

أثر التعدين على التغيرات المورفولوجية والهيدرولوجية بحوض وادي العلاقي "باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد"

محمد الراوي دندراوي أبو الحسن

مدرس الجغرافيا الطبيعية ونظم المعلومات الجغرافية - معهد البحوث والدراسات
الافريقية ودول حوض النيل- جامعة أسوان

المستخلص

يمثل حوض وادي العلاقي أهمية كبيرة في مصر ويطلق عليه في الجزء الواقع في الجانب السوداني بحوض وادي جيجبة "قبقة"، حيث يتميز الحوض بالعديد من الخصائص الطبيعية والموارد الاقتصادية التي أهلته ليصبح محمية طبيعية في الجانب المصري، حيث تُمنع في حوض وادي العلاقي أعمال التنقيب والتحجير وأعمال الصيد وغيرها من الأنشطة البشرية التي تعرض الحياة البيئية في الحوض للتدهور البيئي والاستنزاف الحيوي، وأصبح الحوض في مصر عبارة عن محمية طبيعية تمتاز بمواردها الاقتصادية. وقد اعتمد في الدراسة على التقنيات الحديثة لرصد مواضع التنقيب عن الذهب في الحوض، وحصر مواقعها ومساحاتها، وحساب إجمالي الروافد المتأثرة بهذه العمليات، كما تم الاعتماد على نماذج التحليل الهيدرولوجي HEC-1 المتوفرة في برنامج WMS لتقدير كميات المياه المتوقع تدفقها في حوض وادي العلاقي. تبين من حصر وتحديد مواقع التعدين أن حوالي 13161.2 كم² حدثت بها تغيرات مورفولوجية لخصائص سطح الأرض داخل الحوض؛ نتيجة لتقطيع وحفر بطون الأودية، ومجاريها الفرعية، والرئيسية، وجوانبها. أي حوالي 17.5 % من إجمالي مساحة حوض العلاقي. وقد بلغ إجمالي أطوال الأودية المتأثرة بعمليات التعدين في حوض العلاقي 3444.5 كم، بنسبة 8 % من إجمالي أطوال الأودية بالمنطقة، وأعدادها 5881 رافداً. وفي حوض وادي قبقة 11883 كم، بنسبة 18.2 % من إجمالي أطوال الأودية بالمنطقة، وأعدادها 10538 رافداً. وقد أوصت الدراسة باقتراح مواضع لإنشاء سدود للحماية من أخطار تدفق مياه السيول والرواسب الناتجة عن الجريان السيلي من الحوض.

الكلمات المفتاحية: أخطار السيول، حوض العلاقي وقبقة، هيدرولوجية الحوض، التغيرات الجيومورفولوجية بعمليات التعدين.

تاريخ المقالة:

تاريخ استلام المقالة: 19 فبراير 2023

تاريخ استلام النسخة النهائية: 23 أبريل 2023

تاريخ قبول المقالة: 13 يونيو 2023

The Impact of Mining on the Morphological and Hydrological Changes in Wadi Allaqi Basin Using Geographic Information Systems and Remote Sensing

Muhammad Al-Rawi Dandarawi Abu Al-Hassan

Lecturer of physical geography and geographic information systems -
Institute of African Research and Studies and Nile Basin Countries -
Aswan University

Abstract

The study applies modern techniques to monitor the gold exploration sites in the basin, as well as detect their locations and areas, and calculate the total tributaries affected by these operations. The hydrogeological HEC-1 model in the watershed modeling system (WMS) was applied to estimate and simulate the surface runoff and rainfall accumulation along the catchment area. It also determines the quantities of water expected to flow into the Wadi Allaqi basin. The study of mining sites detects that about 13161.2 km² (17.5% of the total area of the Allaqi basin) had many morphological changes in the characteristics of the land surface within the basin as a result of mining activities and mineral explorations or extractions along the main basin or its sub-basins or their secondary tributaries. The total stream lengths affected by mining operations in the Allaqi basin is 3444.5 km (8% of the total stream lengths), and their stream numbers are 5881 tributaries. In Wadi Qabgaba, the total stream lengths affected by mining operations is 11883 km (18.2% of the total stream lengths), and their stream numbers are 10538 tributaries.

Keywords: Flash flood hazards, Allaqi and Gabgaba basins, hydrological model, morphological changes from mining operations.

Article history:

Received 19 February 2023

Received in revised form 23 April 2023

Accepted 13 June 2023

1. المقدمة

يتميز حوض وادي العلاقي بموقعه الجغرافي ونباتاته الطبيعية، حيث تنوع الخصائص الجيولوجية والتضاريسية، ويمتد في مساحة كبيرة تبلغ 75073.8 كم² في كل من مصر والسودان، وبطول 358 كم ومتوسط عرض الحوض 292 كم، ويطلق عليه في مصر بحوض وادي العلاقي وفي السودان بحوض قبقة. يتميز الحوض بكبر مساحته وتعدد روافده الفرعية التي تتبع من سلاسل جبال البحر الأحمر التي تتميز بتكويناتها الجيولوجية الغنية بالمعادن النفيسة مثل الذهب، يصب حوض وادي العلاقي في بحيرة ناصر على الجانب الشرقي للبحيرة، وفي بعض الأحيان قد يحدث نتيجة سقوط الأمطار جرياناً سطحياً في حالة سقوطها بكميات كبيرة.

نظراً لغنى حوض وادي العلاقي وقبقة بين مصر والسودان بالخامات المعدنية والنفيسة مثل الذهب وغيرها من المعادن الأخرى والصخور الجرانيتية التي تستخدم في أعمال الرخام، استغل الجانب السوداني مساحات كبيرة من الحوض في عملية البحث والتنقيب عن المعادن؛ مما أدى إلي تقطيع أجزاء كبيرة من الأودية والتلال والمرتفعات وتغير الملامح المورفولوجية لشبكة التصريف المائي مما قد يعرض المنطقة لأخطار السيول وانجراف التربة المفتتة مع مياه السيول باتجاه الجانب المصري بمعدلات أكبر، الأمر الذي يعرض المناطق المحمية وأية عمليات تنمية في مصر لمشكلة وخطر نقل وارساب الرواسب المنقولة بمياه السيول.

أما الأجزاء من حوض وادي العلاقي التي تقع في الجانب المصري فقد تم حمايتها بإصدار قانون ضم منطقة وادي العلاقي في الجانب المصري لأن يكون ضمن المناطق المحمية في مصر، وتعد هذه الدراسة إحدى الدراسات التي استخدمت فيها تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تحديد مناطق التعدين والتحجير في الحوض ودراسة أخطار السيول على المنطقة وأثر جريان رواسب عمليات التعدين مع مياه السيول على عمليات التنمية في مصر.

تتوفر في حوض وادي العلاقي العديد من المقومات الجغرافية التي يمكن إستغلالها في التنمية الزراعية والعمرانية، وتتمثل هذه المقومات في توفر التربة من رواسب الجريان السيلي بالحوض، وقرب الحوض من مصدر المياه في بحيرة ناصر، ووفرة مواد البناء من المرتفعات والتلال القريبة، وتنوع الخصائص الجيولوجية (عبدالله ودندراوي، 2020). ولصيانة الموارد البيئية والطبيعية صدر قرار السيد رئيس مجلس الوزراء بإعلان 30 محمية طبيعية حتى عام 2012 بنسبة تزيد عن 15

% من إجمالي مساحة جمهورية مصر العربية بمحافظات مختلفة منها محمية وادي العلاقي في محافظة أسوان (وزارة البيئة، 2014).

2. مشكلة الدراسة

تتمثل مشكلة الدراسة في اتساع مساحة حوض وادي العلاقي وقيقة، وظهور عمليات التعدين والبحث عن المعادن خاصة في الجانب السوداني بطريقة عشوائية غير ممنهجة، يحدث فيها عملية تقطيع للأودية والتلال والمرتفعات وتكوين الأكوام الترابية التي تصبح سهلة النقل مع حركة المياه أثناء السيول باتجاه منطقة المصب الأمر الذي يمثل خطورة على عمليات التنمية المستقبلية في مخرج وادي العلاقي في الجانب المصري بسبب كميات الرواسب التي قد تجلبها مياه السيول بسرعة نتيجة لتراكم الرواسب بفعل العامل البشري في مجاري الأودية الفرعية والرئيسية في حوض العلاقي. وتتركز مشكلات الدراسة في:

- أثر التدخل البشري بعمليات التعدين في تغير مورفولوجية وهيدرولوجية حوض وادي العلاقي.
- الاضرار الجيومورفولوجية لعمليات التعدين في حوض وادي العلاقي.
- ظهور التغير المورفولوجي في مواضع التحجير.

3. تساؤلات الدراسة

حاولت الدراسة الإجابة على مجموعة من التساؤلات منها:

- أين تتركز عمليات التنقيب عن المعادن في حوض وادي العلاقي؟
- ما خطورة عمليات التعدين على تغير مورفولوجية حوض وادي العلاقي؟
- ما أثر الرواسب المتراكمة في بطون الأودية على تغير هيدرولوجية حوض وادي العلاقي؟
- كيف يمكن مواجهة أضرار رواسب عمليات التعدين في الجانب السوداني على مصر؟
- ما المقومات الجغرافية التي توجد في حوض وادي العلاقي وسبل تنميتها بين مصر والسودان.

4. أهمية الدراسة

تكمُن أهمية الدراسة في: -

- ان حوض العلاقي يتميز بموارده الطبيعية التي يمكن الاستفادة منها في إحداث عمليات التنمية بأنواعها المختلفة في مصر والسودان خاصة مع العامل الجغرافي المشترك بين البلدين الشقيقين.

- امكانية الاستفادة من مياه السيول في حوض وادي العلاقي.
- محاولة ايجاد طرق مواجهة أشكال حركة المواد والرواسب المتبقية من أعمال التنقيب عن الذهب خاصة عند حدوث السيول الجارية بالمنطقة.
- تقديم مقترحات تنموية باستخدام التقنيات الحديثة بحوض وادي العلاقي.

5. أهداف الدراسة

- 1- التعرف على الخصائص المورفومترية لهذا الحوض الضخم في المساحة وشبكة التصريف.
- 2- رصد مواقع التعدين والتحجير لاستخراج المعادن من الحوض ومن اماكن جريان الأودية.
- 3- التعرف على أنواع الصخور ودورها في المخزون الكامن والمستغل من الموارد التعدينية به.
- 4- تحليل الخصائص الهيدرولوجية لأودية الحوض للوصول لكميات المياه الممكن جريانها في أودية الحوض وطرق مواجهة السيول.
- 5- التعرف على أثر التعدين على الخصائص المورفومترية لشبكة الأودية بالحوض وتحليل العلاقة باستخدام تحليل الانحدار

.Regression Analysis

6. منهجية الدراسة

تعتمد الدراسة على عدة مناهج علمية والتي يمكن من خلالها توضيح وتفسير العوامل الجغرافية الطبيعية للمنطقة ومدى الإمكانية في الاستفادة منها في إحداث عمليات التنمية، ومنها: المنهج الأصولي والذي يستخدم في دراسة وتحليل العوامل الجغرافية الطبيعية للمنطقة وأثرها في عمليات التنمية. **والمنهج الإقليمي** والذي استخدم في تحليل التوزيع الجغرافي لحوض وادي العلاقي ومناطق التحجير واستخراج المعادن في منطقة الدراسة ومدى علاقتها بالخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية للحوض، ومدى تأثير السيول على حركة الرواسب والمفتتات الناتجة من عمليات التعدين والتحجير، كما يساعد هذا المنهج في عمليات التخطيط المقترحة داخل منطقة الدراسة، **واعتمد على المنهج الوصفي التحليلي** في وصف الظواهر الجغرافية الطبيعية في المنطقة، ووصف العلاقات المتداخلة بين هذه الظواهر وبعضها البعض في شكل منظومة متكاملة تسهم في مواجهة الأخطار التي قد تتعرض لها المنطقة.

وقد اعتمدت الدراسة على مجموعة من الأساليب والتي من أهمها **الأسلوب الكمي** في تحليل بعض الظواهر الطبيعية داخل حوض العلاقي

مثل تحليل البيانات المناخية والخصائص المورفومترية. وتحليل بعض خصائص الأشكال الجيومورفولوجية باستخدام أسلوب تحليل الانحدار Regression analysis.

وإستخدام الأسلوب الكارتوجرافي والذي من خلاله تم عمل مجموعة من الخرائط الموضوعية والنماذج التحليلية لتوضيح أهم المقومات الطبيعية في المنطقة وطرق إستغلالها والإستفادة منها بين مصر والسودان، كما تم الإستعانة بالوسائل البحثية الجغرافية المساعدة والمتمثلة بالخرائط الجغرافية وصور الأقمار الصناعية ونماذج الإرتفاعات الرقمية (DEM)، وإستخدام في الدراسة مجموعة من البرامج من أهمها برنامج (ArcGIS, WMS) وذلك لتحليل وإنتاج الخرائط المتنوعة.

