هيدروجراف نظام الجريان السطحي وتقدير حجم التصريف المائي لأحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح

"دراسة تطبيقية باستخدام نموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة"

د. حمدينُه عبد القادر العوضي*

الملخص :

لتقدير حجم التصريف المائي لأحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح، تمت الاستعانة بنموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة فى تصميم هيدروجراف نظام الجريان المائي (المخطط المائي)، وكذلك هيدروجراف العاصفة (هيدروجراف الأمطار الفعلية) لسبعة أحواض تصريف مائي بمنطقة مرسى مطروح، هي من الشرق إلى الغرب: حوض وادي خروبة، وحوض وادي مدور، وحوض وادي ماجد، وحوض وادي، الوشكة، وحوض وادي سنب، وحوض وادي أم أشطان، وأظهر تحليل هيدروجراف نظام الجريان المائي أن قيم أقيم أقصي تصريف مائي لأحواض هذه الأودية تتراوح بين ٤,٤٧– ٤٠,١٨ م^{٣}/الثانية، بمتوسط عام يبلغ ٢٤,١٥ م^{٣}/الثانية، بينما يتراوح زمن الوصول إلى قمة التصريف بين ٠,٥٣–٢,٧٠ ساعة، بمتوسط عام ١,٨٦ ساعة.

وبناء على فترات رجوع الأمطار اليومية التى تسقط على أحواض تلك الأودية، أظهر تحليل هيدروجراف الجريان المائي السطحي الفعلي، أن أقصى تصريف مائي من المتوقع أن يتكرر حدوثه خلال خمس سنوات فى أحواض الأودية موضوع الدراسة يتراوح بين ٠,٠٤–٠,٢٠ م^{٣}/الثانية، بينما يتراوح أقصى تصريف مائي قد يتكرر حدوثه خلال عشرة سنوات بين ٤٢,٨٦–٢٠٣,٣١ م^{٣}/الثانية، ويتراوح أقصى تصريف مائي قد يتكرر حدوثه بواقع مرة واحدة خلال ٢٥ سنة بين ٦١,٤١–٢٩١,٣٠ م^{٣}/الثانية، بينما يتراوح أقصى تصريف مائي قد يتكرر حدوثه بواقع مرة واحدة خلال ٥٠ سنة بين ٨٧,٧٥–٤١٦,٢٦ م^{٣}/الثانية، وأظهرت نتائج تحليل هيدروجراف التصريف المائي لأحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح أن أقصي تصريف مائي كان من نصيب حوض وادي الرمل، وأقل تصريف مائي كان من نصيب حوض وادي سنب فى جميع فترات الرجوع المختارة، في حين جاءت قيم أقصى تصريف مائي لأحواض الأودية الأخري قريبة من بعضها. وقد تفيد نتائج هذه الدراسة فى إدارة الموارد المائية السطحية، وفى مجال تنمية منطقة مرسى مطروح، رغم فصلية الأمطار، وندرتها بشكل عام.

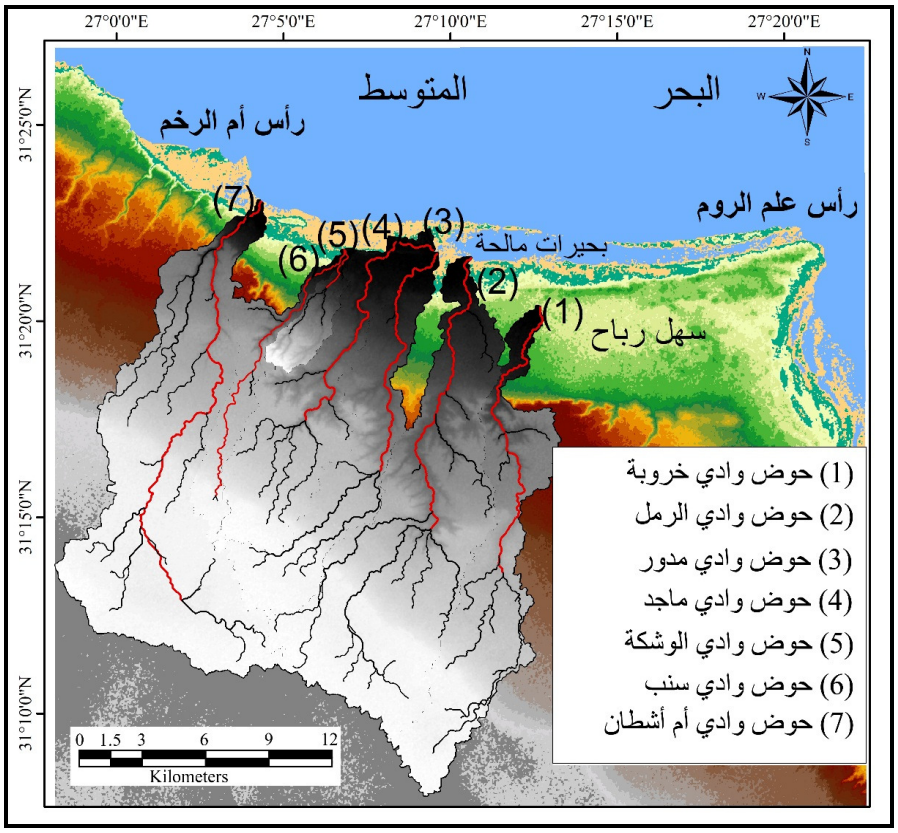
الكلمات المفتاحية: مرسى مطروح، هيدروجراف العاصفة، قمة التصريف المائي، زمن الوصول إلى قمة التصريف، حوض التصريف المائي، التنمية المستدامة.

---

* أستاذ الجغرافيا الطبيعية ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب – جامعة الإسكندرية.

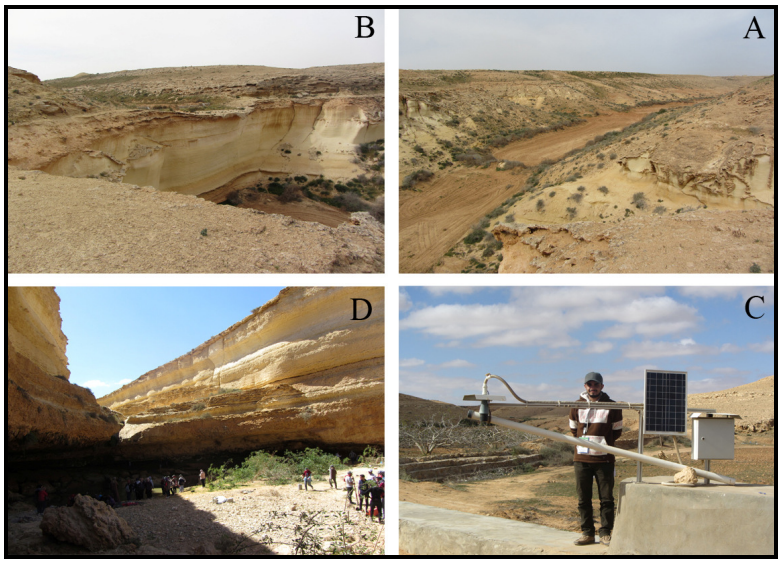
المقدمة :

تتضمن منطقة مرسى مطروح التي تشغل جزءًا من الساحل الشمالي الغربي لجمهورية مصر العربية عددًا من أحواض الأودية، وقع الاختيار على سبعة أحواض منها؛ لدراسة نظام الجريان السطحي وتقدير حجم التصريف المائي، وتتميز الأحواض المختارة بأنها الأكبر من حيث المساحة، والأكثر استغلالا في مجال العمل الزراعي، وتستقبل هذه الأحواض كميات متفاوتة من الأمطار في فصل الشتاء، وتتكرر فيها ظاهرة السيول، وهذه الأحواض من الشرق إلى الغرب هي: حوض وادي خَرُّوبة، حوض وادي الرَّمل، حوض وادي مَدْور، حوض وادي ماجِد، حوض وادي الوَشْكَة، حوض وادي سِنَب، حوض وادي أم أشْطَان (شكل ١)، وفلكيًا تقع هذه الأحواض بين دائرتي عرض ٥٤″ ٠٧′ ٣١°–٠٤″ ٢٣′ ٣١° شمالا، وخطي طول ٠٩″ ٥٨′ ٢٦°–١٧″ ١٣′ ٢٧°، وتتراوح مساحات تلك الأحواض بين ٨,٦١–١٠٧,٤٨ كم٢، بمتوسط عام يبلغ ٥٥,٥١ كم٢، وتشغل مجتمعة مساحة تقدر بنحو ٣٨٨ كم٢.



شكل (١) : أحواض الأودية موضوع الدراسة بمنطقة مرسى مطروح.

وتوضح الخريطة الجيولوجية (NH 35 NE, scale 1:500000) لمنطقة الدراسة بأن الصخور السطحية في أحواض الأودية، صخور رسوبية أرسبت في بيئة بحرية ضحلة إبَّان حقبة النيوجين (من الميوسين الأوسط إلى نهاية البليوسين)، وتتألف من الحجر الجيري الحفري كريمي إلى وردى اللون، يتداخل فيه تكوينات من المارل، وتعرف هذه الصخور بتكوين مرماريكا Marmarica Formation (شكل ٢)، كما تتضمن أحواض الأودية صخورًا أخري من الحجر الجيري الأبيض، ويتداخل فيها أيضا تكوينات من المارل على مستويات متباينة، ويطلق على هذه الصخور تكوين الحجيف El-Hagif Formation (Hassanein and El-Senussi, 1984). وتفترش تكوينات الزمن الرابع نطاق السهل الساحلي (سهل رياح) إلى الشمال مباشرة من حافة هضبة مرماريكا، وتختلف أنواع هذه التكوينات كما تختلف خصائصها بالاتجاه من الجنوب صوب الشمال، ولعل أبرزها تكوينات الحجر الجيري البطروخي Oolitic limestone الذى تناولتها عمليات التشكيل البليستوسينية البحرية والقارية على السواء (Cherif et al., 1975)، وشكلت منها حافات طولية تمتد موازية لحافة الهضبة الميوسينية جنوبًا، وخط الساحل شمالا، ويفصل هذه الحافات عن بعضها منخفضات طولية وأسطح مستوية تغطيها تكوينات من أصول فيضية (مراوح الأودية)، وسباخ وكثبان رملية صغرة الحجم، وتكوينات شاطئية حديثة.



شكل (٢) : المجرى الأعلى لوادي ماجد في صخور الحجر الجيري التابع لتكوين مرماريكا (A)، ونقطة تجديد (تراجع) ليثولوجية في القطاع الأوسط لوادي ماجد (B)، ونظام السدود الحجرية على وادي خروبة، وتظهر في الصورة محطة لرصد وتسجيل الأمطار تابعة لمشروع تنمية وادي خروبة وهو مشروع زراعي إيطالي مصري (C)، ونقطة تجديد ليثولوجية في القطاع الأوسط لوادي أم أشطان (D) ويبدو واضحا التقويض السفلي (الينبوعي) وبركة غطس بعمق ٦ متر أسفل النقطة.

