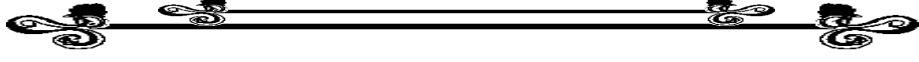


الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار  
بحوض وادي الغرندل في غربي وسط سيناء  
باستخدام النمذجة -  
دراسة جيومورفومناخية

د. مدحت سيداً حمد الأنصاري  
أستاذ مساعد - كلية التربية  
جامعة دمنهور

العدد السابع والأربعون  
يوليو 2016



### ملخص:

يعد التطبيق الجيد للطرق الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية هو أساس التنمية الجيدة لإدارة مصادر المياه و الإستفادة منها، وهو ما يستدعي دائماً التفكير في تطوير طرق البحث و التحليل و الدراسة لمشاكل المياه لمواجهة هذا التحدي الاستراتيجي، لإيجاد الحلول المناسبة والمصادر البديلة أو المكملة التي تفي باحتياجات السكان من المياه.

تهدف الدراسة إلى الاعتماد على المعلومات المورفومترية والهيدرولوجية والهيدروجيولوجية الدقيقة المستخرجه من التقنيات الحديثة من الاستشعار من بعد وما يوفره من مرئيات فضائية مختلفة، وقاعدة البيانات الجغرافية لمنطقة الدراسة، وذلك للاستفادة من مياه الأمطار واستغلالها في تنمية المنطقة، حيث تم بناء نموذج لاختيار أنسب المواقع لحصاد مياه الأمطار بعد حدوث جريان سطحي لها أو ما يطلق عليه **Runoff Water Harvesting (RWH)** لمنطقة وادي الغرندل بغربي وسط سيناء.

تبين من الدراسة استقبال المنطقة كميات مياه مناسبة يمكن الاستفادة منها في تنمية المنطقة، وقد توصلت الدراسة إلى تقسيم الحوض وفقاً لإمكانات حصادها إلى مواقع مرتفعة جداً وتتركز في العروض العليا للوادي بنسبة عشر مساحة الحوض حيث معدلات الأمطار مرتفعة وكثافة التصريف مرتفعة مع انخفاض في كمية الفقد، ومواقع مرتفعة وتوجد في جنوب غرب الحوض وشماله، ومواقع متوسطة وتنتشر في جميع الأحواض الفرعية بنسبة ربع مساحة الحوض، ومواقع منخفضة في وسط الوادي بنسبة خمس مساحة الحوض، ومواقع منخفضة جداً وتقع عند مصب الوادي حيث يزيد الفقد من المياه بسبب زيادة التسرب في التربة.

## مقدمة:

تأتي التنمية الحقيقية من حسن إدارة مصادر المياه المتوفرة واستغلالها، ونتيجة طبيعية لزيادة عدد السكان وزيادة احتياجاتهم المائية وهو ما استدعى دائماً التفكير في تطوير طرق البحث والدراسة لمشاكل المياه لإيجاد حلول مناسبة ومصادر بديلة تفي باحتياجاتهم، وتمثل تقنيات حصد مياه الأمطار أحد المصادر البديلة والتي يمكن الاستفادة منها، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تفتقر إلى مصادر مياه بديلة.

تعرف عملية حصاد مياه الأمطار والسيول بأنها تلك التقنية التي تستخدم في حجز مياه الأمطار وتخزينها والسيول في فترات سقوطها بطرق تختلف باختلاف الغاية من تجميعها ومعدلات هطولها وإعادة استخدامها عند الحاجة إليها سواء للشرب أو للري التكميلي أو لتغذية المياه الجوفية (عبد الملك بن مروان آل الشيخ، 2006: 2).

وهناك مؤشرات على أن هذه التقنيات استخدمت في عديد من المناطق مثل شمال أفريقيا وبعض الدول الآسيوية وفلسطين ومصر والصين، ولهذا فهي تقنيات ليست جديدة، بل تضرب جذورها في عمق التاريخ (Evenari et al., 1982: 432).

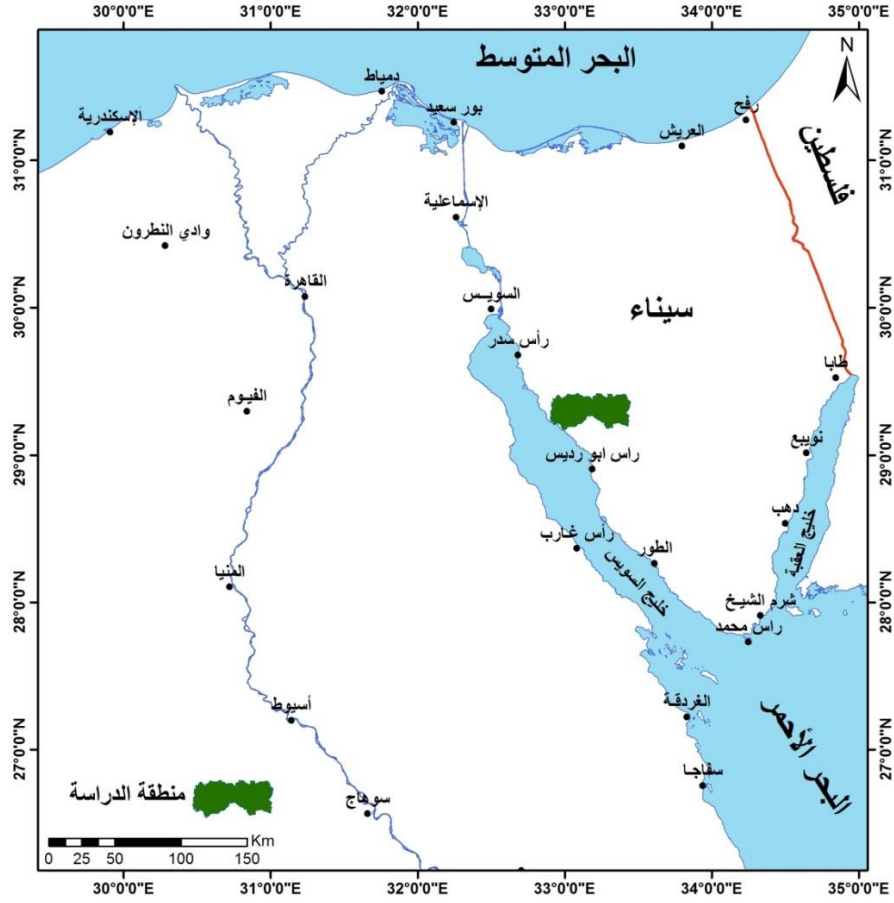
وقد استخدم حصاد مياه الأمطار منذ القدم من خلال الآبار الرومانية في شمال سيناء، والتي كانت تستخدم في تخزين المياه للزراعة، وللبدو القدرة على الاستفادة من القليل منها في توفير متطلبات حياتهم (Dames and Moore, 1982, P 15).

تحديد منطقة الدراسة:

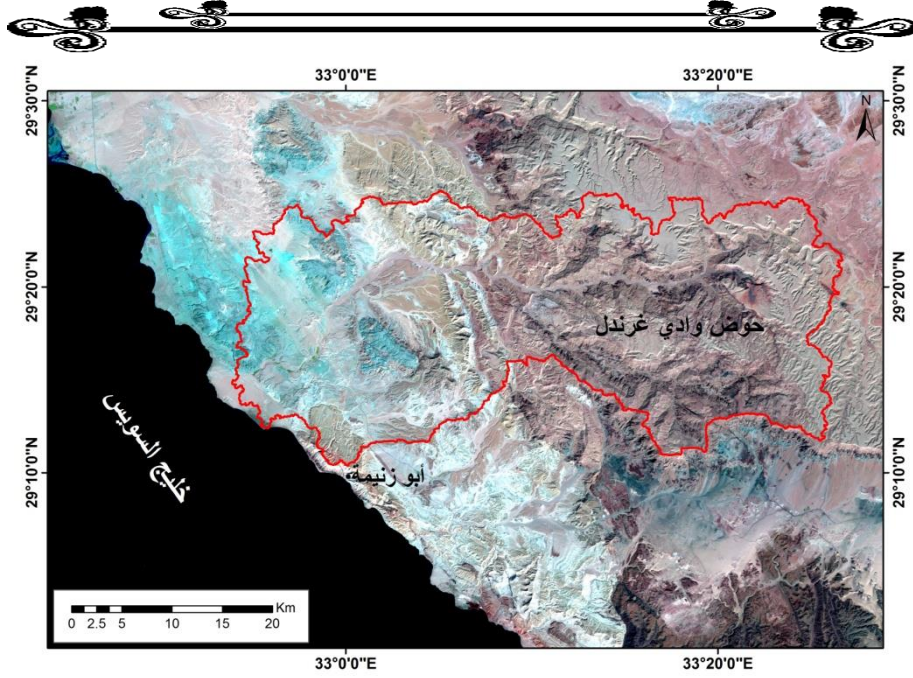
تقع منطقة الدراسة في الجزء الغربي من وسط شبه جزيرة سيناء (شكل 1)، وتم تحديدها بشكل أولي باستخدام الخرائط الطبوغرافية (1: 50000)، ومن التأكد من منابع الوادي ومصبه واستخدام مرئية فضائية نوعية لاندسات 8 بتاريخ 2015/4/29 (شكل 2)، إضافة إلى أربع مرئيات رادارية

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

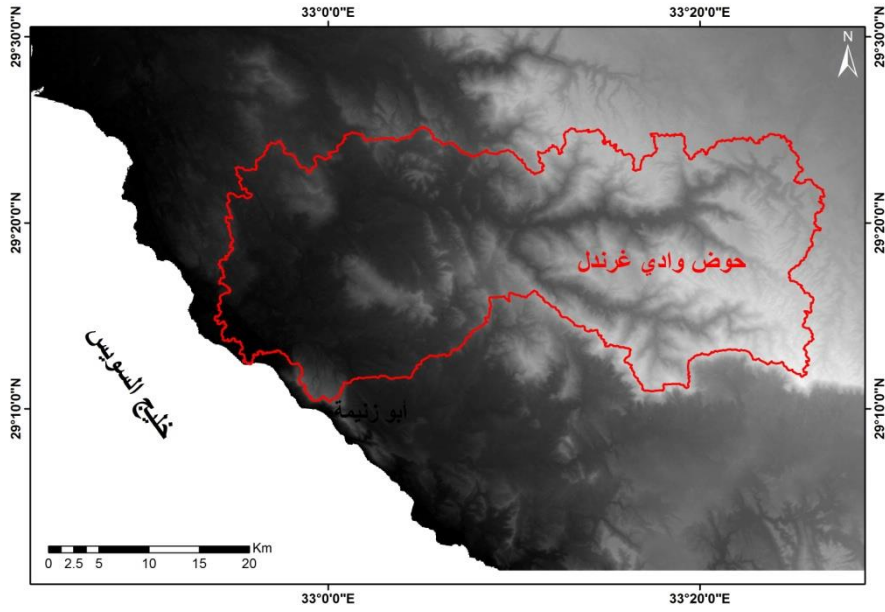
تغطي الحوض نوعية Aster بدقة 30م وذلك لتحديد الحوض (شكل 3).



المصدر : من إعداد الباحث باستخدام برنامج (ArcGIS)  
شكل (1): تحديد منطقة حوض وادي الفرندل جنوب غرب وسط شبه جزيرة سيناء



المصدر : مرئية فضائية نوعية لاندسات 8 بتاريخ 2015/4/29  
 شكل (2): مرئية فضائي نوعية لاندسات 8 لتحديد منطقة حوض وادي الغرندل



المصدر : مرئيات فضائية رادارية نوعية (ASTER)، من هيئة المساحة الجيولوجية.  
 شكل (3): المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (ASTER) لتحديد حوض وادي الغرندل

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

الدراسات السابقة:

يتوفر بالمكتبة العديد من الدراسات، منها:

أولاً: باللغة العربية:

- عبد الملك بن عبد الرحمن آل الشيخ (2006): بعنوان حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية ، حيث تناولت تعريف حصاد مياه الأمطار وأهميتها، وتاريخها في العالم العربي والعوامل المؤثرة فيها، إضافة إلى حصاد وأساليبها في المناطق الجافة.
- محمد عبد الرحيم عبد المطلب (2012): بعنوان الخصائص الهيدرولوجية للأودية في البيئات الجافة "دراسة تطبيقية علي وادي الرواكيب باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من البعد"، وتناولت أهم الخصائص الهيدرولوجية مثل شكل الحوض وتأثيره في كمية المياه المنصرفة، وبعض النماذج (models) إلى معرفة معدلات الجريان بالحوض عن طريق تحليل بيانات التساقط بالمنطقة لسنوات مختلفة ومدى الاعتماد عليها في تنمية المنطقة.
- نادين زياد العثمان (2011): بعنوان أطلس شبه جزيرة سيناء باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، تناولت الدراسة جغرافية سيناء الطبيعية والبشرية والإقتصادية والتاريخية، وتعرضت الدراسة لأودية سيناء وقياس بعض الخصائص المورفومترية لها.

ثانياً: باللغة الأجنبية:

- Al- Gamdi, (1991) بعنوان تقدير حجم الجريان السطحي باستخدام نموذج صيانة التربة في المناطق الجافة، وقد اهتمت الدراسة بالنماذج الهيدرولوجية، ومنها نموذج (SCS) والنماذج التقليدية، مع الاعتماد على



بيانات الأقمار الصناعية في تقدير حجم الجريان السطحي، وقد أثبتت الدراسة فاعلية النماذج الهيدرولوجية ودقتها.

- **El-Baz, F., et al., (1998)** عن احتمالية الجريان السطحي بشبه جزيرة سيناء، وقد تناولت الدراسة المناطق المحتمل حدوث جريان سطحي بها والاستفادة منها في تنمية شبه جزيرة سيناء كما أشارت الدراسة إلى أفضل المناطق للزراعة بالاستفادة من حصاد مياه الأمطار.

- **Elewa H.H., et al., (2013)** عن الحصاد الأمثل للماء الجاري بوادي العريش باستخدام الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية والنمذجة في وادي العريش بسيناء، حيث قدمت الدراسة تحليل مورفومتري وجيوهيدرولوجي عن وادي العريش إضافة إلى بناء نموذج لتحديد أفضل المناطق لتخزين مياه الأمطار.

- **Elewa H.H., Qaddah A.A., (2011)** بعنوان خريطة إمكانية الجريان السطحي في شبه جزيرة سيناء بمصر باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والنمذجة، وتناولت الدراسة العوامل المؤثرة في الجريان السطحي بسيناء ومناطق حدوث جريان وإمكانية الاستفادة منه.

- **Elewa H.H., Qaddah A.A., El-Feel A.A. (2012)** عن المواقع المحتملة لحصاد الماء الجاري في سيناء باستخدام نظم المعلومات والاستشعار من بعد والنمذجة، وقد عرضت الدراسة الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية في سيناء وأثرها في عملية حصاد مياه الأمطار.

- **El-Shafei S. (1994)** عن التطور الزراعي في شمال غرب النطاق الساحلي بمصر، وقد عرضت الدراسة تأثير حصاد مياه الأمطار في النمو الزراعي وزيادة الإنتاج بالاستفادة من مياه الأمطار.

- **Gheith H.M., Sultan M.I., (2001)** وموضوعها



## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

تقييم موارد الماء الجاري في وادي العريش - مصر بالنمذجة والاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وعالجة الدراسة مصادر الماء الجاري بوادي العريش وأثر المناخ والتربة في عملية الجريان السطحي بالوادي.

- **Shatta A., Attia F., (1994)** بعنوان الضوابط البيئية لحصاد مياه الأمطار، وقد تناولت الدراسة كيفية الاستفادة من مياه الأمطار في مجال الزراعة.

- **Smith, S., et al., (1997)** بعنوان مواقع المناطق ذات الاحتمالية المرتفعة للجريان السطحي بحوض وادي العريش، وقد تناولت الدراسة جيولوجية الحوض وخصائصه الهيدرولوجية والظروف المناخية التي ساعدت على حدوث جريان سطحي.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلي تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية والجيومورفولوجية لحوض وادي الغرنندل باستخدام الأساليب الحديثة من الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية لما لهما من مميزات عديدة، خاصة في ظل غياب محطات الرصد المناخي بالمنطقة، من أجل فهم العوامل المؤثرة في الجريان السطحي، ومن تقدير حجم الجريان السطحي في الحوض باستخدام النماذج الهيدرولوجية، ومن ثم اختيار أنسب المواقع لحصاد مياه الأمطار أو ما يطلق عليه ( **Runoff Water Harvesting** ) (RWH) لإقامة مشاريع مائية، والاستفادة منها في تنمية منطقة الدراسة.

المناهج والأساليب:

اعتمدت الدراسة على عدة مناهج، منها:

- منهج النظم: استخدم في دراسة النظم النهرية داخل حوض وادي الغرنندل ودراسة العلاقة بين مدخلات هذه النظم النهرية ومخرجاتها.



- منهج التحليل الكمي: تم تحليل المعلومات التي تم الحصول عليها من إجراء القياسات الميدانية وتحليل المرئيات الفضائية للخصائص الحوضية وخصائص شبكة التصريف المائي، حيث تم التحليل الكمي لنتائج نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) في خصائص شبكة التصريف آليا بتطبيق المعادلات المختلفة وإعداد خريطة المنحدرات والارتفاعات.
- المنهج الوصفي التحليلي: واستخدم في وصف شبكة الأودية وصفاً دقيقاً، سواء من الدراسة الميدانية أو من الخرائط والمرئيات الفضائية. واعتمدت الدراسة علي عدد من الأساليب منها:
  - الأسلوب الكمي: في عمليات التحليل المورفومتري لأحواض التصريف المائي وشبكاتهما بالمنطقة، وكذلك تحليل القطاعات الطولية والعرضية لأوديتها، لتقديم مجموعة من المعاملات التي تخدم موضوع الدراسة، باستخدام بعض البرامج الإحصائية مثل SPSS و Excel.
  - الأسلوب الخرائطي: واستخدم في رسم الخرائط المساعدة للدراسة.
  - أسلوب الدراسة الميدانية: واستخدم في وصف شبكات الأودية وقياس القطاعات لمنطقة الدراسة واستكمال النقص في البيانات.
- واستعاننت الدراسة بعدد من البرامج الخاصة بالاستشعار من البعد ونظم المعلومات الجغرافية، منها:
  - برنامج Arc GIS 10.1: واستخدم في بناء قاعدة البيانات الجغرافية (Geo-database) لحوض وادي الغرندل، وفي عمل التحليل الهيدرولوجي لشبكة التصريف والتحليل المكاني لبيانات المنطقة من خلال أدواته المختلفة مثل (Spatial Analysis tools) والتي منها (Hydrology tools) و (Surface tools)، كما تم بناء نموذج داخل البرنامج لاختيار أنسب المواقع لحصاد مياه الأمطار، وتم استخدامه في إنتاج الخرائط المختلفة لمنطقة الدراسة.



## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

الدراسة، ثم عمل تصنيف لها (Classification)، كما تم عمل موزيك (Mosaic) للمرئيات، وذلك لظهار منطقة الدراسة.

- برنامج (WMS) Watershed Modelling System: وهو من أفضل البرامج التفاعلية التي طورت للتطبيقات الهيدرولوجية، وتم استخدامه في استخلاص بعض القياسات التي لا يمكن استخراجها من البرامج الأخرى مثل أقصى طول للمجري وانحدارها، وطول الحوض وانحداره، ومعامل التعرج، وعامل الشكل، وبعض القياسات المورفومترية، حيث يتميز بالدقة العالية.

مصادر الدراسة:

تم الاعتماد علي العديد من مصادر الدراسة من الخرائط والمرئيات الفضائية، من أهمها:

- الخرائط:

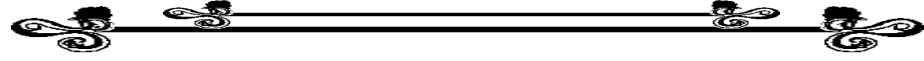
■ الخرائط الطبوغرافية ذات المقاييس المختلفة إصدار هيئة المساحة العسكرية لمنطقة الدراسة بمقياس رسم 1: 50.000 عام 1969م، ومقياس رسم 1: 25.000 عام 1969م، والتي تم تحديد شبكة التصريف منها.

■ الخرائط الجيومورفولوجية، مقياس 1: 500.000، إصدار هيئة الاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء، وهيئة المساحة الجيولوجية.

■ الخريطة الهيدرولوجية بمقياس رسم 1: 1000.000، معهد بحوث المياه الجوفية.

■ الخرائط الجيولوجية لشبه جزيرة سيناء، منها الخريطة التي أصدرتها شركة كونكو 1: 500.000 عام 1981م، وتغطي المنطقة لوحة

واحدة.



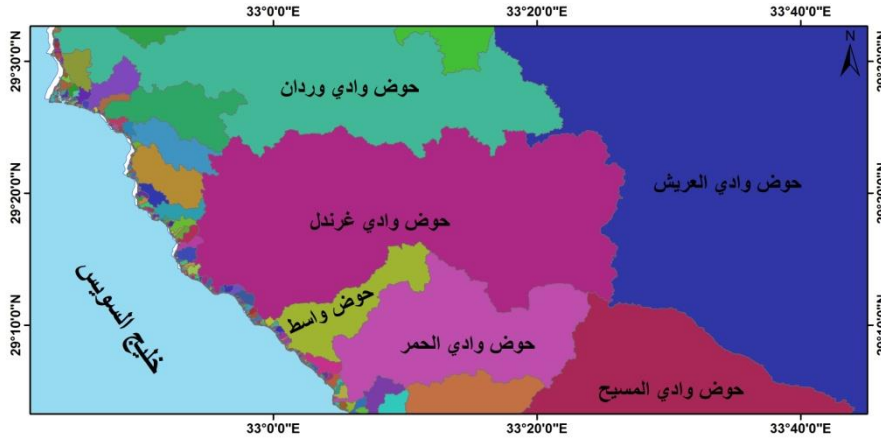
- الخرائط الجيولوجية مقياس 1: 250000 إصدار هيئة المساحة الجيولوجية عام 1994 (لوحتان 1 ، 2).
- الخرائط الجيولوجية مقياس 1: 100.000 إصدار هيئة المساحة الجيولوجية عام 1994 (أربع خرائط).
- الخرائط التي تضمنتها الدراسات الأخرى .
- المرئيات الفضائية:
  - مرئية فضائية نوعية لاندسات 8 بتاريخ 21/10/2015، ذات الماسح متعدد الأطياف **The Operational Land Imager (OLI)**، والماسح الأشعة تحت الحمراء الحرارية **The Thermal Infrared Sensor (TIRS)**، وتتكون من 11 موجة طيفية، والدقة الإيضاحية 30 متراً، ماعدا الموجة الثامنة تكون الدقة الإيضاحية 15 متراً.
  - مرئية فضائية نوعية أسبوت (**Spot**)، بتاريخ 28/10/2010.
  - أربع مرئيات رادارية نوعية أستر (**ASTER**) وهي اختصار (**Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection**)، والدقة الإيضاحية 30 متراً.
- ولتحقيق أهداف الدراسة تم هيكلة البحث في المحاور الآتية:
  - الخصائص الطبيعية لحوض وادي الغرندل.
  - هيدرولوجية حوض وادي الغرندل.
  - نموذج اختيار أنسب المواقع لحصاد مياه الأمطار.