وقد استخدم الباحث عمليات التفسير البصري لصور الأقمار الصناعية من صور خدمات الويب الخاصة بشركة ايزري وصور برنامج (Google earth) لتحديد مواضع التحجير والمناطق التي تعرضت لعمليات الحفر والتقطيع مثل بطون الأودية وجوانبها، ثم تم الاعتماد على عمليات التصنيف المراقب باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

7. الدراسات السابقة

تتنوع الدراسات التي اعتمد عليها والتي من أهمها ما يلي: -

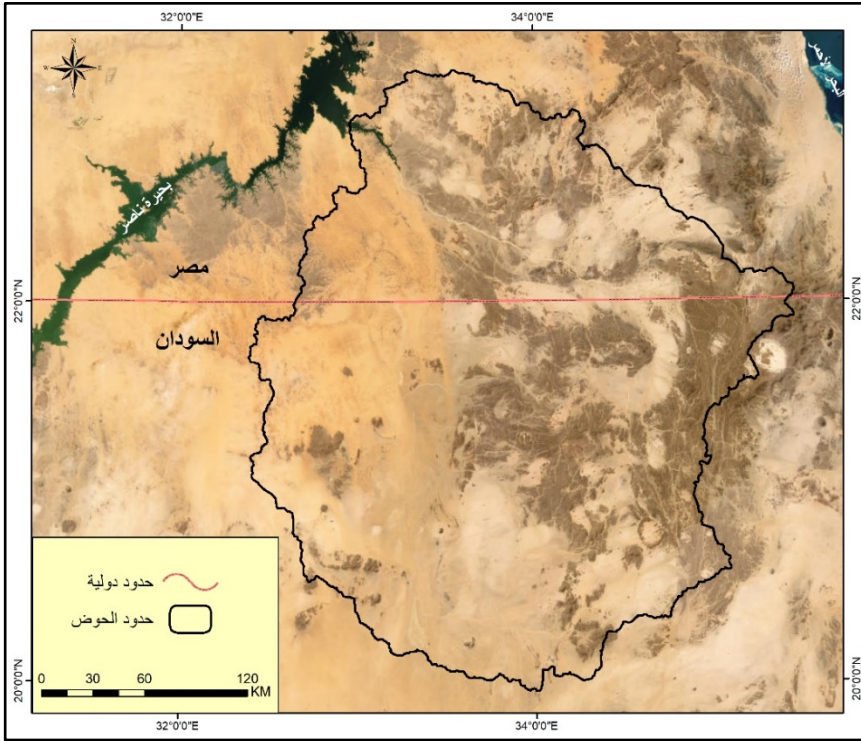
- **دراسة كليو، عبد المجيد أحمد، ومكي، عبد المنعم حسن عام 2004**
بعنوان: وادي العلاقي جغرافيته وإمكانات تنميته، وقد تناولت الدراسة الملامح الجغرافية العامة لحوض وادي العلاقي من حيث المساحة والخصائص المورفومترية للحوض وكذلك الخصائص الجيولوجية وأهم القمم الجبلية وخصائص خور وادي العلاقي في منطقة النقاء مخرج الحوض مع بحيرة ناصر، وقد توصلت الدراسة إلي إمكانية التنمية الزراعية مخرج وادي العلاقي نظرا لوجود التربة الصالحة للزراعة، والقرب من مصدر المياه ببحيرة ناصر، حيث يمكن تنمية الزراعات الشاطئية والعالية، كما يمكن تنمية الثروة السمكية في خور العلاقي، والتنمية القائمة على الثروات المعدنية نظرا لغنى الحوض بالصخور والمعادن والتي في مقدمتها الذهب والنحاس والتلك وغيرها.
- **دراسة هدى يعقوب عام 2018** بعنوان (Knowledge and community resilience in rangelands recovery: the case of Wadi Allaqi Biosphere Reserve, South Eastern Desert) والتي تناولت النظم البيئية وأنظمتها الفرعية ومدى مرونتها في الحفاظ على ديناميات النظام الإيكولوجي. وقد تم

التطبيق على المجتمعات البدوية في وادي العلاقي بمصر، التي ترتبط حياتها بالرعي التقليدي. وتناولت الدراسة مدى استقرار البدو على طول شواطئ بحيرة ناصر، وقدرتهم على الاستفادة من موارد المياه القريبة. كما تناولت الدراسة أثر الرعي الجائر على النظام البيئي الصحراوي، واختفاء نمط الحياة البدوية، وانخفاض أنواع النباتات الصحراوية في وادي العلاقي.

- **دراسة أشرف أحمد علي عبدالكريم وعلي بن عبدالله الدوسري عام 2019** بعنوان التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والنمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية (HEC - HMS & HEC - RAS) عند تقدير مخاطر الفيضان المحتملة بالمناطق العمرانية: مخاطر سيول وادي سمين المؤثر على مدينة أمّج بمنطقة تبوك أنموذجاً، وقد تناولت الدراسة تطوير نموذج ثنائي الأبعاد لحساب سرعة وعمق وانتشار فيضان وادي سمين المؤثر على مدينة أمّج من أجل تحديد المناطق العمرانية المعرضة للفيضانات. وقد تم استخدام النموذجين الهيدرولوجيين (HEC-1 and HEC-HMS) لبرنامج ال (WMS) في حساب منحنى هيدروجراف السيول لأحواض التصريف المختلفة، كما تم توظيف برنامج النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS) عند تطوير نموذج ثنائي الأبعاد لحساب سرعة وعمق وانتشار الفيضان، وتم توظيف (GIS&R.S) في إنتاج خرائط استخدامات الأرض وخرائط التربة والجيولوجيا لأحواض التصريف والتي تعد المدخلات الأساسية لتشغيل النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS & 1).

8. الخصائص الطبيعية منطقة الدراسة

تتمثل منطقة الدراسة في حوض وادي العلاقي، والذي ينبع بدءاً من خط تقسيم المياه في أعلى مرتفعات جبال البحر الأحمر، ويمتد الحوض من السودان جنوباً ويصب في بحيرة ناصر في مصر، حيث يمتد حوض العلاقي بين دائرتي عرض 49° 55' 19" و 51° 13' 23" شمالاً، ومن حيث خطوط الطول فإنها تمتد بين خطي طول 22° 24' 32" و 53° 27' 35" غرباً، ويبلغ أقصى طول للحوض 358 كم منها 228 كم في السودان و 130 كم في مصر تقريباً، ويصب الحوض في بحيرة ناصر بالقرب من منطقة العلاقي، وتتحد مجموعة الأودية الفرعية التي تغذي حوض وادي العلاقي وقبقة من مرتفعات البحر الأحمر، وتنتهي في مجرى وادي العلاقي الرئيسي شكل رقم (1).



شكل (1) الموقع الجغرافي لحوض العلاقي

1- الخصائص الجيولوجية

يقع حوض وادي العلاقي في منطقة تمتاز بالتنوع الكبير في صخورها، والتي يغلب على تكويناتها الصخور النارية، والتي تغطيها تكوينات الحجر الرملي النوبي (Nubian sandstone)؛ وقد تأثرت حوض العلاقي بالحركات الأرضية التي شكلت سطحها حيث أن جزءاً من أراضي المنطقة هي جبال البحر الأحمر والذي يعد أحد أهم مكونات الصدع الأفريقي العظيم، حيث ظهرت سلسلة جبال البحر الأحمر التي تنحدر منها مجموعة الأودية المكونة لحوض وادي العلاقي وقبقبة، وتظهر مجموعة من الانكسارات الرئيسية التي تمتد باتجاهات مختلفة ويغلب عليها الاتجاه (الشمال الغربي-الجنوب الشرقي)، وكذلك بنيتها التركيبية مثل الطيات والصدوع، والتي أثرت على مسار عدد كبير من أودية حوض وادي العلاقي مثل حيمور وقبقبه وأبو حاد وسيجع وأم شلمان (El Gaby et al., 1988, Said, 1990, Stern et al., 2004) كمل في شكل (2).

يتكون حوض وادي العلاقي من مركب معقد من صخور القاعدة النارية والمتحولة والتي تغطي ٧٠٪ من مساحته، ويتركز وجودها في الجزء الشرقي والأوسط من الحوض، في حين تشغل الصخور الرسوبية

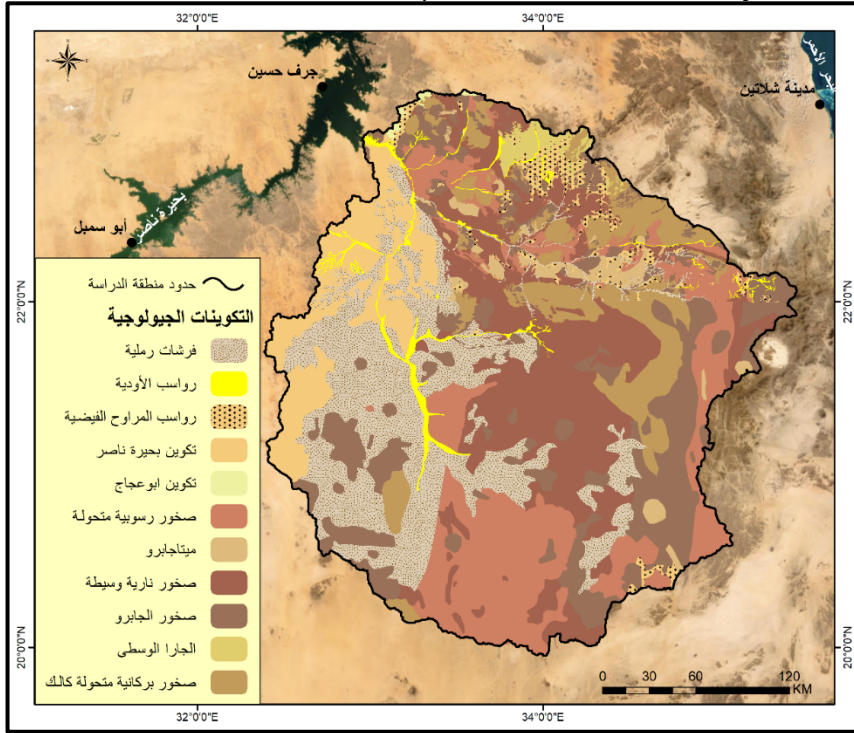
والرواسب المفككة ٣٠% من مساحته، حيث يقتصر وجودها بصفة عامة في غرب الحوض وبعض أجزائه الشمالية. وترجع صخور هذا الوادي إلى عصور جيولوجية مختلفة أقدمها يعود إلى ما قبل الكامبري وأحدثها يعود إلى الزمن الرابع. هذه الصخور يتواجد فيها أهم المعادن كالكروميت والذهب والنحاس والتلك واليورانيوم والفلسبار والكوارتز، علاوة على الصخور مثل الرخام والجرانيت بألوانه المختلفة ومواد البناء مثل الحجر الرملي النوبي والرمال والحصى (كليو ومكي، 2004).

وتشغل صخور ما قبل الكامبري مساحة كبيرة من حوض وادي العلاقي، وتتألف معظمها من صخور القاعدة البلورية، وهي في أغلبها صخور نارية أو متحولة أو بركانية، وتشتمل الصخور النارية على عدة أنواع، هي: الجرانيت والمرو والديوريت والجابرو. أما المتحولة فأهم أنواعها الصخور البركانية المتحولة مثل الشيست والبيوتايت شيست والنيس، ويشكل الميتاجابرو تضاريس جبلية عالية نسبياً من الصخور الرمادية الداكنة (SAID, 1997, p302)

كما توجد في حوض وادي العلاقي تكوينات العصر الكربوني أهمها تكوينات الجلف (Al-Jilf) وهي تتكون من صخر رملي خشن مع تكوين صلصالي رملي وطيني، وتظهر بشكل خاص في حوض وادي قبقة. كما تظهر تكوينات تنتمي إلى عصر الكريتاسي الأسفل وأهمها تكوينات أبو سميل Abu Sumbal F وتتكون من الحجر الرملي الخشن وتكوينات البرج Al-Burj F التي تتكون من حجر رملي كاوليني مع قليل من الحجر الصلصالي. وتوجد أيضاً تكوينات تنتمي إلى العصر الكريتاسي الأعلى والتي تتمثل في تكوينات أبو عجاج Abu Ajaj وتتكون من حجر رملي حصوي خشن الحبيبات وكونجولوميرات، وتظهر في الغرب من وادي الترجمي وشمال حوض العلاقي (مكي، ٢٠٠٢).

ويوجد في حوض العلاقي تكوينات تنتمي إلى الزمن الثالث لعصور الإيوسين والأوليغوسين والميوسين والبليوسين، وتتكون في معظمها من بعض الصخور شبه البركانية مع معادن ذهب البيريت (تكوينات أم قريات Umm Qurayyat) وصخور السينو جابرو وكوارتز وحصى ومجمعات وسيليكا وكالسيت. كما توجد بالحوض تكوينات ترجع إلى عصري البليستوسين والهولوسين وتتكون معظمها من تكوينات رسوبية مفككة مثل رواسب الأودية، المكونة من الرمال والحصى والمصاطب النهرية والكثبان والفرشات الرملية، التي تنتشر بشكل خاص حول حوض العلاقي والجزء الأدنى من وادي قبقة ورواسب المراوح الفيضية التي تتكون من الحصى والحصاء والرمال والطيني الصلصال. وتعد رواسب الأودية مورداً مهماً للمياه الجوفية التي تسربت

بين الرواسب المفككة أثناء العصر المطير ومازالت تتسرب في الوقت الحاضر بفعل الأمطار الحالية، ومن ثم فهي تمثل مورداً مهماً للمياه في حوض وادي العلاقي يسهل الوصول إليه عن طريق حفر الآبار الضحلة في بطون الأودية مثل بشر أم قريات وانجات (كليو ومكي، 2004) و (Issawi and McCauly 1993).

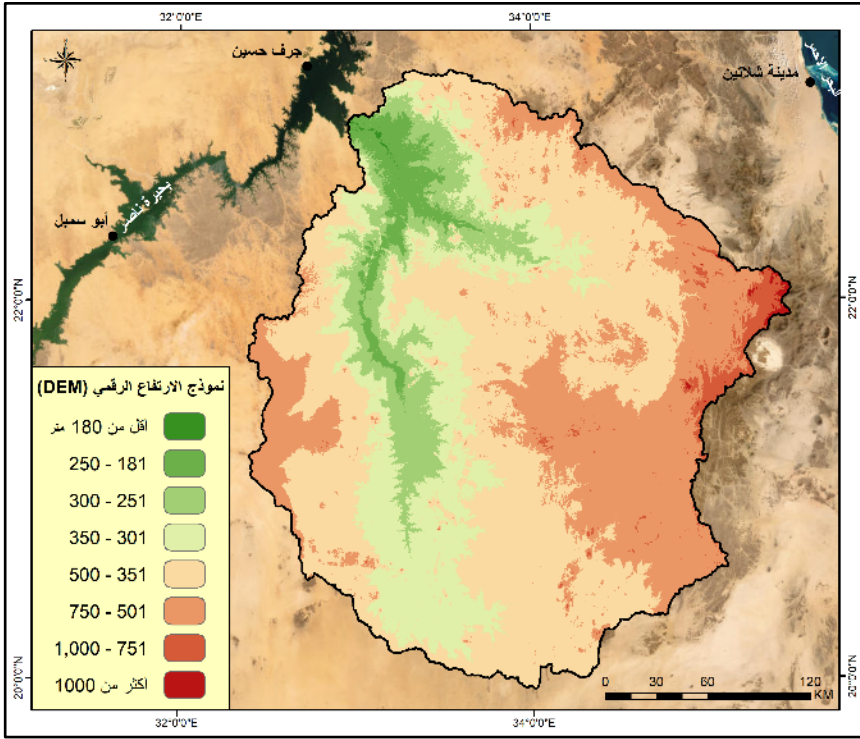


شكل رقم (2) أنواع صخور الرواسب السطحية في حوض وادي العلاقي

المصدر: عمل الباحث بتصريف عن الهيئة المصرية العامة للبيترول، خريطة مصر الجيولوجية (كونوكو) لوحة برنيس مقياس 1 : 500000، ووزارة الطاقة والمعادن بالسودان، الخريطة الجيولوجية، مقياس 1 : 2000000

