢.٦	١٦.٤
A	٧٥.٤	٥٤.٨	١٤.١	١٠.٢	٢.١	١.٥

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي المعادلات من (١) إلي (١٥).

ثالثا : رسم هيدروجراف السيل لأحواض منطقة رأس غارب.

يفيد تطبيق نموذج سنايدر في رسم هيدروجراف السيل لأحواض المنطقة، ويتم ذلك من خلال تطبيق معادلتين يتم من خلالهما توضيح الشكل العام لقيم تدفق المياه في فترة زمنية معينة. وفيما يلي عرض لهذه المعادلات :

١. **التدفق الأقصى المناسب لفترة الارتفاع التدريجي للسيل** $Q_{Tm}^{(m3/s)}$ ويتم حسابه من خلال المعادلة الآتية رقم (١٦) :

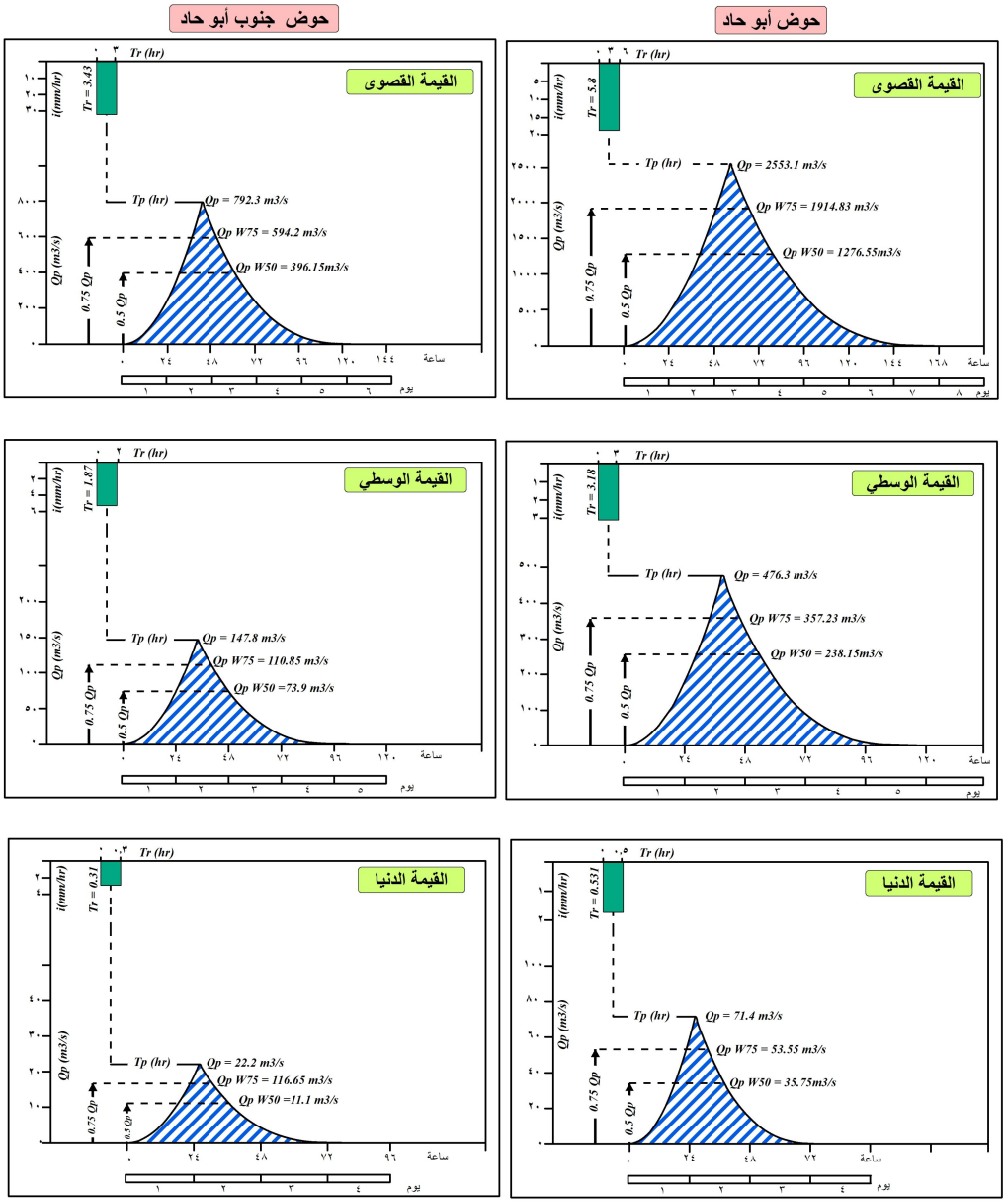
$$Q_{Tm}^{(m3/s)} = Q_p\,max^{(m3/s)} \left[\frac{T}{(T_m^{(hr)}\ hours)}\right]^2 \quad (PNUD\text{-}OPE,1987)$$