### أولاً: الخصائص الطبيعية لحوض وادي الغرندل

تتمثل في الموقع والبنية الجيولوجية والسطح والمناخ، وفيما يلي دراسة لكل منهما على النحو التالي:

#### 1- موقع منطقة الدراسة:

تقع فلكياً بين دائرتي عرض 10 ° إلى 29 ° ، 30 ° إلى 29 ° شمالاً، وبين خطي طول 40 ° إلى 32 ° ، 30 ° إلى 33 ° شرقاً، وهي بذلك تقع في غربي وسط شبه جزيرة سيناء. ويمتد حوض الوادي فيما بين وادي الحمرا وواسط جنوباً، ووادي العريش شرقاً، ووادي وردان شمالاً، وخليج السويس غرباً (شكل 4)، ويصب في خليج السويس، وتبلغ مساحة الحوض 1037.6 كم<sup>2</sup>.



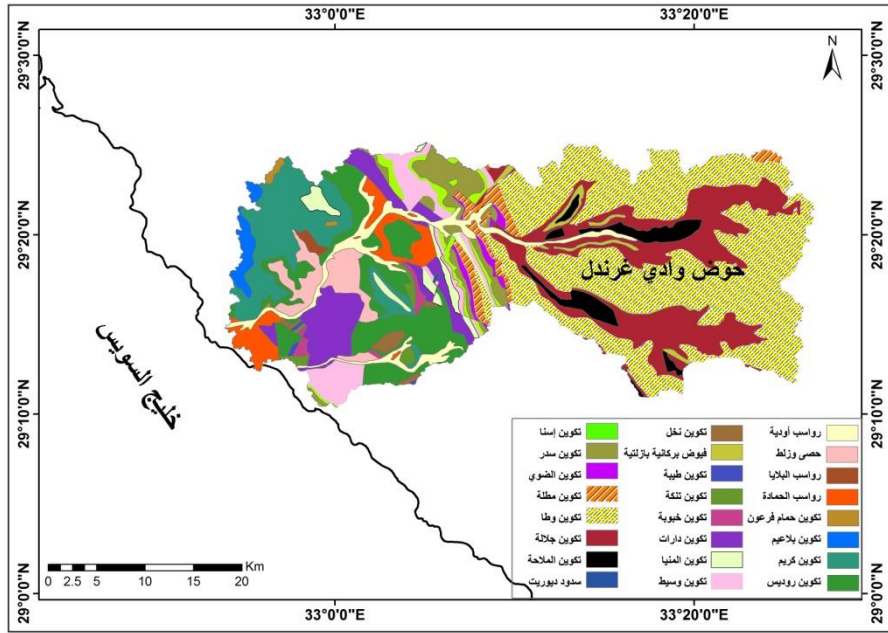
المصدر : مستخرج من معالجة المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (ASTER) باستخدام (ArcGIS) شكل (4): موقع حوض وادي الغرندل

#### 2- التكوينات الجيولوجية:

يعد دراسة التكوينات الجيولوجية بالحوض أمراً مهماً، فهي تؤثر في العمل الجيومورفولوجي في الحوض، إضافة إلى أنها تفسر خصائصه، من ثم فهم العمل الجيومورفولوجي وتحديد كميات الجريان السطحي به.



تتباين التكوينات الجيولوجية بحوض وادي الغرندل وهي من الأحدث إلى الأقدم (شكل 5).



المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على الخرائط الجيولوجية مقياس 1: 25000، هيئة المساحة الجيولوجية المصرية.  
شكل (5): التكوينات الجيولوجية بحوض وادي الغرندل بغربي وسط سيناء

وتتألف من رسوب وديانية من الرمل والطيني والحصي تغطي أرض الوادي وأسفل الحوض بمساحة 3.5% من مساحة المنطقة، وتكوينات من الحصي والزلط التي تتوزع في مخارج الأودية بمساحة 3.2% من جملة مساحة المنطقة، وتكوينات الحمادة من الرمل والطيني والحصي وتوزع عند مصب الوادي وتغطي مساحة 3.1% من جملة مساحة الحوض وتكوينات رودس من المارل والحجر الرملي وتشغل ثالث تكوينات المنطقة مساحة (8.9%) وتتألف من المارل والحجر الرملي، في حين شغل مكون سدر ووسيط نسبة 3.2% ، 3.6% على الترتيب ويتألف الأول من حجر جيرى طباشيري في الجزء الأوسط من الوادي أما الآخر فيتألف من حجر

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

جيري أبيض، أما رواسب الملاحه وتكوين مطله فقد شغل مساحة 2.8% ،  
2.2% على الترتيب، ويتألف الأول من حجر جيري ومارل، أما الآخر حجر  
رملی وطفلة.

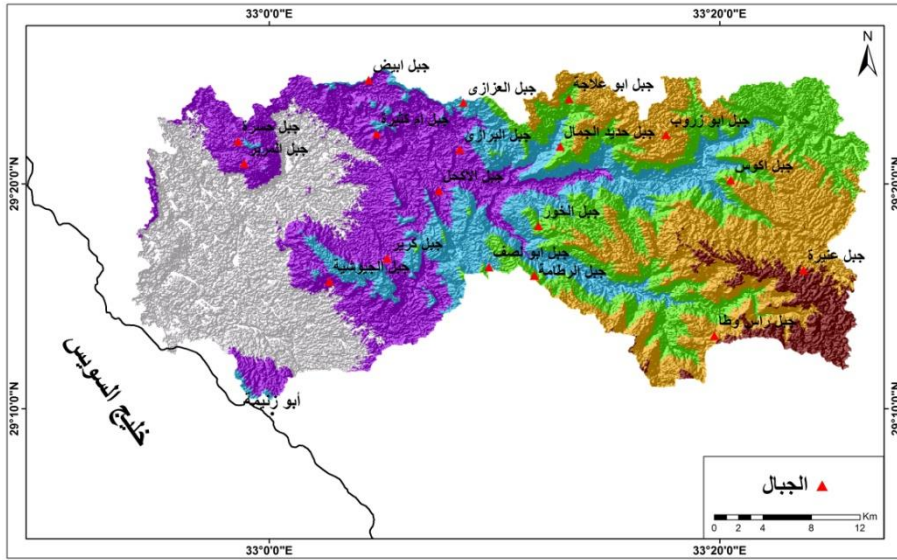
ويتصدر تكوين وطا التكوينات الجيولوجية في مساحته بنسبة 32.6%  
من جملة مساحة الحوض، ويتألف من صخور جيرية ومارل ويغطي الجزء  
الشرقي من منطقة الدراسة، يليه تكوين جلاله ويتألف من مارل وصلصال به  
تراكمات من الحفريات بنسبة 14.4% في الجزء الأعلى من الوادي شرق  
حوض وادي الغرندل، في حين شغل تكوين دارات وتكوين كريم مساحة  
5.5 ، 7.7 كم على الترتيب، ويتألف الأول من حجر جيري في الجزء  
الأوسط شمال الوادي وجنوبه أما الآخر فيتألف من الجبس والأنهيدريت، في  
شمال غرب الحوض وجنوبه الغربي، وتساوى تقريباً كل من تكوين المنيا  
وإسنا في مساحته (1.7%)، وشغلت تكوينات كل من البلايا، حمام فرعون،  
بلاعيم، نخل، طيبة، تنكة، خبوبة، فيوض بازلتية، ديورايت، الضوي،  
مساحات محدودة جداً من الحوض، حيث بلغت مساحتها مجتمعة 4.3% من  
جملة مساحة الحوض.

### 3- سطح حوض وادي الغرندل:

يتصف سطح الحوض بانحداره بصفة عامة من الشرق إلى الغرب وهذا  
ما يوضحه نموذج الظلال (Hillshade) لمنطقة الدراسة والمستخرج من  
المرئيات الفضائية الرادارية (ASTER)، حيث تتركز الارتفاعات الكبيرة  
في الشرق، ويصل أقصى ارتفاع في شرق الوادي والذي يقدر بنحو 1212  
متراً فوق مستوي سطح البحر ويتمثل في جبل عنيرة، يليه جبل راس واطا



جنوب شرق المنطقة، حيث يبلغ ارتفاعه 975 متراً، وجبل أبو زروب 916 متراً، وجبل أكوس 856 متراً، وجبل الرطامة 762 متراً، وجبل الخور 628 متراً، وتندرج الارتفاعات من الشرق في اتجاه الغرب، وتتناثر مجموعة من الجبال هنا وهناك داخل الوادي، لكنها أقل في الارتفاع من الجبال السابقة (شكل 6)، وتتميز جبال منطقة الدراسة بأنها تستقبل أكبر كمية من مياه الأمطار أثناء السيول، في حين يمثل منسوب سطح البحر أدنى مناسب الحوض عند دلتا الوادي، ويقل الانحدار عامة كلما اتجهنا غرباً.



المصدر : من معالجة المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (ASTER) باستخدام (ArcGIS)  
شكل (6): نموذج الظلال لمنطقة وادي الغرندل غربي وسط سيناء

ولدراسة الخصائص المورفومترية قام الباحث بتحديد شبكة التصريف لوادي الغرندل واستخراجها من خلال معالجة صورة القمر الصناعية الرادارية نوعية (ASTER)، كما سبق الذكر، وتم مقارنتها بشبكة التصريف من الخرائط الطبوغرافية المتاحة مقياس 1: 50000 لمنطقة الدراسة، ومن خلال ذلك تم استخراج الخصائص المختلفة لحوض وادي





## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

الغرندل، للتعرف علي طبيعة سطح الحوض، وفيما يلي دراسة لأهم الخصائص المورفومترية لحوض وادي الغرندل على النحو التالي:

أ- الخصائص المساحية للحوض:

يتكون حوض وادي الغرندل من ستة أحواض ثانوية تتباين في خصائصها المساحية (جدول 1، شكل 7)، حيث أمكن دراستها على النحو التالي:

جدول (1): الخصائص المساحية لحوض وادي الغرندل بغربي وسط سيناء وأحواضه الثانوية

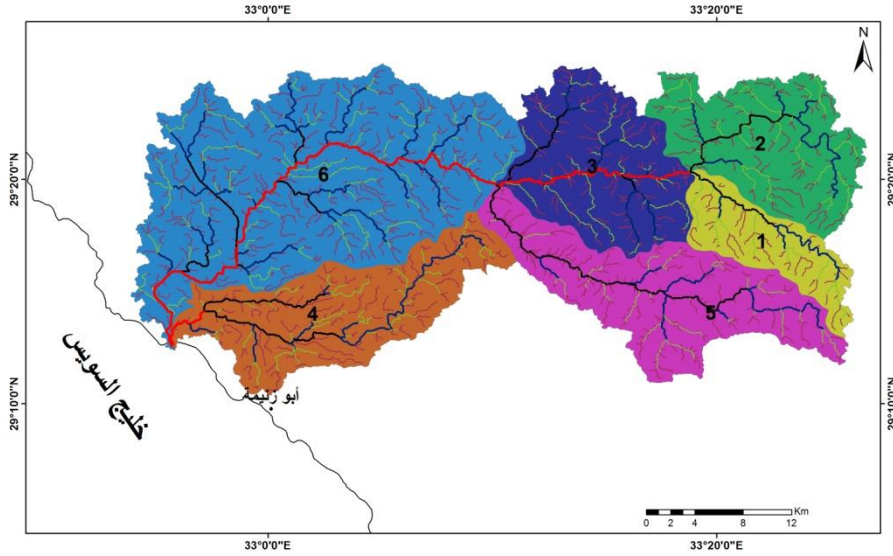
الحوض	المساحة (A) (كم <sup>2</sup> )	محيط الحوض (B) (كم)	طول الحوض (L) (كم)	عرض الحوض (W) (كم)
1	65.1	46.5	13.8	5.8
2	132.3	65.6	16.6	9.0
3	141.8	59.4	16.4	10.0
4	153.3	80.7	25.5	6.8
5	165.3	83.8	28.7	6.7
6	379.9	117.5	31.1	14.2
الحوض الرئيس	1037.6	240.1	52.6	20.7

المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد علي برنامج (ArcGIS)

#### - مساحة الحوض Drainage Area:

تمثل مساحة الحوض كامل المساحة التي يحدها خط تقسيم المياه، وتتسع مساحة حوض وادي الغرندل لتبلغ 1037.6 كم<sup>2</sup>، وبذلك يحتل المرتبة 12 بين أحواض شبه جزيرة سيناء (نادين، زيادة عثمان، 2001: 30)، ويرجع ذلك إلى موقعه في منطقة صدوع ساعدت على نشاط عمليات التعرية النهرية والنحت والانزلاقات الأرضية، مما أدى زيادة مجاريه من الرتبة الأولى وتفرعه، ومن ثم اتساع مساحته.

تتباين الأحواض الفرعية لحوض وادي الغرندل في مساحتها بين 65.1 كم<sup>2</sup> للحوض (1) بنسبة 6.3% من مساحة الحوض الرئيس، 379.9 كم<sup>2</sup> للحوض (6) بنسبة 36.6% من مساحة الحوض (شكل 7).



المصدر: إعداد الباحث من خلال معالجة معالجة المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (ASTER) باستخدام (ArcGIS) شكل (7): الأحواض الفرعية لحوض وادي الغرندل بغربي وسط سيناء

اتساع مساحة الأحواض الفرعية 70 في أدنى الوادي، وسبب ذلك

يوليو 2016 م

العدد السابع والأربعون

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

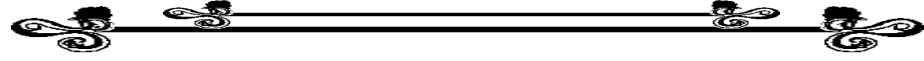
الظروف البنيوية للمنطقة، فهي عبارة عن منطقة صدوع، ومن ثم نشطت فيها عمليات التعرية النهرية الجبلية الشديدة والنحت التراجعي، والانزلاقات الأرضية، مما ساعد على زيادة مجاريه من الرتبة الأولى وزيادة التفرع ومن ثم اتساع مساحة الأحواض، إضافة إلى ما يتصف به صخور الأحواض في أدنى الوادي من قلة صلابتها الأمر الذي أدى إلى توسيع مساحتها.

### - محيط الحوض Basin Perimeter:

يمثل طول خط تقسيم المياه المحيط بالحوض، ويفصل بين الحوض والأحواض المجاورة له (جودة حسنين جودة وزملاؤه، 1991: 293)، وبتحديد محيط الحوض يتحدد شكله ومساحته، ويؤثر هذا المعامل في تضاريسه النسبية، مما يؤثر في الجريان السطحي، ويبلغ طول محيط حوض وادي الغرندل 240.1 كم، ويعكس هذا الطول الكبير للمحيط مدى تعرج خط تقسيم المياه المحيط بالحوض، إضافة إلى أنه يعكس اتساع مساحة الحوض، ويتباين محيط الحوض في الأحواض الفرعية (جدول 1)، حيث يتراوح بين 46.5 كم للحوض (1)، 117.5 كم للحوض (6)، مع ملاحظة وجود علاقة طردية بين كل من الطول والعرض والمحيط والمساحة بمنطقة الدراسة، فالأحواض ذات المساحة الواسعة تمتلك الطول والعرض والمحيط أكبر، والعكس صحيح.

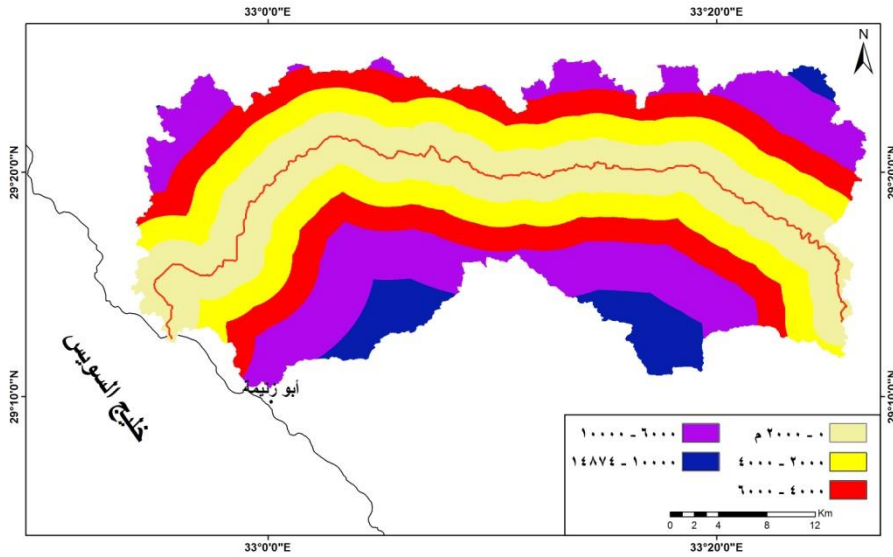
### - طول الحوض Basin Length:

يقصد به طول مسافة الخط المستقيم الذي يرسم بين أبعد نقطة على محيط الحوض والمصب (Horton, 1945 : 55) ويؤثر طول الحوض في سرعة الجريان والتسرب والتبخر، حيث يوجد علاقة طردية بين طول الحوض



وكمية التسرب والتبخر، حيث يزيد الوقت اللازم لوصول المياه إلى مخرج الوادي ومن ثم زيادة الفقد من المياه.

يبلغ طول حوض وادي الغرندل 52.6 كم، وتبلغ المسافة التي تقطعها المياه من كلا الجانبين للوصول إلى المجرى الرئيس 14.87 متراً (شكل 8)، ومن ثم هناك سرعة لتحول الأمطار إلى المجري الرئيس للوادي، حيث تقطع المياه مسافة قصيرة إلى المجري الرئيس ويقل مع ذلك كميات المياه المفقودة بالتسرب والتبخر، وتتباين الأطوال الفعلية للأحواض الفرعية (جدول 1) لتتراوح بين 13.8 كم لحوض (1)، و 31.1 كم لحوض (6) (شكل 9).

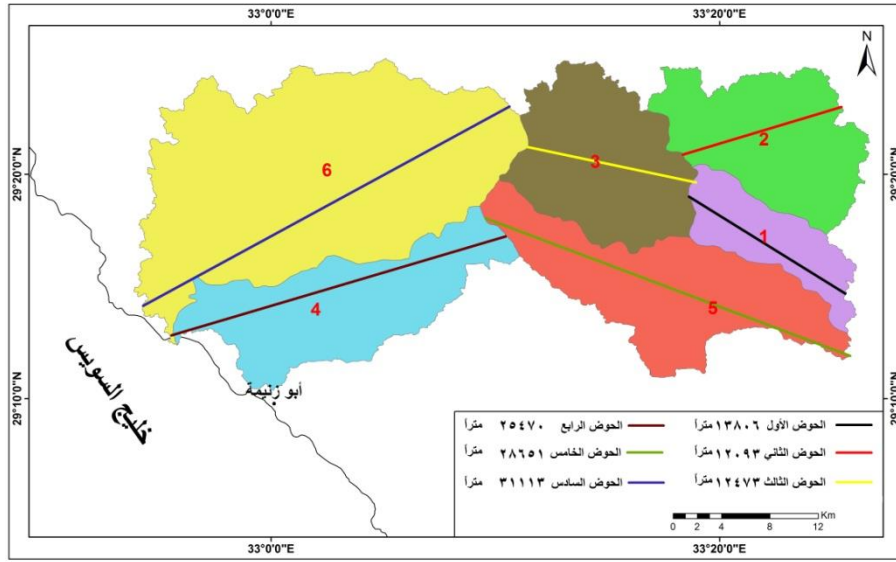


المصدر : من إعداد الباحث اعتماداً على معالجة المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (ASTER) باستخدام (ArcGIS)  
شكل (8): المسافة إلى المجرى الرئيسي للوادي (بالمتر)

ويمثل الحوض (1) أصغر الأحواض طولاً (13.8 كم)، وبذلك فهو أكثر الأحواض تحويلاً للمياه إلى المجرى الرئيس، كما يمثل أصغر الأحواض

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

فقداً في الماء، حيث تقطع المياه مسافة قليلة لتصل إلى مصب الوادي يليه الحوض (3)، ثم الحوض (2)، يليه الحوض (4)، ثم الحوض (5)، ويمثل الحوض (6) أكبر الأحواض من حيث الطول (31.1 كم)، حيث تقطع مياهه مسافة طويلة لتصل إلى مخرج الحوض الرئيس، ومن ثم فهو يمثل أكبر الأحواض فقداً للمياه.

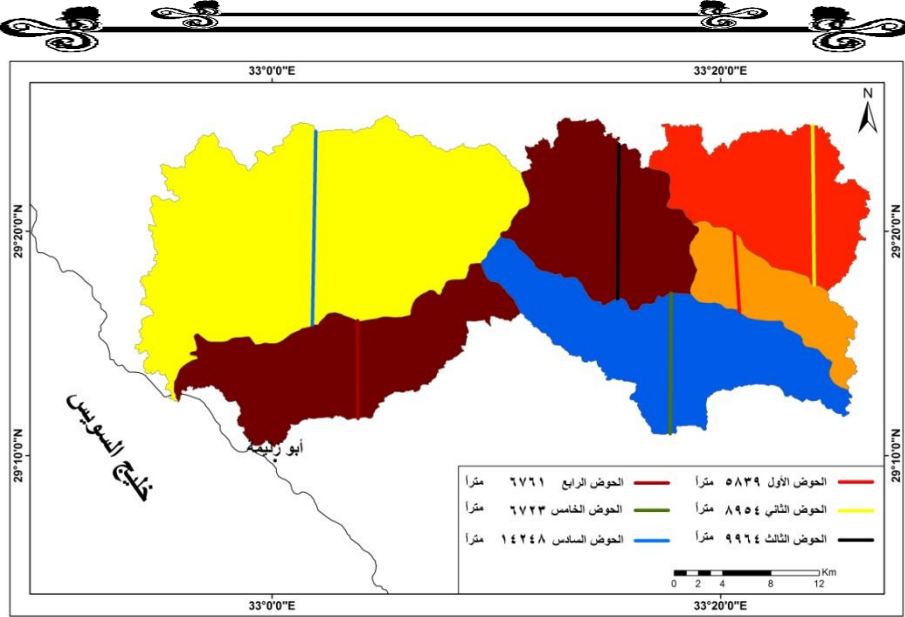


المصدر : من إعداد الباحث اعتماداً على معالجة المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (ASTER) باستخدام (ArcGIS) شكل (9): أطوال الأحواض الفرعية لحوض وادي الغرنديل في غربي وسط سيناء

### - عرض الحوض Basin Width:

يؤثر عرض الحوض في كمية التلقي من التساقط والجريان والتسرب، وكذلك التبخر والنتج، فكلما زاد عرض الحوض زاد ما يتلقاه من التساقط، ومن ثم زاد الجريان السطحي والعكس صحيح.