2- الخصائص التضاريسية

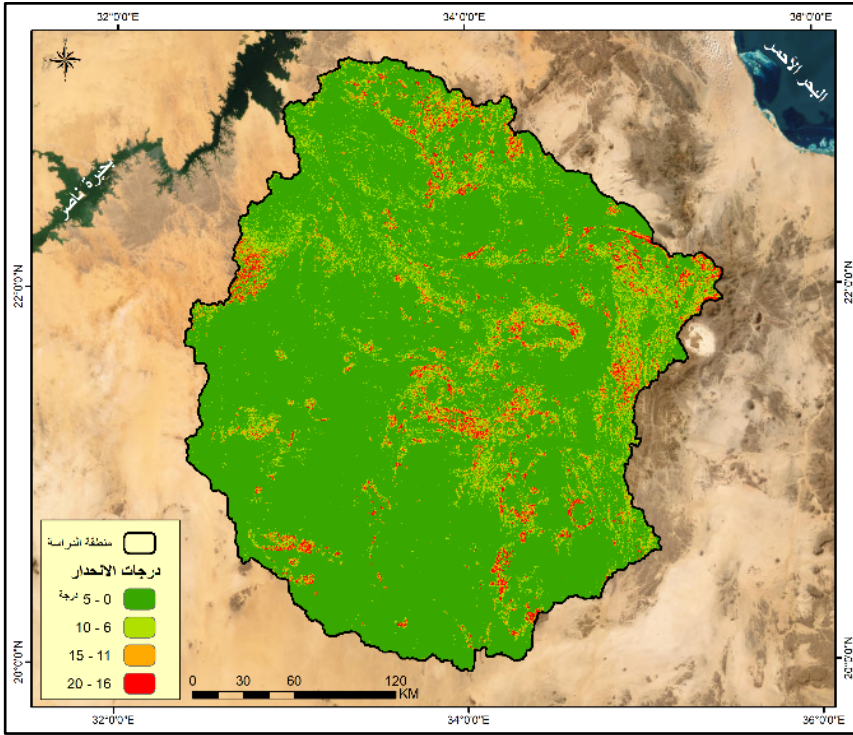
يتسم حوض العلاقي بمظاهر تضاريسية متنوعة، حيث الجبال العالية والتلال والأودية الفرعية والرئيسية، وتظهر في المنطقة مجموعة كبيرة من الجبال تمتد في منطقة تقسيم المياه على إمتداد سلسلة جبال البحر الأحمر وتنحصر الارتفاعات في حوض العلاقي بين مناسيب تزيد عن 1000 متر في منطقة سلسلة جبال البحر الأحمر وبين مناسيب تصل إلى 160 متراً بالقرب من بحيرة السد العالي، وبلغ تضرسها 580 متراً مما ساعد على وجود تنوع التضاريس والارتفاعات بالمنطقة كما يوضحه الشكل رقم (3).



شكل رقم (3) خريطة التضاريس لحوض العلاقي
المصدر: عمل الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وباستخدام برنامج (ArcGIS)

تمثل الإنحدارات أهمية كبيرة كأحد عناصر مظاهر السطح التي تؤثر في عمليات التنمية، حيث يعد عامل الإنحدار أمراً ضرورياً في تحليل مدى ملاءمة المنطقة لأغراض التنمية الزراعية والعمرائية وغيرها، ويتسم سطح الأرض في حوض العلاقي بشدة التضرس في مناطق منابع الأودية الفرعية ويكون في بعض الأجزاء قليلاً إلى متوسط الانحدار، ويمكن تقسيم سطح الأرض بالمنطقة إلى فئات حسب درجات الانحدار، فهناك انحدارات تعد آمنة لعمليات التنمية الزراعية والعمرائية ودرجات انحدار أخرى تمثل خطورة يصعب عندها إنشاء المدن أو التوسع الزراعي (عبدالله و دندراوي، 2020).

ويوضح شكل (4) أن حوض وادي العلاقي تسوده درجة انحدار تتراوح بين صفر إلى 5 درجة، تتخلله مناطق يزيد انحدارها عن 20 درجة تتمثل في التلال والجبال وجوانب الأودية، وفي المرتبة الثانية توجد درجة الإنحدار من 6 إلى 10 درجات، وهما يمثلان معاً غالبية درجة الانحدار في حوض العلاقي، وتتركز في الجانب الشرقي لحوض العلاقي مناطق تزيد درجة انحدارها عن 10 درجات.



شكل رقم (4) خريطة درجات الانحدار لحوض العلامي
المصدر: عمل الباحث اعتمادا على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وباستخدام برنامج (ArcGIS)

3- الخصائص المناخية

تؤدي عمليات سقوط الأمطار على حوض العلامي إلى حدوث جريان سيلبي وحركة للرواسب المفككة في الأحواض الفرعية لحوض العلامي، وتعد كمية الأمطار أحد أهم العوامل التي تساعد على عمليات التدفق المائي والجريان السطحي للأودية الجافة في المنطقة.

يتبين من تحليل جدول (1) والذي يوضح الخصائص المناخية لمحطة أسوان أن المتوسط السنوي لدرجة الحرارة بلغ 27.1 درجة مئوية عام 2022، إلا أن مناخ المنطقة يتسم بارتفاع درجة الحرارة على مدار العام. وتعد أشهر يونيو ويوليو وأغسطس أكثر شهور السنة حرارة. فقد بلغت أقصى درجة حرارة عام 2022 في شهر أغسطس 42.7 درجة مئوية، ثم يأخذ منحنى الحرارة في الانخفاض التدريجي حتى يصل إلى أدنى درجة حرارة له في شهري يناير وفبراير، حيث بلغ أدنى درجة حرارة سجلت في شهر فبراير لنفس العام 8.4 درجة مئوية.

تعد الرياح أكثر العوامل المؤثرة في حركة الرمال بالمنطقة؛ وتهب الرياح الشمالية والشمالية الغربية معظم أيام السنة وهو الاتجاه السائد لها

على المنطقة شكل (5)، ويزداد هبوب الرياح خلال أشهر الصيف وقد يصل المتوسط السنوي لسرعة الرياح إلى (13.3 كم/ساعة)، وقد بلغت أقصى سرعة لحركة الرياح (23.5 كم/ساعة) في شهر مارس عام 2022 كما يتضح من جدول (1)؛ وهذه الرياح يقل دورها في ظل سيادة ظروف الجفاف الحالية في تشكيل سطح الأرض في حوض وادي العلاقي بواسطة عمليات النحت والنقل والإرساب مقارنة بعمليات النحت بفعل جريان المياه والتدخل البشري بالمنطقة.

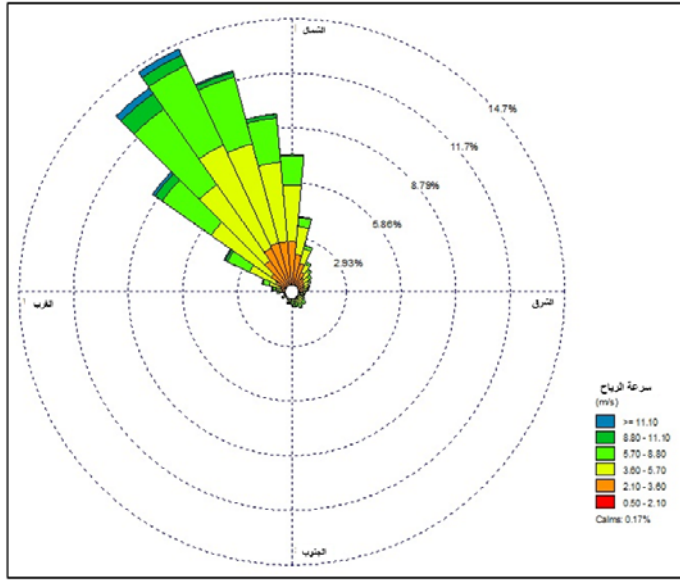
جدول (1) متوسط الخصائص المناخية في محطة أسوان عام 2022

الشهر	متوسط درجة الحرارة (C)	أقصى درجة الحرارة (C)	أدنى درجة الحرارة (C)	متوسط سرعة الرياح (كم/ساعة)	أقصى سرعة للرياح (كم/ساعة)
يناير	14.3	20.5	8.4	15.8	24.2
فبراير	17.2	24.3	9.9	12.9	21.8
مارس	20.7	28.5	12.8	15.7	23.5
أبريل	30.9	39.3	21.8	12.7	20.7
مايو	32.5	40.4	24.4	14.5	21.7
يونيو	34.7	42.1	27	14.6	22.1
يوليو	34.7	41.7	27.4	14.1	23
أغسطس	35.7	42.7	29	13.5	20.9
سبتمبر	33.8	41.4	26.2	12.6	20.9
أكتوبر	28.7	36.3	21.5	12.9	18.8
نوفمبر	22.5	29.3	15.9	10.4	16.8
ديسمبر	19.1	26.5	12.2	9.9	16
المتوسط	27.1	34.4	19.7	13.3	20.9

<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

<https://en.tutiempo.net/climate/12-2022/ws-624140.html>

ويتضح من تحليل وردة الرياح للمنطقة شكل (5) والذي يبين سرعة الرياح واتجاهاتها، حيث تهب الرياح من اتجاهات مختلفة وبنسب متفاوتة وان كان الاتجاه السائد للرياح هو من الشمال الغربي؛ أما عن سرعة الرياح التي تهب على المنطقة فإن معظمها بطيئة السرعة.



شكل رقم (5) اتجاه الرياح وسرعتها (عام 2022) في محطة أسوان
المصدر: بتصريف عن موقع (Power) التابع لوكالة ناسا وباستخدام برنامج

WRPLOT View

إضافة إلى خصائص الحرارة والرياح وخصائصها فإن منطقة الدراسة تتعرض لعوامل أخرى تؤثر فيها مثل كميات سقوط الأمطار، وقد تبين من دراسة خصائص المطر بحوض العلاقي أنها منطقة قليلة الأمطار إلا في بعض السنوات التي تسقط فيها الأمطار بكمية تسمح بتكوين سيول جاررية، وتتسبب في حدوث جريان سطحي في الأودية المنحدرة باتجاه نهر النيل. ونظرا لاختلاف كمية الأمطار الساقطة على المنطقة من فترة زمنية لأخرى فقد تم عمل تحليل للزمن التكراري للأمطار اليومية القصوى لحوض العلاقي بناء على أقصى كمية مطر سقطت خلال يوم واحد في كل عام على مدار 30 سنة ماضية وهذا التحليل يعطي نظرة مستقبلية لشدة الأمطار المحتمل سقوطها في يوم واحد خلال 50 عام القادمة.

وقد تم إجراء التحليل الإحصائي لأقصى قيم للأمطار اليومية واستخدام التوزيعات الاحتمالية المختلفة واختباره للحصول على قيمة المطر في الأزمنة التكرارية المختلفة، وذلك من خلال الرجوع إلى سجلات محطات من موقع وكالة ناسا لمعلومات الفضاء (NASA) ومعرفة كثافة التساقط المطري.

يختلف التوزيع الجغرافي لكميات الأمطار الساقطة على حوض العلاقي من منطقة لأخرى داخل أجزاء الحوض، حيث تكون الأمطار أكبر على جبال البحر الأحمر لا سيما المناطق الشرقية والجنوبية الشرقية

من الحوض وذلك بتأثير عامل التضاريس. وتتفاوت كمية المطر الساقطة من سنة لأخرى، فقد سجلت محطة أسوان في يوم 16 / 4 / 1968 كمية مطر بلغت 2 ملم، أي ما يعادل أحياناً ما يسقط على الحوض من مطر خلال عدة سنوات. وهذا يعكس طبيعة المطر في الحوض من فجائية وعدم انتظام. وعندما تسقط أمطار غزيرة على حوض وادي العلاقي فإن أجزاء منه يحدث فيها جريان مائي سطحي كما حدث في أغسطس عام 1988 (Mekki & Dickinson, 1990). ومن العواصف المطرية العنيفة التي شهدتها وادي العلاقي فكانت في نوفمبر عام 1994 حينما استمر سقوط الأمطار لمدة 10 أيام وقد بلغت كمية المطر 62 ملم كما يتضح من جدول رقم (2) وشكل رقم (6).

جدول (2) أقصى كمية أمطار سقطت خلال يوم واحد على محطة أسوان بين عامي (1990 - 2019)

السنة	الشهر	اليوم	أقصى كمية مطر/يوم (مم)	السنة	الشهر	اليوم	أقصى كمية مطر/يوم (مم)
1990	11	20	0.09	2005	4	23	0.82
1991	1	1	1.02	2006	---	---	0.00
1992	5	31	0.81	2007	---	---	0.00
1993	1	6	3.05	2008	1	21	3.05
1994	4	13	62	2009	5	10	3.05
1995	5	27	0.08	2010	---	---	0.00
1996	3	21	1.02	2011	---	---	0.00
1997	10	14	1.10	2012	10	21	1.02
1998	1	4	0.17	2013	0	0	0.00
1999	1	8	0.57	2014	3	10	14.00
2000	2	11	0.76	2015	9	12	3.05
2001	12	30	1.02	2016	0	0	0.00
2002	1	10	0.38	2017	12	12	0.45
2003	---	---	0.00	2018	5	1	1.15
2004	---	---	0.00	2019	1	27	2.65

After: <https://en.tutiempo.net/climate/ws-624140.html>,
<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

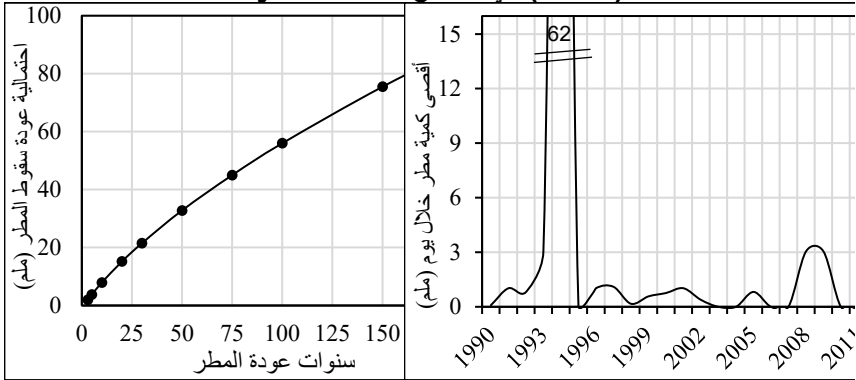
ويوضح جدول (3) التحليل الاحتمالي لتحديد قيم عمق المطر بطريقة Pearson type 3 (WRC) حيث يبين أن أقل قيمة قيم تساقط الأمطار على محطة أسوان في المدة من 1990 حتى 2019 كانت 0.08 ملم وأقصى قيمة بلغت 62 ملم بمتوسط 4.61 وانحراف معياري 13.1 أما معامل الاختلاف فقد بلغ 2.85 %.