حيث أن $Q_{Tm}^{(m3/s)}$ التدفق الأقصى المناسب لفترة الارتفاع التدريجي للسيل و $Q_p \ max^{(m3/s)}$ كمية التدفق الأقصى للسيول وتشير max إلي القيم الدنيا والقصوى والوسطي من هذه الكمية وتم حسابها من خلال المعادلة رقم (٣) وتشير $(T_m^{(hr)} \ hours)$ إلي فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل الأساس للسيل (ساعة) والتي تم حسابها من خلال المعادلة رقم (٦)، وتشير T إلي الفاصل الزمني المحدد لتقدير الارتفاع التدريجي للتدفق (ساعة) والذي يتم الحصول عليه من خلال ناتج المعادلة رقم (٦)، حيث بلغت القيمة الدنيا والوسطي والقصوى لوادي أبو حاد (٢٧ – ٤٢ – ٥٧ ساعة) علي الترتيب و (٢٦ – ٣٤ – ٤٣ ساعة) لوادي جنوب أبو حاد علي الترتيب.

٢. **التدفق الأقصى المناسب لفترة الانخفاض التدريجي للسيل QTd (m3/s)** ويتم حسابه من خلال المعادلة الآتية رقم (١٧) :

$$Q_{Td}^{(m3/s)} = Q_p \ max^{(m3/s)} \left[\frac{(T_d^{(hr)} \ hours) - T}{(T_d^{(hr)} \ hours)} \right]^3 \quad (PNUD\text{-}OPE,1987)$$

حيث أن $Q_{Td}^{(m3/s)}$ التدفق الأقصى المناسب لفترة الانخفاض التدريجي للسيل و $Q_p \ max^{(m3/s)}$ كمية التدفق الأقصى للسيول وتشير max إلي القيم الدنيا والقصوى والوسطي من هذه الكمية وتم حسابها من خلال المعادلة رقم (٣) وتشير$(Td^{(hr)} \ hours)$ إلي فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل الأساس للسيل (ساعة) والتي تم حسابها من خلال المعادلة رقم (٨ - أ)، T إلي الفاصل الزمني المحدد لتقدير الارتفاع التدريجي للتدفق (ساعة) والذي يتم الحصول عليه من خلال ناتج المعادلة رقم (٨ - أ)، حيث بلغت القيمة الدنيا والوسطي والقصوى لوادي أبو حاد (٥٤ – ٨٣ – ١١٢ ساعة) علي الترتيب و (٥٢ – ٦٩ – ٨٦ ساعة) لوادي جنوب أبو حاد علي الترتيب . ومن خلال دراسة الشكل رقم (٨) الذي يوضح هيدروجراف السيل لأحواض المنطقة يلاحظ أن هناك تفاوت في شكل وقيم كل هيدروجراف وأن مدة السيل بين الارتفاع والانخفاض تتراوح بين ٨١ – ١٦٩ساعة في حوض أبو حاد وبين ٧٨ – ١٢٩ ساعة في حوض جنوب أبو حاد.



المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على المعادلة (١٦) (١٧).

شكل (٨) هيدروجراف السيل لأحواض منطقة الدراسة

رابعاً : احتمالية الرجوع للعواصف المطرية وعمق المطر المستقبلي.

١. احتمالية الرجوع للعواصف المطرية

لتقدير احتمالية حدوث السيول في منطقة الدراسة وزمن عودتها تم الاعتماد علي بيانات محطات الأرصاد في منطقة الدراسة وذلك للحصول علي أعلي كمية مطر سقطت في يوم واحد في هذه المحطات، حيث بلغ عدد تلك القراءات (٢٠) قراءة يبلغ أقصي قيمة لها حوالي ٤٩,٦مم وذلك في محطة السويس عام ١٩٦٥م و ٤٥مم في محطة الغردقة ١٩٩٦م و ٤٠مم في نفس المحطة عام ١٩٨٧م و٣٥مم في محطة السويس ٢٠١٦م. وقد تم ترتيب هذه القيم ترتيباً تنازلياً بحيث تأخذ أعلي قيمة من قيم المطر المرتبة الأولي تليها باقي القيم وهكذا (الترتيب) كما هو موضح في الجدول رقم (٢٣). كذلك تم حساب كمية التساقط المطري فوق جبال البحر الأحمر بزيادة قدرها ٢٥٪ عن التساقط في نفس الفترة وذلك وفق دراسة (Gheith&sultan,2002,44) [٢٧]. وقد تم حساب احتمالية حدوث الجريان السيلى في المنطقة ((%) P) من خلال الاعتماد علي معادلة (Critchley&Siegert, 1991) [٢٨] وهي كما يلي :

$$P(\%) = \frac{(m-0.375)}{(N+0.25)} X\ 100$$

حيث أن $P(\%)$ احتمالية رجوع العواصف المطرية (٪) ، وتمثل m ترتيب كمية المطر المراد حساب احتمالية عودتها، في حين تمثل N عدد القراءات التي تم الاعتماد عليها في الدراسة وعددها (٢٠) قراءة، شكل رقم (٩).