ويبلغ عرض الحوض الرئيسي 20.7 كم، في حين يتنوع متوسط عرض الأحواض الفرعية، حيث يتراوح بين 5.8 كم للحوض (1)، 14.2 كم للحوض (6) (جدول 1، شكل 10).



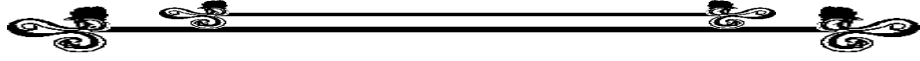
المصدر : من إعداد الباحث اعتمادًا على معالجة المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (ASTER) باستخدام (ArcGIS) شكل (10): عرض الأحواض الفرعية لحوض وادي الفرندل في غربي وسط سيناء

#### ب- الخصائص الشكلية للحوض:

تؤثر الخصائص الشكلية لحوض الوادي بشكل كبير في خصائصه الهيدرولوجية، فهي إما تزيد من سرعة المياه وحركتها في المجاري ومن سرعة وصول المياه إلى نهاية الحوض أو مخرج الحوض، أو أنها تعمل على إعاقة حركة المياه داخل المجاري، كما أن هذه العوامل تتحكم في العامل الزمني أو الفاصل الزمني بين تساقط الأمطار والجريان، وذلك لأن زمن الاستجابة وسرعة الجريان هي الأكثر تحديداً للخصائص الهيدرولوجية لأي حوض، كما يؤثر الشكل الهندسي لحوض التصريف على الجريان السطحي من حيث أن الشكل الدائري والمخروطي أفضل من الشكل المستطيل، وذلك لقلة المسافة التي تقطعها المياه الجارية في تلك الأشكال (محمد عبد الرحيم عبد المطلب، 2012: 14)، وهناك العديد من المعادلات لقياس شكل الحوض وأحواضه الفرعية (جدول 2)، وفيما يلي عرض لبعض

الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

المعاملات الخاصة:



جدول (2): الخصائص الشكلية لحوض وادي الغرنندل بغربي وسط سيناء وأحواضه الثانوية

الأحواض	المساحة (A) (كم <sup>2</sup> )	محيط الحوض (B) (كم)	نسبة الاستدارة (Rc)	معامل الاستطالة (Re)	معامل الشكل (F)
1	65.1	46.5	0.38	0.20	0.34
2	132.3	65.6	0.39	0.20	0.48
3	141.8	59.4	0.50	0.23	0.53
4	153.3	80.7	0.30	0.17	0.24
5	165.3	83.8	0.30	0.17	0.20
6	379.9	117.5	0.35	0.19	0.39
الحوض الرئيس	1037.6	240.1	0.06	0.08	0.35

المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد علي برنامج (ArcGIS)

- نسبة الاستدارة **Circularity Ratio** \* :

توضح النسبة مدى اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري أو ابتعاده، وتكون النسبة بين 0: 1، إذ يكون الشكل قريباً من الاستدارة إذا كان أقرب إلى الواحد من الصفر.

ويبلغ معامل الاستدارة بحوض وادي الغرنندل 0.06، ويدل ذلك على قرب الحوض من الاستطالة، ويسجل الحوضين (4 ، 5) أقل القيم لهذا

\* يتم احتساب مدى قرب الحوض إلى الاستدارة من خلال معادلة ميلر (MILLER, 1953, P. 4:9) وهي كالتالي:

$$Rc = \frac{4\pi A}{P^2}$$



## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

المعامل بقيمة مقدارها 0.3 لكل منهما، في حين يبلغ المعامل أقصاه في الحوض (3)، حيث يبلغ 0.5، وهو بذلك يمثل أكبر الأحواض سرعة في تحويل المياه إلى المجرى الرئيس، حيث تستغرق المياه مسافة قصيرة حتى تصل إلى المجرى مقارنة ببقية الأحواض الثانوية.

- معدل الاستطالة **Elongation ratio** \*:

يشير إلى مدى تشابه شكل الحوض مع الشكل المستطيل، وتتراوح قيمته بين 0 : 1 وتعتبر القيمة عن مدى اقتراب الحوض من الشكل المستطيل، إذ ترتفع نسبة الاستطالة إذا ما اقتربت القيمة من 1، ويبلغ معدل استطالة حوض وادي الغرندل 0.08، مما يدل على اقتراب شكله من الشكل المستطيل ومن ثم زيادة المسافة التي تقطعها المياه الجارية للوصول إلى المصب، وزيادة معدل الفقد من المياه، ويتباين هذا المعامل على مستوى الأحواض الفرعية، إذ سجل الحوض (3) أعلى قيمة (0.23)، في حين جاء الحوض (4) بأقلها (0.17).

- معامل الشكل **Shape Index** \*:

يتأثر شكل حوض التصريف المائي ونمطه وشبكة التصريف التي تمتد داخله بالخصائص الأخرى لحوض التصريف مثل نوع الصخر ودرجة الانحدار، كما يؤثر شكل الحوض في العمليات الجيومورفولوجية، خاصة فيما يتعلق بكفاءة الحوض المحتملة وشبكة التصريف المائي به، ويعبر معامل الشكل عن مدى

\* يتم احتساب هذا المعامل عن طريق المعادلة (MESA, 2006: 18) التالية:

$$Re = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L}$$

A = مساحة الحوض (كم<sup>2</sup>)  
رقم ثابت = 1.128  
L = طول الحوض

\* استخدم هورتون عامل الشكل لتحديد أشكال الأحواض النهرية (Horton, 1932 : 353)، ويمكن الحصول عليه من خلال المعادلة التالية:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

A = مساحة الحوض (كم<sup>2</sup>)  
L = طول الحوض

آداب دمنهور

الإنسانيات



تناسق أجزاء الحوض وكلما اقترب الناتج من الواحد كان الشكل العام للحوض أكثر تناسقاً، في حين تشير القيم المنخفضة إلى عدم التناسق.

وينخفض معامل الشكل ليبلغ 0.35 ويشير ذلك إلى انكماش مساحة حوض وادي الغرندل بالنسبة لطوله، وبعد الحوض عن الشكل المتناسق، ويرجع ذلك إلى الاختلافات الصخرية، وتأثير الحركات الأرضية (الطيات، الصدوع) على شكل الحوض، مما ساعد على تخرج خط تقسيم المياه وعدم تناسق شكله، وتتباين هذه القيم بين الأحواض الفرعية، حيث بلغ أعلاها في الحوض (3)، (0.53)، وأدناها في الحوض (5)، (0.20).

#### ج- خصائص التضاريس الحوضية:

يوجد علاقة وثيقة بين الخصائص التضاريسية للأحواض وبين الجريان السطحي، لأن الأحواض ذات الانحدار الهين تزداد بها فرصة ضياع المياه بسبب عمليتي التبخر والتسرب، في حين أن الأحواض ذات الانحدار الشديد تساعد سرعة الجريان بها على تقليل الفقد، وذلك في حالة ثبات العوامل الأخرى، وفيما يلي دراسة لبعض الخصائص التضاريسية للحوض، لمحاولة فهم عملية الجريان السطحي بالحوض (جدول 3)، على النحو التالي:

جدول (3): الخصائص التضاريسية لحوض وادي الغرندل بغربي وسيط

#### سيناء وأحواضه الثانوية

التضاريس النسبية (Ri) (م/كم)	نسبة التضرس (Rr) (م/كم)	أقل ارتفاع (Mi) (م)	أقصى ارتفاع (Ma) (م)	الحوض
24.5	46.9	491	1139	1
15.3	31.0	491	1007	2
17.4	43.9	316	1034	3
9.6	30.2	3	772	4

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

14.2	30.3	322	1189	5
6.6	24.7	0	770	6
2.7	22.3	0	1212	الحوض الرئيس

المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد علي برنامج (ArcGIS)

- نسبة التضرس **Relief Ratio** \*

تتخفف في الأحواض ذات المساحة الواسعة والعكس، وتدل القيمة المرتفعة لنسبة التضرس على شدة النحت والجريان في الحوض، كما تؤدي زيادة التضرس ودرجة الانحدار إلى زيادة الكثافة التصريفية وعمق المجاري والتصريف المائي.

وترتفع نسبة التضرس في حوض وادي الغرندل (22.3 م / كم)، ويدل هذا علي وعورة السطح وشدة انحدار المنطقة، وزيادة أعداد الرتبة الأولى والثانية للوداي، ومن ثم زيادة الجريان المائي به، وتتباين هذه القيم بين الأحواض الفرعية، حيث تبلغ أقصاها في الحوض (1)، حيث الارتفاعات الكبيرة في مساحة صغيرة، مما يؤدي إلي زيادة الجريان السطحي وقلة الفقد من الماء، في حين بلغ أدناه في الحوض (6) (24.7)، حيث الارتفاعات المنخفضة في مساحات واسعة، ومن ثم انخفاض في الجريان السطحي، وارتفاع معدلات الفقد من الماء.

\* تحسب نسبة التضرس (Gregory and Walling, 1973: 51) بالمعادلة التالية

$$R = \frac{\text{الفرق بين أعلى وأدنى ارتفاع (بالمتر)}}{\text{طول الحوض (بالكيلو متر)}}$$

$$Rr = \frac{R}{L}$$

آداب دمنهور

#### - التضاريس النسبية **Relative Relief** \* :

تساعد على إدراك قيمة التضرس النسبي للحوض بغض النظر عن نسيجه الطبوغرافي، ويشير انخفاض قيم التضرس إلى اتساع المساحة الحوضية، مما يدل على نشاط عملية النحت والتراجع نحو المنابع وتقويض مناطق تقسيم المياه، ومن ثم إمكانية حدوث أسر نهري، مما يدل على التقدم في دورة التعرية، وعلى العكس من ذلك فإن الأحواض العالية في نسبة تضرسها تكون محدودة المساحة ونشطة في عملية النحت في ظل ظروف تضرس مرتفع، ويعني هذا أنها ما زالت في المراحل الأولى من دورة التعرية النهرية.

ويظهر معدل التضاريس النسبية انخفاض بحوض وادي الغرندل (2.7 م/ كم)، وذلك لانتساع مساحة الحوض، فمع كبر مساحة الحوض يقل التضرس، وقد بلغ أقصى معامل في الحوض (1) (24.5 م/ كم)، حيث يتصف بانكماش مساحته وشدة تضرسه، في حين بلغ أدناه في الحوض (6) (6.6 م/ كم)، حيث اتساع المساحة والتضرس المنخفض.

#### 4- مناخ منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة على ساحل خليج السويس، مما كان له أبلغ الأثر في الظروف المناخية للمنطقة، حيث تتأثر بالمناخ البحري، كما أنها ترتفع عن سطح البحر، حيث يزيد الارتفاع في بعض أجزاء منطقة الدراسة على 1000 متر فوق سطح البحر، خاصة في الأجزاء العليا من وادي الغرندل، مما أثر ذلك في مناخ منطقة الدراسة، حيث يسود المناخ المعتدل، ويثبت ذلك من خلال دراسة العناصر المناخية المؤثرة في منطقة الدراسة لمحطتي رأس

\* تحسب التضاريس النسبية (Melton, 1958: 87) بالمعادلة التالية:

$$Ri = \frac{R}{P}$$

80

R = أقصى ارتفاع (بالمتر)  
P = محيط الحوض (بالكيلو متر)

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

سدر وأبورديس والتي تقعان بالقرب من منطقة الدراسة حيث لا تتوفر بمنطقة الدراسة أي محطة للأرصاد.

أ- الحرارة:

تؤثر درجات الحرارة المرتفعة في الجريان السطحي من حيث تأثيرها في التساقط، وذلك من ناحية أنها تساعد في التبخر فكلما كانت الحرارة مرتفعة كان التبخر أسرع ومن ثم يقل معدل الجريان السطحي، والعكس صحيح فكلما انخفضت الحرارة زاد الجريان السطحي، وزادت معها فاعلية الأمطار، وبدراسة درجات الحرارة بمنطقة الدراسة (جدول 4) يمكن تسجيل الحقائق التالية:

جدول (4): متوسط درجة الحرارة العظمى والصغرى الشهرية بمحطتي رأس سدر وأبو رديس (1934 - 2014).

درجة الحرارة الشهر	محطة رأس سدر			محطة أبو رديس		
	درجة الحرارة العظمى	درجة الحرارة الصغرى	المتوسط	درجة الحرارة العظمى	درجة الحرارة الصغرى	المتوسط
ديسمبر	20.6	9.6	15.1	21.2	11.1	16.2
يناير	19.3	8.4	13.9	19.5	9.8	14.7
فبراير	20.3	9.4	14.9	21	9.1	15.1
مارس	22.9	10.7	16.8	23.4	12.9	18.2
أبريل	27.1	14.2	20.7	27.9	16.9	22.4
مايو	31.2	17.4	24.3	30.8	20.3	25.6

26.8	21.1	32.5	27.3	20.3	34.2	يونيو
28.8	24.7	32.9	28.8	22	35.5	يوليو
28.8	25.3	32.3	28.5	22.5	34.5	أغسطس
27.7	24	31.3	26.1	19.8	32.3	سبتمبر
24.5	20.2	28.7	23.3	17.5	29	أكتوبر
19.9	15.1	24.6	17.4	13.4	21.3	نوفمبر
22.4	17.5	27.2	21.4	15.4	27.4	المتوسط

المصدر: هيئة الأرصاد الجوية، محطتي رأس سدر وأبو رديس.

- انخفاض درجات الحرارة بصفة عامة بمنطقة الدراسة على مدار العام بسبب العوامل سابقة الذكر، حيث يبلغ المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في محطتي رأس سدر وأبو رديس 21.4، 22.4°م، كما يبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى بهما 27.4، 27.2°م، على حين يبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى 15.4، 17.5°م لمحطتي رأس سدر وأبورديس علي التوالي.

- يتصف فصل الشتاء بانخفاض درجة الحرارة، حيث يصل المتوسط الحراري لشهوره بالمحطتين نفسيهما 14.6، 15.3°م، ويتميز بالنهار الدافئ، حيث يبلغ متوسط درجة الحرارة العظمى 20.1، 20.6°م لكل منهما، وسبب ذلك طول فترة سطوع الشمس، في حين يتصف بليل شديد البرودة، حيث يبلغ متوسط درجة الحرارة الصغرى بهما 9.1، 10°م على التوالي، ويعد يناير أقل شهور السنة انخفاضاً في درجات الحرارة بمتوسط درجة الحرارة الصغرى 8.4°م، في حين يصل متوسط درجة الحرارة العظمى 19.3°م.

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

- الارتفاع التدريجي لدرجات الحرارة خلال فصل الربيع، وذلك بدءاً من شهر مارس وتستمر طوال شهور الربيع، حيث يصل المتوسط الحراري في شهور الربيع إلي 20.6، 22°م للمحطتين، ويصل متوسط درجة الحرارة العظمى لفصل الربيع 27.1، 27.4°م، في حين تصل متوسط درجة الحرارة الصغرى 14.1، 16.7°م، وتظل مرتفعة حتي مايو الذي يعد أعلى شهور الربيع حرارة، حيث يصل متوسط درجة الحرارة العظمى بمحطتي رأس سدر وأبو رديس 31.2، 30.8°م على التوالي، وهو بذلك قريب من المتوسطات الحرارية الصيفية.
- تتصف منطقة الدراسة بصيف متوسط الحرارة مقارنة بغيره من المناطق، حيث يظهر تأثير عامل البحر في تخفيض درجات الحرارة، حيث يبلغ متوسطها لشهور الصيف 28.2، 28.1°م، ومتوسط درجة الحرارة العظمى 34.7، 32.6°م، ومتوسط درجة الحرارة الصغرى 21.6، 23.7°م، ويعد يوليو أعلى شهور السنة حرارة، حيث تصل درجة الحرارة العظمى به إلى 35.5، 32.9°م، ودرجة الحرارة الصغرى إلي 22، 24.7°م في محطتي رأس سدر وأبو رديس على التوالي.
- تبدأ درجات الحرارة في الانخفاض في شهور الخريف، ويبدء متوسط درجة الحرارة في الانخفاض، حيث يصل متوسط درجات الحرارة إلي 22.2، 24°م، ومتوسط درجة الحرارة العظمى 27.5، 28.2°م، ومتوسط درجة الحرارة الصغرى 16.9، 19.8°م، ويعد نوفمبر أقل شهور فصل الخريف في درجة الحرارة حيث يصل متوسط درجة الحرارة العظمى به 21.3، 24.6°م.



- يختلف المدى الحرارى من شهر إلى آخر، حيث بلغ أقصاه في شهر يونيو ( $13.9^{\circ}\text{م}$ )، في حين بلغ أدناه في شهر نوفمبر ( $7.9^{\circ}\text{م}$ )، وذلك لمحطة رأس سدر، ويرجع ذلك إلى موقعها على خليج السويس والنطاق الجبلى.

ب- الرطوبة النسبية والتبخر:

تتأثر الرطوبة النسبية والتبخر (جدول 5) بعاملي القرب من البحر وارتفاع منطقة الدراسة، حيث يمكن تسجيل الحقائق الآتية:

جدول (5): معدلات الرطوبة النسبية والتبخر بمحطتي رأس سدر وأبو رديس

(1934 - 2014)

محطة أبو رديس		محطة رأس سدر		معدلات الرطوبة النسبية والتبخر	الشهر
التبخر	الرطوبة النسبية	التبخر	الرطوبة النسبية		
8.4	58	6.9	60		ديسمبر
8	55	7.4	59		يناير
9	52	8.8	56		فبراير
10.3	51	9.7	59		مارس
11.7	49	11.9	54		أبريل
13.2	50	14.8	52		مايو
14.3	55	16.2	53		يونيو
13.4	58	16	55		يوليو
13	60	15.5	57		أغسطس
12	62	13.2	61		سبتمبر
9.8	62	10.5	63		أكتوبر
5.5	58	8	61		نوفمبر
10.7	55.8	11.6	57.5		المتوسط

المصدر: هيئة الأرصاد الجوية، محطتي رأس سدر وأبو رديس.

- ارتفاع معدل الرطوبة النسبية في محطتي رأس سدر وأبو رديس  $57.4$ ،  $55.8\%$  على التوالي، ويرجع ذلك للتأثير البحرى لخليج السويس.

- ارتفاع الرطوبة النسبية أقصاها في شهر أكتوبر، حيث تصل إلي  $63$ ،  $62\%$  لمحطتي رأس سدر وأبو رديس على التوالي، في حين



## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

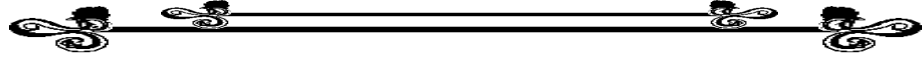
تبلغ أدناها في شهر مايو (52، 50%).

- ارتفاع معدلات التبخر، وهي سمة عامة للمناطق الجافة، كما أن معدلات التبخر تزيد في المناطق الساحلية مقارنة بالمناطق الداخلية، نظراً للتأثير البحرى، وترتفع معدلات التبخر فى المنطقة فى فصل الصيف، إذ يبلغ أقصى مدى له، وتصل معدلات التبخر إلى 15.9، 13.6 مم، في حين تصل إلى أدنى مستوياتها في فصل الشتاء (7.7، 8.4 مم للمحطتين علي التوالي).

- يعد يونيو أكثر شهور السنة ارتفاعاً فى معدلات التبخر، لارتفاع درجات الحرارة، ويعد شهر ديسمبر أقلها، ويعزى ذلك إلى انخفاض درجات الحرارة فى المنطقة.

### ج- الأمطار:

تتصف بعدم الانتظام فى موعد سقوطها ومكان سقوطها ومقدار الكمية الساقطة وذلك أمر طبيعى فى المناخ الجاف، فقد يسقط فى يوم واحد كمية من المطر تقترب أو قد تتجاوز مجموع ما يسقط من المطر السنوى على المنطقة، ويسقط على المنطقة نوعين من الأمطار: الأول هو أمطار المنخفضات الجوية وتحدث فى شهور فصل الشتاء، أما الثانى فهو أمطار العواصف الرعدية، وتحدث غالباً فى الاعتدالين (الربيع - الخريف) ولكنها تتركز بصفة خاصة فى الخريف، وهى تتصف بتباين كمياتها من سنة لأخرى، إلا أنها فى حالة حدوثها تسقط كميات كبيرة من الأمطار، وتكون عادة مصحوبة بالعواصف الرعدية وهى غالباً ما تؤدى إلى تجمع كميات كبيرة من المياه التى تتحدر على المرتفعات الجبلية محدثة سيول مدمرة فى المنطقة (طارق زكريا إبراهيم، 2003: 306-308).

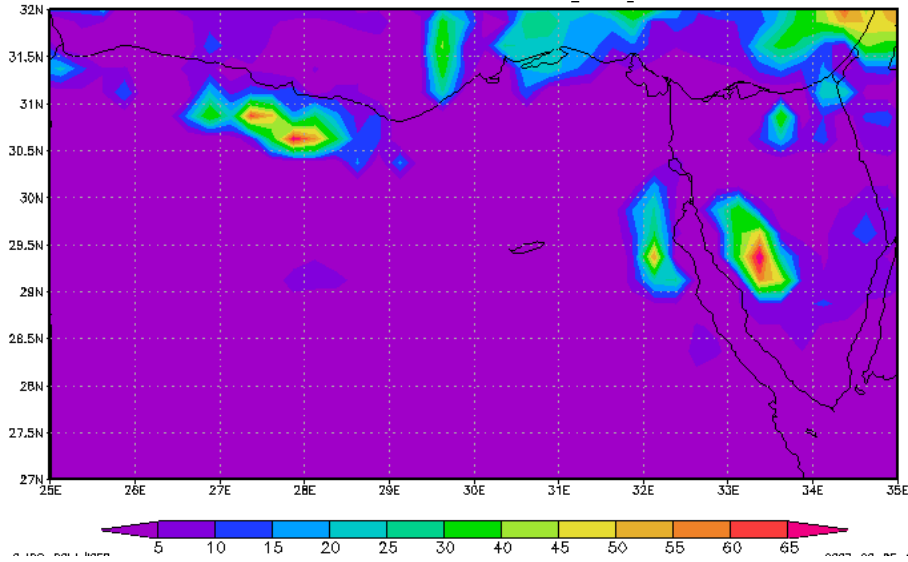


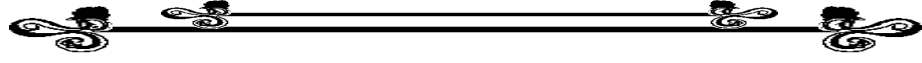
وبدراسة بيانات الأمطار من صور المرئيات الفضائية من القمر الصناعي والمعروفة بمهمة قياس الهطول المداري **Tropical Rainfall Measuring Mission** أو ما يطلق عليه (TRMM) (<http://www.nasa.gov>) خلال الفترة من 1998 - 2015 (شكل 11)، وتم معايرة البيانات المستخرجة من المرئيات الفضائية التي سجلت بالقمر الصناعي، ثم معالجتها داخل النموذج، ويتبين من دراسة بيانات الأمطار أن منطقة حوض وادي الغرندل والمستخرجة من بيانات المرئيات الفضائية للقمر الصناعي مهمة قياس الهطول المداري، تتلقى كمية من الأمطار تزيد على 40 مم سنوياً (شكل 12)، كما يتضح أن هناك تبايناً في كميات الأمطار على امتداد الحوض، حيث تتلقى المنابع العليا للحوض في الجهات الشمالية الشرقية كميات أعلى من ذلك، ثم يبدأ المعدل في التناقص كلما اتجهنا إلى ناحية الغرب عند مخرج الوادي في المنطقة الساحلية الرملية ليصل إلى أقل من 5 مم، وهذا التوزيع يتوافق تماماً مع مناسيب الحوض فالمناطق الأكثر ارتفاعاً في الشرق والجنوب الشرقي حظيت بأعلى معدلات أمطار من المناطق المنخفضة.