وأثبتت الدراسة الميدانية بجانب تحليل نموذج الارتفاع الرقمي (ASTER-DEM-30m) أن الخصائص المورفومترية والجيومورفولوجية لأحواض التصريف جاءت انعكاسًا للخصائص الليثولوجية والبنيوية لصخور منطقة الدراسة، على سبيل المثال، تنتمى معظم خطوط التصريف المائي في منطقة مرسى مطروح بشكل عام، للنمط الشجري والنمط المتوازي Dendritic and parallel drainage patterns، ويسود النمط الشجري على مكاشف الحجر الجيري التابع لتكوين مرماريكا الذى تكتنفه مفاصل صخرية تتصل ببعضها بزوايا حادة، بينما يسود النمط المتوازي على مكاشف الحجر الجيري التابع لتكوين الحجيف، وهنا تتبع خطوط التصريف مفاصل متوازية تتصل ببعضها بأكواع قائمة الزوايا أو تكاد، ولهذا تميل مجارى النمط الأول للتعرج والانعطاف بدرجات متفاوتة، كما تتميز المقاطع العرضية لهذا النمط من المجاري بالاتساع والضحولة، وتشرف عليها جوانب سلمية هينة الانحدار، بينما تبدو مجارى النمط الثاني مستقيمة إلى حد كبير، وتتميز مقاطعها العرضية بالضيق والعمق (صندوقية الشكل)، وتقف جوانبها منتصبة في هيئة حافات شديدة الانحدار، تتحول إلى حافات رأسية بالاتجاه صوب المنابع.

وأظهرت البيانات المناخية التي سجلتها محطة مرسى مطروح في الفترة من ١٩٤٧–٢٠٠٥م بأن منطقة الدراسة تتدرج تحت المناخ الجاف إلى شبه جاف، حيث تتراوح درجة الحرارة القصوى بين ١٧,٨°م (يناير)، ٢٩,٨°م (أغسطس)، بمتوسط سنوي يبلغ ٢٤,١°م، بينما تتراوح درجة الحرارة الدنيا بين ٩,٢°م (يناير)، ٢١,٩°م (أغسطس)، بمتوسط سنوي يبلغ ١٥,٢°م، وتسقط على منطقة الدراسة أمطار بمتوسط سنوي ١٧٣,٦مم، وتسقط معظم هذه الأمطار (١٣٣,٦ مم) في الأشهر من نوفمبر إلى مارس؛ نتيجة لمرور المنخفضات الجوية الشتوية بحذاء ساحل البحر المتوسط من الغرب إلى الشرق، وأقصى كمية مطر يومية سجلتها محطة مرسى مطروح خلال ٥٨ سنة بلغت ٧٩,٠ مم، وتكرر سقوط هذه الكمية من الأمطار مرتين في عام واحد، الأولى بتاريخ ١٩٨٦/٩/٧، والثانية بتاريخ ١٩٨٦/١١/٢٧م، تليها من حيث الكثافة كمية من الأمطار بلغت ٧٠,٦مم سقطت على منطقة الدراسة بتاريخ ١٩٨٩/١٠/٢٧، وبلغت كمية الأمطار التي تأتى في المرتبة الثالثة ٦٣,٨مم سقطت بتاريخ ١٩٧٧/١٢/١٣م، ويبلغ المتوسط العام لأقصى كمية مطر سقطت في يوم واحد خلال فترة التسجيل ٢٣,٨مم، وتعد هذه الكميات من الأمطار أهم الأحداث المناخية التي تشهدها منطقة الدراسة من منظور هيدرولوجي، حيث تفيض الأودية بكامل طاقتها، وتدفع قدرًا من المياه يغمر سهل رباح وينتهى في البحر بعدما يتسبب في حدوث خسائر كبيرة في بعض المنشآت والممتلكات.

والواقع إن أحواض الأودية تعد واحدة من أهم الظواهر الطبيعية في البيئات الجافة وشبه الجافة بصفة خاصة، حيث تتضمن هذه الأحواض موارد وإمكانات يمكن استخدامها والاستفادة بها، يأتي في مقدمتها الموارد المائية والتربة والنبات الطبيعي، ولا شك في أن التخطيط لتنمية تلك الموارد

والاستفادة بها يتوقف – بالدرجة الأولى – على نتائج دراسات تطبيقية متخصصة، غير أن النقص في البيانات المناخية المتاحة، نتيجة للنقص الحاد في محطات الرصد، وضعف كفاءة بعض أجهزة الرصد وكثرة أعطالها؛ انعكس سلبا على دقة البيانات، كما أن بيانات بعض محطات الرصد متقطعة، وتكتنفها فواصل زمنية توقفت خلالها عملية الرصد، فضلا عن عدم وجود محطات رصد ومراقبة هيدرولوجية داخل أحواض الأودية في مصر وسائر الأقطار العربية؛ الأمر الذى دفع بهذه الدراسة وغيرها من الدراسات لاستخدام نموذج أو أكثر من النماذج الرياضية المعنية بمحاكاة نظم الجريان المائي في الأنهار دائمة الجريان والأودية التي تتكرر فيها ظاهرة السيول.

وتهدف تلك النماذج إلى تصميم هيدروجراف (مخطط مائي) إنشائي لنظام الجريان Synthetic unit hydrograph اعتمادًا على متغيرات مورفومترية وهيدرولوجية خاصة بحوض التصريف، ثم تستخدم قيم الهيدروجراف الإنشائي وتنسيقاته في إنشاء هيدروجراف الجريان المائي أو هيدروجراف العاصفة Storm hydrograph الذي يحدد حجم الجريان السطحي، وحجم المياه في قمة التصريف، وزمن الوصول إلى قمة التصريف في فترات رجوع أقصى كمية مطر تسقط في يوم واحد على حوض التصريف من خلال البيانات المتاحة للمطر.

والحقيقة هنالك عدد من النماذج الرياضية تستخدم في تقدير حجم الجريان المائي في أحواض التصريف، وتقدير أقصى حجم للمياه في قمة التصريف، لعل أكثرها شهرة واستخدامًا: نموذج سنايدر Snyder's Model، ونموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة Soil Conservation Service Model (SCS)، ونموذج جراى Gray's Model، ونموذج كلارك Clark's Model، ويعد نموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة الأنسب لأحواض أودية منطقة مرسى مطروح، حيث أشارت الهيئة الأمريكية لصيانة التربة (SCS, 2002)، كما أشارت دراسات أخرى إلى أن هذا النموذج يعطى نتائج قريبة من الواقع في حال ما إذا تم تطبيقه على أحواض تصريف صغيرة المساحة (٥٠٠ كم^{٢} أو أقل) (Ramirez, 2000; Jones, 2006)، كما أن هذا النموذج يعتمد على بيانات أقصى كمية مطر تسقط في يوم واحد، بجانب بعض الخصائص المورفومترية للحوض، وبناء على الخصائص الهيدرولوجية للتربة داخل الحوض؛ يحسب هذا النموذج بدقة شديدة نسبة الفاقد من مياه المطر داخل الحوض التي لا تصل إلى مخرج الوادي أو إلى مصبه.

منهج البحث وأساليبه :

تُعد المحاكاة باستخدام أحد النماذج الرياضية أو الجبرية Deterministic Mathematical Model منهجًا دراسيًا بديلا، غير أنه مكمل لمناهج أخرى أصولية أبرزها منهج النظام والمنهج الموضعي، وعلى هذا الأساس تم الاعتماد على نموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة (SCS-CN)

في إنشاء هيدروجراف نظام الجريان السطحي وتقدير حجم التصريف المائي لأحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح، بينما تم تحليل نتائج المعادلات والصيغ الرياضية الخاصة بالنموذج على أسس منهجية نظامية وموضوعية. ويلزم لتطبيق هذا النموذج قياس بعض المتغيرات المورفومترية، وحساب بعض المتغيرات الهيدرولوجية لأحواض الأودية موضوع الدراسة، ولقياس المتغيرات المورفومترية اللازمة، تم فصل أحواض التصريف موضوع الدراسة، واشتقاق شبكات التصريف من نموذج الارتفاع الرقمي (ASTER DEM-30m) بالاستعانة بتقنيات نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS-10.3)، وعلى جانب آخر، تمت الاستعانة بنموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة في حساب قيم المتغيرات الهيدرولوجية التي تتضمنها معادلة أقصى تصريف مائي أو قمة التصريف Peak discharge (Qp) (المعادلة رقم ١) وهى على النحو الآتي:

$$Q_p = \frac{0.208 \times A \times Q_d}{T_p} \qquad (1)$$

حيث إن:

Q_p أقصى تصريف مائي أو قمة التصريف (م^3/الثانية)

A مساحة حوض التصريف المائي (كم^2)

Q_d حجم الجريان السطحي (مم)، ويحسب من المعادلة التالية (رقم ٢)

T_p زمن الوصول إلى قمة التصريف (ساعة)، ويحسب من المعادلة التالية (رقم ٣)

$$Q_d = Rc \times H \qquad (2)$$

$$T_p = \frac{Tc + 0.133Tc}{1.7} \qquad (3)$$

حيث إن:

Rc معامل الجريان المائي Runoff coefficient، وتعكس قيمة هذا المعامل الخواص الهيدرولوجية للصخور والتربة داخل أحواض التصريف من نفاذية وسعة امتصاص وتخزين للمياه، وتتراوح قيمة هذا المعامل بين ٠,١٠، ٠,٣٠، وخصصت الهيئة الأمريكية لصيانة التربة القيمة (Rc = 0.175) لترب المناطق الجافة التي اشتقت موادها من صخور الحجر الجيري تحت تأثير التعرية والتجوية.

H متوسط أقصى كمية مطر تسقط في يوم واحد (مم) وهو ٢٣,٨٢مم، وفقا لبيانات الأمطار التي سجلتها محطة مرسى مطروح في الفترة من ١٩٤٧– ٢٠٠٥م.

Tc زمن التركيز (دقيقة) Time of concentration ويحسب من المعادلة التالية (رقم ٤):

$$Tc = 0.0195\left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.383}}\right) \qquad (4)$$

حيث إن: (L) طول المجرى الرئيس (بالمتر)، (S) انحدار المجرى الرئيس (م/م)، ويحسب انحدار المجرى الرئيس من المعادلة التالية (رقم ٥):

$$S = \frac{H_{max} - h_{min}}{d} \qquad (5)$$

حيث إن: H_{max} أقصى ارتفاع للمجرى الرئيس (بالمتر)، h_{min} أدنى ارتفاع للمجرى الرئيس، d طول المجرى الرئيس (بالمتر).

ويتضمن الجدول التالي (رقم ١) قيم المتغيرات المورفومترية والهيدرولوجية اللازمة لإنشاء هيدروجراف نظام الجريان المائي في أحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح، وهي نتائج تحليل نموذج الارتفاع الرقمي، ونتائج تطبيق المعادلات والصيغ الرياضية الخاصة بنموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة (SCS-CN).

جدول (١) : المتغيرات المورفومترية والهيدرولوجية اللازمة لإنشاء هيدروجراف نظام الجريان المائي في أحواض التصريف بمنطقة مرسى مطروح.