وتفيد نتائج التحليل الاحصائي في تحديد القيم المتوقعة للأمطار عند الأزمنة التكرارية المختلفة وذلك باستخدام التوزيعات الاحصائية

المختلفة. ومن هذه التوزيعات تم اختيار (Log Pearson type III) حيث تم توقع عمق المطر للأزمة التكرارية وهي (3، 10، 30، 50 سنة) والتي بلغت قيمها الاحتماليات بناء على هذا النموذج (1.98، 7.93، 21.5، 32.8، 45.8 ملم) على التوالي كما يتضح من شكل (7). وذلك باستخدام برنامج التحليل الإحصائي للأمطار (Hyfran Plus) وتطبيق التوزيعات الإحصائية المختلفة، وقد تمت التحليلات باستخدام أعلى قيم لهطول الأمطار في محطة أرصاد أسوان كما يوضحه جدول رقم (3).
جدول (3) نتائج التصحيح بطريقة Pearson type 3 (WRC) لمحطة أرصاد أسوان

الانحراف المعياري	كمية المطر المحتملة XT	الزمن التكراري بالسنوات
95.3	32.8	50
39.5	21.5	30
8.76	7.93	10
0.793	1.93	3

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على التحليل بطريقة Pearson type 3 (WRC) في برنامج HyfranPlus



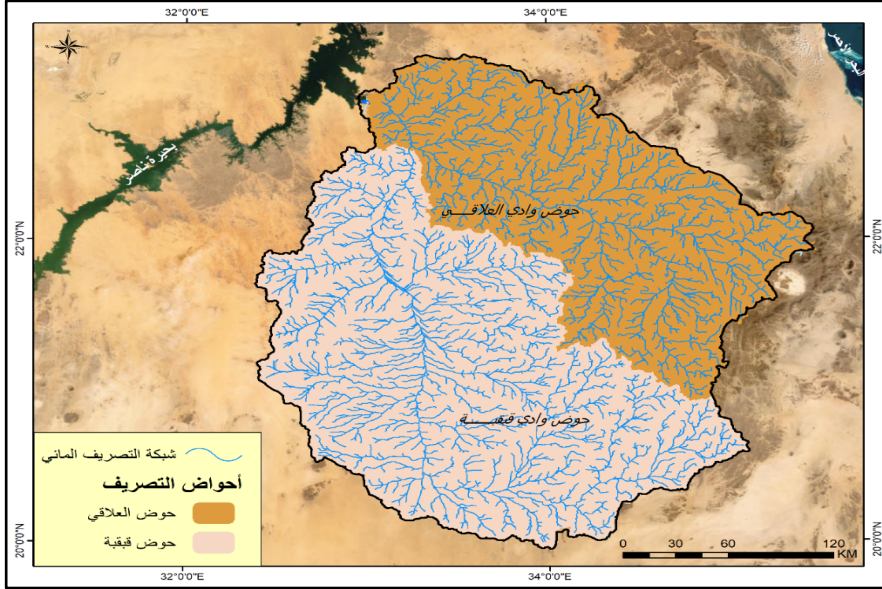
شكل (6) التقلبات السنوية لهطول الأمطار من 1990 إلى 2019. شكل (7) أقصى هطول يومي متوقع للأمطار خلال السنوات القادمة باستخدام برنامج Hyfran-Plus

بشكل (7) أقصى هطول يومي متوقع للأمطار خلال السنوات القادمة باستخدام برنامج Hyfran-Plus

ثانياً: الخصائص الهيدرولوجية

تشكل الأودية الجافة مظهراً تضاريسياً إضافة إلى دورها الهيدرولوجي على حوض العلاقي خاصة الأجزاء الصدعية منها وتمثل مخارج الأودية الجافة مناطقاً للتنمية الزراعية والعمرانية. تغذي حوض وادي العلاقي شبكة كثيفة من الأودية الجافة خاصة الأودية التي تنحدر من سلسلة جبال البحر الأحمر، وتتميز هذه الشبكة بارتباطها بالصدوع التي تنتشر في صخور القاعدة، الشكل رقم (8).

وقد لعبت الصدوع والقواطع في صخور حوض العلاقي دوراً كبيراً في تجمع المياه أمامها خاصة عندما تعترض سير هذه المياه في بطون الأودية وتحجزها وتعوق سيرها صوب النيل مما يؤدي إلى تكوين خزانات طبيعية للمياه السطحية، ولهذا تستمد الكثير من آبار المياه في حوض وادي العلاقي مياهها من هذه الخزانات التي توجد على أعماق قليلة تحت سطح الأرض، لا سيما آبار أنجات وأبو فاس ومرة وحيومر والقليب (مكي، ٢٠٠٢).



شكل رقم (8) شبكة الأودية الرئيسية في حوض وادي العلاقي

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على برنامج (WMS)

عند سقوط الأمطار يتسرب جزء منها إلى باطن الأرض، وذلك حسب نوع التربة السطحية في المنطقة الذي يتحكم في زيادة أو نقصان كميات الفواقد بالتسرب. وبعد تشبع التربة بالمياه تنساب الكميات الزائدة من مياه الأمطار على سطح الأرض مسببة السيول السطحية التي تتدفق لتصب مياهها بمخارج الأودية. ولحساب كميات المطر الزائدة يلزم الاستعانة بمعدلات رياضية تمثل فواقد المطر أو تربط بين الجريان السطحي والمطر الكلي المتساقط، لذلك فقد تم في هذه الدراسة إجراء تصنيف للتربة السطحية من حيث نوع الترسيبات الوديانية والصخور، وكذلك درجة تشقق هذه الصخور، والنسبة المئوية التي يشغلها كل نوع بالنسبة لمساحة أحواض التصريف، وعليه فقد تم استخدام إحدى طرق تقدير كميات المياه المفقودة بالتسرب لباطن الأرض وتسمى (هذه الطريقة) (تشطب الكلمتان) (SCS-CN) وتعتمد هذه الطريقة على نوع التربة وطبيعة استخدام الأرض بحوض العلاقي.

تعد الخصائص الهيدرولوجية لأحواض الصرف مثل زمن التأخير ووقت التركيز وتراكم الأمطار والجريان السطحي واتجاه التدفق مهمة جدًا لفهم الظروف الهيدرولوجية لأحواض الدراسة. ووقت التركيز (Time of concentration) هو مفهوم يستخدم في الهيدرولوجيا لقياس استجابة أحواض التصريف المائي عند حدوث المطر. يتم تعريفه على أنه الوقت اللازم لتدفق المياه من أبعد نقطة في حوض التصريف المائي ووصولاً إلى مخرج الحوض (Haan et al, 1994). ويتضح من تحليل النموذج الهيدرولوجي أن زمن التركيز لحوض وادي العلاقي 35.78 ساعة وطول الحوض 304.6 كم، وفي حوض وادي قبقبة 68.37 ساعة من هطول الأمطار وطول الحوض 469.5 كم، مما يشير إلى أن معظم أحواض الدراسة بها درجة عالية من الخطورة وإمكانيات فيضان، فكلما انخفض وقت التركيز، زادت درجة خطر الفيضان، حيث يستغرق الماء وقتاً قصيراً للوصول إلى مخرج الحوض. ويعرف زمن التأخير (Time Lag) بأنه الفاصل الزمني من بداية هطول الأمطار إلى الجريان السطحي (Viessman and Lewis, 2002). وقد تم استخدام زمن التأخير على نطاق واسع في العديد من الدراسات والتطبيقات الهيدرولوجية. وهو إحدى العناصر الهيدرولوجية المهمة التي تؤثر بشدة على تحديد كمية الفاقد مياه الأمطار أو تسرب مياه الأمطار وإعادة شحن المياه الجوفية خلال زمن التأخير. يتحكم نوع وملمس التربة السطحية وصخور الطبقة السطحية في زمن التأخر وكمية مياه الأمطار التي تتسرب إلى المياه الجوفية. وقد تم حساب وقت التأخر لأحواض منطقة الدراسة اعتماداً على نموذج HEC-1 في برنامج (WMS). وقد بلغت قيمة زمن التأخر 21.47 ساعة في حوض العلاقي، 41.02 ساعة في حوض قبقبة كما يتضح من بيانات جدول (4).

جدول (4) الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف بالمنطقة

اسم الحوض	مساحة الحوض كم ²	زمن التأخير (ساعة)	زمن التركيز (ساعة)	قيمة منحني (CN)
وادي العلاقي	26,372.5	21.47	35.781	97.8
وادي قبقبة	44,453.3	41.023	68.372	97.8

تشير نتائج الدراسة والتحليل الهيدرولوجي باستخدام النموذج الرياضي HEC-1 إلى حدوث جريان سطحي بحوض وادي العلاقي عند الزمن التكراري 3 أعوام أي أنه يحتمل أن يحدث سيل كل 3 سنوات على الأقل، فبناءً على بيانات جدول (3) قد تسقط كمية أمطار بمقدار 1.98 ملم عند الزمن التكراري 3 أعوام، وبالتالي سوف يتراوح حجم

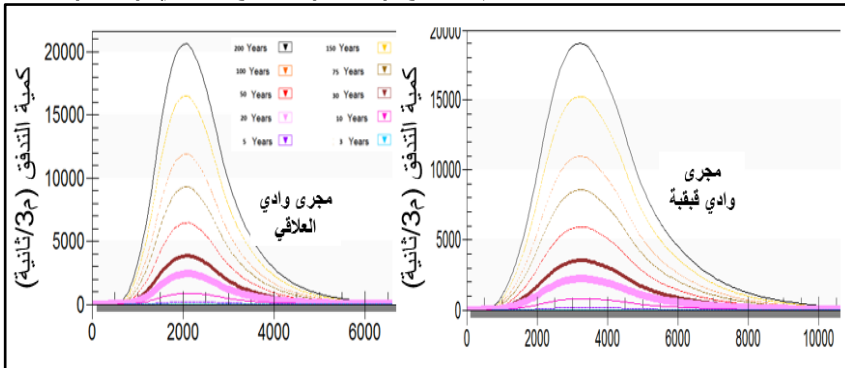
المياه المتدفقة المحتملة 7578849 متراً مكعباً من المياه في المنطقة، كما يوضحه جدول (4)؛ وفي حالة حدوث أمطار بمقدار 15.2 ملم خلال يوم واحد على الحوض وهو الزمن التكراري كل 10 أعوام سوف تتدفق كمية من المياه المحتملة تبلغ 260995168 متراً مكعباً.

أما في حالة سقوط أمطار بمقدار 32.8 ملم وهي كمية متوقع سقوطها خلال 30 عاماً القادمة فإنه من المحتمل أن يصل الجريان السطحي إلي 1125818471 متراً مكعباً من المياه، وفي حالة سقوط كمية من الأمطار خلال يوم واحد بمقدار 45.8 ملم وهو الزمن التكراري المحتمل خلال 50 عاماً القادمة (نصف قرن) والذي يعرف بزمن الرجوع، فقد يحدث تولد للجريان السطحي للمياه بمقدار 1899324320 متراً مكعباً، أي نحو 1.9 مليار م³ من المياه، الأمر الذي يتطلب بناء سدود لحجز وتخزين المياه للاستفادة منها في التنمية المستقبلية بالمنطقة وكذلك لحماية عمليات التنمية من أخطار السيول والرواسب التي قد تجلبها مياه السيول كما يوضحه جدول (5).

جدول (5) كميات المياه المحتمل جريانها خلال الأزمنة التكرارية (زمن الرجوع) حتى 50 عاماً القادمة على حوض وادي العلاقي بالمر المكعب

اسم الحوض	قيمة CN	مساحة الحوض كم ²	الزمن التكراري 3 أعوام	الزمن التكراري 5 أعوام	الزمن التكراري 10 أعوام	الزمن التكراري 30 عاماً	الزمن التكراري 50 عاماً
حوض قيقبة	97.8	44453	4756825	36551088	163812467	706615026	1192102577
حوض العلاقي	97.8	26373	2822024	97182701	97182701	419203445	707221743
الاجمالي		70826	70826	7578849	133733789	260995168	1125818471
الكمية بالمليار م ³		0.00007	0.01	0.13	0.26	1.13	1.90

المصدر: عمل الباحث باستخدام برنامج (WMS) ونتائج جدولي (2)، (3).



شكل (9) شبكة الأودية الرئيسية في حوض وادي العلاقي وقيقة

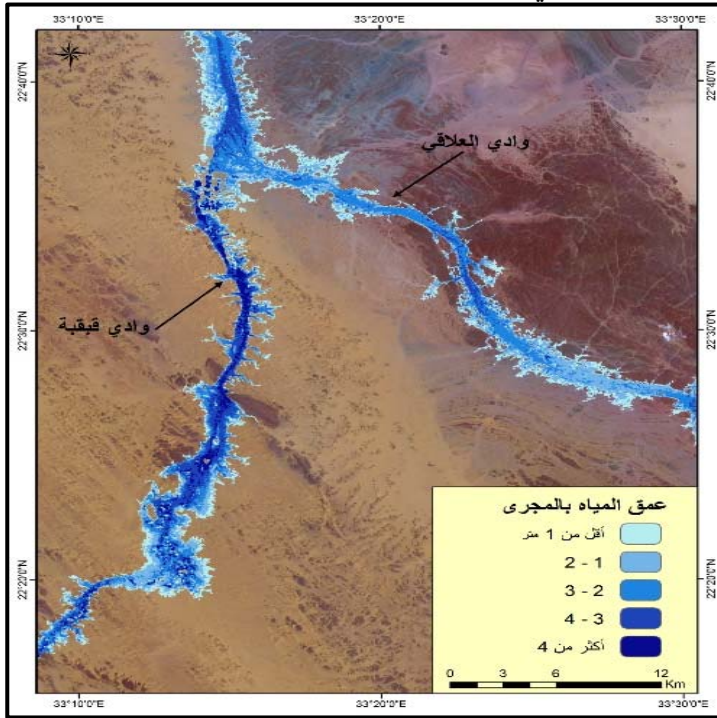
ثالثاً: عمق المياه وسرعتها بالمجرى:

تفيد دراسة عمق المياه بالمجرى الرئيسي لحوض وادي العلاقي في تحديد تضاريس قاع المجرى والمناطق التي يمكن أن تعوق حركة المياه وحمولة القاع، ومن ثم يمكن أن تظهر بها مواضع لوقف وتقليل سرعة حركة الرواسب التي قد تجلبها السيول من الحوض الأعلى لوادي العلاقي وقبقة باتجاه المجرى الرئيسي الذي يصب في بحيرة ناصر، حيث أمكن في هذه الدراسة الاعتماد على نماذج التحليل الهيدروليكي باستخدام برنامج (WMS, HEC-RAS) ونموذج الارتفاع الرقمي لحوض العلاقي من نوع (AW3D 30m) في عمل محاكاة لحركة المياه في المجرى وعمق المياه وأمكن منها الخروج بخريطة توضح عمق المياه الجارية أثناء السيل داخل المجرى كما يوضحه شكل (10).