وعلى الرغم من تذبذب كمية الأمطار بمنطقة الدراسة وعدم انتظام سقوطها، حيث تتفاوت كمياتها السنوية من عام لآخر تفاوتاً كبيراً، وكذلك في وقت سقوطها ومكان سقوطها، فإنه في حالة السيول تتصف بالتركز، إذ يتركز سقوطها في أيام معدودة أو بضع ساعات قليلة، وتتعدى كمية المياه الساقطة في مرة واحدة ما يتساقط في عدة سنين، وقد تم الاعتماد على عاصفتين ممطرتين تم قياسهما بمنطقة الدراسة، الأولى في يوم 11 مارس 1994 والتي بلغت 21.2 ملم، والعاصفة الثانية في يوم 7 فبراير 1997 والتي بلغت 37.1 ملم، وقد تسببت هاتين العاصفتين في جريان سطحي

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

وصل إلي مصب الوادي حيث كانت الأمطار غزيرة ومركزة، وقد تم استخدام العاصفتين لحساب كميات الجريان وحجمه خلال العاصفتين الممطرتين، وترجع أهمية تركيز المطر في أنه يغطي الفقد من التبخر والتسرب ويفيض الباقي على السطح في صورة سيول تختلف شدتها وضعفها تبعاً للعديد من العوامل، منها كمية المطر ودرجة الانحدار وطبوغرافية المنطقة، وتسقط معظم هذه الأمطار خلال الاعتدالين، ويتضاءل نصيب فصل الشتاء من الأمطار الساقطة ويندر سقوط المطر صيفاً، وتجرى هذه المياه على سطح الأرض وفي قيعان الأودية فتظهر في صورة مياه سطحية عندما يتضاءل سمك طبقة رواسب قاع الوادي، لكن مع وجود طبقة من الرواسب السمكية تتسرب هذه المياه إلى أسفل وتصبح مياه تحت سطحية تعمل على تغذية خزانات المياه الجوفية وقد تظهر مرة أخرى في صورة مياه سطحية إذا صادفت رواسب قليلة السمك.





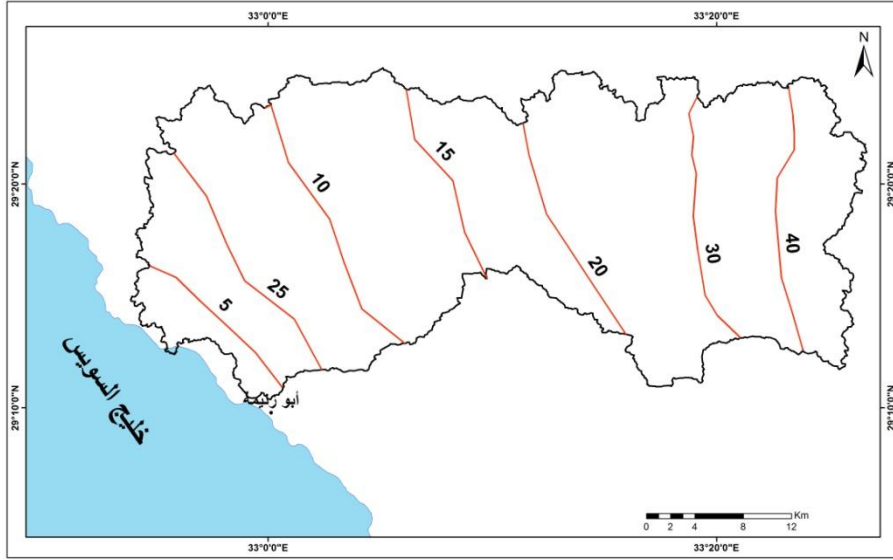
المصدر: مرئية فضائية نوعية (TRMM)، من موقع وكالة الفضاء الأمريكية.

شكل (11): مرئية فضائية نوعية (TRMM) لشمال مصر وبداخلها منطقة الدراسة.

وعندما تتحول هذه الأمطار إلي سيول يتحول الوادي إلي نهر جارٍ، تتدفق فيه المياه ويضيع معظمها ولا يستفاد منها، فملايين الأمتار المكعبة من المياه العذبة الصالحة للشرب والزراعة تذهب سدى في مياه خليج السويس، لذلك قام سكان المنطقة بالعديد من الأعمال الإنشائية لتخزين هذه المياه حتى يتمكنوا من الاستفادة منها في أغراض الشرب والرى أو إقامة بعض المستقرات البشرية الخاصة بالبدو.

وتؤثر العوامل المناخية في الجريان السطحي في الحوض وكميته، إذ تؤثر درجات الحرارة المرتفعة على الجريان السطحي من حيث تأثيرها في التساقط وذلك من ناحية أنها تساعد في التبخر فكلما كانت درجة الحرارة مرتفعة كان التبخر أسرع، ومن ثم يقل معدل الجريان السطحي.

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

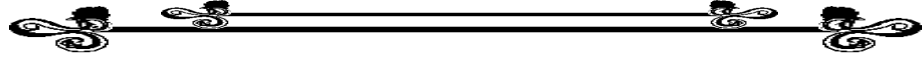


المصدر : من إعداد الباحث من خلال معالجة المرئية الفضائية نوعية (TRMM).  
شكل (12): متوسط كميات الأمطار لمنطقة حوض وادي الغرنديل بغربي وسط سيناء (1998-2015)

ومما سبق يتضح أن مناخ منطقة الدراسة قد لعب دوراً مهماً ومؤثراً في نشاط العوامل الهيدرولوجية وزيادة الجريان السطحي في الوادي، فمنطقة الدراسة يسودها مناخ متأثر بعامل القرب من البحر والارتفاع، مما أثر ذلك في درجات الحرارة، فقد انخفضت درجات الحرارة بصفة عامة في فصلي الشتاء والربيع، وانخفضت أيضاً معدلات التبخر، ومن ثم زادت فاعلية الأمطار في حالة حدوثها وزاد الجريان السطحي في حالة حدوث أمطار غزيرة، يؤكد ذلك الانتشار الكبير للنباتات بمنطقة الدراسة (شكل 13).

### 5- النبات الطبيعي:

يتمتع الحوض بغنى في النبات الطبيعي، والذي يتباين بشكل كبير في توزيعه في الحوض، إذ يتركز في وسط الحوض بكثافة عالية على طول الوادي، مما يدل على غنى المنطقة بالمياه الجوفية السطحية، في حين تتوفر



شجيرات قليلة متناثرة بأعلى الحوض على المنحدرات جنوب جبل أبو زروب وشمال جبل رأس وطاء، ويكاد يختفي النبات الطبيعي بأدنى الحوض، في حين تتوفر العديد من المزارع الشجرية جنوب جبل المرير وجبل الحسرة، والذي يدل على غنى المصب بالمياه الجوفية ووفرة المياه بالحوض على مدار العام (شكل 13)، كما يدل كثرة النباتات على رطوبة التربة المؤثرة في الجريان السطحي فكلما كانت التربة رطبة كان التسرب أقل ومن ثم كان الجريان أكثر وبالعكس كلما كانت التربة جافة كان الفقد من مياه التساقط أكبر بسبب التسرب، ومن ثم يكون الجريان السطحي منخفض (محمد عبد الرحيم عبد المطلب، 2012: 33)، وبذلك يتضح أن تربة منطقة حوض وادي الغرندل ذات نفاذية متوسطة للماء وقدرتها للاحتفاظ بالماء جيدة الأمر الذي أدى إلى زيادة نسبة قدرتها على توليد الجريان السطحي بالحوض.



المصدر: مرئية فضائية نوعية (Spot)، هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية.

شكل (13): غنى حوض وادي الغرندل بغربي وسط سيناء بالأشجار

ثانياً: هيدرولوجية حوض وادي الغرندل

تعد المعلومات الهيدرولوجية (Hydrologic Data) حجر الأساس في تقييم الوضع المائي في أي منطقة في العالم؛ لأنها تمثل كميات المياه المتجددة التي تعوض الفقد من المياه سنوياً أو بمثابة المورد الأساس الذي يمكن من خلاله استعاضة ما يستهلك من المياه. وقد استخدم الباحث النماذج الهيدرولوجية، ومنها نموذج (SCS-CN) مع الاعتماد علي بيانات الأقمار



الصناعية في تقدير حجم الجريان السطحي وعمقه في الحوض، كما طبق نموذج مخطط قمة التصريف، لتقدير قمة ذروة التصريف في الحوض.

#### 1- نموذج SCS-CN:

تعد طريقة (SCS- CN) من أشهر الأساليب الرياضية المستخدمة في حساب حجم الجريان السطحي وعمقه وقد تسمى اختصاراً (RCN)، وطور هذا النموذج من قبل إدارة صيانة التربة **soil conservation service (scs)** التابع لإدارة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية عام 1970م، ووضعت صيغته المشهورة في عام 1986م (USDA, 1986: P 6-3) وقد حظي أسلوب (SCS- CN) بقبول واسع، وهو عبارة عن سلسلة من المعادلات الرياضية يعتمد في مدخلاته علي توفر معلومات عن غطاءات الأرض والنباتات، وجيولوجية المنطقة، وكميات الأمطار الساقطة.

ويتطلب حساب حجم الجريان السطحي وعمقه بحوض وادي الغرندل تحديد قيمة CN، وهي أرقام تتراوح بين صفر ، 100 ، وتعتبر عن الاستجابة المائية لمكونات غطاءات الأرض في أحواض التصريف وتم التوصل إلى قيم CN من واقع آلاف القياسات التي تمت على أحواض التصريف في أنماط مختلفة من البيئات الطبيعية والحضرية، وتعتبر قيمة CN عن مقدار صماتة السطح فكلما اتجهت القيم ناحية 100 فإن الأسطح تكون أكثر صماتة (غير منفذة للمياه)، وهي بذلك تبين قدرة الحوض على حدوث جريان سطحي، فالقيم العالية تدل على أن سطح الحوض قليل النفاذية، ومن ثم فهو كثر أقسام الحوض قدرة على إنشاء جريان سطحي، وإذا اتجهت قيم CN نحو الصفر فإن الأسطح تكون أقل صماتة وتدل على ارتفاع نسب النفاذية.





## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

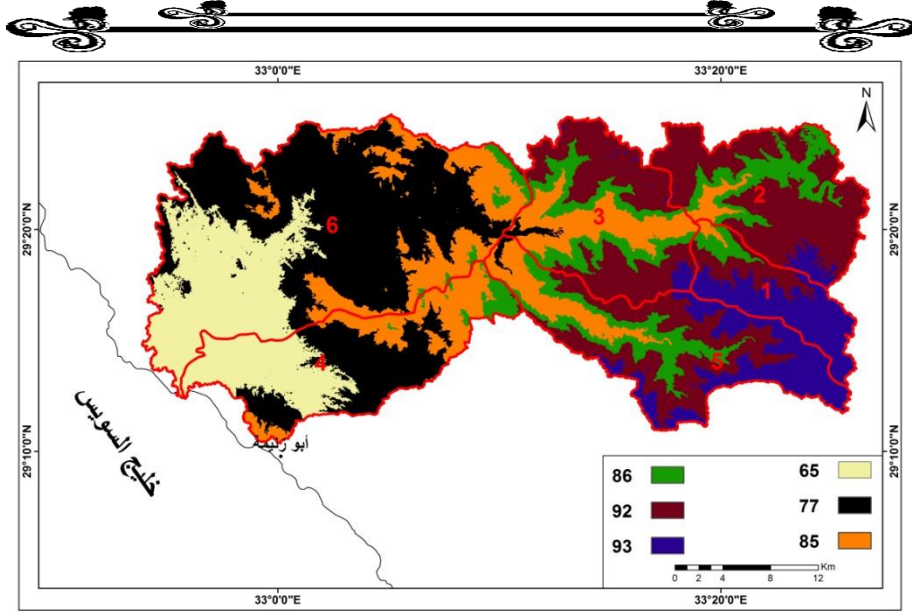
وقد أمكن من خلال المرئيات الفضائية نوعية لاندسات 8 لمنطقة حوض وادي الغرندل بتاريخ 2015/10/21 والخريطة الجيولوجية للحوض والدراسة الميدانية التعرف على أنواع الغطاءات الأرضية بالمنطقة ونوعية التربة، ومن ثم تحديد قيم CN وبلاستعانة بجداول (USDA, 1986: 3-6) أمكن التوصل إلى قيم (CN) بالحوض (جدول 6) وإنشاء خريطة لقيم CN (شكل 14) حيث أمكن استخلاص النتائج التالية:

جدول (6): قيم CN لمنطقة وادي الغرندل بغربي وسط سيناء ونوعية الغطاءات الأرضية

المساحة (acres)	النسبة	المساحة (كم <sup>2</sup> )	نوعية الغطاء الأرضي	CN
38131.0	14.9	154.3108	رواسب ناعمة ورمال أعشاب ذات حالة جيدة جداً ومناطق زراعية	65
68767.6	26.8	278.293	رواسب متوسطة إلى ناعمة ذات اعشاب متوسطة	77
40233.0	15.7	162.8176	رواسب متوسطة الخشونة ومفككة	85
26330.0	10.3	106.554	منكشفات صخرية مغطاة برواسب خشنة ومفككة	86
59317.1	23.1	240.0483	منكشفات صخرية مغطاة بطبقة رقيقة من الرواسب	92
23802.9	9.3	96.327	منكشفات صخرية	93
256581.6	100.0	1038.3507	--	--

المصدر: اعداد الباحث بناء علي الخرائط الجيولوجية والتربة والمرئيات الفضائية.

- تراوحت قيم Cn بحوض وادي الغرندل بين 65 ، 93، مما يشير إلى أن نسبة النفاذية قليلة بشكل عام في منطقة الدراسة.



المصدر: اعداد الباحث باستخدام برنامج (ArcGIS) وبناء علي المعادلات الخاصة بالنموذج الهيدرولوجي (SCS-CN).

شكل (14): قيم منحنى CN لمنطقة وادي الغرنديل بغربي وسط سيناء.

- تباين قيم CN بالحوض بسبب تباين نفاذية المكاشف الصخرية للأحواض، إذ تنخفض في مناطق الشقوق والصدوع الصخرية التي تسمح بتسرب كميات كبيرة من المياه إلى باطن الأرض، مكونة بذلك مخازن للمياه الجوفية، وكذلك في المناطق الحاوية على الصخور الجبسية وطبقات الحجر الرملي والحجري الجيري المنتشرة في أحواض منطقة الدراسة، فضلاً عن المناطق الممتلئة لرواسب الزمن الرابع حول مجاري الأنهار، في حين يعزى قيم Cn إلى الأراضي ذات الانحدارات العالية والمقاومة لعمليات التعرية المائية، حيث تتصف بفقرها للغطاء النباتي وبشدة صلابتها ووعورتها.

- قلة انتشار قيمة CN وهي 93، إذ تقدر مساحتها بمقدار 96.3 كم<sup>2</sup>، وهو

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

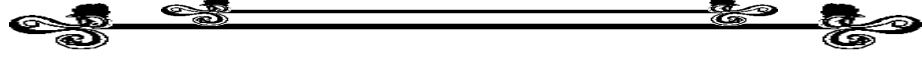
ما يشكل 9.3% من جملة مساحة الحوض، وتتركز في أحواض (1 ، 2 ، 5) وتعد المسئولة عن نشأة الجريان السطحي للحوض، حيث تمثل أقل نسبة تسرب للمياه في الحوض، مما يساعد على زيادة الجريان السطحي به.

- انتشار قيمة CN البالغة 86 في جميع الأحواض الفرعية بمساحة 106.5 كم<sup>2</sup>، وهو ما يكون أكثر من عشر مساحة الحوض.

- تأتي الفئة CN البالغة 86 في المركز الثالث كأصغر الفئات من حيث المساحة بنسبة 14.9% من جملة مساحة الحوض، وتتكون من نسبة كبيرة من الإرسابات التي تساعد على ارتفاع نسبة النفاذية وتتصف بارتفاع كميات التسرب داخل التربة وكمية الفقد من المياه.

- أن أكثر قيم CN انتشاراً هي 77، حيث تقدر مساحتها نحو 278.3 كم<sup>2</sup> بنسبة 26.8% من جملة مساحة الحوض، وهي تمثل مناطق الرواسب المفككة والخشنة ذات الغطاء النباتي الفقير ويتركز توزيعها في الأحواض الفرعية (4 ، 6)

- تحتل قيمة CN البالغة 92 المركز الثاني كأكبر القيم انتشاراً من حيث المساحة (240 كم<sup>2</sup>) بنسبة 23.1% من جملة مساحة الحوض، إضافة إلى قيم CN السابقة (93) تعدل المسئولة عن نشأة الجريان السطحي في الحوض، حيث تقع هذه الفئة في المنابع العليا للحوض التي تتصف بزيادة كميات الأمطار وانخفاض نفاذية صخورها وتنتشر في الأحواض الفرعية (1 ، 2 ، 3 ، 5) وتختفي في حوضي (4 ، 5)



أ- عمق الجريان السطحي للحوض باستخدام نموذج (SCS- CN)<sup>(\*)</sup>:

بعد حساب قيم (CN) لحوض وادي الغرنديل، تم احتساب عمق الجريان السطحي على أساس العاصفة الممطرة الأولى والتي حدثت في يوم 11 مارس 1994 والتي بلغت 21.2 ملم، كما تم حساب عمق الجريان السطحي

\* تم حساب عمق الجريان السطحي للحوض بطريقة (SCS-CN) باستخدام مجموعة من المعادلات (USDA, 1986: 1-2)، وهي على النحو التالي:

$$(1) \text{ معادلة } Q = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia) + S}$$

Q = عمق الجريان السطحي (بوصة)

P = الأمطار الساقطة (بوصة)

Ia = المستخلصات الأولية قبل بدء الجريان السطحي كالترسب والاستقبال من قبل النبات والتبخر (بوصة)

S = التجمع السطحي الأقصى بعد بداية الجريان السطحي (بوصة)

ووجد أن Ia تعادل خمس قيمة S وتحسب Ia كالتالي:

$$(2) \text{ معادلة } Ia = 0.2S$$

ويتم حساب S بالصيغة الرياضية التالية:

$$(3) \text{ معادلة } S = \frac{1000}{CN} - 10$$

وبجبر قيمة S حورت الصيغة الرياضية لمعادلة عمق الجريان السطحي كالتالي:

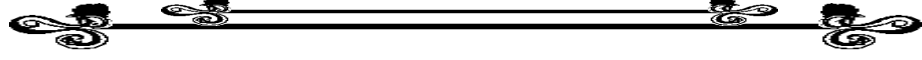
$$(4) \text{ معادلة } Q = \frac{(P - Ia)^2}{(P + 0.8S)}$$

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

في العاصفة الممطرة الثانية والتي حدثت في يوم 7 فبراير 1997 والتي بلغت 37.1 ملم (جدول 7) حيث انضح الحقائق التالية:

Q (بوصة)		0.8 S (بوصة)		Ia (بوصة)		P <sup>(*)</sup> (بوصة)		S (بوصة)		CN
عاصفة مطرية (2)	عاصفة مطرية (1)	عاصفة مطرية (2)	عاصفة مطرية (1)	عاصفة مطرية (2)	عاصفة مطرية (1)	عاصفة مطرية (2)	عاصفة مطرية (1)	عاصفة مطرية (2)	عاصفة مطرية (1)	
0.0255	0.0114	4.31	4.31	1.08	1.08	1.46062992	0.8346457	5.38	5.38	65
0.1935	0.0175	2.39	2.39	0.60	0.60	1.46062992	0.8346457	2.99	2.99	77
0.4272	0.1033	1.41	1.41	0.35	0.35	1.46062992	0.8346457	1.76	1.76	85
0.4663	0.1213	1.30	1.30	0.33	0.33	1.46062992	0.8346457	1.63	1.63	86
0.7678	0.2853	0.70	0.70	0.17	0.17	1.46062992	0.8346457	0.87	0.87	92
0.8321	0.3257	0.60	0.60	0.15	0.15	1.46062992	0.8346457	0.75	0.75	93

\* الأمطار في العاصفة الأولى (21.2 ملم)، تم تحويلها إلى البوصة والتي بلغت 0.834657 بوصة (ملم = 0.0393700787 بوصة)  
الأمطار في العاصفة الثانية (37.1 ملم)، تم تحويلها إلى البوصة والتي بلغت 1.46062992 بوصة (ملم = 0.0393700787 بوصة)



- تباين عمق الجريان السطحي بتباين قيم CN، ويرجع ذلك إلى اختلاف نسب التسرب، واختلاف خصائص السطح والمواد التي تغطيه، إذ أن هناك علاقة عكسية بين حجم وتوزيعها على السطح ونسب التسرب، خاصة إذ اعقب هذه المكونات مواد أكثر تماسكاً، إذ يؤدي كتل الجلاميد الموزعة على السطح إلى توزيع الامطار وتركزها فوق أجزاء صغيرة من الطبقة السفلى المتماسكة، مما يقلل من نسب التسرب والعكس صحيح.
- بلغ أكبر عمق جريان سطحي في حوض الدراسة في الأجزاء التي تبلغ فيها قيم (CN) (93) في منابع الوادي جنوب شرق الحوض، حيث بلغ عمق الجريان 0.326 بوصة، في حين بلغ أقل عمق له في الأجزاء الدنيا من الوادي بالمصب، حيث الارسابات المرتفعة ومعدلات التسرب المرتفعة(0.0114 بوصة).
- ب- حجم الجريان السطحي للحوض باستخدام نموذج (SCS- CN)(\*):  
تم حساب حجم الجريان السطحي بالعاصفتين الممطرتين 11 مارس 1994، 7 فبراير 1997 (جدول 8) حيث يمكن استخلاص النتائج الآتية:
- التباين الواضح في حجم الجريان السطحي بالأحواض الفرعية، حيث تم تصنيفها إلى كبير جداً ومتوسط ومحدود اعتماداً على العاصفة المطرية الأولى (شكل 15).