حوض وادى	المتغيرات المورفومترية			المتغيرات الهيدرولوجية		
	A (sq.km)	L (m)	S (m/m)	Tc (hr)	Tp (hr)	Qp (m^3/sec)
خروبة	55.12	15584	0.0071	3.69	2.46	19.43
الرمل	102.85	12837	0.0063	3.33	2.22	40.18
مدور	44.79	9546	0.0084	2.37	1.58	24.59
ماجد	50.85	9265	0.0079	2.38	1.59	27.74
الوشكة	8.61	1383	0.0122	0.47	0.53	14.09
سنب	18.84	13858	0.0106	2.89	1.93	8.47
أم أشطان	107.48	18769	0.0081	4.05	2.70	34.53
المتوسط	**55.51**	**11606**	**0.0087**	**2.74**	**1.86**	**24.15**

أولا – هيدروجراف نظام الجريان في أحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح :

Development of Synthetic Unit Hydrograph

اعتبر نموذج (SCS-CN) قيم الوقت وقيم التصريف المائي أساسًا لإنشاء هيدروجراف نظام الجريان، ويحسب الوقت Time (T) الذى يستغرقه التصريف المائي كنسبة من وقت الوصول إلى قمة التصريف Time to peak (Tp) (ناتج المعادلة رقم ٣)، بينما يحسب حجم التصريف المائي Discharge (Q) كنسبة من حجم المياه في قمة التصريف Peak discharge (Qp) (ناتج المعادلة رقم ١)، على سبيل المثال، يوضح الجدول (رقم ١) أن زمن الوصول إلى قمة التصريف في حوض وادي خروبة يبلغ ٢,٤٦ ساعة (Tp = 2.46 hr)، بينما يبلغ حجم المياه في قمة التصريف لهذا الحوض ١٩,٤٣م^3/الثانية (Qp = 19.43 m^3/sec)، وبضرب هاتين القيمتين في القيم المعيارية لنموذج الهيئة الأمريكية (SCS) يمكن استخراج قيم المحورين الأفقي والرأسي لهيدروجراف حوض وادي خروبة، حيث تستخرج قيم الوقت T (hr) (قيم المحور الأفقي) من عملية ضرب نسب الوقت المعيارية × زمن الوصول إلى قمة التصريف $(T/Tp \times Tp)$، بينما تستخرج أحجام التصريف المائي Q (m^3/sec) (المحور الرأسي) من عملية ضرب نسب التصريف المائي المعيارية × حجم المياه في قمة التصريف $(Q/Qp \times Qp)$ على النحو الذى يوضحه الجدولان التاليان (رقما ٢، ٣).

جدول (٢) : طريقة استخراج قيم هيدروجراف حوض وادي خروبة بالاستعانة بالقيم المعيارية لنموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة (SCS).

	ثوابت معيارية خاصة بنموذج (SCS-CN)			القيم المستخرجة بناء على الثوابت المعيارية الخاصة بالنموذج	
1.	At	(T/Tp) = 0, Q/Qp = 0	thus	At	T = 0 hr, Q = 0 m^3/sec
2.	At	(T/Tp) = 0.5, Q/Qp = 0.43	thus	At	T = 1.23 hr, Q = 8.35 m^3/sec
3.	At	(T/Tp) = 1.0, Q/Qp = 1.0	thus	At	T = 2.46 hr, Q = 19.43 m^3/sec
4.	At	(T/Tp) = 1.5, Q/Qp = 0.66	thus	At	T = 3.69 hr, Q = 12.82 m^3/sec
5.	At	(T/Tp) = 2, Q/Qp = 0.32	thus	At	T = 4.92 hr, Q = 6.22 m^3/sec
6.	At	(T/Tp) = 2.5,Q/Qp = 0.155	thus	At	T = 6.15 hr, Q = 3.01 m^3/sec
7.	At	(T/Tp) = 3.0,Q/Qp = 0.075	thus	At	T = 7.38 hr, Q = 1.46 m^3/sec
8.	At	(T/Tp) = 3.5,Q/Qp = 0.036	thus	At	T = 8.61hr, Q = 0.77m^3/sec

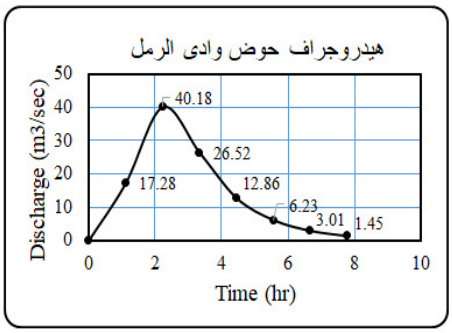
جدول (٣) : قيم وقت التصريف، وقيم التصريف المائي لحوض وادي خروبة بناء على القيم المعيارية لنسب الوقت ونسب الجريان المائي الخاصة بنموذج (SCS-CN).

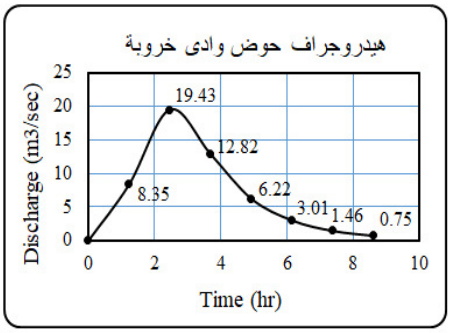
نسب الوقت T/Tp (SCS)	وقت التصريف T (hr)	نسب الجريان المائي Q/Qp (SCS)	التصريف المائي Q (m3/sec)
0	0	0	0
0.5	1.23	0.43	8.35
1.0	2.46	1.0	19.43
1.5	3.69	0.66	12.82
2.0	4.92	0.32	6.22
2.5	6.15	0.155	3.01
3.0	7.38	0.075	1.46
3.5	8.61	0.036	0.77

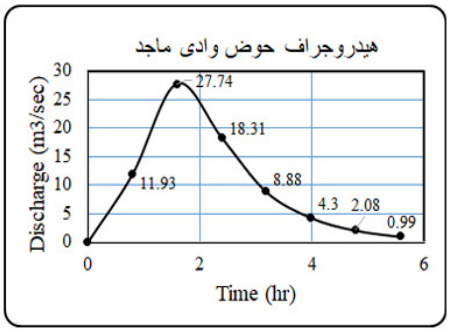
وبنفس الطريقة يمكن استخراج قيم هيدروجراف نظام الجريان المائي لكل حوض من أحواض أودية منطقة مرسى مطروح (جدول ٤).

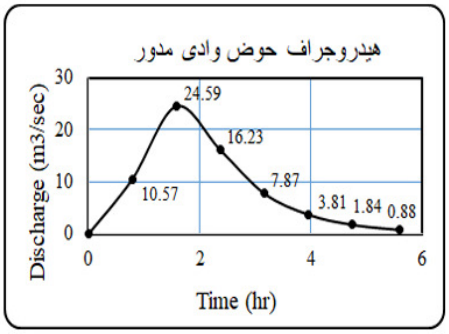
جدول (٤) : قيم وقت التصريف، وقيم التصريف المائي لأحواض الأودية الأخرى بمنطقة مرسى مطروح.

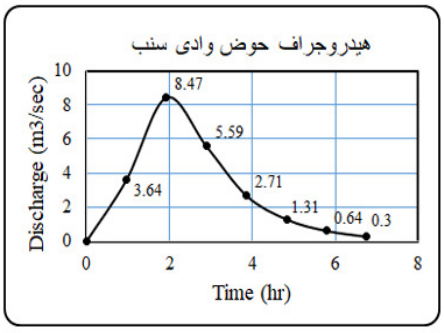
حوض وادى ماجد		حوض وادى مدور		حوض وادى الرمل	
Q (m^3/sec)	T (hr)	Q (m^3/sec)	T (hr)	Q (m^3/sec)	T (hr)
0	0	0	0	0	0
11.93	0.80	10.57	0.79	17.28	1.11
27.74	1.59	24.59	1.58	40.18	2.22
18.31	2.39	16.23	2.37	26.52	3.33
8.88	3.18	7.87	3.16	12.86	4.44
4.30	3.98	3.81	3.95	6.23	5.55
2.08	4.77	1.84	4.74	3.01	6.66
0.99	5.57	0.88	5.58	1.45	7.77
حوض وادى أم أشطان		**حوض وادى سنب**		**حوض وادى الوشكة**	
Q (m^3/sec)	T (hr)	Q (m^3/sec)	T (hr)	Q (m^3/sec)	T (hr)
0	0	0	0	0	0
14.84	1.35	3.64	0.97	6.06	0.27
34.53	2.70	8.47	1.93	14.09	0.53
22.79	4.05	5.59	2.90	9.30	0.80
11.05	5.40	2.71	3.86	4.51	1.06
5.35	6.75	1.31	4.83	2.18	1.33
2.59	8.10	0.64	5.79	1.06	1.59
1.24	9.45	0.30	6.76	0.51	1.86

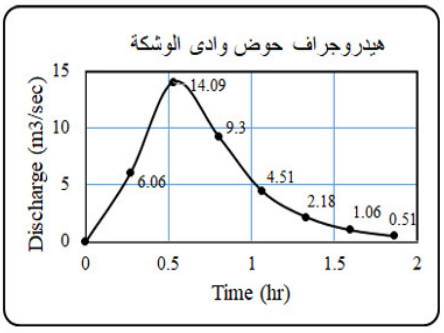


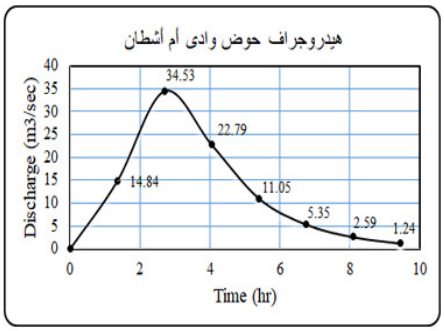












كل (3) :) : المخططات المائية لنظام الجريان المائي في أحواض أودية منطقة مرسى مطروح، وتبين هذه المخططات اختلاف زمن الوصول إلى قمة التصريف، وكذلك حجم المياه في قمة التصريف بين الأحواض، وقد يعزى هذا الاختلاف لتفاوت الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية للأحواض السبعة موضوع الدراسة.

ويتضح من الجدول (١)، وكذلك المخططات المائية لأحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح (شكل ٣) الآتي:

١- تتراوح مساحات أحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح بين ٨,٦١-١٠٧,٤٨ كم^{٢}، بمتوسط عام يبلغ ٥٥,٥١ كم^{٢}، وتشغل هذه الأحواض مجتمعة مساحة تقدر بنحو ٣٨٨ كم^{٢}، وهي أحواض صغيرة المساحة قصيرة الطول بشكل عام، حيث تتراوح أطوال الأودية الرئيسة بين ١,٣٨-١٨,٥٨ كم، بمتوسط عام يبلغ ١١,٦١ كم، وقد يرجع السبب في صغر مساحات الأحواض، وقصر أطوال الأودية الرئيسة إلى أن الصخور السطحية عالية النفاذية، حيث تكتنفها شبكة كثيفة من الشقوق والمفاصل، ولهذا فإن كمية كبيرة من مياه المطر تنفذ داخل الصخور من خلال شبكة الشقوق والمفاصل الصخرية، ونتيجة لذلك تتبدد طاقة الجريان السطحي وتضعف عملياته، بينما تنشط عمليات التحلل والإذابة داخل الصخور، ثم تتجمع المياه وتخرج من جوانب الأودية الرئيسة في هيئة ينابيع عقب سقوط الأمطار، ولهذا فإن التقويض الينبوعي ظاهرة شائعة في أحواض أودية منطقة مرسى مطروح، وعلى امتداد الحافة الشمالية للهضبة الميوسينية.

٢- لا شك في أن العلاقة بين زمن التركيز الحوضي Time of concentration (Tc) وزمن الوصول إلى قمة التصريف Time to peak (Tp) علاقة طردية وقوية، حيث يتراوح زمن التركيز للأحواض موضوع الدراسة بين ٠,٤٧ (حوض وادي الوشكة)، ٤,٠٥ (حوض وادي أم أشطان)، بمتوسط عام يبلغ ٢,٧٤ ساعة، بينما يتراوح زمن الوصول إلى قمة التصريف بين ٠,٥٣ (حوض وادي الوشكة)، ٢,٧٠ (حوض وادي أم أشطان)، بمتوسط عام يبلغ ١,٨٦ ساعة، وبشكل عام، يبدو واضحًا أن الجريان المائي السطحي الناجم عن متوسط أقصى كمية مطر يومية تسقط على أحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح لا يستغرق وقتا زمنيا طويلا داخل تلك الأحواض، إذ يبدأ الحدث وينتهى في غضون بضع ساعات، ويعتبر حوض وادى الوشكة الأسرع في تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية أو إلى سيول، فهو من الناحية المورفومترية؛ الأقل مساحة واستطالة والأشد انحدارا، ومن الناحية الهيدرولوجية، سجل نفس الحوض أقل زمن تركز، وأقل زمن للوصول إلى قمة التصريف، على العكس من حوض وادى أم أشطان أقل الأحواض سرعة في تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية أو إلى سيول.