ومن خلال تطبيق هذه المعادلة علي بيانات أقصي كمية مطر متاحة لدينا يتضح أن احتمالية حدوث سيل ٢٨ أكتوبر ٢٠١٦م وهو أحدث سيل حدث في المنطقة وأقرب السيول التي حدثت لمنطقة الدراسة حيث تأثرت به منطقة رأس غارب وما جاورها، حيث إن احتمالية حدوث هذا السيل تصل إلي ١٧,٩٪، حيث أن العلاقة عكسية بين كمية

المياه واحتمالية حدوث السيول فالسيول الكبيرة تقل احتمالية حدوثها عكس السيول الصغيرة الحجم. كذلك تم حساب زمن عودة السيول $Tp^{(yr)}$ والتي تم حسابها من خلال المعادلة

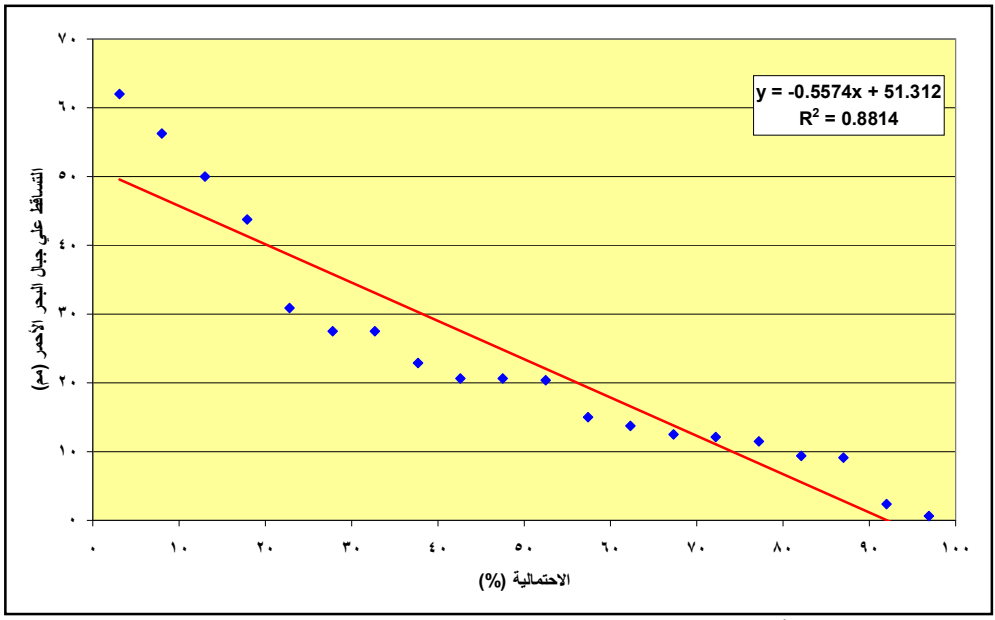
$$T_p^{(yr)} = 100/P$$

ومن خلال المعادلة السابقة تم حساب زمن عودة السيول والتي تتناسب عكسيا مع احتمالية حدوث السيول، حيث أنه كلما زادت احتمالية حدوث السيول قلت الفترة الزمنية للعودة والعكس صحيح . وبناء علي ما سبق فإن احتمالية عودة سيل ٢٨ أكتوبر ٢٠١٦م حوالي ٥,٦ سنة وبالتالي يتوقع حدوث سيل يماثل في القوة سيل عام ٢٠١٦ بحلول عام ٢٠٢١م .

جدول (٢٣) تقدير احتمالية الرجوع للعواصف المطرية في المنطقة.

العام	الفاصل الزمني	أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد (مم)	التساقط علي جبال البحر الأحمر	الترتيب	الاحتمالية (٪)	زمن العودة (عام)
١٩٤٧	–	١٦,٥	٢٠,٦٣	٩	٤٢,٦	٢,٣
١٩٥٠	٣	٧,٥	٩,٣٨	١٧	٨٢,١	١,٢
١٩٥٤	٤	١٨,٣	٢٢,٨٨	٨	٣٧,٧	٢,٧
١٩٥٤	٠,٨	٢٤,٧	٣٠,٨٨	٥	٢٢,٨	٤,٤
١٩٦٤	١٠	١٠	١٢,٥	١٤	٦٧,٣	١,٥
١٩٦٥	١	٤٩,٦	٦٢	١	٣,١	٣٢,٣
١٩٦٧	٢	٢٢	٢٧,٥	٦	٢٧,٨	٣,٦
١٩٧٥	٨	١١	١٣,٧٥	١٣	٦٢,٣	١,٦
١٩٧٦	١	٩,٢	١١,٥	١٦	٧٧,٢	١,٣
١٩٨٢	٦	٧,٣	٩,١٣	١٨	٨٧	١,١
١٩٨٤	٢	٩,٧	١٢,١٣	١٥	٧٢,٢	١,٤
١٩٨٥	١	١٦,٣	٢٠,٣٨	١١	٥٢,٥	١,٩
١٩٨٧	٢	٤٠	٥٠	٣	١٣	٧,٧
١٩٨٨	١	١٦,٥	٢٠,٦٣	١٠	٤٧,٥	٢,١
١٩٩٠	٣	٢٢	٢٧,٥	٧	٣٢,٧	٣,١
١٩٩١	١	١,٩	٢,٣٨	١٩	٩٢	١,١
١٩٩٤	٣	٠,٥	٠,٦٣	٢٠	٩٦,٩	١
١٩٩٤	٠,٢	١٢	١٥	١٢	٥٧,٤	١,٧
١٩٩٦	٢	٤٥	٥٦,٢٥	٢	٨	١٢,٥
٢٠١٦	١٠	٣٥	٤٣,٧٥	٤	١٧,٩	٥,٦