\* تم حساب حجم الجريان السطحي باستخدام المعادلة التالية (USDA, 1986: 1-2):

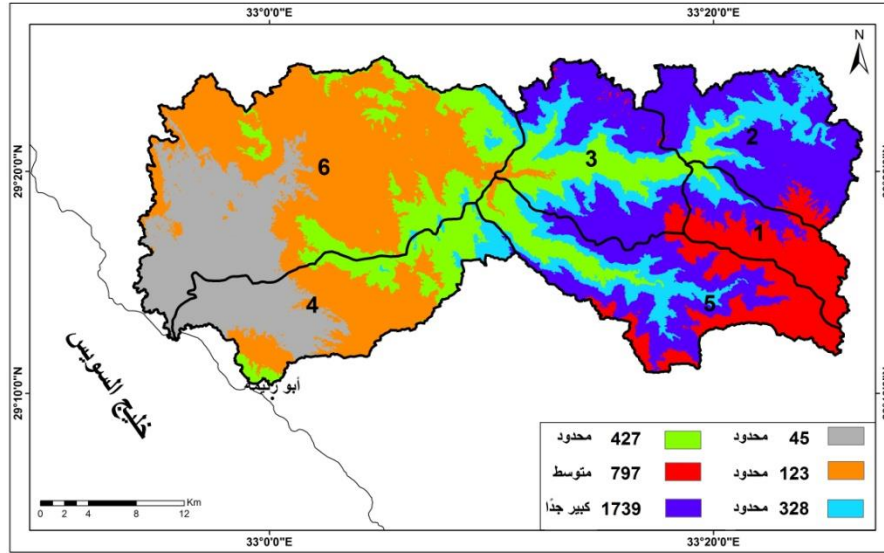
$$Q_v = Q * A$$

$Q_v$  = حجم الجريان السطحي (القدم المكعب)

$Q$  = عمق الجريان السطحي (بوصة)

$A$  = مساحة الحوض (بالقدمين)

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار



المصدر: إعداد الباحث باستخدام برنامج (ArcGIS) والنموذج الهيدرولوجي (SCS-CN).  
شكل (15): حجم الجريان السطحي بحوض الفرندل (ب 1000م<sup>3</sup>)  
اعتمادًا على العاصفة المطرية الأولى 11 مارس 1994

Qv (مليون متر مكعب)		Qv (متر مكعب)		Qv (مليون قدم مكعب)		Qv (قدم مكعب)		CN
عاصفة مطرية (2)	عاصفة مطرية (1)	عاصفة مطرية (2)	عاصفة مطرية (1)	عاصفة مطرية (2)	عاصفة مطرية (1)	عاصفة مطرية (2)	عاصفة مطرية (1)	
0.10	0.04	100041	44739.8	3.5	1.6	3532922.1	1579972.7	65
1.37	0.12	1368035	123393.5	48.3	4.4	48311771.2	4357607.4	77
1.77	0.43	1766546	427175.2	62.4	15.1	62385101.5	15085574.5	85
1.26	0.33	1261993	328207.6	44.6	11.6	44566946.8	11590562.7	86
4.68	1.74	4681569	1739428.3	165.3	61.4	165328304.0	61427432.4	92
2.04	0.80	2035781	796956.5	71.9	28.1	71893059.1	28144298.8	93

- ارتفاع كمية الجريان السطحي في العروض العليا من الوادي الرئيس، خاصة في الأودية الفرعية (1 ، 2 ، 5)، لانخفاض كميات التسرب والتبخر التي وصلت إلى أدنى مستوياتها في الحوض، حيث تراوحت



قيمة التسرب (La) في هذه الأحواض بين 0.15 ، 0.33 بوصة (شكل 15).

- زيادة حجم الجريان السطحي للعاصفة الثانية (11.2 مليون م<sup>3</sup>) مقارنة بمثيلتها للعاصفة الأولى (3.5 مليون م<sup>3</sup>).

- سجل أكبر حجم جريان سطحي خلال العاصفتين في القيم (CN) 92 ، حيث بلغ للأولى 1.7 مليون م<sup>3</sup>، وللثانية 4.7 مليون م<sup>3</sup>، وذلك لاتساع مساحة المنطقة التي تغطيها (CN) في الحوض وانخفاض نسبة التسرب والفقد من المياه.

- تأتي فئة (CN) البالغة 65 أقل فئة في حجم الجريان السطحي خلال العاصفتين، حيث بلغ حجمه 0.04 مليون م<sup>3</sup> ، 0.1 مليون م<sup>3</sup> على الترتيب، وسبب ذلك ارتفاع معدلات التسرب والفقد من المياه.

#### ج- زمن التركيز (Time of concentration) (\*):

يمثل زمن التركيز الوقت اللازم لملاء حوض الدراسة بالماء، أو الوقت الذي يستغرقه الماء للوصول من أبعد نقطة في الحوض إلى مخرج الحوض، وهناك الكثير من المعادلات التجريبية التي تقيس زمن التركيز منها معادلة (Kirpich) (EL-WESHAH, R., 2002, P. 89) ومن تطبيق المعادلة على حوض وادي الغرنديل يتبين أن زمن التركيز للحوض حوالي 359.2 دقيقة، أي مايقرب من 6 ساعات، وهي قيمة مرتفعة تعكس طول الفترة الزمنية التي يستغرقها الماء للوصول من أبعد نقطة في أقصى شرق الحوض

\* تم حساب زمن التركيز من معادلة (Kirpich) (EL-WESHAH, R., 2002 : 89) وهي كالتالي:

$$Tc = 0.0195L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Tc = زمن التركيز بالدقائق

S = انحدار المجري الرئيسي للوادي

L = طول الحوض الرئيسي بالمتر (بالمتر)



## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

إلي مخرجه في الغرب، ويرجع ذلك إلى طول الحوض البالغ 52 كم. وبتطبيق معادلة حساب التركيز علي الأحواض الفرعية يتضح أن هناك تباين في زمن التركيز، ومرد ذلك إلى تباين أطوال الأحواض الفرعية وانحداراتها، حيث يصل زمن التركيز أدناه في الحوض (1)، 90 دقيقة، مع ملاحظ أن هذا الحوض يلزمه وقت قصير لتصل المياه إلى مخرج الوادي، ومن ثم يقل الفقد من المياه، في حين يصل زمن التركيز للحوض (6) إلي مايقرب من 200 دقيقة، ويعزى ذلك إلي اتساع مساحة الحوض، ومن ثم يحتاج إلي الكثير من الوقت، مما يعرض المياه إلى الفقد.

د- قمة ذروة التصريف (\*):

بحساب زمن تركيز الحوض يسهل حساب قمة ذروة التصريف، حيث اتضح ارتفاع ذروة التصريف للحوض إلى 600.4 (م<sup>3</sup>/ث)، وهي تعكس قوة حوض التصريف، ولهذا فان الحوض يصرف كميات كبيرة من المياه عند مخرجه، وتتباين الأحواض الفرعية، حيث تتراوح قمة ذروة التصريف بين 138.8 (م<sup>3</sup>/ث) للحوض (1)، وسبب ذلك انكماش مساحة الحوض، في حين يبلغ أقصاه في الحوض (6) (338.6 م<sup>3</sup>/ث)، لارتفاع كمية التصريف به واتساع مساحته.

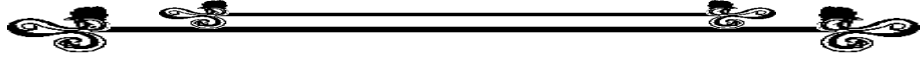
ويتضح أن أكثر الأحواض سرعة في تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية وأكثرها تغذية للمجرى الرئيس هي الأحواض (4 ، 5 ، 6) وهي أكبر

\* تم حساب قمة ذروة التصريف (EL-WESHAH, R., 2002 : 89) من خلال المعادلة التالية:

$$Q_{peak} = \frac{2.08A}{T_R}$$

$Q_{peak}$  = قمة ذروة التصريف (متر مكعب / الثانية)  
 $A$  = مساحة الحوض

$T_R$  = زمن الاستجابة والذي يساوي 0.60 من قيمة زمن التركيز



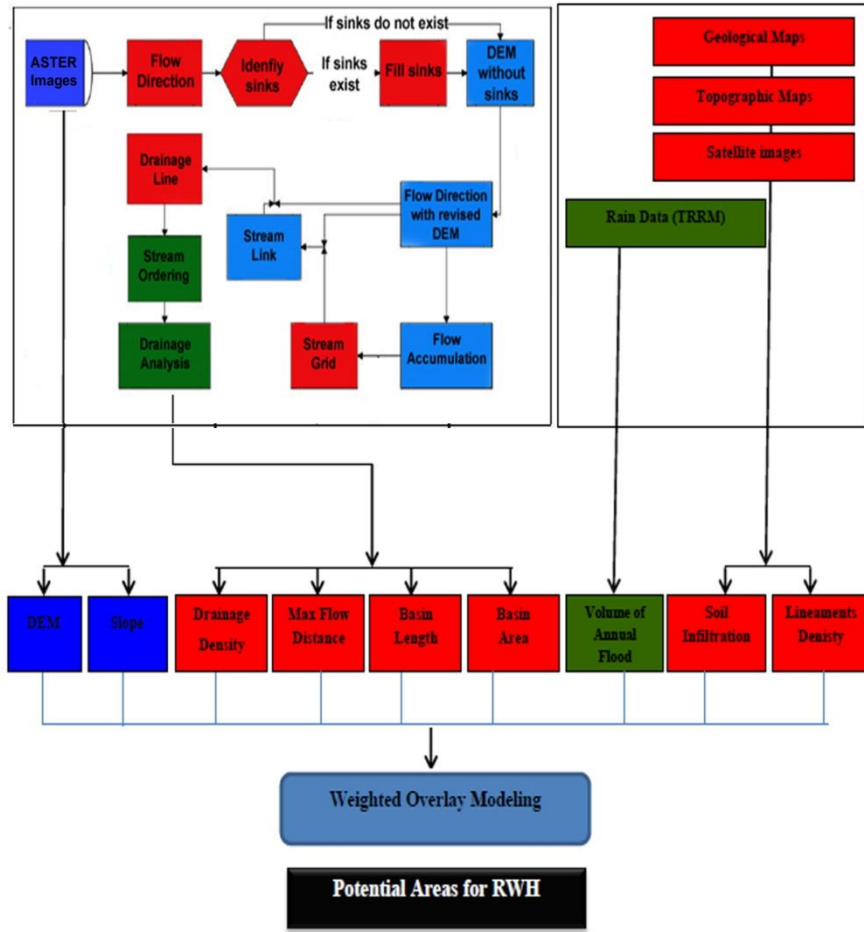
الأحواض الفرعية مساحة، لأنه كلما اتسعت المساحة الحوضية للحوض زادت كمية ما يستقبله من مياه الأمطار، ومن ثم زيادة ما يصرف من المياه.



## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

ثالثاً: نموذج اختيار أنسب المواقع لحصاد مياه الأمطار

مرت الدراسة بمجموعة من الخطوات المتتالية لبناء نموذج علمي دقيق لاختيار أنسب المواقع لحصاد مياه الأمطار (شكل 16) وذلك على مرحلتين أساسيتين هما:



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من البعد.  
شكل (16): نموذج اختيار أنسب المواقع لحصاد مياه الأمطار  
بمنطقة حوض وادي الغرندل في غربي وسط سيناء

## 1- قاعدة البيانات الجغرافية الخاصة بحوض وادي الغرندل:

تم بناء قاعدة بيانات جغرافية ( **Geographical information System** ) عن حوض وادي الغرندل وأحواضه الفرعية، داخل بيئة برنامج (**Arc GIS 10.1**) بأدواته المختلفة، وتم الاستعانة ببعض البرامج المساعدة مثل (**Erdas Imagine 2010**) و(**Envi**)؛ لتحليل المرئيات الفضائية المختلفة نوعية لاندسات 8 (**Landsat 8**)، وبرنامج **Watershed Modelling System (WMS)** والذي استخدم لمعالجة الصور الرادارية نوعية (**SRTM**) ونوعية (**ASTER**) وتحليلها واستخراج شبكة التصريف والخصائص المورفومترية للوادي.

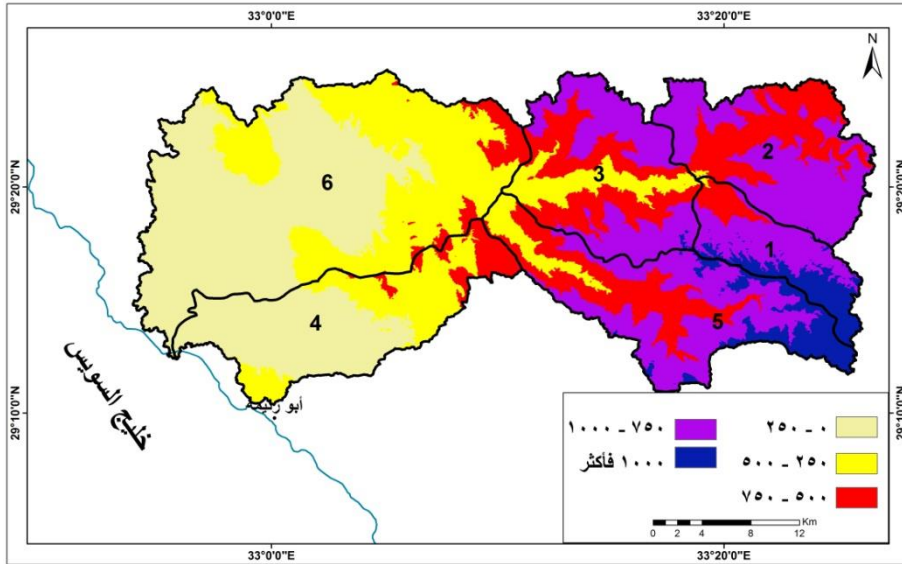
ومن خلال صور الأقمار الصناعية المختلفة والخرائط والبيانات لمنطقة الدراسة، تم بناء قاعدة بيانات جغرافية تشمل جميع الظاهرات التي لها علاقة بحصاد مياه الأمطار، وذلك لتسهيل التعامل مع البيانات العديدة عن الحوض، حيث تم رسم جميع الطبقات (**Layers**) في صورة (**Vector**) داخل قاعدة البيانات، وتمت مراجعتها وربطها بالبيانات المختلفة، وتضم هذه القاعدة ما يزيد على 20 طبقة، منها علي سبيل المثال (الجيولوجية، الصدوع والطيات، حدود المنطقة، خليج السويس، مواقع المدن القريبة، التربة، شبكة التصريف، اتجاه الجريان، مناطق تجمع المياه، روابط الروافد، الانحدار، الارتفاعات، الامطار ... وغيرها)، ثم يأتي بعد ذلك استخراج وتخليق الطبقات التي تخدم نموذج حصاد مياه الأمطار ومن هذه الخرائط مايلي:

### أ- نموذج الارتفاعات الرقمية (**DEM**):

يعد نموذج الارتفاعات الرقمية (**Digital Elevation Model**) أو ما يطلق عليه (**DEM**) والمستخرج من المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (**ASTER**) بديلاً ناجحاً للخرائط الكنتورية ذات مقياس الرسم 1: 50,000، حيث يتميز بالدقة العالية (30 متراً)، ويمكن من خلاله استخراج الخصائص المورفومترية الدقيقة لأي شبكة مائية، كما يقدم مؤشرات هيدرولوجية مهمة

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

عن أي حوض تصريف (Ashmawy et al. 2000: 12) وذات دقة عالية. ويلعب نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) دوراً مهماً جداً في هذه الدراسة (شكل 17)، إذ تم استنباط العديد من الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي الغرندل، إضافة إلى ذلك تم الاستفادة منه في التعرف على توزيع فئات الارتفاع بمنطقة الدراسة، والتي تعد من أهم الطبقات المستخدمة في نموذج حصاد مياه الأمطار بمنطقة الدراسة، حيث أن المناطق المرتفعة تتلقى كميات أمطار زائدة.



المصدر: من إعداد الباحث من خلال معالجة المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (ASTER) باستخدام برنامج (ArcGIS) شكل (17): نموذج الارتفاعات الرقمية (بالمتر) لمنطقة حوض وادي الغرندل بغربي وسط سيناء

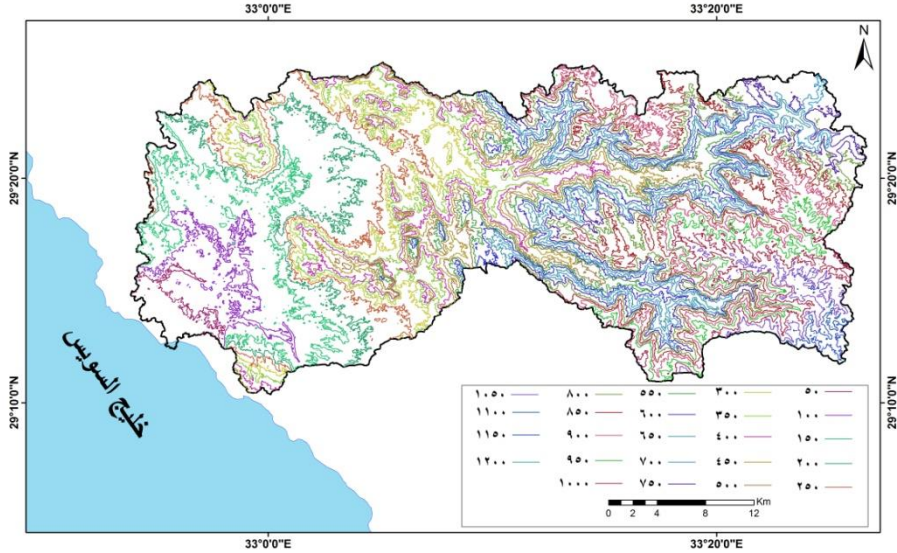
وبدراسة هذا النموذج اتضح الآتي:

- تساعد الارتفاعات على سرعة تحويل المياه الجارية إلى المجاري الرئيسية، ومن ثم قلة الفقد عن طريق التسرب والتبخر، حيث يزداد التصريف في المناطق المرتفعة؛ لأنها تعمل على انسياب المياه بسهولة حتى تصل إلى مخرج الوادي دون أن تتعرض إلى الفرق مثل التبخر والتسرب إلى داخل التربة.



- تركز المرتفعات بأحواض (1 ، 2 ، 5) في شرق الحوض، وبالرغم من ذلك لا تتجاوز نسبة المرتفعات العالية (1000 متر فأكثر) 4.9%.
  - تركز الارتفاعات المنخفضة (0-250م ، 250-500م) بأحواض (3 ، 4 ، 6) بنسبة 29.4%، 22.6% من جملة مساحة الحوض على الترتيب، ويقلل ذلك من سرعة تحول المياه إلى المجرى الرئيسي ومن ثم زيادة الفقد من المياه، حيث تقطع المياه مسافة أطول حتى تصل إلى المجرى الرئيسي للوادي.
- ويتضح من دراسة الخريطة الكنتورية لمنطقة الدراسة (شكل 18) والمستخرجة من نموذج الارتفاعات الآتي:
- تباعد خطوط الكنتور في المنطقة الغربية للوادي، حيث المصب غرب جبلي الجيوشية ومريير، خاصة في الأحواض الفرعية الكبيرة مثل (3، 4، 6)، وتمثل هذه الأراضي المناطق السهلية بالحوض.
  - تتقارب الخطوط الكنتورية بشدة في الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية، حيث المنابع العليا للوادي عند جبلي العنبرة وأكوس، حيث الارتفاعات الشديدة التي تزيد عن 1000م فوق مستوي سطح البحر، والأحواض الصغيرة مثل (1، 2، 5)، ويؤكد ذلك نموذج الارتفاعات الرقمية بالحوض.

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار



المصدر: من إعداد الباحث من خلال معالجة (DEM) باستخدام برنامج (ArcGIS).  
شكل (18): توزيع خطوط الكنتور بحوض وادي الغرنديل (الفاصل الكنتوري 50م)

### ب- انحدار السطح Surface Slope (\*):

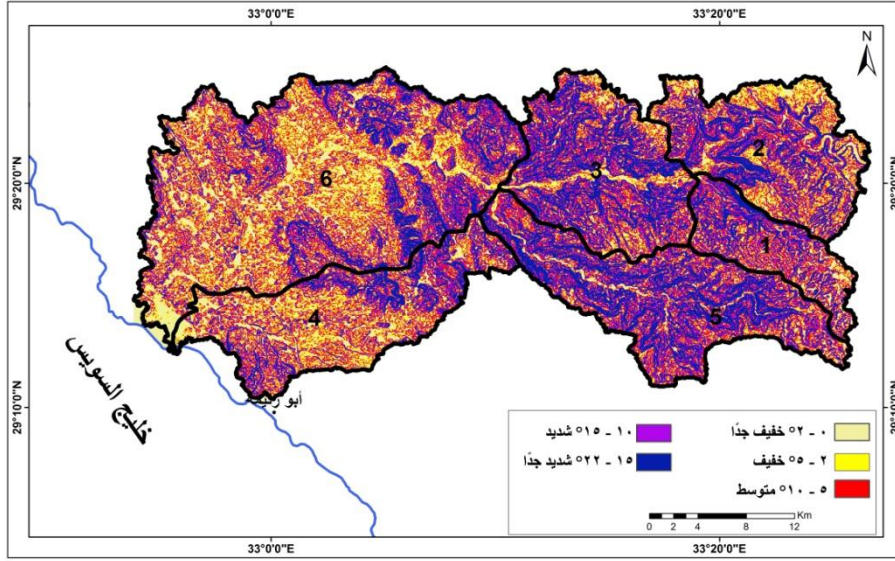
تمثل الانحدارات بحوض وادي الغرنديل من الطبقات المهمة أيضاً في نموذج حصاد مياه الأمطار، ويرجع ذلك إلى أن هناك علاقة وثيقة بين كل من الانحدار والأمطار والتصريف، فكلما زاد الانحدار كلما كان التصريف أكثر والعكس، حيث أن الانحدار الشديد يمنع تسرب المياه إلى داخل التربة، وسرعة وصولها إلى مخرج الوادي، في حين تعمل الأرض المستوية على سهولة تسريب المياه إلى داخل التربة، ومن ثم زيادة فقد المائي.