٣- بناء على المتوسط العام لأقصى أمطار يومية سقطت على أحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح في الفترة من ١٩٤٧-٢٠٠٥م، يتراوح أقصى تصريف مائي Peak discharge (Qp)

بين ٨,٤٧–٤٠,١٨ م٣/الثانية، بمتوسط عام يبلغ ٢٤,١٥ م٣/الثانية، ورغم أن حوض وادي سنب سجل أقل قيم أقصى تصريف مائي، فإنه ليس أقل الأحواض مساحة، ولكنه أكثرها استطالة، وهنا نؤكد على ما أكدت عليه دراسات أخرى عديدة من أن شكل الحوض يعد من أقوى المتغيرات الجيومورفولوجية المؤثرة على هيدرولوجية الحوض؛ فالأحواض المستطيلة أو الأكثر استطالة هي الأضعف هيدرولوجيا؛ نظرا لبعد مركز ثقل الحوض عن مخرج الوادي الرئيس أو المصب (Viessman, et al., 1989; Ramirez, 2000; Ogunlela & Kasali, 2002; Viessman & Lewis, 2008; Salami, 2009; and Sule & Alabi, 2013).

ثانيا – هيدروجراف السيول (العاصفة) لأحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح :

Development of Design Storm Hydrograph

حدد نموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة (SCS-CN Model) متغيرات إنشاء هيدروجراف السيول (هيدروجراف العاصفة) Storm Hydrograph، وهذه المتغيرات هي:

١- قيم ونتسيقات هيدروجراف نظام الجريان المائي Unit Hydrograph Ordinates (UHO) الذي تم إنشاؤه لكل حوض تصريف من أحواض أودية منطقة مرسى مطروح بناء على المتوسط العام لأقصى كمية مطر يومية (الجدولان رقما ٣، ٤ وكذلك الشكل رقم ٣).

٢- تحديد أقصى كمية مطر يومية يحتمل سقوطها على أحواض التصريف في فترات الرجوع Return periods المختارة والتي قد ينتج عنها جريان مائي سطحي في هيئة سيول أو فيضانات (جدول ٥)، ويعنى هذا أن هنالك كميات من الأمطار اليومية تسقط على أحواض الأودية، ولا ينجم عنها جريان سطحي، ذلك لأن مياه تلك الأمطار تفقد بشكل كامل إما بالتسرب أو البخر، كما أن نسبة من الفاقد قد تحتجز في قيعان ومنخفضات داخل حوض التصريف ولا تصل إلى مخرج الوادي أو مصبه.

جدول (٥) : أقصى أمطار يومية يحتمل سقوطها على أحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح في فترات رجوع مختارة، بناء على بيانات أقصى أمطار يومية سجلتها محطة مرسى مطروح في الفترة من ١٩٤٧–٢٠٠٥م.

فترات الرجوع (بالسنين)	٥	١٠	٢٥	٥٠
أقصى أمطار يومية (مم)	٣٣,٤	٦٣,٨	٧٠,٦	٧٩,٠

٣- حساب نسبة الفاقد Initial Abstraction (Ia) من مياه أقصى كمية مطر سقطت ويحتمل رجوع سقوطها بنفس الكمية على أحواض الأودية في كل فترة من فترات الرجوع المختارة، والحقيقة إن الهيئة الأمريكية لصيانة التربة أجرت اختبارًا للخواص الفيزيائية والهيدرولوجية لعدد ٨٥٠٠ مجموعة من الترب على مستوى العالم، وقسَّمت تلك الترب إلى أربع مجموعات هيدرولوجية Hydrologic Soil Groups (A, B, C, and D)، وأظهرت الدراسة الحالية أن ترب أحواض أودية مرسى مطروح تنتمى هيدرولوجيا للمجموعة الأولى (Group-A) وهى في معظمها ترب خشنة القوام عالية النفاذية High infiltration capacity، ولهذا تتسم تلك الترب بطاقة جريان سطحي منخفضة Low overland-flow potential ونظرًا لأنها تتشكل داخل أحواض التصريف فوق سطح الهضبة الميوسينية (مرماريكا) وفوق منحدرات جوانب الأودية وفى قيعانها Contoured soils؛ فإنها تندرج تحت المنحنى رقم ٦١ Curve number (CN = 61) ويجعل نموذج SCS-CN من هذا الرقم معيارًا مهما في حساب نسبة الفاقد (Ia) من مياه أقصى كمية مطر يومية تستقبلها أحواض أودية مرسى مطروح في فترات الرجوع المختارة، على النحو الذى تظهره المعادلة التالية (رقم ٦) المستخدمة في حساب نسبة الفاقد.

$$Ia = 0.2 \times S \qquad (6)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad (7)$$

وبتطبيق معادلة الفاقد من مياه الأمطار (المعادلة رقم ٦) على أحواض أودية مرسى مطروح يتضح أن الفاقد من مياه الأمطار يبلغ ٣٢,٤٨ مم، ويعنى هذا أن أية كمية مطر تسقط في يوم واحد تساوى أو تقل عن ٣٢,٤٨مم لن ينتج عنها جريان سطحي في أحواض أودية مرسى مطروح، وربما أيضًا كافة أحواض أودية الساحل الشمالي الغربي لمصر.

٤- استقطاع نسبة الفاقد (Ia) من كميات الأمطار اليومية المتوقع سقوطها في فترات الرجوع المختارة باستخدام المعادلة التالية (رقم ٨).

$$Q_d = \frac{(p^* - Ia)^2}{p^* + (0.8 \times S)} \qquad (for\ p^* > 0.2 \times S) \qquad (8)$$

$$Q_d = 0 \ \ If \ \ p^* \leq 0.2 \times S \qquad (9)$$

حيث إن:

Q_d كمية المياه (مم) المتبقية من مياه الأمطار بعد استقطاع نسبة الفاقد في فترات الرجوع المختارة، وتشكل تلك الكمية من المياه جريانًا سطحيًا داخل الحوض، وتصل بالفعل إلى مخرج الوادي.

p^* أقصى كمية مطر يومية (مم) سقطت ويحتمل سقوطها في كل فترة من فترات الرجوع المختارة.

Ia حجم الفاقد من مياه الأمطار (٣٢,٤٨ مم) داخل حوض التصريف (المعادلة رقم ٦).

S معامل أقصى طاقة لاحتفاظ التربة بالمياه (تبلغ قيمته ١٦٢,٣٩ مم في منطقة الدراسة (المعادلة رقم ٧).

٥- حساب حجم الجريان السطحي المباشر، وأحجام التصريف المائي في فترات الرجوع المختارة عن طريق عملية التعويض الهيدروجرافى Hydrograph Convolution اعتمادًا على متغيرين أساسيين هما: الأول، قيم الجريان المائي (Q m3/sec) في أحواض الأودية التي تم حسابها بناءً على متوسط أقصى كمية مطر يومية (الجدولان رقما ٣، ٤) والتي على أساسها تم إنشاء هيدروجراف نظام الجريان المائي لأحواض التصريف في منطقة الدراسة (الشكل رقم ٣)، والمتغير الثاني هو حجم المتبقي من مياه الأمطار Excess rainfall (mm) بعد استقطاع نسبة الفاقد، ويجرى هذا التطبيق باستخدام المعادلة الآتية (رقم ١٠).

$$Q_n = \sum_{i+1}^{n} P_i U_n - i + 1 \qquad (10)$$

$$Q_n = P_n U_1 + P_{n-1} U_2 + \cdots + P_1 U_j \qquad (11)$$

حيث إن:

Q_n الجريان السطحي المباشر Total direct runoff (m^3/sec)

P_i الحجم المتبقي من مياه الأمطار بعد استقطاع نسبة الفاقد Excess rainfall (mm)

U_n قيم التصريف الخاصة هيدروجراف الجريان المائي UH ordinates (m^3/sec) لكل حوض من أحواض الأودية على حدة، حيث $(j = n - i + 1)$. وعلى العموم، يوضح الجدول التالي (رقم ٦) طريقة تطبيق المعادلة (رقم ١٠)، بينما توضح الجداول أرقام (٧، ٨، ٩، ١٠، ١١، ١٢، ١٣) وكذلك الأشكال أرقام (٤، ٥، ٦، ٧) نتائج التطبيق.

جدول (٦) : طريقة حساب أحجام التصريف المائي في فترات الرجوع المختارة، وحجم الجريان السطحي المباشر في أحواض أودية منطقة مرسى مطروح.

Time Interval (hr)	Excess Rainfall (mm)	Unit Hydrograph Ordinates							Total Direct Runoff (m^3/s)
		hr 1	2 hr	hr 3	hr 4	5 hr	6 hr	7 hr	
		U1 m^3/s	U2 m^3/s	U3 m^3/s	U4 m^3/s	U5 m^3/s	U6 m^3/s	U7 m^3/s	
1	**P1**	P1U1							P1U1
2	**P2**	P2U1	P1U2						P2U1+ P1U2
3	**P3**	P3U1	P2U2	P1U3					P3U1+ P2U2+ P1U3
4	**P4**	P4U1	P3U2	P2U3	P1U4				P4U1+ P3U2+ P2U3+ P1U4
5			P4U2	P3U3	P2U4	P1U5			P4U2+ P3U3+ P2U4+ P1U5
6				P4U3	P3U4	P2U5	P1U6		P4U3+ P3U4+ P2U5+ P1U6
7					P4U4	P3U5	P2U6	P1U7	P4U4+ P3U5+ P2U6+ P1U7
8						P4U5	P3U6	P2U7	P4U5+ P3U6+ P2U7
9							P4U6	P3U7	P4U6+ P3U7
10								P4U7	P4U7
									Total = P1U1+…+P4U7

جدول (٧) : حساب حجم الجريان السطحي المباشر، وأحجام التصريف المائي في فترات الرجوع المختارة لحوض وادي خروبة.

Time Interval (hr)	Excess Rainfall (mm)	Unit Hydrograph Ordinates							Total Direct Runoff (m^3/s)
		1.23 hr	2.46 hr	3.69 hr	4.92 hr	6.15 hr	7.38 hr	8.61 hr	
		8.35 m^3/s	19.43 m^3/s	12.82 m^3/s	6.22 m^3/s	3.01 m^3/s	1.46 m^3/s	0.70 m^3/s	
1	**0.005**	0.04							0.04
2	**5.06**	42.25	0.10						42.36
3	**7.25**	60.54	98.32	0.06					158.92
4	**10.36**	86.51	140.87	64.87	0.03				292.28
5			201.29	92.95	31.47	0.02			325.73
6				132.82	45.10	15.23	0.007		193.16
7					64.44	21.82	7.39	0.004	93.65
8						31.18	10.59	3.54	45.31
9							15.13	5.08	20.21
10								7.25	7.25
									Total = 1178.91

جدول (٨) : حساب حجم الجريان السطحي المباشر، وأحجام التصريف المائي في فترات الرجوع المختارة لحوض وادي الرمل.