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي معادلات (Critchley&Siegert, 1991)



المصدر : من عمل الباحث اعتماداً علي الجدول رقم (٢٥).

شكل (٩) احتمالية الرجوع للعواصف المطرية المسببة للسيول في منطقة الدراسة

٢. تقدير العمق التصميمي للعواصف المطرية المستقبلية

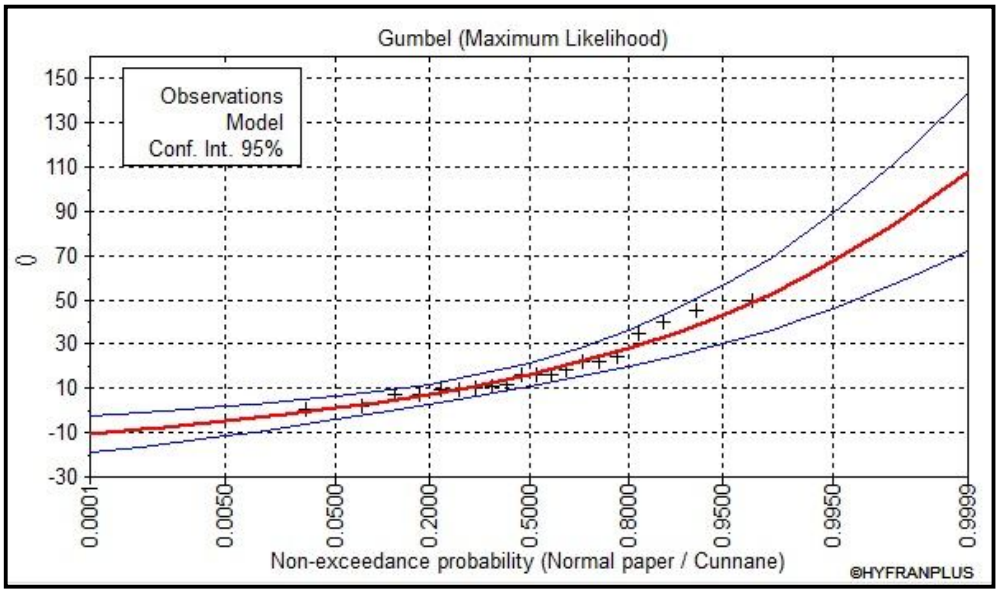
تفيد بعض البرمجيات الحديثة في الحصول علي التقديرات المستقبلية لكمية الأمطار في منطقة ما علي فترات زمنية مستقبلية متفاوتة، وذلك من خلال الاعتماد علي بيانات السجلات المطرية التي حدثت في فترات زمنية سابقة، وكلما زادت القراءات التي حدثت في الماضي زادت دقة التوقعات المستقبلية والتي تتم وفق مجموعة من النماذج الرياضية. وقد اعتمدت الدراسة علي برنامج *HyfranPlus 10.1* في تقدير العمق التصميمي المتوقع للعواصف المطرية المستقبلية في المنطقة بناء علي البيانات التراكمية المتاحة لأكبر كمية مطر سقطت حيث تم الاعتماد علي نموذج Gumbel (Maximum Likelihood) في ذلك الأمر. ويوضح الجدول رقم (٢٤) والشكل رقم (١٠). تقدير العمق التصميمي المتوقع للعواصف المطرية المستقبلية في المنطقة، حيث يتوقع أن يبلغ عمق المطر خلال فترة عامين ١٦.٣مم، ثم ترتفع هذه

القيمة لتصل إلي ٣٥,٨مم بعد ١٠ سنوات أي أن كمية مطر مماثلة لسيول ٢٨ أكتوبر ٢٠١٦م يتوقع حدوثها بعد تلك الفترة، في حين توقعت دراسة احتمالية عودة تلك السيول أن تعود بعد ٥,٦عام. كذلك يتوقع هذا النموذج أن يصل عمق الأمطار إلي٥٣مم بعد ٥٠ عام و ٦٠,٢مم بعد ١٠٠عام. ولعل هذه التقديرات مع تقديرات احتمالية عودة السيول تستدعي مراعاة خصائص العواصف المطرية في المنطقة والعمل علي حماية المنطقة من أخطارها عن طريق مجموعة من الإجراءات التي توصي بها الدراسة في النتائج.