بناء على التحليل الهيدرولوجي لحوض وادي العلاقي تم التعرف على قمة الجريان السطحي للمياه في حالة سقوط أمطار بمقدار 45 ملم خلال يوم واحد وهي احتمالية قد تحدث خلال 50 عاماً القادمة طبقاً للتحليل الإحصائي لكميات المطر خلال 30 عاماً الماضية باستخدام برنامج (HyFran Plus) وقد بلغت قمة الجريان السطحي عند هذه الاحتمالية حوالي 9320 م³/ث لحوض وادي العلاقي وحوالي 8558 م³/ث في حوض وادي قبقة، وبناء على قمة الجريان السطحي التي ظهرت فقد تم حساب عمق وسرعة المياه في المجرى الرئيسي عند التقاء حوض العلاقي وقبقة قبل مصبه في بحيرة ناصر، وكانت النتائج كما يلي: -

- يتكون المجرى الرئيس لحوض وادي العلاقي من حوضين رئيسيين هما حوض وادي العلاقي وحوض وادي قبقة حيث يجتمعان في المجرى الرئيس قبل مصبه في بحيرة ناصر.
- تنحصر أعماق المياه الجارية أثناء السيول في المنطقة بين أقل من 1 متر وإلى أكثر من 4 متراً.
- أن المياه في المجرى يزداد عمقها في قطاع المجرى الرئيس القادم من حوض وادي قبقة نظراً لضيق المجرى وسرعة تدفق المياه وميله إلى التعميق أكثر من التوسيع.
- يعد مجرى وادي العلاقي أقل عمقاً مقارنة بقطاع مجرى وادي قبقة.
- تتدرج الأعماق المقدره للمياه في المجرى الرئيس بعد التقاء وادبي العلاقي وقبقة حيث يزداد عمق المجرى في الوسط ويقبل تدريجياً نحو جوانب المجرى.

- تختلف أعماق المياه بشكل عام في مجرى وادي العلاقي عنها في مجرى وادي قبقبة طبقا لاختلاف العمق، وظهور العقبات الصخرية التي تعترض المجرى الرئيس.



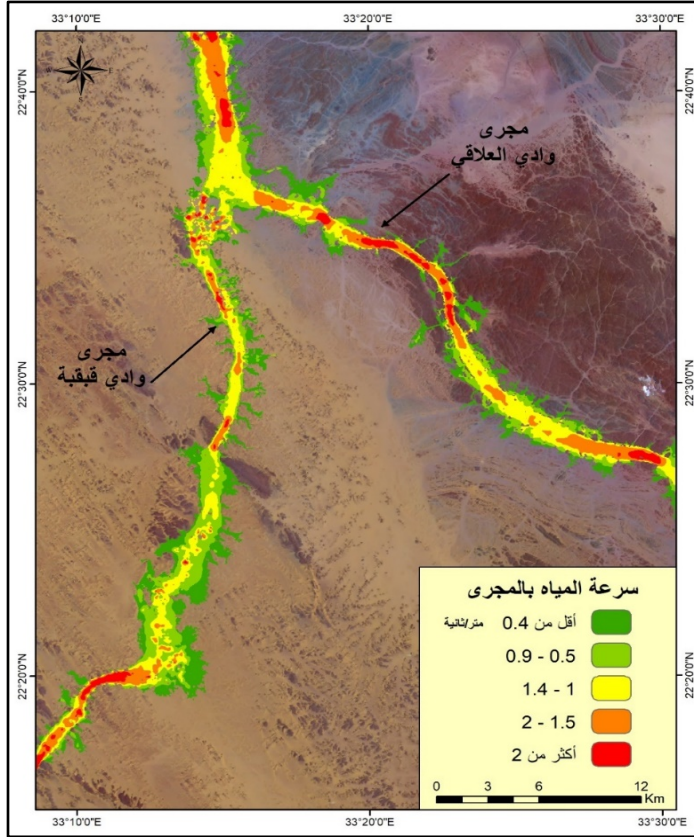
شكل (10) عمق المياه أثناء الجريان السيلبي في قاع المجرى الرئيسي في حوض وادي العلاقي

المصدر: التحليل الهيدرولوجي باستخدام برنامج (HEC-RAS)

تمثل سرعة المياه مؤشرا مهما في عمليات النحت والارساب على جانبي مجاري الأودية، وقد ظهر من تحليل خصائص سرعة المياه في المجرى الرئيس لحوض وادي العلاقي باستخدام النموذج الهيدروليكي (HEC-RAS) ما يلي: -

- تنحصر سرعة المياه في المجرى الرئيس لحوض وادي العلاقي وقبقبة في منطقة الدراسة بين أقل من 0.4 م/ث إلى أكثر من 2 م/ث.
- تقل سرعة المياه الجارية على الضفاف والأجزاء المتسعة من المجرى الرئيس، حيث تنتشر المياه في مسطح أوسع مما يؤدي إلى بطء الجريان بها مقارنة بوسط المجرى الرئيس.
- تزداد سرعة المياه في القطاعات من المجرى التي توجد بها عقبات صخرية، والأجزاء شديدة الانحدار من المجرى، وتقل في مواضع منحنيات المجرى.

- كلما زاد اتساع المجرى قلت سرعة المياه مع ثبات كمية المياه المتدفقة حيث أن أجزاء من المجرى الرئيس لحوض وادي قيقبة تقل به سرعة المياه مقارنة بالمجرى الرئيس لحوض وادي العلاقي والذي يضيق مجراه نسبياً، مما يساعد على زيادة سرعة المياه واندفاعها بشدة.



شكل (11) سرعة المياه في المجرى الرئيسي في حوض وادي العلاقي المصدر: التحليل الهيدرولوجي ببرنامج (HEC-RAS)

خامساً: النتائج

رواسب عمليات التعدين العشوائي

نظراً لما تتمتع به الأودية الجافة في منطقة الدراسة والتي تتبع من منطقة تتكون من الصخور النارية والقاعدية والتي تزدهر بالمحتوى المعدني، فقد تعرض حوض وادي العلاقي لعمليات تقطيع لأوديته وتغيير لشكلها المورفولوجي نتيجة لعمليات الحفر والبحث عن المعادن، وقد تكونت مجموعات ضخمة من الأكوام الترابية الناتجة عن عمليات الطحن والحفر في الصخور، مما قد يتسبب مستقبلاً في فيضانات ملينة بالرواسب التي قد تغير من مورفولوجية حوض وادي العلاقي في حالة

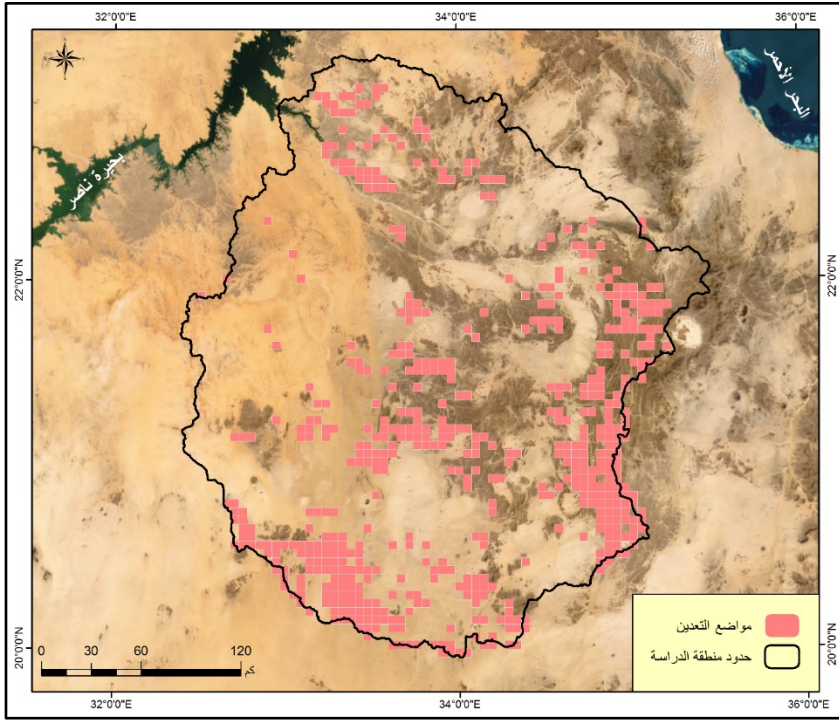
سقوط كميات كبيرة من المياه التي تسحب معها كميات الرواسب الموجودة في بطون الأودية.

لقد تم في هذه الدراسة حصر وتحديد مواقع التعدين (أو البحث عن معدن الذهب) وكذلك المناطق التي حدثت بها تغيرات بالعامل البشري داخل حوض وادي العلاقي وبقبة، باستخدام خدمة الويب للأقمار الصناعية التي تقدمها شركة ايزري (Esri Imagery Service) حيث تم تقسيم حوض العلاقي إلى شبكة من المربعات أبعادها 5×5 كم، وقد بلغ إجمالي عددها 3170 مربعاً (بمساحة 79250 كم²)، منها مربعات وقعت على حدود الحوض (خط تقسيم المياه) تم تجزئتها طبقاً لحدود الحوض، وبالتالي بلغت إجمالي مساحة المربعات داخل الحوض فعلياً 75300 كم² شكل (12).

وبعد الانتهاء من عملية الفحص والتدقيق، بلغت مساحة المناطق التي ظهرت بها مواضع التحجير والتعدين 13161.2 كم²، وهي المناطق التي حدثت بها تغيرات مورفولوجية لخصائص سطح الأرض داخل الحوض؛ نتيجة لتقطيع وحفر بطون الأودية ومجاريها الفرعية والرئيسة وجوانبها وكذلك قمم المرتفعات والتلال وغيرها مما أدى إلى تغير ملامح السطح بالمنطقة، وتبلغ نسبة المناطق التي حدثت بها تغيرات بفعل عمليات التعدين حوالي 17.5 % من إجمالي مساحة حوض العلاقي.

وقد بلغت مساحة المناطق التي لم تتعرض للتغيرات أو التي لم تمتد لها الأيدي البشرية بعمليات التقطيع والحفر الناتج عن عمليات البحث عن الذهب أو المعادن الأخرى، أو لأغراض أخرى حوالي 62138.8 كم² من إجمالي مساحة المربعات التي تمت فحصها لحوض وادي العلاقي. أي أن حوالي 82.5 % من مساحة المنطقة لم تتعرض للتغيرات المورفولوجية نتاج التعدين.

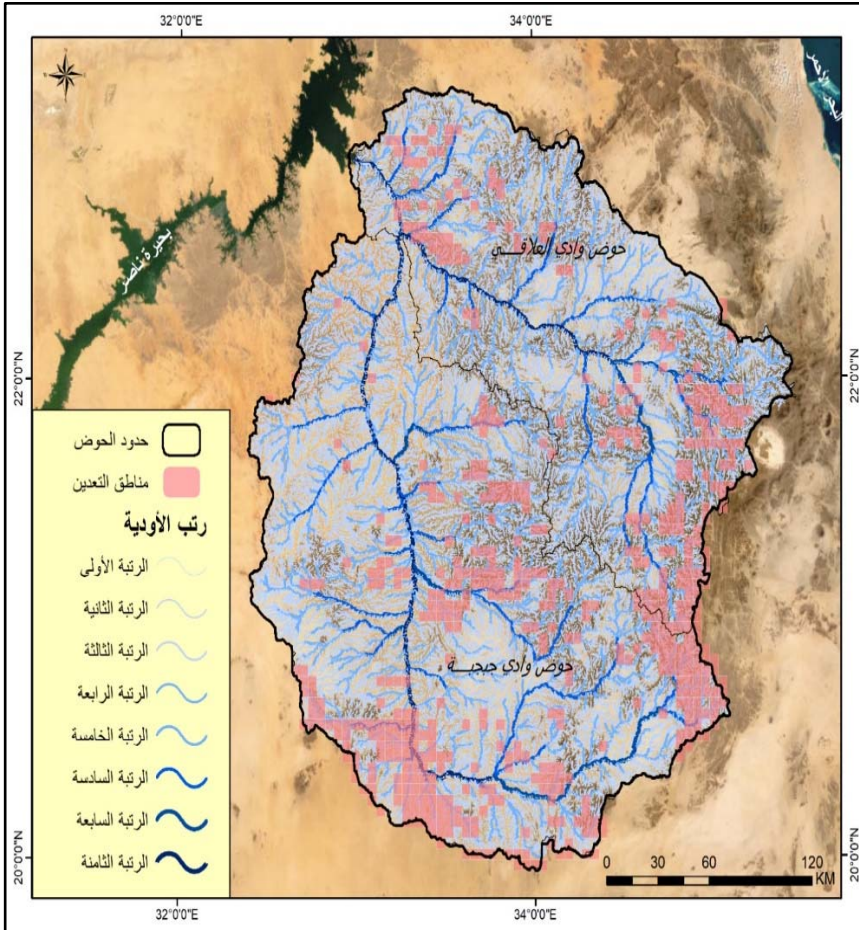
كما يوضح شكل (12) التوزيع الجغرافي لمواضع التعدين في حوض وادي العلاقي، حيث تتركز عمليات التعدين في المناطق التي توجد بها الصخور النارية والقاعدية؛ في منطقة خط تقسيم المياه بين حوض وادي العلاقي وعند منابعه الرتب الأولى والثانية والأحواض المجاورة له والتي من أهمها حوض وادي كراف (دثيب) في الشرق، وحوض وادي حلفا في الجنوب، وحوض وادي خريط والقلب في الشمال والشمال الشرقي.



شكل (12) مناطق التعدين في حوض وادي العلابي
المصدر: عمل الباحث اعتماداً على برنامج (ArcGIS) وطبقة خدمات (Service Imagery)

ومن مطابقة الخريطة الجيولوجية مع شبكة تحديد مواقع التعدين لوحظ أن معظم مواقع التعدين تنتشر في مناطق التركيب الجيولوجي للصخور النارية التي تحتوي على عروق الكوارتز والتي توجد بها التشققات الصخرية التي تحتوي على الذهب، وتتم عمليات التعدين في الجانب السوداني بتحريك المعدات الثقيلة في بطون الأودية الجافة، والتي يتم تسوية التربة أمامها لتسهيل حركتها إلى الصخور والمناطق المرتفعة، مما يتسبب في تفتيت التربة وتكسير الصخور وتعرضها للحركة مع أي جريان سيلي للمياه عند سقوط كميات كافية من الأمطار على الحوض.

يوضح جدول (6) الخصائص المورفومترية لحوض وادي العلابي والأودية المتأثرة بعمليات التعدين به، حيث بلغ إجمالي أعداد روافد الأودية في الحوض 35828 رافداً وإجمالي أطوالها 43012.7 كم، وبالنسبة لإجمالي أطوال الأودية المتأثرة بعمليات التعدين فقد بلغ 3444.5 كم، بنسبة 8 % من إجمالي أطوال الأودية بالحوض، وأعداد الأودية المتأثرة 5881 رافداً (بشكل كامل أو جزئي)، بنسبة 16.4 % من إجمالي أعداد الأودية بالمنطقة، كما يوضحه شكل (13).