Time Interval (hr)	Excess Rainfall (mm)	Unit Hydrograph Ordinates							Total Direct Runoff (m^3/s)
		1.11 hr	2.22 hr	3.33 hr	4.44 hr	5.55 hr	6.66 hr	7.66 hr	
		17.28 m^3/s	40.18 m^3/s	26.52 m^3/s	12.86 m^3/s	6.23 m^3/s	3.01 m^3/s	1.45 m^3/s	
1	**0.005**	0.09							0.09
2	**5.06**	87.44	0.20						87.64
3	**7.25**	125.28	203.31	0.13					328.72
4	**10.36**	179.02	291.31	134.19	0.06				604.58
5			416.26	192.27	56.07	0.03			673.63
6				274.75	93.24	31.52	0.02		399.53
7					133.23	45.17	15.23	0.007	193.64
8						64.54	21.82	7.34	93.70
9							31.18	10.51	41.69
10								15.02	15.02
									Total = 2438.24

جدول (٩) : حساب حجم الجريان السطحي المباشر، وأحجام التصريف المائي في فترات الرجوع المختارة لحوض وادي مدور.

Time Interval (hr)	Excess Rainfall (mm)	Unit Hydrograph Ordinates							Total Direct Runoff (m^3/s)
		0.79 hr	1.58 hr	2.37 hr	3.16 hr	3.95 hr	4.74 hr	5.58 hr	
		10.57 m^3/s	24.59 m^3/s	16.23 m^3/s	7.87 m^3/s	3.81 m^3/s	1.84 m^3/s	0.88 m^3/s	
1	**0.005**	0.05							0.05
2	**5.06**	53.48	0.12						53.60
3	**7.25**	76.63	124.43	0.08					201.14
4	**10.36**	109.51	178.28	82.12	0.04				369.95
5			254.75	117.67	39.82	0.02			412.26
6				168.14	57.06	19.28	0.009		244.49
7					81.53	27.62	9.31	0.004	118.46
8						39.47	13.34	4.45	57.26
9							19.06	6.38	25.44
10								9.12	9.12
									Total = 1491.77

جدول (١٠) : حساب حجم الجريان السطحي المباشر، وأحجام التصريف المائي في فترات الرجوع المختارة لحوض وادي ماجد.

Time Interval (hr)	Excess Rainfall (mm)	Unit Hydrograph Ordinates							Total Direct Runoff (m^3/s)
		0.80 hr	1.59 hr	2.39 hr	3.18 hr	3.98 hr	4.77 hr	5.57 hr	
		11.93 m^3/s	27.74 m^3/s	18.31 m^3/s	8.88 m^3/s	4.30 m^3/s	2.08 m^3/s	0.99 m^3/s	
1	**0.005**	0.06							0.06
2	**5.06**	60.37	0.14						60.51
3	**7.25**	86.49	140.36	0.09					226.94
4	**10.36**	123.59	201.12	92.65	0.04				417.40
5			287.39	132.75	44.93	0.02			465.09
6				189.69	64.38	21.76	0.01		275.84
7					92.00	31.18	10.52	0.005	133.71
8						44.55	15.08	5.01	64.64
9							21.55	7.18	28.73
10								10.26	10.26
									Total = 1683.18

جدول (١١) : حساب حجم الجريان السطحي المباشر، وأحجام التصريف المائي في فترات الرجوع المختارة لحوض وادي الوشكة.

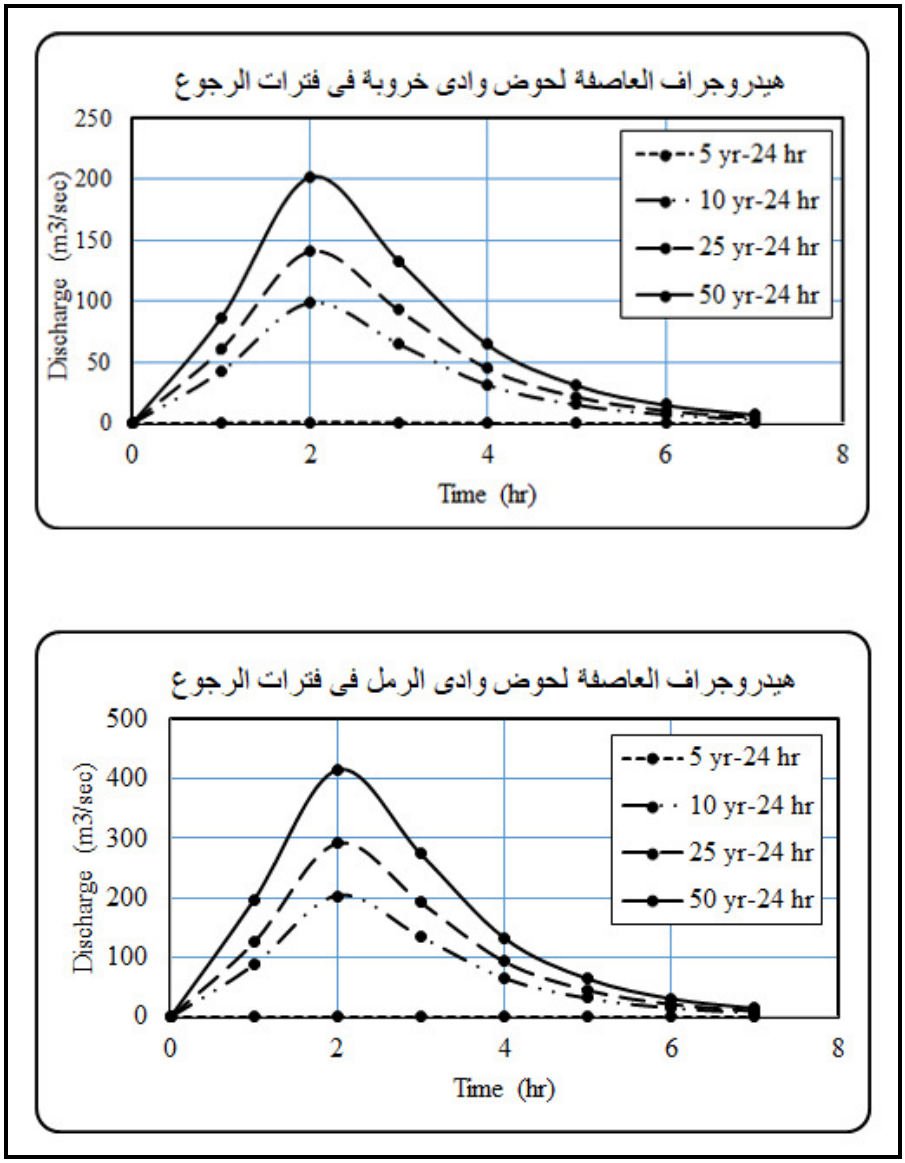
Time Interval (hr)	Excess Rainfall (mm)	Unit Hydrograph Ordinates							Total Direct Runoff (m^3/s)
		0.27 hr	0.53 hr	0.80 hr	1.06 hr	1.33 hr	1.59 hr	1.86 hr	
		6.06 m^3/s	14.09 m^3/s	9.30 m^3/s	4.51 m^3/s	2.18 m^3/s	1.06 m^3/s	0.51 m^3/s	
1	**0.005**	0.03							0.03
2	**5.06**	30.66	0.07						30.73
3	**7.25**	43.94	71.30	0.05					115.29
4	**10.36**	62.78	102.15	47.06	0.02				212.01
5			145.97	67.43	22.82	0.01			236.23
6				96.35	32.70	11.03	0.005		140.09
7					46.72	15.81	5.36	0.003	67.89
8						22.58	7.69	2.58	32.85
9							10.98	3.70	14.68
10								5.28	5.28
									Total = 855.08

جدول (١٢) : حساب حجم الجريان السطحي المباشر، وأحجام التصريف المائي في فترات الرجوع المختارة لحوض وادي سنب.

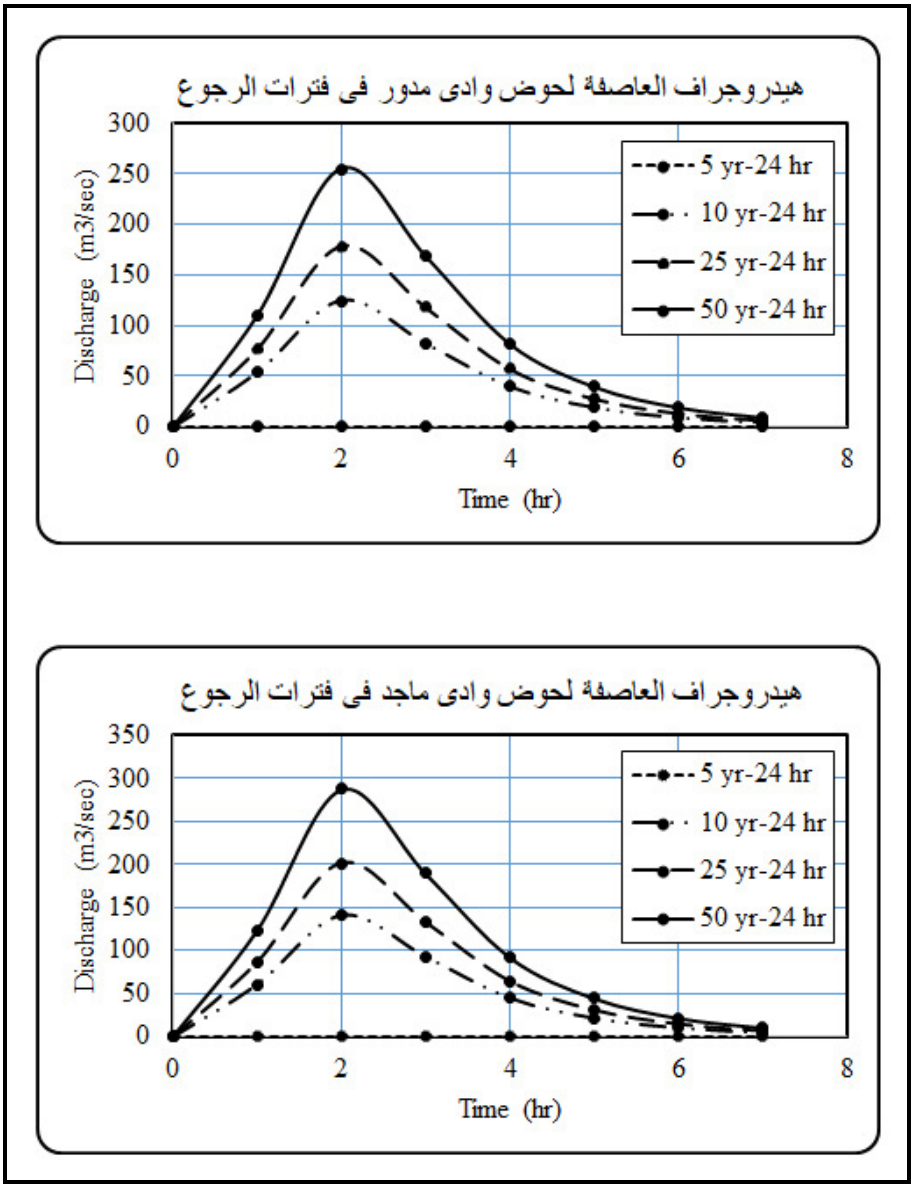
Time Interval (hr)	Excess Rainfall (mm)	Unit Hydrograph Ordinates							Total Direct Runoff (m^3/s)
		0.97 hr	1.93 hr	2.90 hr	3.86 hr	4.83 hr	5.79 hr	6.76 hr	
		3.64 m^3/s	8.47 m^3/s	5.59 m^3/s	2.71 m^3/s	1.31 m^3/s	0.64 m^3/s	0.30 m^3/s	
1	**0.005**	0.02							0.02
2	**5.06**	18.42	0.04						18.46
3	**7.25**	26.39	42.86	0.03					69.28
4	**10.36**	37.71	61.41	28.29	0.01				127.42
5			87.75	40.53	13.71	0.007			141.99
6				57.91	19.65	6.62	0.003		84.18
7					28.08	9.50	3.24	0.002	40.82
8						13.57	4.64	1.52	19.73
9							6.63	2.18	8.81
10								3.11	3.11
									Total = 513.82

جدول (١٣) : حساب حجم الجريان السطحي المباشر، وأحجام التصريف المائي في فترات الرجوع المختارة لحوض وادي أم أشطان.