جدول (٢٤) تقدير العمق التصميمي للعواصف المطرية المستقبلية في المنطقة.

الفترة الزمنية (عام)	العمق التصميمي (مم)
٢	١٦,٣
٥	٢٨,٠
١٠	٣٥,٨
٢٥	٤٥,٧
٥٠	٥٣,٠
٧٥	٥٧,٢
١٠٠	٦٠,٢

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي برنامج HyfranPlus 10.1



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي برنامج HyfranPlus 10.1

شكل (١٠) تقدير عمق(سمك) المطر المتوقع سقوطه علي منطقة الدراسة.

خامساً : الآثار البيئية لسيل أكتوبر ٢٠١٦م بمدينة رأس غارب.

تعرضت مدينة رأس غارب إلي سيول مدمرة يومي ٢٨ – ٢٩ أكتوبر ٢٠١٦م، حيث قدرت وزارة الموارد المائية والري حجم الجريان السيلى بحوالي ١٢٠مليون م٣، في حين قدر نموذج سنايدر حجم الجريان السيلى لحوضي أبو حاد وجنوب أبو حاد في المتوسط بحوالي ٧٥,٥مليون م٣. وقد ترتب علي الجريان السيلى العديد من الآثار البيئية التي يمكن إيجازها فيما يلي :

١. **الخسائر البشرية** : أدي الجريان السيلى المصحوب بكميات كبيرة من المياه إلي خسائر بشرية بلغت نحو ١٤ حالة وفاة و ٣٤ مصاب إلي جانب الآثار النفسية السلبية التي تعرض لها سكان المدينة خاصة في المناطق التي مرت بها المياه، حيث اعتلي بعض السكان أسطح المنازل هرباً من تدفق المياه بسرعة عالية.

٢. **الخسائر المادية** : تعرضت المدينة نتيجة الجريان السيلى لخسائر كبيرة في الممتلكات تمثلت في تصدع بعض المباني وواجهات المحال التجارية والورش الحرفية، فضلا عن تدمير السيارات الخاصة والعامة إلي جانب فقدان قطع من الأثاث المنزلي والمصوغات الذهبية والممتلكات الثمينة. وقد تم تحرير نحو ٨٠٠ محضر بفقدان ممتلكات شخصية من بينها ٣٢٠ محضر خاص بتدمير سيارة ملاكي. صورة (١).

٣. **غزو المياه والرواسب** : تبين من الدراسة الميدانية ومطالعة المصادر المختلفة (*****) أن حوالي ٣٤,٣٪ من مساحة المدينة قد تعرض لخطر السيول تمثل ذلك في الجزء الغربي والجنوبي من المدينة وأجزاء من القطاع الأوسط، كما يوضحه الشكل رقم (١١)، حيث تدفقت المياه إلي داخل المنازل محملة بالرواسب المنقولة مع المياه مما أضر بالمباني والأثاث والممتلكات، وهو ما دفعت جهات الإغاثة المختلفة إلي العمل علي سحب المياه من داخل المنازل وكذلك رفع الرواسب منها. صورة (٣)، صورة (٤).

٤. **انتشار الزواحف والعقارب :** أدي الجريان السيلى الشديد إلي دفع العديد من الثعابين والعقارب إلي داخل المنازل، مما سبب ذعراً للسكان حيث تعرض البعض للدغاتها السامة وهو ما دفعهم إلي طلب توفير كميات من أمصال العقارب والثعابين لسكان المدينة. صورة (٥).

٥. **تدمير الطرق :** تعرضت بعض الطرق إلي عمليات تدمير كبيرة لعل أهمها طريق الغردقة السويس أمام المدينة حيث قطعت المياه الطريق من أكثر من منطقة وجرفت بعض السيارات التي تصادف مرورها أثناء الجريان السيلى. كذلك تعرض طريق رأس غارب الشيخ فضل إلي التدمير وذلك علي بعد ٧كم من مدخل مدينة رأس غارب بفعل مياه السيول. صورة (٢). وقد أكدت إحدى الدراسات الفنية [٢٩] أن رفع مستوي طريق الشيخ فضل رأس غارب لنحو ١,٢م عن مستوي الوادي في أكثر من تعليه بدون مراعاة تصميم وتنفيذ أية أعمال صناعية تراعي أن الطريق في منتصف مجرى السيل قد تسبب في تحويل المسار الطبيعي لوادي أبو حاد إلي الجزء الجنوبي من المدينة، بدلا من مسارها الطبيعي والمتكرر منذ سنوات عدة ليصيب شمال المدينة دون أن يلحق أية أضرار تذكر بالمدينة. ولكن بسبب ما سبق إلي جانب كميه المياه الكبيرة التي حملتها الأمطار، أدي ذلك إلي تحول مسار مياه السيل في اتجاه مدينة رأس غارب .