شكل رقم (13) التوزيع الجغرافي لمناطق التعدين ومواقعها في رتب أودية حوض وادي العلاقي

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على برنامج (ArcGIS)

كما تبين من تحليل جدول (6) أن أودية الرتبة الخامسة أقل أودية المنطقة تأثراً بعمليات التعدين حيث بلغ إجمالي أطوالها 1463.7 كم، وبلغ إجمالي أطوال الأودية المتأثرة في هذه الرتبة 165.9 كم أي بنسبة 11.3% من إجمالي أطوال الأودية في هذه الرتبة، أما أكثر رتب الأودية المتأثرة بعمليات التعدين فتتمثل في الرتبة السابعة، حيث تأثرت أجزاء كبيرة من هذه الرتبة بنسبة 21.8% من إجمالي أطوالها البالغة 121.9 كم، أي تأثرت أجزاء كبيرة من الرتبة السابعة بطول 26.6 كم، وقد يرجع ذلك لسهولة الوصول لجوانب وبطن الأودية ودخول المعدات والسيارات بها ووفرة الخام من المعادن في صخورها كما يتضح من شكل (13).

جدول (6) الخصائص المورفومترية للأودية المتأثرة بعمليات التعدين في حوض العلاقي

الرتبة	عدد الروافد	إجمالي الأطوال (كم)	أعداد الأودية المتأثرة بالتغير		أطوال الأجزاء المتأثرة من الأودية لكل رتبة	
			العدد	%	إجمالي الأطوال (كم)	%
1	27854	21806.3	4651	17	3301.7	15.1
2	6214	10792.3	952	15	1644.4	15.2
3	1375	5400.2	215	16	814	15.1
4	304	2538.7	44	14	354.1	13.9
5	65	1463.7	11	17	165.9	11.3
6	13	660.9	5	38	120	18.2
7	2	121.9	2	100	26.6	21.8
8	1	228.8	1	100	17.9	7.8
الاجمالي	35828	43012.7	5881	...	3444.5	...

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على برنامج ArcGIS ونموذج الارتفاع الرقمي SRTM، بدقة 30 متر

ويوضح جدول (7) الخصائص المورفومترية لحوض وادي قبقبة والأودية المتأثرة بعمليات التعدين به، حيث بلغ إجمالي أعداد روافد الأودية في الحوض 52621 رافداً وإجمالي أطوالها 65393.3 كم، وبالنسبة لإجمالي أطوال الأودية المتأثرة بعمليات التعدين فقد بلغ 11883 كم، بنسبة 18.2 % من إجمالي أطوال الأودية بالحوض، وأعدادها 10538 رافداً، حيث تزيد مساحة حوض وادي قبقبة على مساحة وادي العلاقي وكذلك عدد الروافد التي حدث لها تغير في مورفولوجيتها متأثرة بعمليات التعدين.

على العكس من حوض العلاقي فإن أودية الرتبة السابعة تعد أقل أودية الحوض تأثراً بعمليات التعدين، والتي بلغ إجمالي أطوالها 261.9 كم، وبلغ إجمالي أطوال الأودية المتأثرة بها 22.8 كم أي بنسبة 9% من إجمالي أطوال الأودية في هذه الرتبة، أما أكثر رتب الأودية المتأثرة بعمليات التعدين في حوض قبقبة فتتمثل في الرتبة الخامسة، حيث تأثرت أجزاء كبيرة من هذه الرتبة بنسبة 23 % من إجمالي أطوالها البالغة 2007.7 كم، حيث بلغ إجمالي أطوال الأودية المتأثرة 458.8 كم، كما يوضحه جدول (7).

جدول (7) الخصائص المورفومترية لحوض وادي قبقبة والأودية المتأثرة بعمليات التعدين

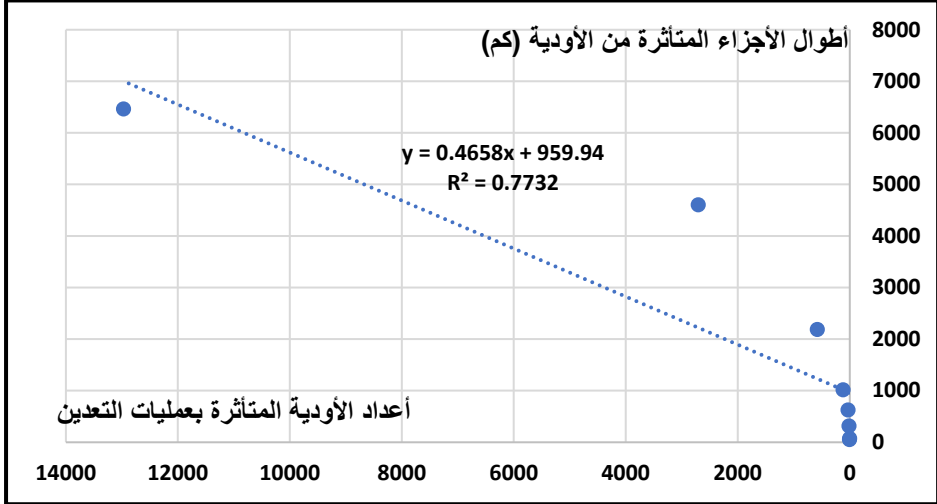
الرتبة	عدد الروافد	إجمالي الأطوال	أعداد الأودية المتأثرة بالتغير		أطوال الأجزاء المتأثرة من الأودية لكل رتبة	
			العدد	%	إجمالي الأطوال (كم)	%
1	40898	33479.7	8318	20	6161.6	18
2	9203	16529.7	1754	19	2958.7	18
3	1948	7869.2	364	19	1371.9	17
4	436	3875.9	73	17	660.3	17
5	106	2007.7	19	18	458.8	23
6	24	981.8	6	25	194.4	20
7	5	261.9	3	60	22.8	9
8	1	387.4	1	100	54.5	14
الاجمالي	52621	65393.3	10538	...	11883	...

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على برنامج ArcGIS ونموذج الارتفاع الرقمي SRTM، بدقة 30 متر

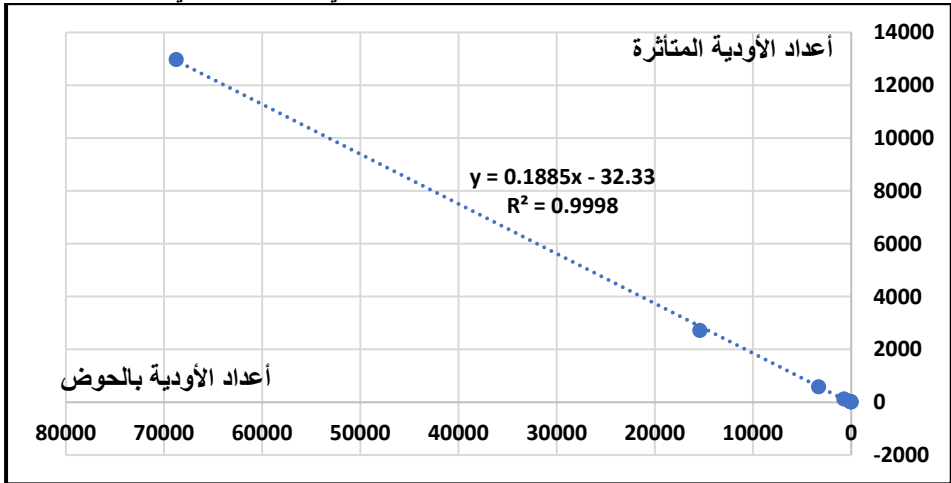
وفي محاولة لتحليل العلاقة بين أعداد الأودية التي تتم فيها عملية التعدين بفعل الإنسان وتدخله البشري مع الملامح الجيومورفولوجية المكونة لمجاري أودية الحوض، واعتبار أعداد هذه الأودية أو مجاريها كعامل مستقل independent (س أو X) على المحور الأفقي، وأطوال الأودية أو المجاري المتأثرة بعملية التعدين هذه (بالكيلومتر) واعتبارها متغيراً تابعاً (ص أو Y) اتضح أن درجة الارتباط بينهما 0.77 وهو ارتباط قوي. كما اتضح من تحليل الانحدار أن معدل التغير 0.47 وهذا يعني أنه كلما زاد عدد مجاري الأودية التي تتم فيها أو ترتبط بها عمليات التعدين وادياً واحداً زاد الجزء من مجاري الأودية التي ترتبط بها عمليات التعدين 0.47 كم (أي تزيد بمقدار 470 متراً) كما في شكل (14).

وقد اتضح أيضاً حينما تم عمل التحليل العددي فقط بين أعداد الأودية بالحوض وأعداد الأودية المتأثرة بعملية التعدين للوصول إلى المقدار الذي أمكن للتدخل البشري أن يتعامل بشكل واسع مع مجاري هذه الأودية بالحوض، اتضح أن معامل الارتباط 0.99 هو ارتباط قوي جداً. كما اتضح من تحليل الانحدار أن معدل التغير 0.188 وهذا يعني أنه كلما زاد عدد الأودية بالحوض وادياً واحداً زادت أعداد الأودية التي تتم فيها عملية التعدين 0.188 من الأودية أي أنه كلما زاد الحوض 531

وإدياً زاد عدد مجاري الأودية التي يمكن أو بها عمليات التعدين وإدياً واحداً، أي أنه كل 531 وادي نجد وإدياً واحداً تتم فيه عمليات التعدين، كما يوضحه شكل (15).



شكل رقم (14) تحليل الانحدار الخطي بين أعداد الأودية المتأثرة بعمليات التعدين وأطوال الأجزاء المتأثرة منها في حوض العلاقي



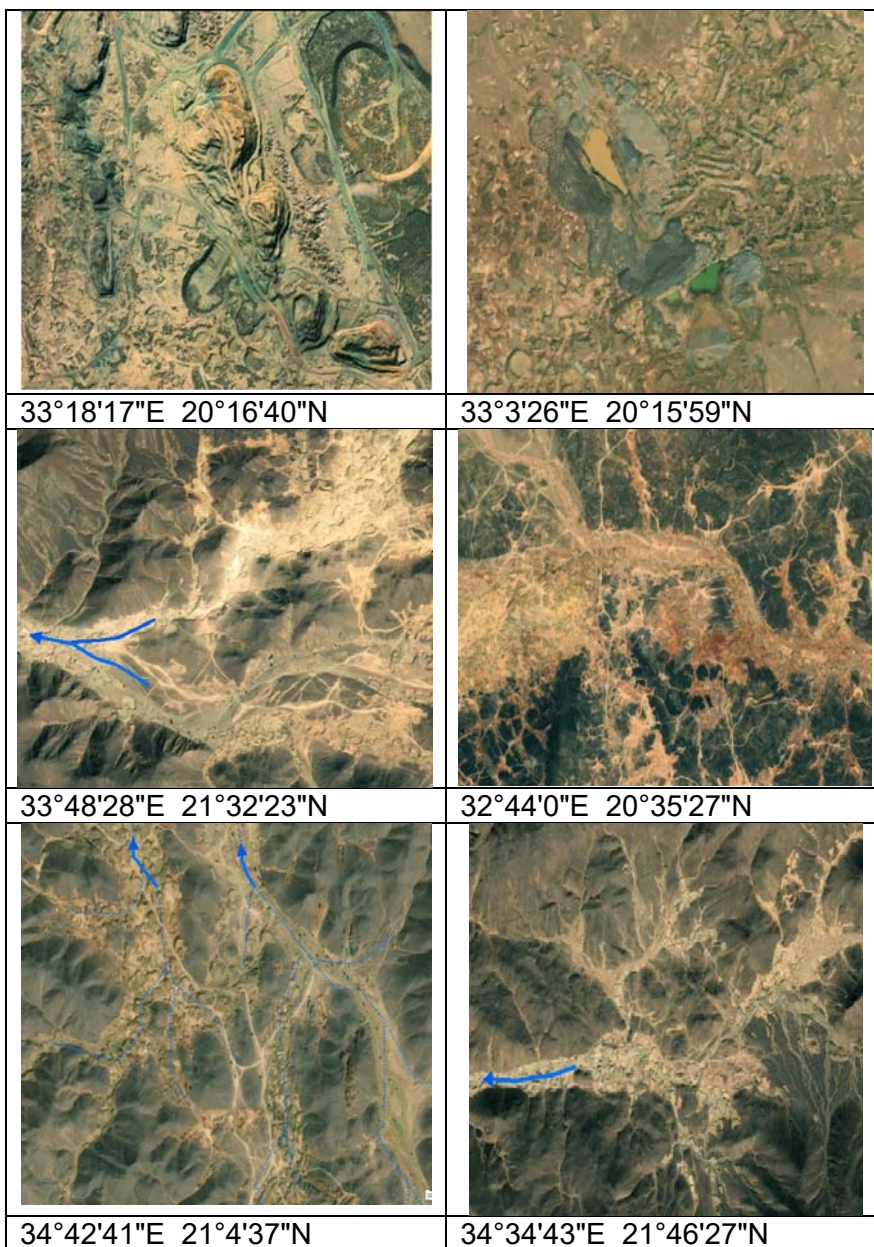
شكل رقم (15) تحليل الانحدار الخطي بين أعداد الأودية في الحوض وأعداد الأودية المتأثرة بعمليات التعدين في حوض العلاقي

وتختلف طريقة التعدين في حوض وادي العلاقي طبقاً لطبيعة الصخور التي تغطي سطح الأرض في الحوض، حيث تتم عملية التعدين في بطون الأودية بتكسير ونحت جوانب الأودية الرئيسية مع جمع ركام الحطام الصخري في بطون الأودية وهذا يزيد من الخطورة بالحوض بزيادة معدلات انجراف الرواسب أثناء الجريان السيلي كما يوضحه شكل (16).

كما تتم عملية التعدين أيضاً بعمل مسارات في بطون الأودية ومنحدراتها لتسهيل نقل المعدات إلى قمم المرتفعات والتلال الموجودة في الحوض، حيث تتم عملية التعدين هنا بتقطيع المرتفعات بالآلات وحفر التلال مع ترك بقايا الرواسب فوق المرتفعات، مما يزيد من خطورة حركة الرواسب في القطاع الأعلى للحوض أي المنابع والرتب الأصغر في الرتب النهرية الفرعية.

ويتبين أيضاً من تحليل نمط التغيرات التي حدثت داخل بطون الأودية وجوانبها وقمم الجبال التي تنبع منها اختلاف نمط التغيرات، فمنها تغيرات تظهر بشكل خطي يتماشى مع الأودية الضيقة وتظهر المفتتات داخل مجرى الوادي وهذه تمثل خطورة كبيرة لتراكمها في المجرى الضيق. ويظهر نمط آخر من التغيرات هلالية الهيئة يتماشى مع منعطفات مجاري الأودية، وبعضها يظهر تغيرات بشكل عشوائي وبأعماق كبيرة وترتبط هذه التغيرات بمدى وفرة الذهب في مناطق المناجم كما يوضحه شكل (16).