وقد تم استخراج خريطة الانحدارات بمنطقة الدراسة من معالجة نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) والمستخرج من المرئيات الفضائية الرادارية

\* يتم حساب الانحدارات عن طريق خوارزم خاص يقوم بقسمة الفارق في الارتفاع بين كل خلية وما يجاورها على طول الخط الواصل بين مركز الخلية (الذي يساوي طول ضلع الخلية) ومركز الخلية المجاورة، ويتم اختزان قيمة الانحدار في الخلية المناظرة في شفافية الانحدار



نوعية (ASTER)، ويمكن عمل تصنيف لفئات الانحدار تبعا للهدف المطلوب تحقيقه (وسام الدين محمد، 2008: 63) (شكل 19) حيث أمكن استخلاص النتائج الآتية:



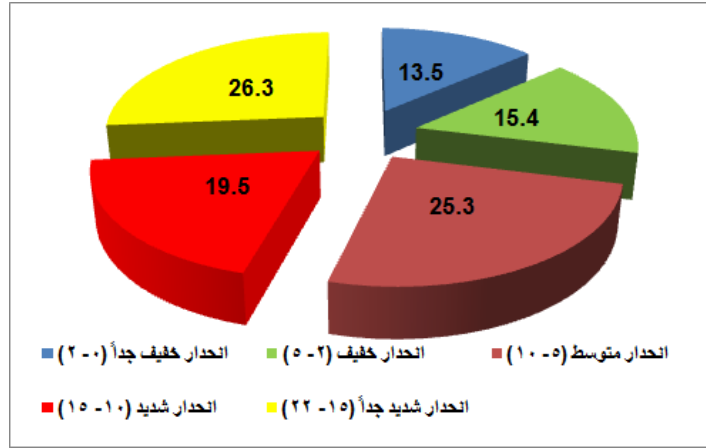
المصدر: من إعداد الباحث من خلال معالجة (DEM) باستخدام برنامج (Erdas Imagine).  
شكل (19): انحدارات منطقة حوض وادي الغرنديل بغربي وسط سيناء

- انحدار الحوض بصفة عامة من الشرق إلى الغرب، حيث مصب الوادي علي خليج السويس، وتتراوح الانحدارات بمنطقة الدراسة من انحدارات خفيفة جداً أو شبه مستوية إلى انحدارات شديدة جداً.
- تمثل جملة مساحة المناطق التي تقل فيها درجات الانحدار عن خمس درجات، والتي توصف بكونها أراضي ذات انحدارات خفيفة 28.9% من جملة مساحة المنطقة، أي مايقرب من ثلث مساحة منطقة الدراسة، وتمثل هذه الأراضي السهلية بالحوض وأراضي المصب، ويقل في هذه الفئة التصريف المائي، حيث تقطع المياه مسافات كبيرة لتصل إلى مخرج الوادي، ويعمل ذلك على سهولة تسريب المياه إلى داخل التربة، ومن ثم زيادة الفقد المائي، أما مساحة المناطق التي تتراوح فيها درجات الانحدار بين 5 ، 10° توصف بكونها أراضي الانحدارات المتوسطة



## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

وتبلغ مساحتها ربع مساحة المنطقة (شكل 20).



شكل (20): نسب الانحدارات بحوض وادي الغرندل بغربي وسط سيناء

- اتساع مساحة المناطق التي تتراوح زوايا انحدارها بين (10، 22 درجة فأكثر) وهي توصف بكونها أراضي الانحدارات الشديدة بما يقرب من 45% من جملة مساحة منطقة الدراسة، وهي تمثل الأراضي المرتفعة التي تمثل المنابع العليا للحوض، وتعمل هذه الانحدارات علي سرعة وصول التصريف المائي للحوض إلي مخرجه، حيث أن الانحدار الشديد يمنع تسرب المياه إلى داخل التربة، كما أن المياه تقطع مسافات قصيرة للوصول إلي مخرج الحوض.

### ج- اتجاه الجريان داخل الحوض Flow Direction Map :

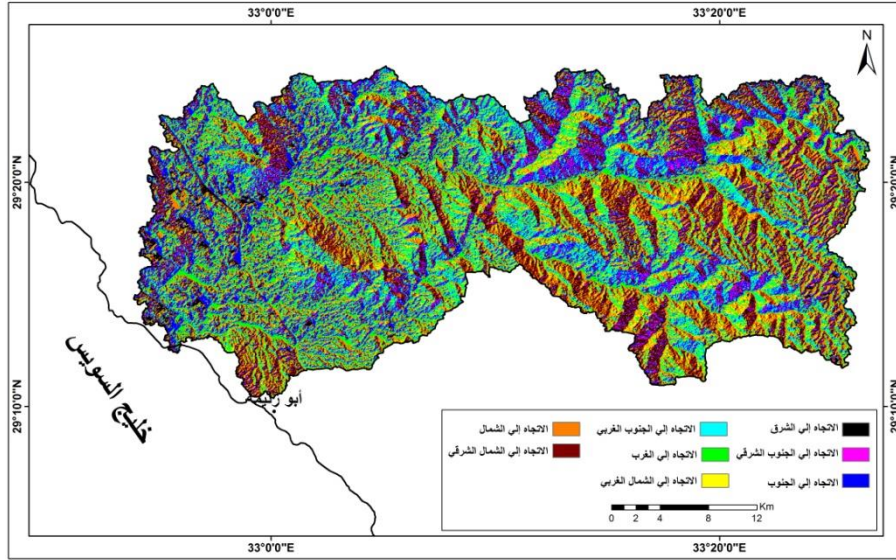
يعد من المقاييس المهمة التي تعطي فكرة وافية عن طبيعة المنطقة، من حيث مدى التباين في اتجاهات الانحدار، والذي على أساسه يمكن تحديد المناطق المعرضة لأخطار السيول في حالة حدوثها من المناطق التي لا تتأثر



بها، كما يفيد معرفة اتجاه الانحدار في اختيار أفضل المواقع لإقامة السدود على الأودية لوقاية المناطق المعرضة للسيول من أخطارها.

وتأتي خطوة حساب اتجاه الجريان بعد عملية المعالجة السابقة، وفي اتجاه الجريان داخل الحوض (**flow direction**) يتم تحديد الاتجاهات التي يتوجب على المياه أن تسلكه عبر تضاريس السطح، وتمثل هذه الخطوة من أهم الخطوات في الدراسة، حيث تمثل ما يحصل على الأرض فعلياً، وفكرة هذه الطريقة باختصار هي أن كل خلية من خلايا نموذج الارتفاع الرقمي لها قيمة منسوب ارتفاع، وبتتبع قيم الارتفاع للخلايا المجاورة الثمانية لأي خلية فإنه يمكن أن تحدد اتجاهات التدفق ومسارته آلياً بحكم أن التدفق يتجه من الخلايا الأكثر ارتفاعاً في المنسوب إلى الخلايا الأقل قيمة في الارتفاع، وينتج من هذه الطبقة بعد تكاملها اتجاه الجريان لكامل شبكة التصريف السطحية، ويمكن بهذه المرحلة تكوين مخطط بياني إحصائي للخلايا الناتجة النهائية ومعرفة اتجاه الجريان السائد لعموم الحوض، ومن ثم حساب اتجاه الجريان لوادي الغرندل (**Flowdirection**) (شكل 21).

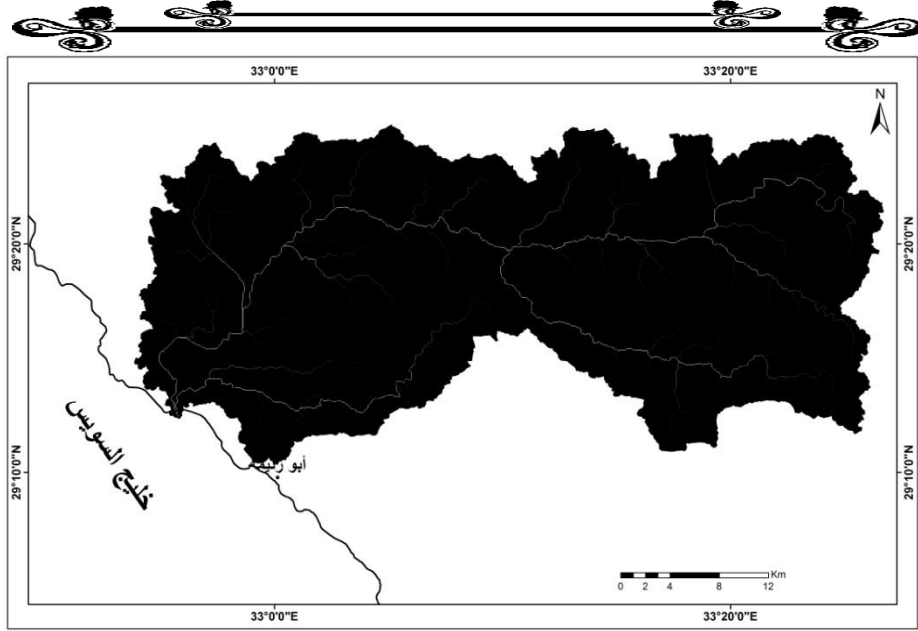
## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار



المصدر: من معالجة المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (ASTER) داخل برنامج (ArcGIS).  
شكل (21): اتجاه الجريان في حوض الغرائدل بغربي وسط سيناء

### د- تحديد مناطق تجمع المياه داخل الحوض Flow Accumulation Map

يأتي بعد خطوة تحديد اتجاه الجريان للوادي تحديد مناطق تجمع المياه أو ما يطلق عليها (**Flow Accumulation**)، ويتطلب ذلك داخل البرنامج ادخال اتجاهات الجريان السابقة، وتفيد هذه الخطوة في تحديد الأماكن المعرضة أكثر من غيرها لأخطار الفيضان عند حصول أمطار أو سيول لكونها ستحدد الخلايا التي يتراكم فيها أكبر كمية من الجريان المائي المتجمع فيها، وينتج عنها طبقة تمثل كمية المياه الواصلة إلى كل أجزاء الحوض، لذلك ستتركز الخلايا ذات الجريان الأعظم في أسفل المجاري المائية وسيسهل تحديد أكثر أماكن الحوض تعرضاً للفيضان، وفي هذه العملية يتم حساب قيمة كل خلية، وتمثل هذه القيمة عدد الخلايا التي تصب فيها، وينتج عن هذه العملية صورة خلايا شبكية **Raster** (شكل 22) تمثل أكثر المناطق تجميعاً للمياه داخل الوادي.

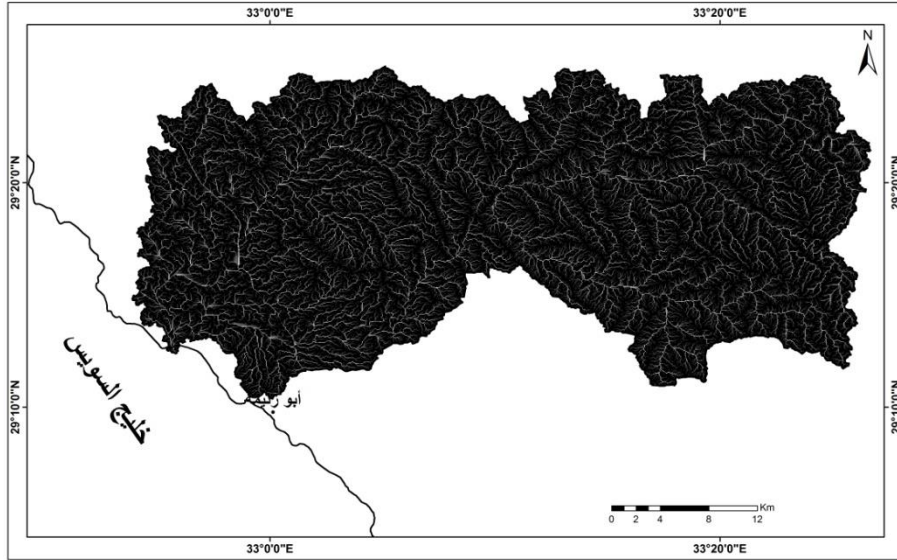


المصدر: من معالجة المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (ASTER) داخل برنامج (ArcGIS).  
شكل (22): مناطق تجميع المياه في حوض وادي الغرنذل بغربي وسط سيناء

هـ- تحديد روابط الروافد بالوادي **Stream Link** :

في هذه العملية يتم تحديد نقاط الاتصال بين الروافد (**Links**) ونقاط إلتقاء عناصر الشبكة واعطاء كل نقطة اتصال قيمة منفردة، ويتم إدخال كل من نموذج الارتفاعات الرقمية المعالج (**DEM Fill**) واتجاه الجريان (**Flowdirection**)، وينتج عن هذه العملية ملف في صورة خلايا شبكية **Raster** (شكل 23) يوضح روابط روافد الوادي (**Stream Link**).

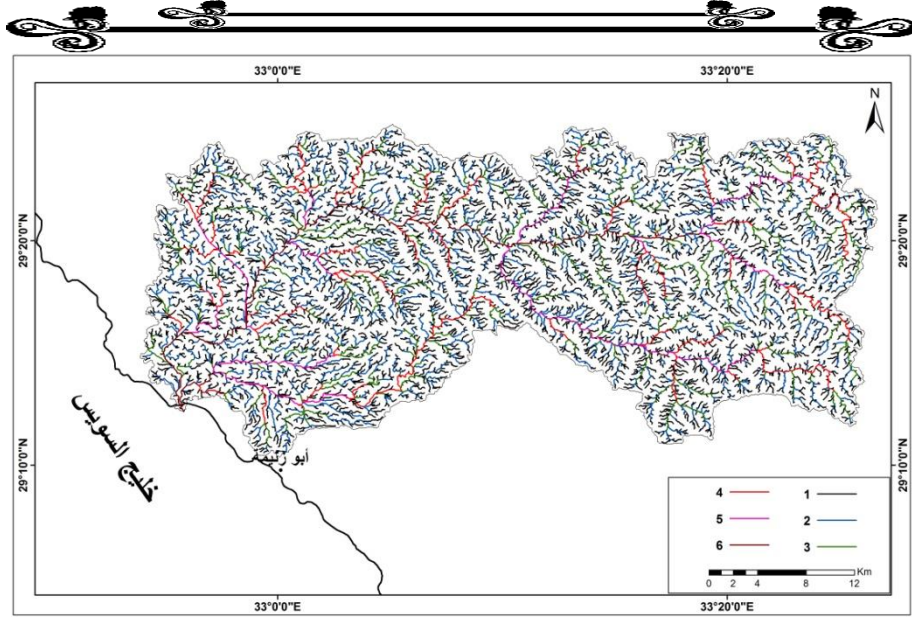
## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار



المصدر: من معالجة المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (ASTER) داخل برنامج (ArcGIS).  
شكل (23): روافد الوادي بحوض الغرنديل في غربي وسط سيناء.

### و- رتبة الوادي Stream Order:

هي الخطوة الأهم في استخراج شبكة الأودية من صور الأقمار الصناعية الرادارية المختلفة، حيث يتم في هذه الخطوة تحديد الرتب النهرية (Stream Order)، ومعرفة عدد الرتب والتعرف على قوة الوادي، وهناك طرق عديدة لحساب رتب الوادي، وسيتم استخدام طريقة سترالير (Stralher, 1969) حيث تعد أكثر الطرق المورفومترية استعمالاً، نظراً لبساطة تطبيقها وسهولة إجراء مقارنات بواسطتها للأحواض المائية، ويتم إدخال كل من نموذج الارتفاعات الرقمية المعالج (DEM Fill) واتجاه الجريان (Flowdirection)، وينتج عنها في صورة خلايا شبكية Raster (شكل 24) والذي يوضح رواتب الوادي (Stream Order)، وبعد ذلك من الممكن تحويل صورة خلايا الشبكية (Raster) إلى نظام "الفيكتور" (Vector)، حيث يسهل التعامل معها ومعالجتها.



المصدر: من معالجة المرئيات الفضائية الرادارية نوعية (ASTER) داخل برنامج (ArcGIS).  
شكل (24): رواتب الوادي بحوض الغرنديل بغربي وسط سيناء

ز - الكثافة التكرارية للصدوع والفواصل:

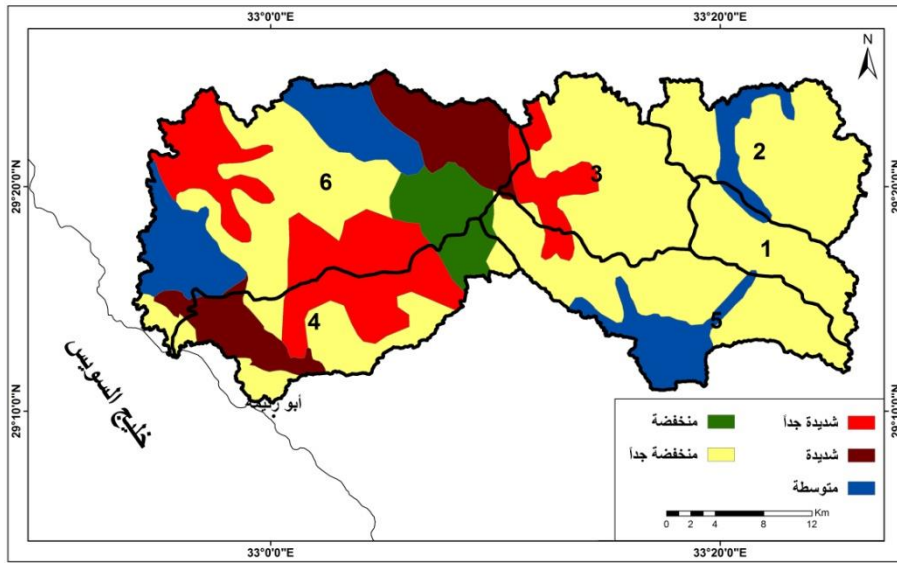
### Lineament Frequency Density

تعد من الطبقات المهمة التي تم ادخالها في نموذج حصاد المياه، حيث تؤثر بشكل كبير في مقدار الجريان السطحي وتحوله إلى مياه جوفية، ويوجد علاقة طردية بين كثافة الصدوع والفواصل وكميات المياه المتسربة، وعلاقة عكسية بينها، وبين الجريان السطحي، فكلما زادت كثافة الصدوع زادت كميات المياه المتسربة، ومن ثم زادت كميات المياه المفقودة وعدم القدرة علي الاستفادة منها وتحولها جوف الأرض.

تم حساب كثافة الصدوع والفواصل من خلال الاعتماد علي صور الأقمار الصناعية نوعية لاندسات 8 بتاريخ 2015 /10/21، والتي تم زيادة القدرة الايضاحية لها إلي 15 متر، والاعتماد علي الخريطة الجيولوجية مقياس 1: 250.000 إنتاج المساحة الجيولوجية المصرية، حيث تم استخراج الصدوع والفواصل، كما تم 114 الاعتماد علي صور الأقمار

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

الصناعية الرادارية نوعية (SRTM) لاستكشاف ورسم الصدوع تحت السطحية، ثم تخليق خريطة توضح كثافة الصدوع والفواصل بمنطقة الدراسة (شكل 25)، حيث تم تقسيمها إلى ما يلي:



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على الخرائط الجيولوجية و (DEM) والمرئيات الفضائية باستخدام برنامج (ArcGIS).  
شكل (25): كثافة الصدوع والفواصل بحوض الغرنديل وأحواضه الفرعية بغربي وسط سيناء

- مناطق شديدة الكثافة جداً:

تتمثل في المناطق التي تزيد بها كثافة الصدوع والفواصل والطيات، وهي ذات قدرة كبيرة جداً لتسرب المياه، حيث تتسرب المياه خلالها، ومن ثم زيادة الفقد من المياه، وتتوزع في الجزء الأوسط من الوادي عند جبلي البرزاي وحديد الجمال وفي شمال غرب الوادي عند جبلي المرير وحسرة وفي جنوب غرب الوادي عند جبلي كرير والجوشية، وتشغل مساحة 16.7% من مساحة الوادي، وتتركز في الأحواض الفرعية (3 ، 4 ، 6).

- مناطق شديدة الكثافة:

وتضم المناطق التي يقل بها كثافة الصدوع والفواصل والطيات مقارنة بالفئة السابقة، وهي مناطق ذات قدرة كبيرة لتسرب المياه ولكن بنسبة أقل من سابقتها، حيث تتسرب المياه خلالها، ومن ثم زيادة الفقد من المياه، وتتوزع في الجزء الأوسط من الوادي عند جبلي أم كثيرة وأبيض، وفي جنوب غرب الوادي غرب جبل الجيوشية، وتشغل 8.8% من مساحة الوادي، وتتركز في حوضي (4، 6).

- مناطق متوسطة الكثافة:

وتمثل المناطق ذات القدرة المتوسطة لتسرب المياه، حيث تنخفض كثافة الصدوع بها مقارنة بالفئات السابقة، وتقع في شمال شرق الحوض عند جبل أبو زورب، وفي جنوب شرق الحوض غرب جبل رأس وطا، وفي شمال غرب الحوض عند جبلي أم كثيرة والمرير، وتغطي 14.2% من مساحة الوادي، وتنتشر في الأحواض (1، 2، 6).

- مناطق منخفضة الكثافة:

وتتخفف فيها كثافة الصدوع والفواصل بصورة واضحة، ومن ثم قلة معدلات الفقد من مياه الجريان بالتسرب، وتتوزع في المنطقة الوسطي من الوادي عند جبل الأكل، وتشغل 4.7% من مساحة الوادي، وتتركز في حوضي (4، 6).

- مناطق منخفضة الكثافة جداً:

وتشمل المناطق التي تنخفض بها كثافة الصدوع والفواصل والطيات بصورة كبيرة جداً، وتنتشر في مناطق متفرقة من الوادي، وهي مناطق ذات



## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

قدرة منخفضة جداً لتسرب المياه وهي المسئولة عن نشأة السيول، حيث يزيد بها معدل الجريان بسبب قلة الفقد من المياه، وتوزع في المناطق العليا من الوادي ومنطقة المصب، وتشغل ما يزيد على نصف مساحة الوادي، وهي بذلك أكبر الفئات من حيث المساحة، وتنتشر في جميع الأحواض الفرعية، ولكن بمساحات مختلفة.