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد علي الدراسة الميدانية والخرائط الطبوغرافية ١ : ٥٠٠٠٠ ، الصور من موقع
https://www.albawabhnews.com/2185602

شكل (١١) أخطار الجريان السيلى علي مدينة رأس غارب.

صورة (١) تدمير السيارات بسبب السيول بمدينة رأس غارب

صورة (٢) قطع السيول للطرق الرئيسية أمام مدينة رأس غارب

صورة (٣) غمر المياه والرواسب المدارس والمنشآت بمدينة رأس غارب

صورة (٤) وضع حواجز للحد من غمر المياه والرواسب بمدينة رأس غارب

صورة (٥) انتشار الزواحف التي جلبتها مياه السيول بمدينة رأس غارب

صورة (٦) إجلاء المتضررين من السيول في مدينة رأس غارب

سادساً : النتائج والتوصيات

تبين من خلال ما سبق الآتي :

١. تغطي الصخور النارية ٤٧,٦٪ من مساحة المنطقة في حين تغطي تكوينات الحجر الرملي والجيري نحو ١٠,١٪ من مساحتها وتستحوذ رواسب الزمن الرابع علي ٤٢,٣٪ من مساحتها.

٢. يغلب علي المنطقة الطابع الجبلي، حيث يبلغ المدى التضاريسي لها ١٠٦٩م، وتشغل المناطق التي يزيد منسوبها علي ٥٠٠م حوالي ٧٣,٨٪ من مساحتها.

٣. يتسم سطح المنطقة بقلة انحداره، حيث تغطي الانحدارات التي تقل عن ٥درجات حوالي ٨٢,٣٪ من مساحتها.

٤. يعد الاتجاه الشمالي الاتجاه الرئيسي لسطح المنطقة حيث ينحدر ٢٤,٢٪ من سطح المنطقة في هذا الاتجاه في حين يغلب علي ١٣,٤٪ منها الاستواء النسبي.

٥. يتسم سطح المنطقة بسيادة الأقسام المستقيمة بنسبة ٧٦,٧٪، في حين تغطي العناصر المحدبة ١٧,٢٪ والعناصر المقعرة ٦,١٪.

٦. يعد شهر أكتوبر أعلي أشهر العام من حيث كمية المطر في المنطقة، في حين يعد فصل الخريف أكبر الفصول من حيث التساقط. ويقدر حجم المطر الساقط علي المنطقة يوم ٢٧ أكتوبر ٢٠١٦م حوالي ٢٢,٣مليون م٣ وفق نموذج PERSIANN في حين بلغت شدة المطر في نفس اليوم نحو ٥,٩مم/ساعة خلال ذروة التساقط المطري من الساعة الواحدة ظهراً وحتى الساعة السابعة مساءً.

٧. تراوحت كمية التدفق الأقصى للسيول في حوض أبو حاد بين ٧١,٤- ٢٥٥٣,٠ م٣/ث وبين ٢٢,٢- ٧٩٢,٣م٣/ث في حوض جنوب أبو حاد، في حين تراوحت قيمة تدفق الذروة النوعي لحوض أبو حاد بين ٠,٠٦٢- ٢,٢م٣/ث/كم٢ وبين ٠,١٠٦- ٣,٨م٣/ث/كم٢ في

حوض جنوب أبو حاد.

٨. تراوح حجم السيل في الحوض المائي في حوض أبو حاد بين ١٤,٤- ٢٤٧,٤ مليون م٣، وبين ٣,٤ – ٧٣,٣ مليون م٣ في حوض جنوب أبو حاد، في حين تراوحت قوة السيل ٢,١ – ٧٥,٤ في حوض أبو حاد وبين ١,٥ – ٥٤,٨ في حوض جنوب أبو حاد.

٩. تراوحت فترة الهيدروجراف السيلى في حوض أبو حاد بين ٨١- ١٦٩ساعة، في حين تراوحت هذه الفترة بين ٧٨- ١٢٩ ساعة في حوض جنوب أبو حاد.

١٠. بلغت احتمالية عودة سيول ٢٨- ٢٩ أكتوبر ٢٠١٦م حوالي ٥,٦عام أي انه يتوقع عودة هذه السيول بحلول عام ٢٠٢١م.

١١. يُتوقع أن يصل العمق التصميمي المستقبلي للعواصف المطرية إلي ٤٥,٧مم خلال فترة ٢٥عام و ٥٣,٠مم خلال فترة ٥٠عام و ٦٠,٢مم خلال فترة ١٠٠عام.

١٢. تعرضت مدينة رأس غارب إلي سيول عنيفة ترتب عليها غرق نحو ٣٤,٣٪ من مساحة المدينة بالمياه والرواسب وانتشار الزواحف والعقارب، ووفاة ١٤شخص وإصابة ٣٤شخص وتدمير ٣٢٠سيارة وتدمير طريق السويس الغردقة أمام المدينة وكذلك طريق رأس غارب الشيخ فضل.