كما قد تبين من عمليات فحص المرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية ظهور النباتات الطبيعية في بعض المناطق داخل بطون الأودية التي تغذي وادي العلاقي ومجراه الرئيسي؛ خاصة بعد سقوط الأمطار على مرتفعات جبال البحر الأحمر، أي أن للخصائص المورفولوجية لوادي العلاقي دوراً مهماً في توزيع النبات الطبيعي وكثافته، فتتنامو الأشجار والشجيرات في الأجزاء العليا من الحوض عندما يستقبل الحوض كميات مناسبة من الأمطار، كما تظهر النباتات واضحة على جوانب الأودية والأجزاء المنخفضة داخل المجرى، وفي معظم مناطق التعدين حيث تتجمع المياه في الحفر ويسمح ذلك بنمو النبات الطبيعي، وينعدم ظهور النباتات في التكوينات الصخرية والأراضي الحصوية الخشنة؛ وتظهر النباتات أيضاً في المناطق القريبة من خور العلاقي على بحيرة ناصر ولا سيما المناطق المحيطة به، نظراً لغناها بالرواسب الفيضية الناعمة في مخرج الوادي وقربها من المياه.



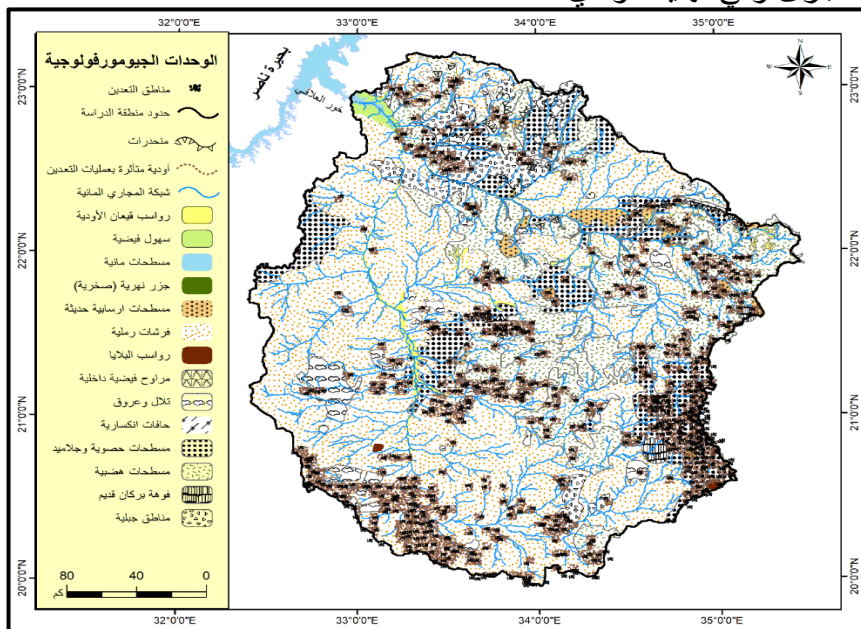
المصدر: عمل الباحث اعتمادا على برنامج (ArcGIS) وطبقة خدمات (Service Imagery)

شكل (16) نماذج لأشكال مواضع التعدين في حوض وادي العلاقي

الأشكال الجيومورفولوجية في حوض العلاقي

يوضح شكل (17) الأشكال الجيومورفولوجية لحوض وادي العلاقي، وبعض الأشكال المولدة عن عمليات التنقيب، ويتكون الحوض من أشكال بنائية وأشكال تحتائية الهضاب والجبال وأشكال إرسابية مثل المراوح

الفيضية والكثبان والفرشات الرملية، وغيرها، في المجرى الضيق، وتمثل هذه الرواسب مخزوناً ضخماً يمكن للسيول حملها ونقلها لأماكن أخرى، مما يتسبب في تدمير مناطق التعدين والتنمية العمرانية القريبة من المجرى وفي نهاية الوادي.



شكل (17) نماذج لأشكال مواضع التعدين في حوض وادي العلاقي
المصدر: عمل الباحث اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية مقياس (1: 50000 و
1: 250000) والصور الفضائية عالية الدقة (Esri, Imagery) وباستخدام
برنامج (ArcGIS).

ويظهر من الخريطة مجموعة من الأشكال الإرسابية التي تبلغ مساحتها 52061.7 كم² بنسبة 69.2% من إجمالي مساحة الأشكال بالمنطقة ومن أهمها (رواسب البلايا، والمراوح الفيضية الداخلية ورواسب قيعان الأودية والفرشات رملية وغيرها)، حيث تبلغ مساحة مواضع البلايا التي تم رصدها بالحوض 7 مواقع بمساحة 91.6 كم²، ونسبتها 0.1% من مساحة الأشكال، ويبلغ عدد المراوح الفيضية الداخلية التي تم رصدها 8 مواضع بمساحة 143.3 كم².

وتظهر أيضاً أشكال أخرى ناتجة عن عمليات النحت من أهمها (الأشكال الهضبية، الجبلية) بمساحة 20356.5 كم² ونسبتها 27.1%، وتمثل الأشكال الهضبية حوالي 16845.6 كم² بنسبة 22.4% من نسبة الأشكال بالمنطقة، وتبلغ مساحة الأشكال الجبلية 3386.9 كم²، بنسبة 4.5% من جملة مساحة الأشكال بالمنطقة.

أما الأشكال البنائية فتبلغ مساحتها 2881.9 كم² بنسبة 3.8 % إجمالي مساحة الأشكال بالمنطقة، ومن أهمها الحافات الانكسارية والقواطع والسدود والفواصل باتجاهات واتساعات وسماكات مختلفة وفوهات البراكين القديمة، حيث تعد فوهات البراكين منابعا للمجري المائية التي تغذي وادي العلاقي وعددها 3 فوهات بركانية، تبلغ مساحتها 308 كم² بنسبة 0.4 % من جملة الأشكال بالمنطقة.

تظهر في وادي العلاقي أشكال جيومورفولوجية متنوعة أمكن رصدها من المرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية منها أشكال بفعل عمليات النحت والإرساب المائي والهوائي وأخرى نتجت بفعل العامل البشري الذي أثر في مورفولوجية أجزاء من الحوض، ومن أهم الأشكال الجيومورفولوجية التي تم رصدها (المراوح الفيضية وأشكال البلايا) والتي يمكن تناول نماذج منها كما يلي: -

جدول (8) الأشكال الجيومورفولوجية في نطاق عمليات التفتيق بحوض وادي العلاقي

أنواع الأشكال	عدد الحالات	جملة المساحة كم ²	نسبة مساحة الأشكال %	متوسط مساحة الأشكال كم ²
رواسب البلايا	7	91.6	0.1	11.4
مراوح فيضية داخلية	8	143.3	0.1	19.8
رواسب قيعان الأودية	25	1684.6	2.2	67.4
سهول فيضية	6	300.3	0.4	50.0
مسطحات ارسابية حديثة	18	945.3	1.3	52.5
فرشات رملية	64	39745	52.9	622.0
مسطحات حصوية وجماميد	101	9151.5	12.2	90.6
مسطحات هضبية	37	16845.6	22.4	455.3
مناطق جبلية	43	3386.9	4.5	78.8
خور العلاقي	1	124.0	0.2	124.0
جزر نهريّة- صخرية	328	7	---	---
حافات انكسارية	9	107	0.1	11.9
تلال وعروق	36	2459.9	3.3	68.3
فوهة بركان قديم	3	308	0.4	102.7

المصدر: عمل الباحث اعتمادا على الخرائط الطبوغرافية مقاييس (1: 50000 و 1: 250000) والصور الفضائية عالية الدقة (Esri, Imagery) وباستخدام برنامج (ArcGIS).

وقد تبين من تحليل الخريطة الجيومورفولوجية لوادي العلاقي وجود عدد من أشكال البلايا، وقد تم الاسترشاد بأشكال البلايا التي وجدت في

وادي صودمين بالقرب من ساحل البحر الأحمر، أثناء أعمال المساحة والاستكشافات الأثرية جنوب غرب كهف صودمين (Henselowsky & etal, 2022) في التعرف على ظاهرة البلياء في حوض العلاقي. وتعرف بحيرة البلياء بأنها أجسام مائية مغلقة قليلة العمق، تتكون في مناطق ذات مناخ جاف، وتتعرض للجفاف بصورة متكررة مخلقة وراؤها سهولا طينية أو بلياء (Rosen, 1994).

بلغ عدد البلياء التي تم رصدها في حوض وادي العلاقي في 7 مواقع، تختلف في أبعادها، حيث يبلغ أقصى طول للبلياء في الموقع (رقم1) بطول 3624 متراً وأقصى عرض 3196 متراً، وبمساحة 9700960 متراً مربعاً وسعتها التخزينية حوالي 476724766 م³ (476.7 مليون م³) من المياه في حالة سقوط أمطار فوقها حيث تبلغ قاعدتها على منسوب 559 متراً فوق مستوى سطح البحر ومنسوب قمتها على ارتفاع 650 متراً فوق منسوب سطح البحر كما يوضحه جدول (9).

جدول (9) خصائص أحواض البلياء في حوض وادي العلاقي

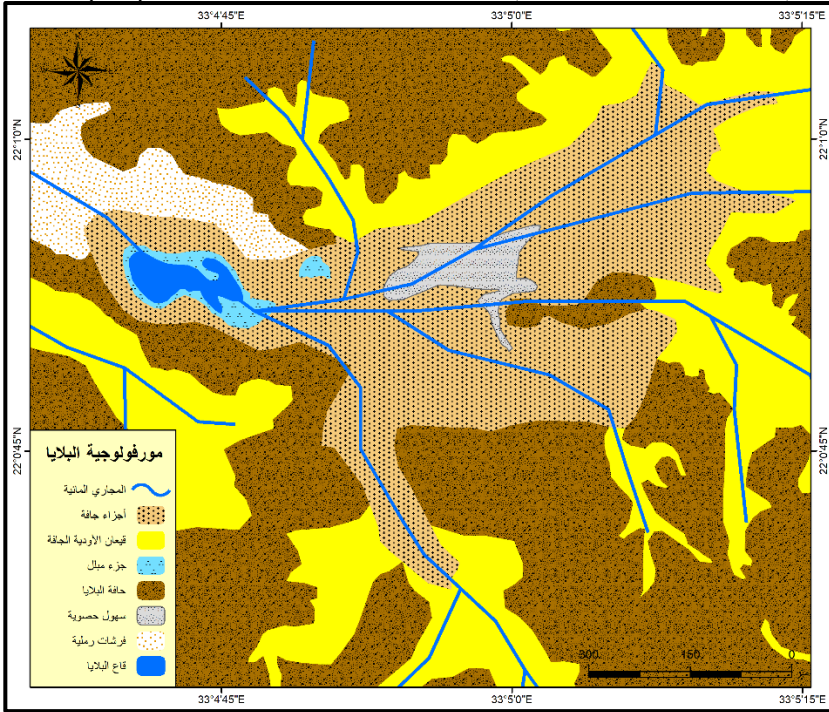
رقم البلياء	الطول م	العرض م	المساحة م ²	السعة التخزينية م ³	مستوى القاعدة م	مستوى جوانب البلياء م
1	3624	3196	9700960	476724766	559	650
2	1180.8	562.5	568864.3	2274237	294	300
3	906.8	336.7	267209.7	2081963	231	259
4	1816.1	1165.4	1723345.7	26371028	406	427
5	1594	567.7	1020033.8	13222602	670	692
6	3191.2	2900	6427040	435863781	507	576
7	3885	3132.3	9370571	67204242	292	316

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية مقاييس (1: 50000 و 1: 250000) والصور الفضائية عالية الدقة (Esri, Imagery) وباستخدام برنامج (ArcGIS).

ويتضح من شكل (18) الخصائص الطبيعية للبلياء (رقم-3) كنموذج حالة للأشكال الجيومورفولوجية بالمنطقة، حيث تظهر بشكل غير منتظم، وجزء منها جاف والآخر يمتلئ بالمياه بعد سقوط الأمطار، وهي تقع بين مجموعة من التلال، تنحدر نحوها بعض الأودية، تتكون تربة هذه البلياء من رواسب الأودية والحجر الرملي النوبي، وتنحصر مناسيب حوض البلياء رقم-3 بين 238 : 253 متراً فوق منسوب سطح البحر، أي بفارق منسوب يصل إلي 15 متراً حيث تنحدر جوانب البلياء بشكل تدريجي حتى هذا المنسوب مما ساعد في تجمع المياه في أحد الجوانب.

ويتبين من تحليل المركب الجيومورفولوجي الذي يحيط بالبلايا انحدار مجموعة من الروافد باتجاه موضع البلايا وتحيط بها التلال والحافات وتنتشر حول البلايا سهول حصوية وفرشات رملية وتمتلئ البلايا بالمياه عقب سقوط الأمطار والتي تصل لها من الأودية المنحدرة نحوها، مما يساعد في نمو النباتات بشكل مؤقت.

كما تظهر البلايا مجاورة لتلال من الصخور الأركية ويميل المجرى في المنطقة إلى الوضع المغلق مما حول موضع البلايا لمنطقة ارساب وتظهر البلايا رطبة جزئياً في وقت من السنة أثناء حدوث جريان في موسم المطر، وقد أمكن رسم خريطة جيومورفولوجية شكل (18).

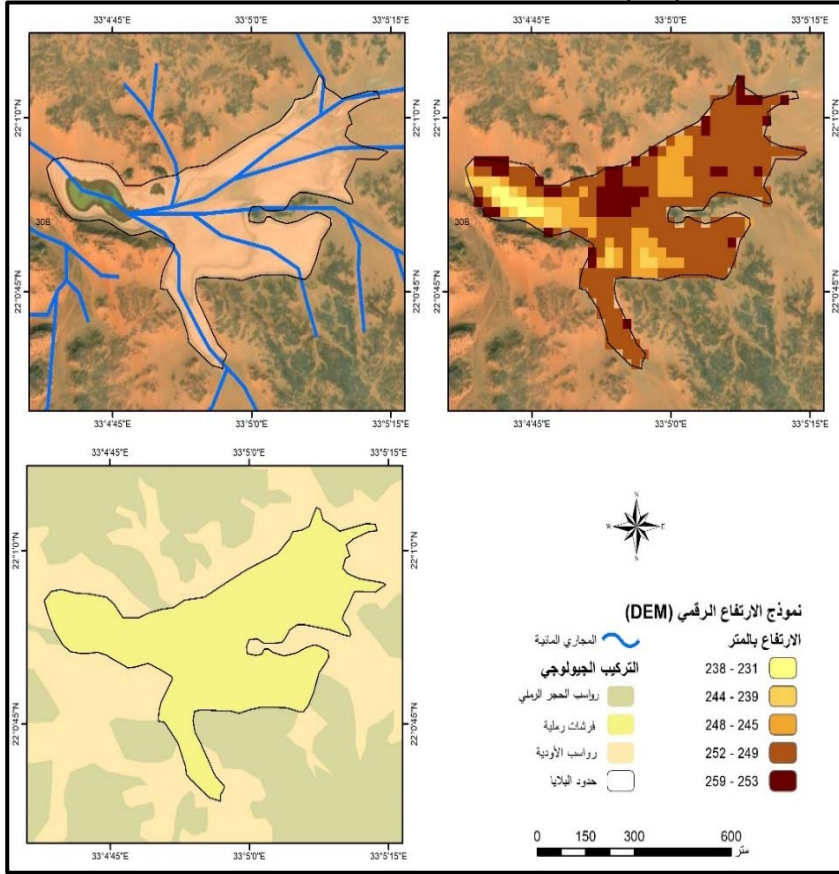


شكل (18) نموذج لأحد أشكال البلايا في حوض وادي العلاقي

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية مقياس 1: 50000 و 1: 25000 والصور الفضائية عالية الدقة

لقد تم التعرف على موضع البلايا بناء على دراسات سابقة وضحت ظهور بلايا في أحواض الصحراء الشرقية مثل بلايا حوض وادي صودمين، وقد تم التعرف على موضع البلايا من خلال مجموعة من البيانات يأتي في مقدمتها الفحص البصري والآلي لصور الأقمار الصناعية عقب سقوط الأمطار لتحديد مناطق تجمع المياه والمواقع المنخفضة داخل المجرى، كما تم التحقق من ذلك من خلال نماذج

الارتفاعات الرقمية DEM، والخرائط الطبوغرافية للمنطقة (1) كما يوضحه شكل (19).