### ح- خريطة تسرب المياه في التربة **Soil Infiltration** :

تعد خريطة تسرب المياه في الصخور والتربة من الطبقات الضرورية التي يمكن الاعتماد عليها في نموذج حصاد مياه الأمطار، حيث تؤثر في مقدار الفقد من المياه عن طريق التسرب بالتربة، (Hasmadi et al, 2010: 45)، وقد تم الاعتماد علي مرئية فضائية نوعية لاندسات 8، كما تم الاعتماد علي الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة، حيث قسمت المنطقة طبقاً للتصنيف الأمريكي العالمي للتربة (USDA, SCS, 1986 : 18) وذلك وفقاً لقابلية الصخور والتربة لتسرب المياه إلى ما يلي (جدول 9 ، شكل 26):

جدول (9): نوعية التربة بحوض وادي الغرندل طبقاً لمعدلات التسرب

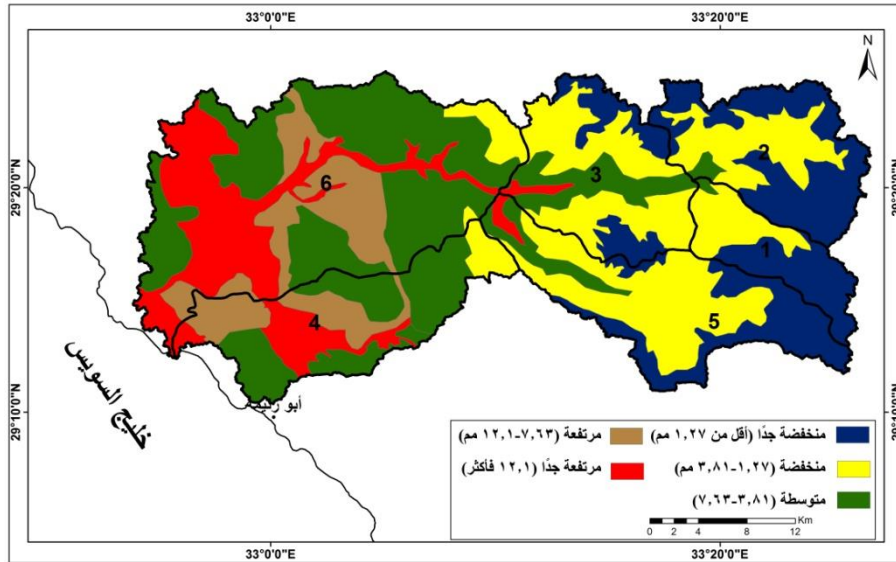
معدلات التسرب (مم/ ساعة)	النسبة	المساحة (كم <sup>2</sup> )	نوعية التربة
أقل من 1.27	20.0	207.1	منخفضة جدا
1.27 - 3.81	25.7	266.9	منخفضة

- 3.81			
7.63	30.7	318.4	متوسطة
12.1 - 7.6	10.0	103.5	مرتفعة
12.1 فأكثر	13.7	141.7	مرتفعة جداً
--	100.0	1037.6	الاجمالي

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً علي صور الاقمار الصناعية، والخرائط الجيولوجية، والتصنيف العالمي للتربة.

- مناطق مرتفعة جداً لتسرب المياه:

تتمثل في مصب الوادي، حيث الرواسب المفككة للوادي، وهي عبارة عن تربة رواسب السهول، وهي تربة رملية عميقة ناعمة التحبب، ذات قدرة عالية علي امتصاص الماء، حيث تبلغ معدلات التسرب فيها 12.1مم فأكثر في الساعة، وتشغل 13.7% من جملة مساحة المنطقة، وتوزع في الجزء الغربي لمنطقة الدراسة، وفي الأحواض الفرعية (3، 4، 6).



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً علي المرئيات الفضائية 118 والخرائط الجيولوجية باستخدام برنامج (ArcGIS).

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

شكل (26): نطاقات تسرب الماء بتربة حوض وادي الغرندل وأحواضه الفرعية بغربي وسط سيناء

- مناطق مرتفعة لتسرب المياه:

وهي عبارة عن تربة خشنة التحبب كبيرة الحبيبات، ذات قدرة عالية علي امتصاص الماء، وتتراوح معدلات التسرب فيها بين 7.6 ، 12.1 مم في الساعة، وتشغل عُشر مساحة المنطقة، وتتركز في الأحواض الفرعية (4، 6).

- مناطق متوسطة التسرب:

تتألف من تربة ضحلة العمق، ذات نسيج خشن، وهي عبارة عن خليط من الحصى والفتات الصخري والجلاميد الصخرية، وتتراوح معدلات تسرب الماء خلالها بين 3.81 ، 7.63 مم في الساعة، وتشغل 30.7% من جملة مساحة الحوض، وتنتشر في جميع الأحواض الفرعية عدا الحوض (1).

- مناطق منخفضة التسرب:

هي عبارة عن تكوينات من الجلاميد الصخرية والحجارة والحصى، ويتصف نسيجها بالخشونة في المجاري العليا للوادي، وتقدر مساحتها برقع مساحة الحوض، وتتراوح معدلات تسرب الماء من خلالها بين 1.27 ، 3.81 مم في الساعة، وتنتشر في جميع الأحواض الفرعية بنسب متفاوتة، مع ملاحظة تركيز النسب الأعلى في الأجزاء العليا من الوادي، شرق جبل الخور وجبل الرطامة وشمال جبل حديد الجمال وجبل أبو زورب، حيث تحيط بالمنابع العليا للوادي.

- مناطق منخفضة التسرب جداً:

تمثل كامل الغطاء الجبلي والمناطق المرتفعة، وتشغل خمس مساحة منطقة الدراسة، وهي أقل الفئات من حيث القدرة علي امتصاص الماء، حيث لايزيد معدلات تسرب الماء خلالها على 1.27 مم في الساعة، وتتمثل في المناطق المكونة من صخور ذات مسامية منخفضة جداً، ومن ثم ينخفض ترشح المياه في الصخور، وتقع في شرق الحوض، شرق جبل أكوس في الأحواض الفرعية (1، 2، 3، 5).

ط- تكرارية كثافة التصريف **Drainage Frequency Density** (\*):

تُعد كثافة التصريف مقياساً أساسياً لكميات المياه المنصرفة من الحوض، مما يؤثر في كمية المياه التي يتم حصادها، حيث يوجد علاقة طردية بين كثافة التصريف وحصاد المياه، وقد بلغت الكثافة التصريف في حوض وادي الغرندل 3.1 كم/كم<sup>2</sup>، وطبقاً لتصنيف (Smith, K. G. 1950 : 655) يتضح أنها منخفضة، وسبب ذلك صلابة التكوينات الصخرية، وكون المنطقة صدعية شديدة الانحدار، وتتبع المجاري للصدوع، مما أدى إلى قصر أطوالها.

وقد تم تقسيم منطقة الدراسة طبقاً لكثافة التصريف إلى ما يلي (جدول 10 ، شكل 27):

\* يمكن الحصول على كثافة التصريف من خلال المعادلة التالية (Doornkamp, J.C. and King, 1971, P. 14)

$$Dd = \frac{\sum Lt}{A}$$

$\sum Lt$  = مجموع أطوال الرتب النهرية

$A$  = مساحة حوض التصريف

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

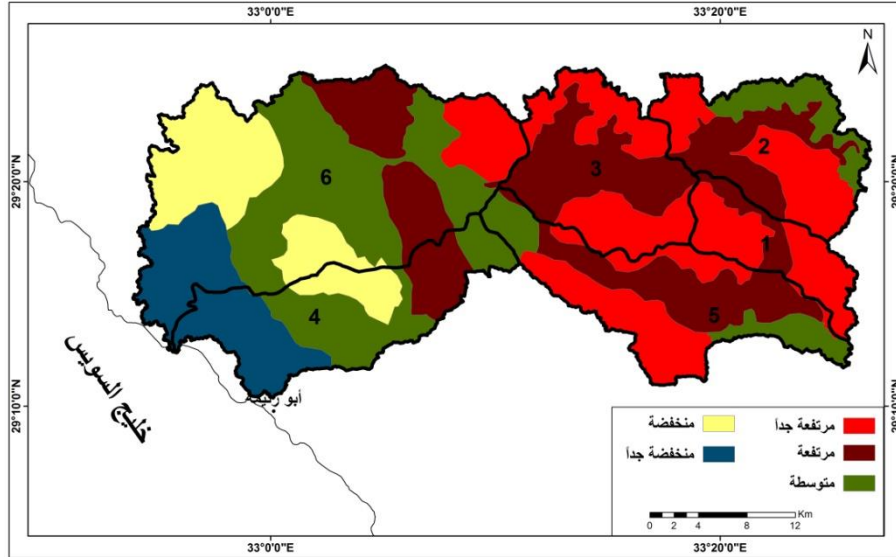
جدول (10): الكثافة التكرارية لحوض وادي الغرندل بغربي وسط سيناء

نوعية التربة	المساحة بالكيلومتر مربع	% من المساحة
منخفضة جدا	98.7	9.5
منخفضة	119.1	11.5
متوسطة	261.1	25.2
مرتفعة	279.0	26.9
مرتفعة جداً	279.78	27.0
الاجمالي	1037.6	100.0

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على شبكة التصريف ومساحة الحوض باستخدام برنامج (ArcGIS).

- مناطق ذات كثافة مرتفعة جداً:

ويتركز توزيعها في الأجزاء العليا من الحوض إذ تنتشر في جميع الأحواض الفرعية بنسب متفاوتة، عدا الحوض (4)، وتمثل أفضل المناطق في حصاد مياه الأمطار، وتشغل مساحة 27% من جملة مساحة الحوض.



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على شبكة التصريف المستخرجة من مرئيات (ASTER).  
شكل (27): تكرارية كثافة التصريف لحوض وادي الغرندل وأحواضه الفرعية بغربي وسط سيناء

- مناطق ذات كثافة مرتفعة:

وتتوزع في الأجزاء العليا من الحوض في جميع الأحواض الفرعية بنسب متفاوتة، وتأتي في الأفضلية في حصاد مياه الأمطار بعد الفئة السابقة، وتضم أكثر من ربع جملة مساحة الحوض.

- مناطق ذات كثافة متوسطة:

تتوزع في جميع الأحواض عدا حوض (1 ، 3)، وتقع شمال شرق الحوض ووسطه، وتشمل ربع مساحة الحوض.

- مناطق ذات كثافة منخفضة:

وتتركز في الأجزاء الدنيا من الوادي في شمال غرب الحوض ووسطه عند جبل الجيوشية، في الأحواض الفرعية (4، 6)، وتقل كمية الجريان السطحي، ومن ثم تقل كمية المياه، وتغطي مساحة 11.5% من جملة مساحة.

- مناطق ذات كثافة منخفضة جداً:

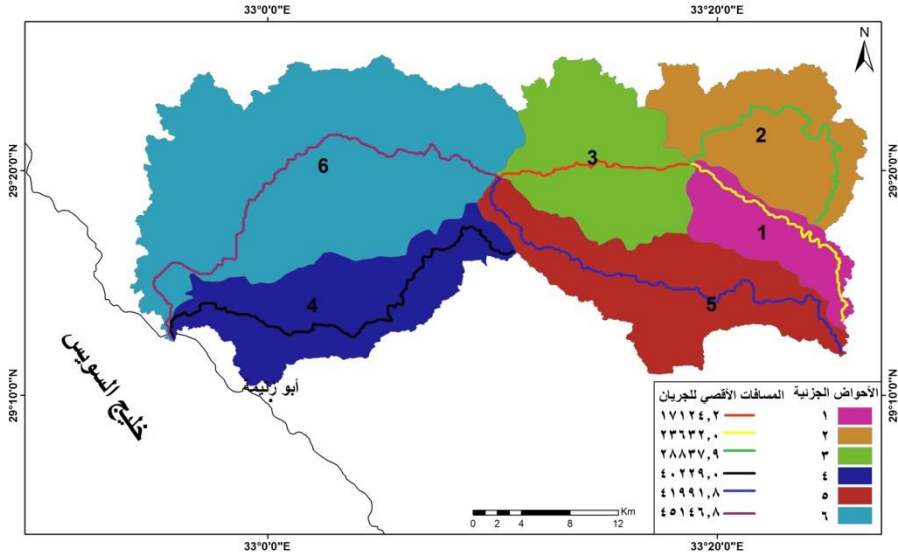
تتركز في حوضي (4، 6) في الأجزاء الدنيا من الحوض، وتشغل نسبة 9.5% من جملة مساحة الحوض.

ط- المسافات الأقصى للجريان **Max Flow Distance** :

هي أقصى مسافة تقطعها المياه في الحوض (شكل 28)، وهي تشمل مسافة الجريان في مجرى الوادي وعلى جانبيه، وتعد من المعاملات المهمة في نموذج حصاد مياه الأمطار، فكلما زادت المسافة زادت عملية الحصاد (RWH)، وتعد مساحة الحوض من العوامل المؤثرة في هذه المساحة وتقدر معدل مسافة الجريان السطحي في حوض وادي الغرنندل بنحو 85.9 كم، وتتباين المسافات بين الأحواض الفرعية، حيث تصل أقصاها في الحوض (6) (45 كم تقريباً)، الذي يعد أكبر 122 الأحواض مساحة (379.9 كم<sup>2</sup>)، في

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

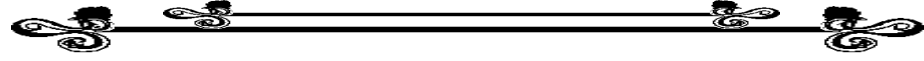
حين تصل أذناها (17.1 كم) في الحوض (1) والذي يعد أصغر الأحواض مساحة (65.1 كم<sup>2</sup>).



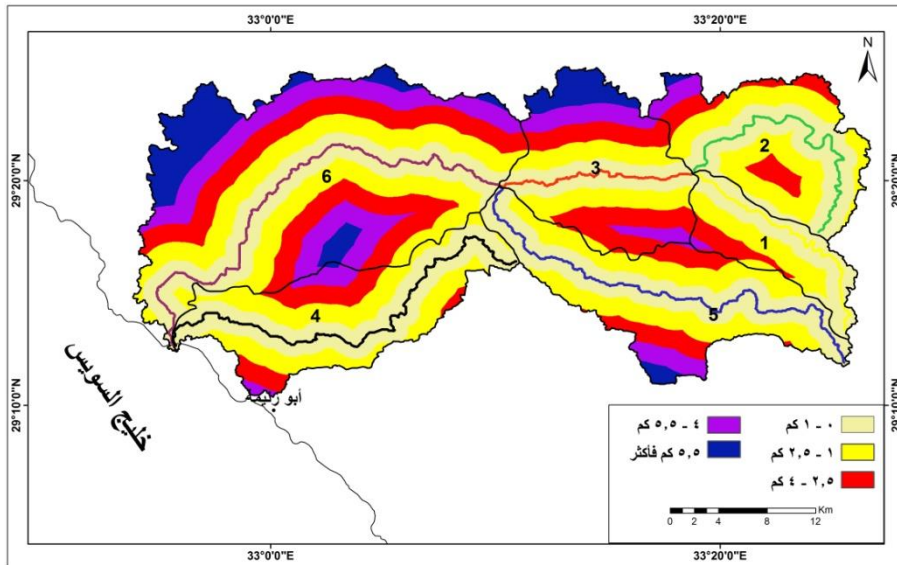
المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (ArcGIS).  
شكل (28): المسافات الأقصى للجريان بحوض وادي الغرندل وأحواضه الفرعية بغربي وسط سيناء

### ي- متوسط مسافات الجريان السطحي للأراضي المرتفعة: Overland Flow Distance

هي تلك المسافة التي تقطعها المياه على جوانب المنحدرات من أعلى المنحدر وحتى أقرب مجرى رئيس، وتحسب عن طريق قياس أطول مسافة متعامدة على المجري من أبعد نقطة في المنحدر، وتعد مسافة الجريان السطحي معياراً مهماً في حساب الفقد المائي عن طريق الجريان، إذ أن ذلك الفقد يتناسب مع المسافة التي يغطيها الجريان السطحي للماء، كما أن لها علاقة ارتباط مباشرة في حساب زمن التركيز، مع ملاحظة أن متوسط مسافة الجريان السطحي تزيد مع قلة الانحدار وتقل مع زيادته.



وقد تم استخراج خريطة متوسط مسافات الجريان السطحي (شكل 29) باستخدام برنامج (WMS)، اعتماداً علي خريطة شبكة الأودية لحوض وادي الغرندل، حيث اتضح أن هناك تباين في المسافة المقطوعة للمياه للوصول إلي المجري الرئيس وذلك علي مستوي الأحواض الفرعية، حيث يتبين أن في الأحواض الفرعية الصغيرة نقل المسافة التي تقطعها المياه من كلا جانبي الحوض لتصل إلي المجري الرئيس، ومن ثم نقل كمية الفقد من المياه، فنجد أن المسافة تتراوح بين 0.5 ، 2.5 كم في الحوض (1)، في حين تتراوح بين 2.5 ، 3.5 كم في الحوض (2) وتصل متوسط مسافات الجريان السطحي إلى أقصاها في الأحواض واسعة المساحة مثل (4 ، 6)، حيث يتراوح المعدل في الحوض (6) بين 4 ، 5.5 كم، وهي مسافة كبيرة تقطعها المياه من كلا الجانبين مما يزيد الفقد من المياه.



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (ArcGIS).

شكل (29): متوسط مسافة الجريان السطحي للأراضي المرتفعة

بحوض وادي الغرندل وأحواضه 124 الفرعية بغربي وسط سيناء

يوليو 2016 م

العدد السابع والأربعون



### 2- الاختيار الأنسب للمواقع:

تم الاعتماد في هذه الدراسة علي البيانات الحديثة والمتطورة سواء من حيث التقنيات مثل الاستشعار من بعد وما يوفره من بيانات ذات دقة عالية ووفيرة، أو من حيث البرامج الحديثة والمتنوعة التي تساعد علي بناء نماذج رياضية معقدة ودقيقة لحساب الجريان السطحي وكمياتها، وقد تم الاستفادة من هذا التطور الهائل في كل من البيانات والبرامج في بناء نموذج لاختيار أنسب المواقع لحصاد مياه الأمطار أو ما يطلق عليه **Runoff Water Harvesting (RWH)** في منطقة وادي الغرندل.

وبعد إنشاء قاعدة بيانات جغرافية عن حوض وادي الغرندل وأحواضه الفرعية، تشمل جميع الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية، واستخلاص جميع الطبقات والخرائط التي تخدم موضوع الدراسة، وداخل برنامج ( Arc GIS 10.1 ) تم تكويد (Reclassify) كل طبقة من الطبقات بما يخدم نموذج حصاد مياه الأمطار، ففي طبقة الانحدارات تم تصنيف الانحدارات إلي خمس فئات، ففي الانحدارات العالية تزيد سرعة الجريان، ومن ثم تقل كمية المياه المتسربة والمفقودة من الجريان، وتم اعطاء الانحدارات المرتفعة القيمة الأعلى، ثم تتدرج لتصل إلي الانحدارات الخفيفة ذات القيم الأقل.

أما بالنسبة لكثافة شبكة التصريف فقد تم إعطاء الكثافة العالية قيمة مرتفعة فكلما زادت كثافة التصريف زاد كمية المياه المتجمعة فيها فزادت كمية الحصاد، وتتدرج القيمة بانخفاض كثافة التصريف.



وفيما يخص معدل مسافات الجريان السطحي فقد تم إعطاء قيمة مرتفعة لمتوسط مسافات الجريان السطحي المنخفض، حيث يقل الفقد، وكلما زاد معدل مسافات الجريان السطحي قلت القيمة، لارتفاع كميات الفقد من المياه.

وفي كثافة الصدوع والفواصل تم إعطاء الكثافة المنخفضة قيمة مرتفعة، لأنه كلما انخفضت كثافة الصدوع انخفضت المياه المفقودة بالتسرب، وكلما زادت الكثافة زاد المفقود، لذلك تم إعطاء الكثافات المنخفضة قيم عالية والكثافات العالية قيم منخفضة.

أما بالنسبة لكميات التصريف للوادي فتم إعطاء قيم مرتفعة للمناطق المستقبلية لمياه أمطار أكثر وكمية تصريف مرتفعة، فكلما زادت كمية الأمطار زادت كميات التصريف وزادت معدلات الحصاد، وكلما قلت كمية الأمطار قلت كمية المياه وتم إعطاء المناطق التي تتساقط بها كميات أمطار أقل قيم منخفضة.

وفيما يخص طبقة التربة فقد تم إعطاء التربة ذات المسامية والنفاذية العالية قيم منخفضة، ويرجع ذلك إلى زيادة الفقد من المياه، وتم إعطاء التربة ذات المسامية والنفاذية المنخفضة قيم مرتفعة.

أما بالنسبة لطول الوادي فقد تم إعطاء القيمة الأعلى للمناطق العليا للوادي، حيث تتميز الأمطار في منطقة الدراسة بزيادتها في اتجاه المنابع العليا، لذلك تزيد كمية الجريان السطحي في الأجزاء العليا من الوادي، وتقل كلما اتجهنا إلى المصب، حيث يزيد الفقد بسبب التبخر والتسرب، لذلك تم إعطاء أولوية للمناطق العليا للوادي، وتقل الأولوية لحصاد مياه الأمطار بالاتجاه إلى المصب.

وفي النهاية تم تحويل كل الطبقات السابقة إلى صيغة (Raster)، حيث تمثل هذه الصيغة المقبول لتشغيل النموذج، وتم وضع جميع الطبقات المنتجة (Overlay)، وتم إعطاء كل طبقة 126 من الطبقات المستخدمة ووزن

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

(wight) طبقاً لأهميتها داخل نموذج حصاد مياه الأمطار (جدول 11).

جدول (11): أوزان لكل طبقة من نموذج اختيار أنسب المواقع لحصاد مياه الأمطار  
بوادي الغرندل بغربي وسط سيناء

Normalized Weight= Weight/Sum*100	Weight= (Rank-Layer No.)+1	Rank	Layer	
13	9	1	كمية التصريف volume of Runof	1
13	9	1	مقدار تسرب التربة soil infiltration	2
11	8	2	متوسط مسافات الجريان السطحي w distanceOverland flo	3
11	8	2	المسافات الأقصى للجريان السطحي Maximum flow distance	4
10	7	3	كثافة الصدوع والفواصل والطيات lineament frequency denist	5
10	7	3	كثافة التكرارية للوادي Basin Frequency denisty	6
9	6	4	الحوض Basin area	7
9	6	4	طول الوادي nlength Basi	8
7	5	5	الانحدارات Slope	9
7	5	5	الارتفاعات الرقمية Dem	10
100	70	5	Sum	

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (ArcGIS)

وفي النهاية تم تشغيل النموذج (Run)، والناتج عبارة عن خريطة لمنطقة وادي الغرندل مقسمة طبقاً لإمكانيات حصاد مياه الأمطار (جدول 12 ، شكل 30) إلى ما يلي:

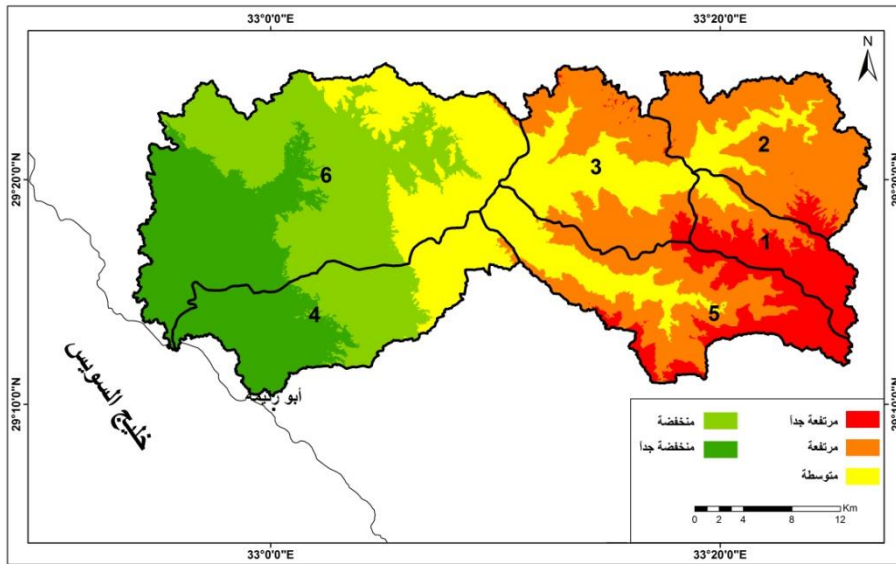
جدول (12): توزيع مساحات مناطق حصاد مياه الأمطار بوادي الغرندل

المنطقة	المساحة بالكيلومتر مربع	% من جملة المساحة
منخفضة جداً	193.1	18.6
منخفضة	213.4	20.6
متوسطة	254.8	24.6
مرتفعة	274.1	26.4
مرتفعة جداً	102.1	9.8
الجملة	1037.5	100.0

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على برنامج (ArcGIS).