بناء علي ما سبق توصي الدراسة بالآتي :

١. الإسراع في بناء سدود حماية علي مجاري الأودية المسئولة عن الجريان السيلى، بحيث يراعي فيها حجم السيل الأقصى الذي حددته الدراسة بنحو ٢٤٧,٤مليون م٣ لوادي أبو حاد و ٧٣,٣ مليون م٣ في حوض جنوب أبو حاد.

٢. إنشاء قناتين لتصريف مياه السيول أحدها في الجزء الشمالي من المدينة بحيث تصرف مياه وادي أبو حاد والثانية في الجزء الجنوب وتصريف مياه وادي جنوب أبو

حاد، ويراعي فيها أن تستوعب الحجم الأقصى المتوقع للسيول بواقع ٢٤٧,٤ مليون م٣ في القناة الشمالية و٧٣,٣ مليون م٣ في القناة الجنوبية.

٣. إعادة دراسة وضع البرابح والساحارات المقامة علي طريقي السويس – الغردقة ورأس غارب – الشيخ فضل بحيث يتم إعادة تصميمها بما يتماشي مع الطاقة التصميمية القصوى للسيول والعمل المستمر علي تطهيرها.

٤. إعادة ضبط طريق رأس غارب – الشيخ فضل بحيث لا يمثل عائق أمام الجريان السيلى لوادي أبو حاد وإنشاء العديد من السحارات علي امتداد الطريق في مجري الوادي أو إقامة جسر للطريق في منطقة مجري الوادي.

٥. ضبط وتقنين عمليات البناء في القطاع الغربي والجنوبي والجنوبي الغربي من مدينة رأس غارب بما يتماشي مع مناسيب السطح والجريان السيلى.

الهوامش

(1) KITE,G,W., PIETRONIRO,A., (1996) : Remote sensing applications in hydrological modeling, Hydrological Sciences Journal, 41:4, P564.

(٢) هاني ربيع نادي محمد (٢٠١٦) : التغيرات البيئية علي النطاق الساحلي الغربي لخليج السويس، دراسة في جغرافية البيئة، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب جامعة بني سويف، ص ٢٢٦.

(*) تم حساب مساحة المدينة من صور القمر الصناعي الأمريكي Landsat (OLI), 2017 بالاعتماد علي برنامج Arc GIS 10.3، أعداد السكان من النتائج الأولية لتعداد السكان عام ٢٠١٧م.

(**) تم تسمية الحوض الجنوبي بحوض جنوب أبو حاد، حيث أنه موجود علي الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠٠٠٠ بدون اسم، كما أنه أحد الأحواض المساهمة بشكل واضح في الجريان السيلى بالمنطقة خاصة في الجزء الجنوب والأوسط من مدينة رأس غارب.

(3) Sorman. Ali U. (1994): Estimation of Flood Peaks Using Remote Sensing Techniques; Case Study: Wadi Itwad , Southwestern Saudi Arabia, JKAU: Met., Env.,Arid Land Agric. Sci., Vol. 5, pp 161-177.

(4)Geriesh, M.H., El-Shamy, I.Z. and Abouelmagd, A.A. (2001) : Flash flood mitigation and groundwater augmenting in Wadi Feiran basin, South Sinai, Egypt, Proceeding of the 6th Conf. Geology of Sinai for Development Ismailia, 2001, pp. 303-319.

(5) Gheith,H. and Sultan,M. (2002) : Constrution of hydrologic model for estimating wadi runoff and ground water recharge in the Eastern Desert, Egypt, Journal of Hydrology, 263, PP. 36-55.

(٦) محمود أحمد محمود حجاب (٢٠٠٥) : جيومورفولوجية السهل الساحلي والإقليم الجبلي فيما بين رأس بكر ورأس الدب – غرب خليج السويس ، رسالة دكتوراه غير منشورة ، كلية الآداب جامعة القاهرة .

(٧) سند سند الشربيني (٢٠٠٥): المنطقة الساحلية فيما بين رأس غارب شمالاً ورأس دب جنوباً دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة طنطا.

(8) Youssef,M,A., Hegab,M,A,. (2005) : Use of geographic information systems and statistics to develop a database management system for flood risks in the Ras Gharib area, Eastern Desert, Egypt, The Fourth International Conference On the Geology of AfricaVolume (2), P-P 1-15 (November 2005) Assiut - Egypt

(9) Saber,m., HAMAGUCHI, T., KOJIRI, T., (2008) : surface Runoff Modeling of Ephemeral Streams Considering Homogenization Theory in Arid Regions, Wadi Assiut in Egypt, Annuals of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No. 51 B,

(١٠) حنان بنت عبد اللطيف بن حسن الغيلان (٢٠٠٨) : دور نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي لبن، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الاداب جامعة الملك سعود.

(11) Badawy, M.M., Khidr,M,M., (2011) : A GIS and RS Based Approach for modeling ungauged small-scale catchments in Mersa Alam, Bulletin of the Egyptian geographical society, Tome LXXXIV, Vol. 84.