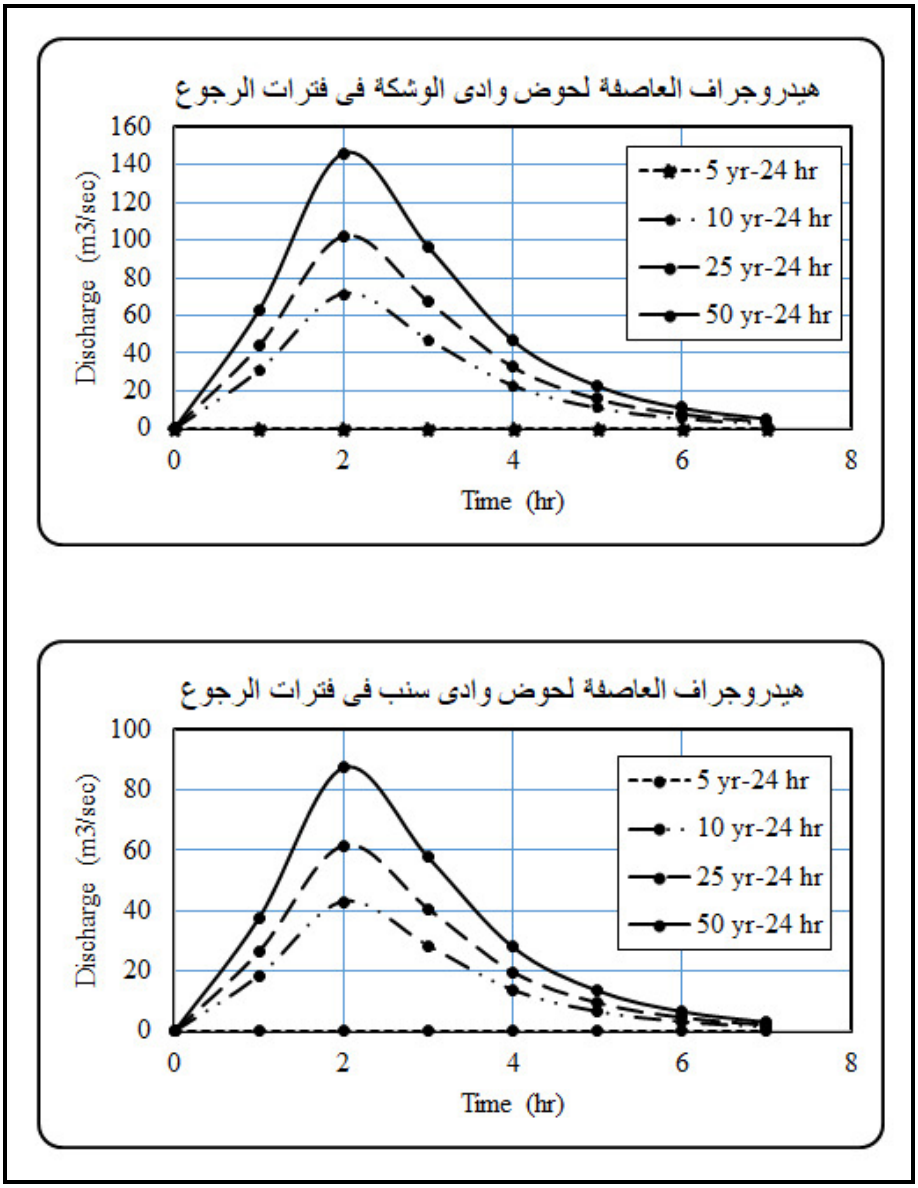
Time Interval (hr)	Excess Rainfall (mm)	Unit Hydrograph Ordinates							Total Direct Runoff (m^3/s)
		1.35 hr	2.70 hr	4.05 hr	5.40 hr	6.75 hr	8.10 hr	9.45 hr	
		14.84 m^3/s	34.53 m^3/s	22.79 m^3/s	11.05 m^3/s	5.35 m^3/s	2.59 m^3/s	1.24 m^3/s	
1	**0.005**	0.07							0.07
2	**5.06**	75.09	0.17						75.26
3	**7.25**	107.59	174.72	0.11					282.42
4	**10.36**	153.74	250.34	115.32	0.06				519.46
5			357.73	165.23	55.91	0.03			578.90
6				236.10	80.11	27.07	0.01		343.29
7					114.48	38.79	13.11	0.006	166.39
8						55.43	18.78	6.27	80.48
9							26.83	8.99	35.82
10								12.85	12.85
									Total = 2094.94



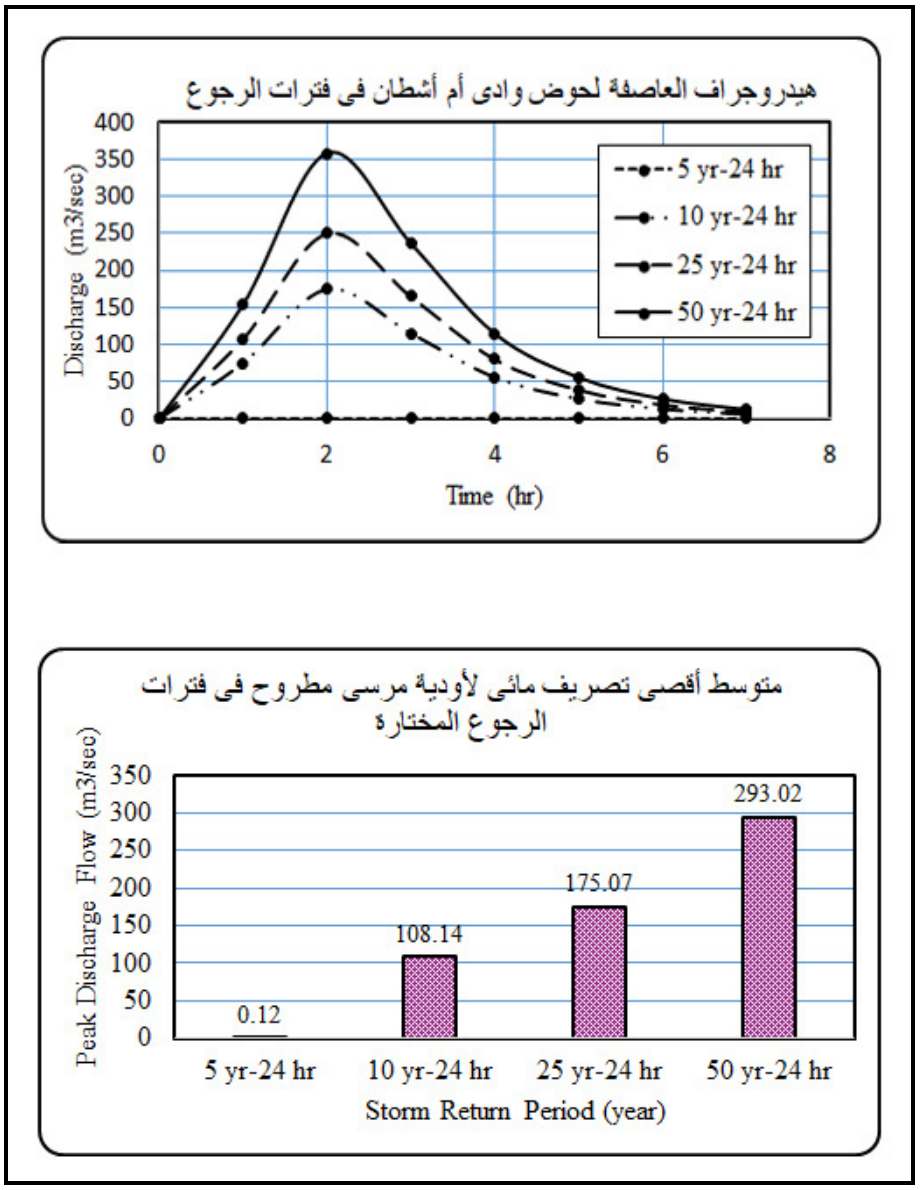
شكل (٤) : هيدروجراف العاصفة (السيول) لحوض وادي خروبة وحوض وادي الرمل في فترات الرجوع المختارة.



شكل (٥) : هيدروجراف العاصفة (السيول) لحوض وادي مدور وحوض وادي ماجد في فترات الرجوع المختارة.



شكل (٦) : هيدروجراف العاصفة (السيول) لحوض وادي الوشكة وحوض وادي سنب في فترات الرجوع المختارة.



شكل (٧) : هيدروجراف العاصفة (السيول) لحوض وادي أم أشطان، ومتوسط أقصى تصريف مائي لأودية منطقة مرسى مطروح في فترات الرجوع المختارة.

ثالثًا – مناقشة النتائج :

يوضح هيدروجراف العاصفة Storm Hydrograph لأحواض أودية منطقة مرسى مطروح (الأشكال أرقام ٤، ٥، ٦، ٧)، وكذلك الجدول التالي رقم (١٤) قيم أقصى تصريف مائي لأحواض أودية مرسى مطروح في فترات رجوع أقصى أمطار يومية يحتمل سقوطها على تلك الأحواض، ومن الأشكال والجدول يتضح الآتي:

١- تستقبل أحواض أودية مرسى مطروح أقصى أمطار يومية بأحجام تبلغ ٣٣,٤ مم، ٦٣,٨ مم، ٧٠,٦ مم، ٧٩,٠ مم في فترات رجوع ٥ سنوات، ١٠ سنوات، ٢٥ سنة، ٥٠ سنة على التوالي، أي أن كل كمية من هذه الأمطار تسقط في يوم واحد (24-hours rainfall) على أحواض أودية منطقة مرسى مطروح بواقع مرة واحدة خلال فترة الرجوع الخاصة بها، وأظهرت الدراسة أن هذه الكميات من الأمطار تفوق من حيث الحجم القدر الذي يُفقد منها داخل أحواض الأودية (٣٢,٤٨ مم)، ويتبقى منها حجم من المياه يشكل جريانًا مائيًا سطحيًا ينجح في الوصول إلى مخارج الأودية الرئيسة. وفى كل الأحوال تتوقف خطورة الجريان السطحي أو أهميته على بعض الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف، وبصفة خاصة مساحة الحوض وانحدار سطح الأرض داخل الحوض، وهما متغيران اعتبرهما نموذج (SCS-CN) رقمين صحيحين في معادلتي أقصى تصريف مائي، ومعادلة زمن الوصول إلى قمة التصريف، أضف إلى ذلك شكل الحوض (استدارة الحوض واستطالته) من منظور مورفومتري.

جدول (١٤) : أقصى تصريف مائي (م^{٣}/الثانية) في فترات رجوع أقصى أمطار يومية تسقط على أحواض أودية مرسى مطروح.