#### أ- مواقع مرتفعة جداً:

وهي التي يزيد فيها فرصة حصاد كميات مرتفعة من مياه الأمطار، وتتركز في العروض العليا للوادي، حيث معدلات الأمطار المرتفعة، كما أن كثافة التصريف مرتفعة مع انخفاض في كميات الفقد، وتشغل حوالي عُشر مساحة المنطقة، وتقع في الأحواض الفرعية (1، 2، 5)، حيث تقع بالقرب من جبلي عنبرة ورأس وطإ إضافة إلى شرق جبل الرطامة.



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام النمذجة في برنامج (ArcGIS).  
شكل (30): توزيع مواقع حصاد مياه الأمطار بوادي الغرندل بغربي وسط سيناء وفقاً لإمكاناتها

#### ب- مواقع مرتفعة:

وتنقل عن سابقتها في الكمية، وتتركز في العروض العليا للوادي، خاصة في جنوب غرب المنطقة، وأجزاء قليلة من شمال المنطقة وتقع في الأحواض الفرعية (1، 2، 3، 5)، خاصة بالقرب من جبلي أكوس وأبو زروب، إضافة إلى شمال جبل حديد الجمال وجبل أبو علاجة، وتشغل ربع مساحة المنطقة

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

ج- مواقع متوسطة:

وتشغل ما يقرب من ربع مساحة المنطقة، وتنتشر في جميع الأحواض الفرعية، وتظهر بالقرب من جبال الأكل، البرازي، العزازي.

د- مواقع منخفضة:

وتتخفف فيها فرصة حصاد المياه، ويرجع ذلك إلى عدة أسباب، أهمها ارتفاع معدلات الفقد من المياه، وبمقارنة ذلك بخريطة التربة يتضح أن هذه المناطق تقع في المناطق التي يرتفع فيها معدلات التسرب، حيث تتكون من تربة مفككة يغلب عليها الرمال ورواسب الأودية، وتتركز في المنطقة الوسطي من الوادي في الأحواض الفرعية (4، 6)، وتظهر بوضوح بالقرب من جبلي كرير، الجيوشة، وتغطي خمس مساحة المنطقة.

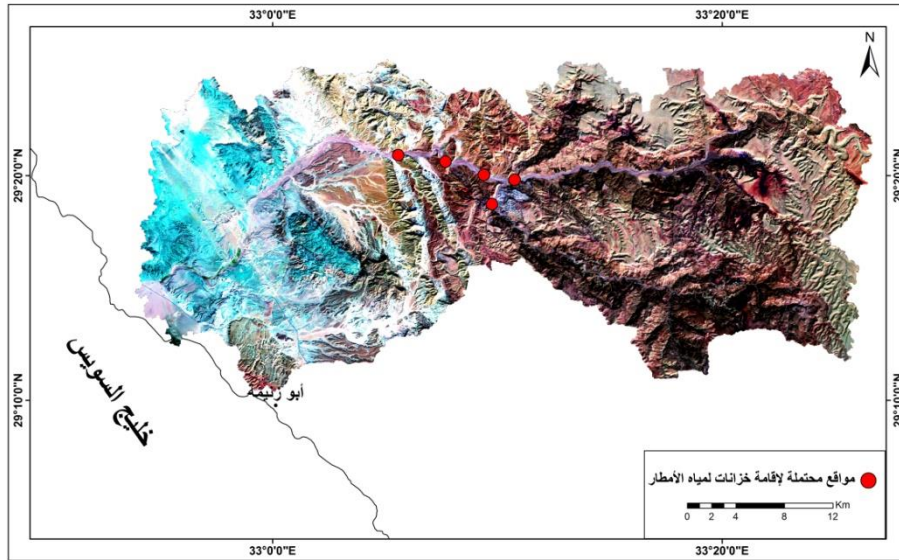
هـ- مواقع منخفضة جداً:

وتمثل أقل المناطق في حصاد مياه الأمطار، وتقع في مصب الوادي علي خليج السويس، ويزيد الفقد في المياه بسبب زيادة التسرب في التربة، وتتركز في الأحواض الفرعية التي تقع في مصب الوادي، خاصة (4، 6)، وتنتشر في غرب جبل الجيوشية، وجبل المرير، وتشغل 18.6% من مساحة المنطقة.

وبناء علي ماسبق يتضح أن وادي الغرندل بخصائصه الهيدرولوجية والمورفومترية كان لها الأثر المباشر في مواده المائية، حيث يعد من المناطق التي يمكن استغلالها في حصاد مياه الأمطار، ومن ثم تنمية منطقة الدراسة، حيث يمكن إنشاء عدد من الخزانات (الهرايات) في المنطقة شمال جبل الخور، وجبل الأكل، وشمال جبل أبو لصف، يتم حفرها تحت سطح الأرض إما بطريقة النقر في المناطق الصخرية أو عن طريق البناء في المناطق غير الصخرية وتبطينها بالأسمنت لمنع تسرب المياه المخزنة،



ويرى الباحث أنه من الممكن إقامتها في المواقع المحتملة (شكل 31)، حيث تعد من الأماكن الأنسب لإقامة خزانات، والتي تقع في طريق تجميع الأمطار في الروافد الكبيرة للوادي، فإذا ما سقطت الأمطار تجمعت المياه في هذه الخزانات ويجب أن تكون الخزانات محكمة الغلق لمنع تلوث مياهها وعمل فتحة صغيرة في سقفها لجلب المياه منها، كما أن عرض الوادي في هذه المواقع صغير، إذ يتراوح بين (220 ، 370 متراً) وينتظر من هذه الخزانات تجميع المياه من أكثر من نصف الحوض، كما يتضح من خريطة مناطق تجميع المياه بحوض وادي الغرنندل (Flow Accumulation).



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام النمذجة في برنامج (ArcGIS).  
شكل (31): المواقع المحتملة لإقامة خزانات لمياه الأمطار بوادي الغرنندل بغربي وسط سيناء

### النتائج والتوصيات

وبعد ... فقد خرجت الدراسة بالعديد من النتائج والتوصيات نجلها فيما

يلي:

- تعد المعلومات الهيدرولوجية والمورفومترية حجر الأساس في تقييم الوضع المائي في أي منطقة، لأنها تمثل كميات المياه المتجددة التي تعوض الفقد من المياه سنوياً.
- أهمية تطبيق التقنيات الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد في بناء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص المورفومترية لحوض وادي الغرندل للوصول إلى فهم لمدلولاتها الهيدرولوجية.
- ميل حوض وادي الغرندل إلى الاستطالة بنسبة 0.7%، حيث بلغ عرضه أقل من نصف طوله مما يعني قصر المسافة التي تقطعها مياه الأمطار للوصول إلى مخرج الحوض، إضافة إلى تركزها نتيجة انخفاض معدلات التبخر والتسرب.
- تنوع الخصائص المساحية والشكلية والتضاريسية لوادي الغرندل وخصائص الشبكة المورفومترية، إضافة إلى اختلاف الظروف المناخية المؤثرة في الحوض لامتداده الكبير، حيث ينتمي الحوض إلي الرتبة السادسة وفقاً لنظام سترالير (Stralher, 1969).
- يتصف حوض وادي الغرندل بتضرسه الشديد في أعلاه لطبيعة البنية الجيولوجية، إذ يقع الحوض في منطقة انكسارية شديدة الوعورة، مما أدى إلى شدة انحداره في المنطقة العليا، في حين تميز وسط الحوض بالاعتدال في التضرس والانحدار، أما أدنى الحوض فهو أكثر انبساطاً وأقل تضرساً وانحداراً.
- انخفاض كثافة التصريف في حوض وادي الغرندل (3.1 كم<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>) ، بسبب صلابة التكوينات الصخرية وكون المنطقة صدعية شديدة الانحدار،



مما يدل على أن الحوض لم يصل إلى مرحلة متقدمة في النشاط التحاتي فما زال في قمة نشاطه.

- يلعب نموذج الارتفاعات الرقمية (Dem) دوراً مهماً في استنباط العديد من الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية للحوض، إضافة إلى التعرف على توزيع فئات الانحدار بمنطقة الدراسة والتي تعد من أهم الطبقات المستخدمة في نموذج حصاد مياه الأمطار.

- ارتباط طردي بين كل من انحدار سطح الحوض وتصريفه المائي.

- الأثر الواضح لكثافة الصدوع والفواصل بالحوض في نموذج حصاد المياه، حيث توجد علاقة طردية بين كثافة الصدوع والفواصل وكميات المياه المتسربة إلى باطن الأرض وعلاقة عكسية بينها، وبين الجريان السطحي.

- وجود علاقة طردية بين مساحة الحوض وحجم المياه المتلقاه من العواصف المطرية والتي بدورها تؤثر في حجم التصريف المائي بالحوض.

- وجود علاقة طردية بين طول الحوض ومعدلات التسرب والتبخر، مما يؤثر بدوره في الوقت اللازم لوصول المياه إلى مخرج الوادي.

- زيادة حجم الجريان السطحي في الأجزاء العليا من الوادي وتقل كلما اتجهنا إلى المصب.

- أهمية حساب حجم التصريف المائي بالحوض في تحديد كمية المياه التي سيتم الاستفادة منها في عملية الحصاد، إضافة إلى أثره في تحديد المواقع بدرجاتها المختلفة في عملية الحصاد.

- أهمية خريطة تسرب المياه التي يمكن الاعتماد عليها في نموذج حصاد مياه الأمطار بحوض وادي الغرندل، حيث تؤثر في مقدار الفقد من المياه عن طريق التسرب بالتربة.

- توزعت مناطق كثافة التصريف المرتفعة جداً على جميع الأحواض الفرعية بالحوض عدا حوض 132 (4) الذي خلا منها.



## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

- تمثل الأجزاء العليا من الحوض شرق جبل أكوس، وجبل الخور، وشمال جبل حديد الجمال، وجبل البرازي، وجنوب جبل الرطامة، والتي تنتشر في جميع الأحواض الفرعية عدا الحوض (4) أفضل المناطق لحصاد مياه الأمطار، في حين تعد الأجزاء الدنيا من الحوض أقلها، حيث تتركز في الحوض (4) غرب جبل الجبوشية.
- أهمية معيار مسافة الجريان السطحي في حساب الفقد المائي عن طريق الجريان السطحي وارتباطه بحساب زمن التركيز للجريان.
- تقسيم حوض وادي الغرندل طبقاً لإمكانيات حصاد مياه الأمطار من خلال النموذج إلى مرتفعة جداً، ومرتفعة، ومتوسطة، ومنخفضة، ومنخفضة جداً.
- تركز المواقع المرتفعة جداً في إمكانياتها للحصاد في العروض العليا في الأحواض (1 ، 2 ، 5) بسبب زيادة فرصتها في تلقي كميات من الأمطار مرتفعة إضافة إلى ارتفاع كثافتها التصريفية، مما يؤدي إلى انخفاض كمية الفقد من المياه بها.
- أثبتت الدراسة الجيومورفومناخية والهيدرولوجية والميدانية لحوض الوادي استقباله لكميات مياه ملائمة يمكن الاستفادة منها في تنمية المنطقة، ويدل على ذلك كثافة النباتات الشجرية التي تنمو في مصب الوادي.
- تأثير مسافة أقصى جريان سطحي (MFD) في تحديد حصاد الأمطار، فكلما زادت هذه المسافة زاد الحصاد.
- أثر تفاوت مساحة الأحواض الفرعية على مسافة أقصى جريان سطحي (MFD) والتي بدورها تؤثر في حصاد الأمطار (RWH) فكلما زادت مساحة الحوض زادت مسافة أقصى جريان سطحي له وزاد حصاده من الأمطار.



- أهمية حساب حجم الجريان السطحي باستخدام نموذج (Scs-cn)، حيث يساعد في معرفة كمية المياه التي يستقبلها الحوض وحجم الحصاد من المياه، إضافة إلى معرفة أكثر المواقع عرضة لغمر المياه وتحديد المواقع الأصلح للمصاطب الصناعية المعرّقة لحركة المياه.
- التباين الواضح في عمق الجريان السطحي بالحوض يتباين قيم (cn) بسبب اختلاف نسب التسرب وخصائص السطح والارسابات التي تغطي أرض الوادي.

ويوصي الباحث بالآتي:

- ضرورة الاتجاه بالدراسات الجيومورفولوجية عامة والمورفومترية خاصة إلى استخدام التقنيات الجغرافية الحديثة المتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية وبياناتها والمتمثلة في نماذج الارتفاعات الرقمية والمرئيات الفضائية، كبديل ناجح وذو جدوى علمية كبيرة للطرق التقليدية.
- إجراء دراسات تطبيقية مماثلة لبقية الأحواض المائية ودراسة الشبكات المائية وبناء قواعد بيانات مورفومترية تساعد على الاستفادة منها في حصاد المياه، خاصة أن المنطقة عموماً مقبلة على شحة في مصادر المياه.
- إنشاء محطات لقياس كمية الأمطار الساقطة وأخرى لقياس التصريف بغرض توفير البيانات التي قد يحتاجها الباحثين عند القيام بأبحاث من شأنها أن تساعد على تنمية المنطقة.
- إنشاء منظومة من الإنذار المبكر للتنبؤ بحدوث الفيضانات والسيول قبل حدوثها للتقليل من الخسائر باستخدام أجهزة متعددة، منها استخدام عينات الاستشعار عن بعد والتي يمكن أن تعطي صورة واضحة ومعلومات مؤكدة عن أنواع السحب وأماكن تجمعها وتحركاتها وخصائصها المختلفة أو الأمطار وكمياتها وتجمعها على السطح وانعكاسها فوق سطح التربة خلال الفترة التي تسبق عملية الجريان السطحي، وكذلك تحديد هذه الأماكن أو الجريانات في بداية المجاري الصغيرة أو أي شكل آخر يمكن أن يفيد في عملية توقع حدوث الجريان السطحي، ومن ثم تجنب الفيضانات قبل وقوعها.

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

- إنشاء عدد من الخزانات (الهرايات)، يتم حفرها تحت سطح الأرض إما بطريقة النقر في المناطق الصخرية أو عن طريق البناء في المناطق غير الصخرية وتبطينها بالأسمنت لمنع تسرب المياه المختزنة، ويتم اختيار مواقعها في المناطق المنخفضة في طريق تجميع الأمطار في الروافد الصغيرة للأودية فإذا ما سقطت الأمطار تجمعت المياه في هذه الخزانات ويجب أن تكون الخزانات محكمة الغلق لمنع تلوث مياهها وعمل فتحة صغيرة في سقفها لجلب المياه منها.

## المصادر والمراجع

أولاً: باللغة العربية:

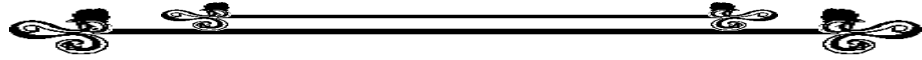
- 1- جودة حسنين جودة وزملاؤه، (1991): وسائل التحليل الجيومورفولوجي، الطبعة الأولى، القاهرة.
- 2- شركة كونكو، خريطة جيولوجية لشبه جزيرة مقياس 1 : 500000 إصدار 1981، (لوحة واحدة).
- 3- صابر أمين دسوقي، (1995): مصاطب وادي الرملية بالصحراء الشرقية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد 27.
- 4- طارق زكريا إبراهيم سالم، (2003): الأمطار والسيول على سيناء والبحر الأحمر، المجلة الجغرافية العربية، العدد الواحد والأربعون، الجزء الأول، القاهرة.
- 5- عبد الملك بن عبد الرحمن آل الشيخ، (2006): حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية، المؤتمر الدولي الثاني للموارد المائية والبيئة الجافة.
- 6- محمد صبرى محسوب، (1989): جغرافية الصحارى المصرية، الجوانب الطبيعية، شبه جزيرة سيناء، الجزء الأول، دار النهضة العربية، القاهرة.
- 7- محمد عبد الرحيم عبد المطلب، (2012): الخصائص الهيدرولوجية للأودية في البيئات الجافة "دراسة تطبيقية علي وادي الرواكيب باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من البعد"، مجلة جيوماتكس، العدد الثالث، يناير 2012.
- 8- معهد بحوث المياه الجوفية بالقاهرة، خريطة هيدرولوجية بمقياس 1 : 1000000
- 9- الهيئة القومية للاستشعار من بعد وعلوم الفضاء، خرائط جيومورفولوجية مقياس 1 : 500000
- 10- الهيئة القومية للاستشعار من بعد، أربع مرئيات رادارية نوعية (ASTER) ذات الدقة 136 الإيضاح 30 م.

## الاختيار الأنسب لمواقع حصاد مياه الأمطار

- 11- الهيئة القومية للاستشعار من بعد، مرئية فضائية لاندسات 8 بتاريخ 2015/10/21 ذات دقة إيضاحية 30 م.
- 12- الهيئة القومية للاستشعار من بعد، مرئية فضائية نوعية (SPOT) بتاريخ 2011/10/28.
- 13- هيئة المساحة الجيولوجية والثروة المعدنية، خرائط جيولوجية مقياس 1 : 250000 إصدار 1994 (لوحتان 1 ، 2).
- 14- هيئة المساحة الجيولوجية والثروة المعدنية، خرائط جيولوجية مقياس 1 : 100000 إصدار 1994 (أربع لوحات).
- 15- هيئة المساحة العسكرية، 1969، خرائط طبوغرافية ذات مقاييس مختلفة لمنطقة الدراسة مقاس رسم 1 : 50000 ومقياس رسم 1 : 25000
- 16- وسام الدين محمد، 2008، أساسيات نظم المعلومات الجغرافية، القاهرة، ([http://www.gisclub.org/up/GIS\\_book.rar](http://www.gisclub.org/up/GIS_book.rar)).

ثانياً: باللغة الأجنبية:

- 1- **Akl, P.G., (2005):** Temporal change detection using ASTER and USGS digital elevation models. 1st Edn., San Jose State University, pp: 86.
- 2- **AL-Gamdi, S., (1991):** Estimating Runoff Curve Numbers of the Soil Conservation Service in Arid and Semi-arid Environments Using Remotely Sensed Data, A dissertation Submitted to the Faculty of the University of Utah, USA.
- 3- **AL-WESHAK R., (2002):** Rainfall- Runoff analysis and modeling in Wadi systems, Department of Civil Engineering, University of Jordan, Amman, Jordan.
- 4- **Ashmawy, M.H., A.H. Swedan and T. Abdel Fatah, (2000):** Flash flood hazards of drainage basins of Sinai Peninsula, Egypt. Annals Geol. Surv.



- 5- **Dames and Moore, (1982):** Sinai Development Study, Phase I: Draft Final Report: Executive Summary. 1st Edn., Center for International Development and Technology, California, pp: 15.
- 6- **Doornkamp, J.G. , and King, C.A., (1971):** Numerical Analysis in Geomorphology : an introduction , Longman , London.
- 7- **El Shamy, I.Z., (1992):** Towards the water management in Sinai Peninsula. Proceedings of the 3rd Conference Geology, (CG' 92), Sinai Development, Ismailia, Egypt, pp: 63-70.
- 8- **ESRI, (2009):** ARC User. 1st Ed., Environmental Systems Research Institute, Redlands.
- 9- **Evenari, M., L. Shanan and N. Tadmor, (1982):** The Negev: The Challenge of a Desert. 2nd Edn., Harvard University Press, Cambridge.
- 10- **FAO, (1994):** Water Harvesting for Improved Agricultural Production. 1st Edn., FAO, Rome, pp: 424.
- 11- **Golany, G., (1979):** Arid Zone Settlement Planning: The Israeli Experience. 1st Edn., Pergamon Press, pp: 567.
- 12- **GREGORY, K. J., WALLING, D. E., (1973):** Drainage Basin Form and Process, Arnold, London, 456 pp.
- 13- **Hammad, F.A., (1980):** Geomorphological Hydrogeological Aspects of Sinai Peninsula. A.R.E. Ann. Geol. Surv. Egypt.
- 14- **Hasmadi, I.M., Pakhriazad, H.Z. and F.S. Mohamad, (2010):** Geographic Information System- Allocation Model for Forest Path: A Case

- Study in Ayer Hitam Forest Reserve, Malaysia. Am. J. Applied Sci., 7: 376-380.
- 15- **Horton, R.E., (1945):** Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geol. Soc. Am. Bull., 56: 275-370.
- 16- **MELTON, M. A., (1958b):** Correlation structure of morphometric properties of drainage systems and their controlling agents, Journal of Geology 66 442–60.
- 17- **MESA, L. M., (2006):** Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucuman, Argentina), environ Geol, 50: pp. 1235-1242.
- 18- **Miller, V., (1953):** A Quantitative geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in The Clinch Mountain area , Project 389- 42 , tech Rept . 3, Columbia University
- 19- **Pereira, L.S., (1996):** Sustainability of Irrigated Agriculture. 1st Edn., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, ISBN-10: 0792339363, PP: 631.
- 20- **SCHUMM S.A., (1956):** Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geol. Soc. Am.Bull.67:597–646.
- 21- **Seyed R. H., (2011):** Assessing the quality of ASTER DEMs for Hydrological Applications, International Conference on Environment Science and Engineering, vol.2.
- 22- **Seyed Reza, (2011):** Assessing the quality of ASTER DEMs for Hydrological Applications, P. 3



- 23- **SMITH, K. G., (1950):** "Standards for grading texture of erosional topography," American Journal of Science, 248: 655-668.
- 24- **STRAHLER A. N., (1964):** Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. In: Chow VT (Ed) Handbook of applied hydrology. McGraw Hill Book Co., New York, pp. 4–76.
- 25- **USDA-TR55, (1986):** Urban Hydrology for Small Watersheds, Department of Agriculture, USA.

ثالثاً: مواقع شبكة المعلومات الدولية:

- 1- <http://www.usgs.gov>
- 2- <http://www.nasa.gov>
- 3- <http://www.esri.com>