(١٢) محمد سعيد البارودي (٢٠١٢) : تقدير أحجام السيول ومخاطرها عند المجري الأدنى لوادي عرنة جنوب شرق مدينة مكة المكرمة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، سلسلة بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية المصرية، ع ٤٨

(١٣) محمد سعيد البارودي ، معراج نواب مرزا، جمعة داوود (٢٠١٣) : استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقدير أحجام السيول ومدي خطورتها عند المجري الأدنى لوادي النعمان جنوب مدينة مكة المكرمة من خلال تطبيق نموج سنايدر واعتماد نموذج الارتفاعات الرقمي ASTER، المؤتمر الجغرافي الدولي (الجغرافيا والتغيرات العالمية المعاصرة)، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة طيبة.

(١٤) أحمد إبراهيم محمد صابر وأميرة محمد محمود البنا (٢٠١٣) : أسلوب مقترح لتحديد معايير درجات خطورة السيول في مصر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية الآداب جامعة الزقازيق، ع ٦٤.

(15) Sudhakar, B, S., Anupam, K,S., Akshay, J,o., (2015) : Snyder Unit Hydrograph and GIS for Estimation of Flood for Un-Gauged Catchments in Lower Tapi Basin, India, Hydrol Current Res 6: 195. doi :10.4172/2157-7587.1000195.

(16) Elnazer,A,A., Salman, A, S., Asmoay, A,S., (2017) : Flash flood hazard affected Ras Gharib city, Red Sea, Egypt: a proposed flash flood channel, Nat Hazards (2017) 89:1389–1400.

(١٧) محمود أحمد محمود حجاب (٢٠٠٤) : جيومورفولوجية السهل الساحلي والإقليم الجبلي فيما بين رأس بكر ورأس الدب (غرب خليج السويس)، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب بسوهاج جامعة جنوب الوادي، ص ٦.

(١٨) هاني ربيع نادي محمد (٢٠١٦) : التغيرات البيئية علي النطاق الساحلي الغربي لخليج السويس، دراسة في جغرافية البيئة، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب جامعة بني سويف، ص ٥.

(١٩) سند سند موسي الشربيني (٢٠٠٥) : المنطقة الساحلية فيما بين رأس غارب شمالاً ورأس دب جنوباً، دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب جامعة طنطا، ص ٣٥.

(٢٠) محمود أحمد محمود حجاب (٢٠٠٤) : مرجع سبق ذكره، ص ص ٧ – ١٠.

(***)Precipitation Estimation from Remotely Sensed information using Artificial Neural Network

(****) Precipitation Estimation from Remotely Sensed information using Artificial Neural Network – Cloud Classification System

(21) Badawy, M.M., Abdel Aziz, A.O., Mamtimin, B., (2016) : Flash floods in the Sahara: a case study for the 22 January 2013 flood in Qena, Egypt Geomatics, Natural Hazards and Risk. 1-7 : 215-236.

(22) Flood Control Center ،(2003) : San Diego County Hydrology Manual, p.,322 (San Diego: San Diego County Flood Control Advisory Commission) .

(٢٣) أحمد عامر الدليمي (١٩٩٥) : تطوير طريقة انتقاء الجذور لاشتقاق الهيدروجراف القياسي، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة جامعة الموصل، ص ١٣٨.

(٢٤) حنان بنت عبد اللطيف بن حسن الغيلان (٢٠٠٨) : دور نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي لبن، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الاداب جامعة الملك سعود، ص ٢٤٢.

(٢٥) محمد سعيد البارودي (٢٠١٢) : تقدير أحجام السيول ومخاطرها عند المجري الأدنى لوادي عرنة جنوب شرق مدينة مكة المكرمة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، سلسلة بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية المصرية، ع ٤٨، ص ص ٣٠ – ٣١.

(٢٦) محمد سعيد البارودي وآخرون (٢٠١٣) : استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقدير أحجام السيول ومدي خطورتها عند المجري الأدنى لوادي النعمان جنوب مدينة مكة المكرمة من خلال تطبيق نموج سنايدر واعتماد نموذج الارتفاعات الرقمي ASTER، المؤتمر الجغرافي الدولي (الجغرافيا والتغيرات العالمية المعاصرة)، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة طيبة، ص ٧٧٣.

(27) Gheith,H. and Sultan,M. (2002) : Constrution of hydrologic model for estimating wadi runoff and ground water recharge in the Eastern Desert, Egypt, Journal of Hydrology, 263, PP. 36-55.

(28) Crichley,W. and Siegret,K. (1991) : Water harvesting. FAO corporation Document Repository, Available at: http://www.fao.org/3/U3160E/u3160e05.htm#3.4%20probability%20analysis.

(*****) تتمثل في المقابلات الشخصية والخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠٠٠٠ وصور الأقمار الصناعية والبحث في الشبكة العنكبوتية Network .

(٢٩) مجلة المهندسين، سيول رأس غارب، رؤية فنية، العدد ٦٥٢، يناير ٢٠١٧، ص ٩.