حوض وادى	أقصى تصريف مائي (م^{٣}/الثانية) في فترات الرجوع المختارة			
	٥ سنوات	١٠ سنوات	٢٥ سنة	٥٠ سنة
خروبة	٠,١٠	٩٨,٣٢	١٤٠,٨٧	٢٠١,٢٩
الرمل	٠,٢٠	٢٠٣,٣١	٢٩١,٣٠	٤١٦,٢٦
مدور	٠,١٢	١٢٤,٤٣	١٧٨,٢٨	٢٥٤,٧٥
ماجد	٠,١٤	١٤٠,٣٦	٢٠١,١٢	٢٨٧,٣٩
الوشكة	٠,٠٧	٧١,٣٠	١٠٢,١٥	١٤٥,٩٧
سنب	٠,٠٤	٤٢,٨٦	٦١,٤١	٨٧,٧٥
أم أشطان	٠,١٧	١٧٤,٧٢	٢٥٠,٣٤	٣٥٧,٧٣
المتوسط	**٠,١٢**	**١٢٢,١٩**	**١٧٥,٠٧**	**٢٥٠,١٦**

٢- تنشط أودية مرسى مطروح هيدرولوجيًا مرة واحدة خلال كل خمس سنوات، حيث تتساقط على أحواضها في يوم واحد أمطار تبلغ ٣٣,٤ مم، حينئذ يتراوح أقصى تصريف مائي لهذه الأودية بين ٠,٠٤-٠,٢٠ م٣/الثانية، بمتوسط عام يبلغ ٠,١٢ م٣/الثانية، وهو في كل الأحوال تصريف مائي محدود للغاية، لا يستغرق وقتا طويلا، ذلك لأن جُلَّ مياه تلك الأمطار تُفقد داخل أحواض الأودية، وبالتالي فإن الفاقد من مياه الأمطار يفوق بكثير حجم المياه التي تشكل جريانا سطحيا داخل الأحواض في فترة رجوع خمس سنوات.

٣- يتراوح أقصى تصريف مائي لأودية مرسى مطروح في فترة رجوع ١٠ سنوات بين ٤٢,٨٦-٢٠٣,٣١ م٣/الثانية، بمتوسط عام يبلغ ١٢٢,١٩ م٣/الثانية، وهي كميات من المياه لا بأس بها، ويجب وضعها في الاعتبار عند التخطيط للتنمية، غير أنها لا تشكل خطورة حقيقية على العمران والأنشطة الاقتصادية التي باتت تشغل مناطق واسعة من سهل رباح؛ ذلك لأن مجاري القطاعات الدنيا قادرة على استيعاب هذا الحجم من المياه، كما أن الجريان المائي لا يستغرق سوى بضع ساعات.

٤- يتراوح أقصى تصريف مائي لأودية مرسى مطروح في فترة رجوع ٢٥ سنة بين ٦١,٤١-٢٩١,٣٠ م٣/الثانية، بمتوسط عام يبلغ ١٧٥,٠٧ م٣/الثانية، ويستغرق الجريان المائي وقتا زمنيا أطول من مثيله في فترة رجوع ١٠ سنوات، حيث يطول زمن الجريان كلما ازدادت كمية الأمطار، وازداد بالتبعية حجم التصريف المائي.

٥- يعد النشاط الهيدرولوجي الذي تشهده أحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح مرة واحدة كل ٥٠ سنة تقريبا (فترة رجوع ٥٠ سنة) نشاطا استثنائيا بكل المقاييس، حيث يتراوح أقصى تصريف مائي لتلك الأودية بين ٧٨,٧٥-٤١٦,٢٦ م٣/الثانية، بمتوسط عام يبلغ ٢٥٠,١٦ م٣/الثانية، وبالطبع قد يستغرق الجريان السطحي في هذا الحدث الهيدرولوجي الأكثر أهمية وقتا زمنيا أطول.

وفى محاولة من الباحث للوقوف على مدى دقة نتائج النموذج الأمريكي (SCS-CN) المستخدم في هذه الدراسة، أجرى الباحث حسابا رياضيا (كميا) لأحجام المياه الفعلية التي تصرفها الأودية تجاه السهل الساحلي (سهل رباح) بناء على مساحات الأحواض (كم٢)، وأقصي كمية مطر سقطت على تلك الأحواض في الفترة ما بين ١٩٤٧-٢٠٠٥م، وهي ٧٩ مم، والتي يحتمل سقوطها بواقع مرة واحدة خلال كل خمسين سنة، وبعد استقطاع نسبة الفاقد (٣٢,٤٨ مم) منها داخل أحواض التصريف، فإن صافي الكمية المتبقية من الأمطار التي تشكل جريانا سطحيا فعليا تبلغ ٤٦,٥٢مم، ونظرا لأن كل ١مم من هذه الكمية ينتج عنه تصريف مائي نوعي قيمته ١٠٠٠ م٣/١كم٢، فإن

أحجام المياه التي تصرفها الأودية الرئيسة موضوع الدراسة تجاه سهل رباح؛ تم حسابها بناء على مساحات أحواضها (جدول ١٥) مع الوضع في الاعتبار أنه من المفترض أن الأمطار تغطي مساحة الحوض بالكامل، وهي بالفعل قد تكون كذلك، نظرا لصغر مساحات تلك الأحواض من جانب، وانتظام أمطار منطقة مرسي مطروح إلى حد كبير من جانب آخر.

جدول (١٥) : الأحجام الفعلية للمياه التي تشكل جريانا سطحيا داخل أحواض الأودية بمنطقة مرسي مطروح، بناء على أمطار فترة رجوع ٥٠ سنة.

حوض وادي	المساحة (كم^2)	أمطار فترة رجوع ٥٠ سنة (مم)			حجم المياه (م^3)	
		الأمطار	الفاقد	المتبقي	حجم المياه/١كم^2	حجم المياه في الحوض ككل
خروبة	٥٥,١٢	٧٩	٣٢,٤٨	٤٦,٥٢	٤٦٥٢٠	٢٥٦٤١٨٢
الرمل	١٠٢,٥٨	٧٩	٣٢,٤٨	٤٦,٥٢	٤٦٥٢٠	٤٧٧٢٠٢٢
مدور	٤٤,٧٩	٧٩	٣٢,٤٨	٤٦,٥٢	٤٦٥٢٠	٢٠٨٣٦٣١
ماجد	٥٠,٨٥	٧٩	٣٢,٤٨	٤٦,٥٢	٤٦٥٢٠	٢٣٦٥٥٤٢
الوشكة	٨,٦١	٧٩	٣٢,٤٨	٤٦,٥٢	٤٦٥٢٠	٤٠٠٥٣٧
سنب	١٨,٨٤	٧٩	٣٢,٤٨	٤٦,٥٢	٤٦٥٢٠	٨٧٦٤٣٧
أم أشطان	١٠٧,٤٨	٧٩	٣٢,٤٨	٤٦,٥٢	٤٦٥٢٠	٤٩٩٩٩٧٠
الحجم الكلي للمياه						**١٨٠٦٢٣٢١**

والحقيقة إن هذه المحاولة أظهرت دقة نتائج النموذج المستخدم، كما أظهرت بعضًا من النتائج الإضافية أبرزها:

- تصرف أحواض الأودية موضوع الدراسة تجاه سهل رباح مرة كل خمسين سنة حجما من المياه يبلغ ١٨٠٦٢٣٢١ م^3، وتتفاوت كمية المياه التي يصرفها كل وادٍ من الأودية، حيث يصرف حوض وادي الوشكة ٤٠٠٥٣٧ م^3 وهو أصغر الأحواض من حيث المساحة، بينما يصرف حوض وادي أم أشطان ٤٩٩٩٩٧٠ م^3 وهو أكبر الأحواض مساحة، وتكمن خطورة هذا الحدث الهيدرولوجي في أن التصريف المائي يصل إلى قمته خلال بضع ساعات من بداية سقوط الأمطار، وقد تفيض الأودية بكامل طاقتها، وتنطلق المياه من مخارج الأودية في الهضبة الميوسينية وتغمر مزارع سهل رباح في هيئة فيضانات غطائية، وتتسبب في تدمير

بعض المنشآت والمباني التي شيدت في سهل رباح داخل مجاري السيول، أو تلك التي شيدت على أرض منخفضة المنسوب أو أن منسوبها هو نفس منسوب مجري السيل، وقد تتسبب أيضا في تدمير وتلف الطرق الرئيسة والفرعية التي أنشئت على سهل رباح، وبصفة خاصة طريق مطروح عجيبة الساحلي.

- بناءً على أقصى تصريف مائي (م^{٣}/الثانية) خلال فترة رجوع ٥٠ سنة، يمكن ترتيب أحواض الأودية في منطقة مرسى مطروح ترتيبا تنازليا على النحو الآتي: **حوض وادى الرمل، حوض وادى أم أشطان، حوض وادى ماجد، حوض وادى مدور، حوض وادى خروبة، حوض وادى الوشكة، وأخيرا حوض وادى سنب** (جدول ١٤)، بينما إذا تم ترتيب أحواض الأودية تنازليا بناء على حجم المياه الفعلي (قام الباحث بحسابه) الذي يشكل جريانا سطحيا ويصل بالفعل إلى مخرج الوادي الرئيس، يكون الترتيب على النحو الآتي: **حوض وادي أم اشطان، حوض وادي الرمل، حوض وادي خروبة، حوض وادي ماجد، حوض وادي مدور، حوض وادي سنب، وأخيرا حوض وادي الوشكة** (جدول ١٥)، وبلا شك يعكس اختلاف الترتيب في الحالتين، أن أحجام المياه التي تشكل جريانا سطحيا تتوقف على مساحات الأحواض وعلى خصائص صخورها وتكويناتها، بينما يرتبط أقصي تصريف مائي بالخصائص المورفومترية والجيومورفولوجية لأحواض تلك الأودية، وينهض ذلك دليلا على أن النشاط الهيدرولوجي لأحواض أودية منطقة مرسى مطروح وثيق الارتباط بخصائصها المورفومترية والجيومورفولوجية.

رابعًا – خاتمة وتوصيات :

وقع الاختيار على سبعة أحواض تصريف مائي بمنطقة مرسي مطروح؛ لدراسة نظم الجريان المائي السطحي بها، وتقدير أحجام التصريف المائي، وهي الأحواض الأكبر من حيث المساحة، والأكثر استغلالا في مجال النشاط الزراعي، وأودية تلك الأحواض من الشرق إلى الغرب: وادي خروبة، وادي الرمل، وادي ماجد، وادي الوشكة، وادي سنب، وادي أم أشطان، ورغم تجانس الصخور والتكوينات داخل تلك الأحواض، فإن مساحات الأحواض تتفاوت، وتتراوح بين ٨,٦١– ١٠٧,٤٨ كم^{٢}، بمتوسط مساحة عام يبلغ ٥٥,٥١ كم^{٢}، وتشغل هذه الأحواض مجتمعة مساحة تقدر بنحو ٣٨٨ كم^{٢}.

ولبلوغ الدراسة أهدافها ثم استخدام نموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة (SCS-CN) في إنشاء هيدروجراف (المخطط المائي) نظام الجريان السطحي، وتقدير حجم التصريف المائي لأحواض الأودية بمنطقة مرسي مطروح، وأظهرت المخططات المائية للأحواض بعضا من النتائج أبرزها:

١- يتراوح زمن التركيز بين ٠,٤٧-٤,٠٥ ساعة، بمتوسط عام يبلغ ٢,٧٤ ساعة، بينما يتراوح زمن الوصول إلى قمة التصريف بين ٠,٥٣-٢,٧٠ ساعة، بمتوسط عام يبلغ ١,٨٦ ساعة، وبشكل عام يبدو واضحا أن الجريان السطحي الناجم عن متوسط أقصي كمية مطر يومية تسقط على أحواض الأودية بمنطقة مرسي مطروح لا يستغرق وقتا زمنيا طويلا داخل تلك الأحواض، ورغم وجود تفاوت زمني بين الأحواض، فإن الحدث يبدأ وينتهي في غضون بضع ساعات، وقد يرجع السبب في ذلك إلى صغر مساحات تلك الأحواض، وشدة انحدار مجاري أوديتها.

٢- بناء على المتوسط العام لأقصى أمطار يومية سقطت على أحواض الأودية بمنطقة مرسي مطروح خلال فترة التسجيل، يتراوح أقصى تصريف مائي (قمة التصريف) بين ٨,٤٧-٤٠,١٨ م٣/الثانية، بمتوسط عام يبلغ ٢٤,١٥ م٣/الثانية، وقد يعزي هذا التفاوت ليس فقط لاختلاف مساحات الأحواض، وإنا أيضا لمتغير جيومورفولوجي مهم هو شكل الحوض، فالأحواض المستطيلة أو الأكثر استطالة مثل حوض وادي سنب هي الأضعف هيدرولوجيا؛ نظرا لبُعد مركز الثقل الهيدرولوجي للحوض عن مخرج واديه الرئيس.

ويعد هيدروجراف السيول جانبا مهما في مجال التخطيط والتنمية، حيث يتم إنشاؤه بناء على أقصي أمطار يومية يحتمل سقوطها في المستقبل على أحواض الأودية خلال فترات رجوع مختارة، وتستخدم نتائجه في التخطيط لإدارة الموارد المائية في الأحواض وتوجيهها نحو التنمية، وأظهر هيدروجراف السيول لأحواض الأودية بمنطقة مرسي مطروح نتائج أبرزها:

٣- يبلغ حجم الفاقد من مياه الأمطار داخل الأحواض (بالتسرب، والبخر، والاحتجاز) ٣٢,٤٨ مم، ويعني هذا أن أية كمية مطر تسقط في يوم واحد تساوي أو تقل عن ٣٢,٤٨ مم لن ينتج عنها جريان مائي سطحي داخل أحواض الأودية بمنطقة مرسي مطروح، وربما أيضا كافة أحواض أودية الساحل الشمالي الغربي لمصر.

٤- تنشط الأودية بمنطقة مرسي مطروح هيدرولوجيا بواقع مرة واحدة خلال فترتي العودة (٥ سنوات، ١٠ سنوات)، غير أن الجريان المائي الخاص بهاتين الفترتين لا يشكل خطورة؛ ذلك لأن السدود الحجرية المتعاقبة التي أقيمت على الأودية الرئيسة وعلى بعض الروافد تحتجز معظم المياه فيما بينها، بهدف تشبع تربة بطون الأودية بالمياه، وتغذية الخزان الجوفي، وكذلك الحال بالنسبة لحجم المياه الذي يتكرر بواقع مرة واحدة خلال كل ٢٥ سنة، غير أن كمية هذه المياه تتجاوز مقدرة السدود المتعاقبة على حجزها وتخزينها (جدول ١٤)، ولهذا تصل كمية منها إلى مخارج الأودية وتنطلق إلى سهل رباح، وهي أيضا لا تشكل خطورة حقيقية حيث تستوعبها مخرات السيول في سهل رباح، والأنفاق أو المعابر الخرسانية تحت طريق مرسي

مطروح عجيبة، وبالتالي تجد طريقها إلى البحر، أو يتم حجز الجزء الأكبر منها داخل منخفضات وأحواض تقع بين السلسلة الجيرية الساحلية والسلسة الواقعة إلى الجنوب منها مباشرة بعيدا عن المنطقة السكنية والعمرانية بمدينة مرسى مطروح، وهذا بالفعل ما أثبتته الدراسة الميدانية المتكررة التي يجريها طلاب الفرقتين الثالثة والرابعة بقسم الجغرافيا – جامعة الإسكندرية بواقع مرة أو مرتين في السنة، وما تم تأكيده أيضا من خلال المقيمين من البدو المعمرين، سواء منهم من لهم مزارع تين وزيتون ولوز داخل الأودية، أم منهم من له مساكن قريبة من حافة الهضبة الميوسينية عند مخارج تلك الأودية.

٥- تشهد أحواض الأودية بمنطقة مرسي مطروح نشاطا هيدرولوجيا استثنائيا يتكرر بواقع مرة واحدة خلال كل خمسين سنة تقريبا (الجدولان رقما ١٤، ١٥)، ورغم أن هذا النشاط الهيدرولوجي قد يحتاج بالفعل إلى بعض المشاريع الهندسية لضبطه وتجنب الأخطار التي قد تنجم عنه، فإن الباحث لا يجد جدوى فعلية من إقامة مشاريع هندسية كبيرة كالسدود الخرسانية والخزانات وغيرها؛ لأسباب أبرزها الآتي:

- إن هذا الحدث الهيدرولوجي يتكرر بواقع مرة واحدة خلال كل ٥٠ سنة، وبالتالي قد يشهده كل جيل مرة واحدة في حياته أو مرتين على أقصي تقدير، وعادة ما ترتبط الجدوى الاقتصادية لمثل هذه المشاريع الهندسية عالية التكلفة بالتكرار الزمني للحدث الهيدرولوجي أو بالمدى الزمني بين حدث وآخر.
- نظرا لصغر مساحات أحواض الأودية بمنطقة مرسي مطروح (جدول ١) فإن نشاطها هيدرولوجيا يبدأ وينتهي في عضون بضع ساعات، حيث إن متوسط زمن التركيز لتلك الأحواض في حدود ساعتين، بينما متوسط زمن الوصول إلى قمة التصريف أقل من ساعتين، وعلى هذا الأساس يمكن تجنب الأخطار التي قد تنجم عن أقصى تصريف مائي (قمة التصريف) خلال فترة رجوع ٥٠ سنة بما هو متاح بجانب بعض التوصيات، وبدون إقامة مشاريع هندسية مكلفة ولا جدوى من ورائها.
- تخضع سياسة وضع اليد على الأراضي وحيازتها داخل أحواض الأودية لنظام قبلي يتوارثه جيل بعد جيل، وأقرته الجهات الحكومية المعنية وتوافق عليه، ولا يستطيع جيل تغيير هذا النظام أو حتى تعديله سوى في أضيق الحدود، ولهذا أقيمت سدود حجرية ضخمة على الأودية الرئيسة ومجاري بعض الروافد، بحيث لا يرتفع السد فوق مستوى قاع الوادي أكثر من ٣٠ سم، وتحددت وظيفة تلك السدود في فصل الحيازات عن بعضها، وتتيح لكل حيازة أو حقل زراعي الحصول على حصته من المياه السطحية، دون الإضرار بالحقول الزراعية التي تليه في اتجاه مخارج الأودية من الهضبة

الميوسينية، وبالشكل الذى يحقق نوعا من التكافل المائي، وقد لا تقبل القبائل والعائلات البدوية بنظام هندسي آخر بديل، تجنبا لما قد يسببه من مشكلات في توزيع حصص المياه على الحيازات والحقول الزراعية.

وعليه توصي هذه الدراسة بأن يبقى الوضع على ما هو عليه داخل أحواض الأودية، مع المحافظة على السدود الحجرية المقامة على الأودية وصيانتها بشكل دائم، بجانب تعميق وتوسيع مجاري السيول (المخرات) على سهل رباح؛ حتى تستوعب قدرا أكبر من المياه، ومنع التعديات عليها، والإبقاء عليها دون تغيير اتجاهاتها، وكذلك تعزيز الأنفاق والعبارات الخرسانية أسفل الطرق المرصوفة والترابية التي تتقاطع مع مخرات السيول، والعمل على تسيير وصول مياه السيل إلى البحر بشكل آمن تجنبا لحدوث كوارث.

المراجـــع

1. Arora, K.R. (2004): Irrigation, Water Power and Water Resources Engineering, Standard Publishers Distribution, Delhi, pp. 96- 99.
2. Cherif, O.H., Bassiouni, M.A., and Ghanima, S.A., (1975): Stratigraphy, Paleoecology and Climates of the Neogene and Quaternary of the Mersa Matrouh Area, North Western Desert, Egypt. Annals of the Geol. Surv., of Egypt, Vol. 5, pp. 137-147.
3. Hassanein, A.M. and El Senussi, M.Y., (1984): Geomorphological Aspects of the Area Between Longitudes 26° 3` - 27° 30` E Along the Mediterranean Coastal Zone, Egypt. Bull. Fac. Sci. Zagazig Univ., Vol. 6, pp. 136-155.
4. Jones, B.S., (2006): Five-minute Unit Hydrographs for Selected Texas Watersheds. M.Sc. Thesis in Civil Engineering Submitted to the Graduate Faculty of Texas Tech. University.
5. Ogunlela, A.O. and Kasali, M.Y. (2002): Evaluation of Four Methods of Storm Hydrograph Development for an Ungauged Watershed. Published in Nigerian Journal of Technological Development. Faculty of Engineering and Technology, University of Ilorin, Ilorin, Nigeria, Vol. 2, pp. 25-34.
6. Ramirez, J.A. (2000): Prediction and Modelling of Flood Hydrology and Hydraulics. Chapter 11 of Inland Flood Hazards: Human, Riparian and Aquatic Communities. Edited by Ellen Wahl; Cambridge University Press.
7. Saad, K.F.; El-Shamy, I.Z. and Sweiden, A.S. (1980): Quantitative Analysis of the Geomorphology and Hydrology of Sinai Peninsula, Annals of Geol. Surv. of Egypt, Vol. 10, pp. 819-836.
8. Salami, A.W. (2009): Evaluation of Methods of Storm Hydrograph Development. International Egyptian Engineering Mathematical Society, IEEMS, Zagazig Univ. Pub. Vol. 6, pp. 17-28.
9. SCS (2000, 2002): Soil Conservation Service. Design Hydrographs. US Department of Agriculture, Washington, D.C.
10. Sule, B.F. and Alabi, S.A. (2013): Application of Synthetic Unit Hydrograph Methods to Construct Storm Hydrographs. International Journal of Water Resources and Environmental Engineering, 5(11): 639-647.
11. Viessman, W. Jr., and Lewis, G.L. (2008): Introduction to Hydrology. Prentice Hall of India Private Ltd. New Delhi.
12. Viessman, W.Jr., Knapp, J.W. and Lewis, G.L. (1989): Introduction to Hydrology. Harper and Row Publishers, New York.

ABSTRACT

Synthetic unit hydrograph method of Soil Conservation Service (SCS) was used to generate and development the storm hydrograph ordinates for seven drainage basins located in Mersa Matrouh area, namely from east to west: Kharruba, el-Raml, Madwar, Magid, el-Washka, Senab and Umm-Ashtan watersheds. The unit hydrograph peak flows ranged from 8.47 to 40.18 m^3/sec, with an average of 24.15 m^3/sec, while the times to peak ranged from 0.53 to 2.70 hr., with general average of 1.86 hr. Based on the SCS-Curve Number for return period of 5 years, 24 hr., storm hydrographs have peak discharge ranging from 0.04 to 0.20 m^3/sec, with an average of 0.12 m^3/sec. For the 10 years, 24 hr. storm hydrographs, the peak discharge ranged from 42.86 to 203.31 m3/sec, with an average of 122.19 m^3/sec. For the 25 years, 24 hr. storm hydrographs, the peak discharge ranged from 61.41 to 291.30 m^3/sec, with an average of 175.07 m^3/sec. For the 50 years, 24 hr. storm hydrographs, the peak discharge ranged from 87.75 to 416.26 m^3/sec, with an average of 250.16 m^3/sec. The analysis shows that the Wadi el-Raml drainage basin has the higher value of peak discharge, while the Wadi Senab drainage basin has the lower one at all return periods. The peak discharge values of the other drainage basins are relatively close. The present study may be useful in the water resources management for sustainable development in Mersa Matrouh area.

Key Words: Mersa Matrouh, storm hydrograph, peak discharge, time to peak, drainage basin, sustainable development.