كذلك يوجد في حوض وادي العلاقي مجموعة من المراوح الفيضية الداخلية التي تظهر على نهاية الأودية الفرعية التي تلتقي بمجرى وادي العلاقي وقبقة وقد تم دراسة نموذج منها على مخرج وادي أبو عراقة الذي يصب في وادي قبقة، والتي تبلغ مساحتها 34225020 متراً مربعاً، ويظهر في المروحة أشكال الجيومورفولوجية متنوعة منها (الحواجز الحصوية، ورواسب البيدمونت، والفرشات الرملية والمجاري الجافة والمراوح المركبة والسطوح الحصوية الحديثة والقديمة) كما يوضحه جدول (10).

1) <https://www.madmappers.com/mapset.php?MS=182>

جدول (10) الخصائص الجيومورفولوجية لمروحة وادي أبو عراقة في حوض وادي قبقبة

المساحة م ²	عدد الحالات المقاسة	الأشكال
187791	3	التلال المنعزلة
3128205.1	58	الحواجز الحصوية
2397358.5	8	رواسب البيدمونت
1000304	1	فرشات رملية
7684675.4	25	قيعان المجاري المتسعة الجافة
658159.2	4	مراوح مركبة
14094308.2	20	مسطحات رسوبية حديثة
5074219	19	مسطحات رسوبية قديمة
34225020	138	الإجمالي

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية مقياس (1: 50000 و 1: 250000) والصور الفضائية عالية الدقة (Esri, Imagery) وباستخدام برنامج (ArcGIS).

ويتبين من شكل (20) الذي يوضح تحليل لبعض خصائص المركب الجيومورفولوجي للمروحة تنوع الأشكال الجيومورفولوجية والتي من أهمها المجاري الجافة التي تقطع سطح المروحة وقد بلغ إجمالي مساحة قيعانها وجوانبها 7684675.4 متراً مربعاً، وتظهر المسطحات الحصوية القديمة في الجزء الأعلى من المروحة بمساحة 14094308.2 متراً مربعاً وتنتشر في أجزاء مختلفة تتخللها الأودية الجافة، أما المسطحات الحصوية الحديثة فتبلغ مساحتها 5074219 متراً مربعاً وتنتشر في الجزء الأدنى من المروحة.

وترتبط بالمروحة مجموعة من المراوح المركبة الصغيرة تبلغ مساحتها 658159.2 متراً مربعاً، ويوجد على جوانب المروحة رواسب البيدمونت التي تبلغ مساحتها 2397358.5 متراً مربعاً، وتنحدر رواسبها من الحافة التي تحيط بالمروحة، وتنتشر الحواجز الحصوية في أجزاء متفرقة داخل المروحة بمساحة 3128205.1 متراً مربعاً؛ مما يساعد في تنوع الأشكال الجيومورفولوجية التي ترتبط بالمروحة.

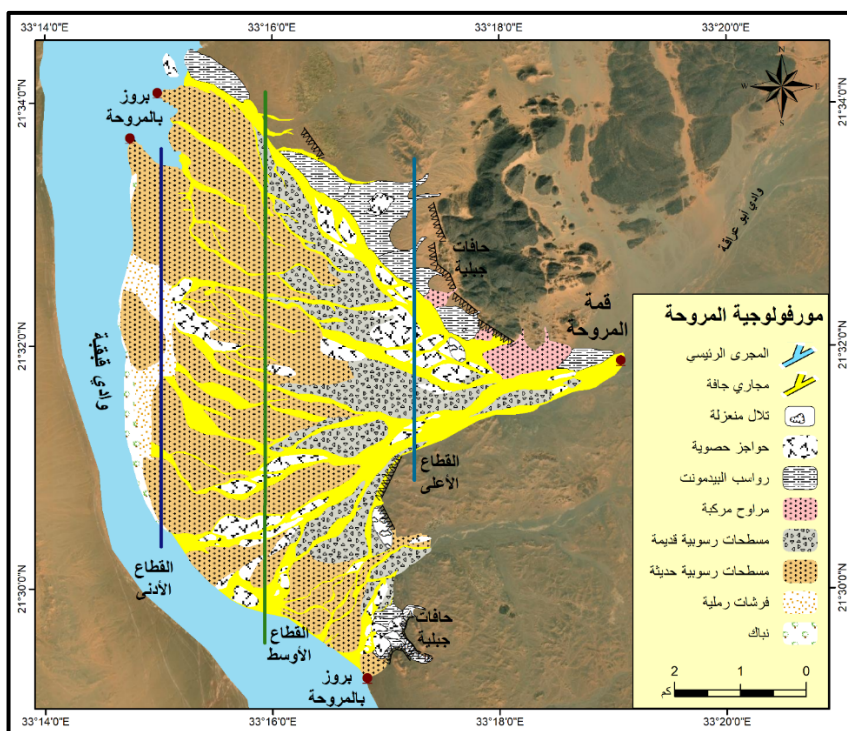
أمكن من تحليل الصور الفضائية تمييز خصائص الأودية التي تقطع سطح المروحة، حيث تبين تفاوت اتساع المجرى فوق سطح المروحة في الجزء الأعلى عن الجزء الأوسط وعن الجزء الأدنى للمروحة، حيث يتراوح اتساع المجاري في الجزء الأعلى والذي يعرف بـ Upper-fan ما بين 9 : 565 متراً في حين يزيد الاتساع في الجزء الأوسط والذي يعرف بـ Middle-fan ما بين 12 : 671 متراً، أما القطاع

الأدنى والذي يعرف بـ Lower-fan فيتراوح اتساع المجاري به بين 26 : 263 متراً كما يوضحه جدول رقم (11).

جدول (11)

خصائص القطاعات العرضية واتساع المجاري المائية على سطح المروحة الفيضية قيد الدراسة

القطاع	طول القطاع (متر)	عدد الأودية بالقطاع	متوسط اتساع المجاري (متر)
القطاع الأعلى - Uper-fan	3000	14	9 : 565
القطاع الأوسط Middle-fan	7000	33	12 : 671
القطاع الأدنى Lower-fan	5500	23	26 : 263



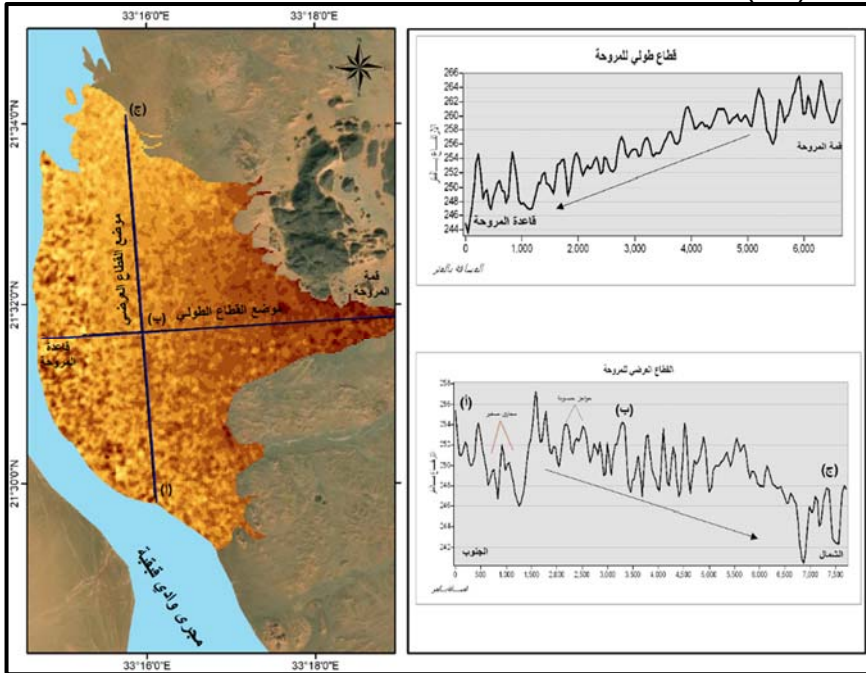
شكل (20) جيومورفولوجية إحدى المراوح الفيضية على الجانب الشرقي لمجرى وادي قبققة

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية بمقاييس (1:50000 و 1:250000) والصور الفضائية عالية الدقة (Esri, Imagery) وباستخدام برنامج (ArcGIS).

ويتبين أيضاً من شكل (20) أن الرواسب الخشنة تتركز في الجزء الأعلى والأوسط من المروحة والرواسب الأقل مساحة وأقل حجماً تنقل إلى الجزء الأدنى من المروحة، ويتبين من تحليل شبكة المجاري المائية التي تقطع سطح المروحة وجود شبكة كثيفة من المجاري تختلف في

خصائصها وأبعادها وهي تنتشر بشكل إشعاعي من قمة المروحة نحو الأطراف وتقل أعداد المجاري عند قاعدة المروحة مع زيادة اتساع مجاريها.

يتكون القطاع الأعلى من المروحة من مراوح مركبة صغيرة تنحدر من الحافة الجبلية القريبة من قمة المروحة، أما القطاع الأوسط فتظهر به الحواجز الحصوية التي تحيط بها المجاري المائية؛ مما يؤدي إلى تقطيع أجزاء المروحة، ويظهر في القطاع الأدنى من المروحة أشكال النباك خاصة في نهايات المجاري التي تقطع المروحة الفيضية كما يوضحه شكل (21).



شكل (21) القطاع الطولي والعرضي للمروحة

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وباستخدام برنامج (ArcGIS)

ومن تحليل القطاع الطولي للمروحة بلغ أقصى طول لها 7618 متراً، وتقع قمة المروحة على ارتفاع 264 متراً فوق سطح البحر وقاعدتها على ارتفاع 244 متراً فوق سطح البحر وفرق الارتفاع هو 20 متراً، وقد بلغت درجة الانحدار للمروحة 0.157° والتي تبين أن هذه المروحة من نوع المراوح المسطحة والتي يقل انحدارها عن 2°، ويبلغ معدل الانحدار على القطاع الطولي 0.26%. وتبين من تحليل القطاع العرضي للمروحة حالة الدراسة أن أقصى عرض لها 6952 متراً، وتنحدر جوانب المروحة من الجنوب إلى الشمال، ويظهر سطح

المروحة في متدرج تقطعه الأودية وتتخلله الحواجز الحصوية التي يزيد تواجدها في الجنوب وتقل باتجاه الشمال حيث الرواسب الناعمة.

طرق مواجهة أخطار السيول

تبين من تحليل الخصائص الهيدرولوجية لحوض العلاقي خلال 50 عاماً القادمة أنها قد تتعرض لكمية من مياه الأمطار قد يصل عمقها إلي 45.8 ملم خلال يوم واحد مما قد ينتج عنه جريان سطحي بمقدار 1899324320 متراً مكعباً (1.9 مليار م³) من المياه، بالإضافة إلي كميات الرواسب التي قد تجلبها المياه معها نتيجة لوجود كميات ضخمة من وراسب عمليات التعدين والتنقيب عن الذهب في الجانب السوداني، الأمر الذي ينتج عنه أخطاراً جيومورفولوجية تحتاج إلي وقفها، وذلك ببناء مجموعة من السدود تستوعب هذه الكمية من المياه والرواسب معاً والتي يوضحها جدول (12).

وقد اقترح الباحث في هذه الدراسة تصميم سدين على مخرج كل من وادي قبقبة والعلاقي، لتخزين مياه السيول ووقف حركة الرواسب والمفتتات التي تجرى داخل الحوض نتيجة لتفتت الصخور بعوامل التعدين والتدخل البشري، حيث يحتاج وادي قبقبة لإنشاء سد بارتفاع 30 متراً تكون قاعدته على ارتفاع 195 متراً فوق سطح البحر وبطول 1760 متراً، على نهاية مجرى الوادي قبل التقائه بمجرى وادي العلاقي، يمكنه استيعاب حوالي 1377135109 متراً مكعباً (1.38 مليار م³) من المياه، وبناء سد على مخرج وادي العلاقي قبل اتصاله بمجرى وادي قبقبة بارتفاع 30 متراً، وبطول 1908 متراً، وقاعدته على ارتفاع 200 متراً فوق سطح البحر، ويمكنه استيعاب حوالي 663257388 متراً مكعباً (0.66 مليار م³) من المياه، ومن ذلك يمكن تخزين كمية المياه وحجز الرواسب التي قد تتسبب في تدمير عمليات التنمية المستقبلية في حوض وادي العلاقي.

جدول (12) خصائص السدود المقترح بنائها على مخرج حوضي وادي العلاقي وقبقبة

اسم الحوض	ارتفاع قاعدة السد (متر)	قمة السد (متر)	ارتفاع السد (متر)	حجم الخزان (م ³)	مساحة الخزان (كم ²)	طول السد (متر)
وادي قبقبة	195	225	30	1377135109	108	1760
وادي العلاقي	200	230	30	663257388	73.5	1908

المصدر: عمل الباحث باستخدام برنامج (ArcGIS) ونموذج الارتفاع الرقمي

(DEM) بدقة 30 متراً من نوع (AW3D) ونتائج جدول (3 و 5).

يوضح جدول (13) السعة الاستيعابية للخزانات من السدود المقترحة في حوضي العلاقي وقبقبة حيث يمكن لخزان سد وادي العلاقي استيعاب كميات المياه الجارية عند تدفقها في المجرى الرئيسي في حالة الزمن

التكراري 3 أعوام القادمة والتي قد تسقط فيها أمطار بكميات 2 ملم والتي قد تحدث صافي جريان في المجرى بمقدار 2822024 م3 (2.8 مليون م3) من المياه، وسوف تنحصر المياه أمام السد بين منسوب 200 متراً (قاعد السد) وحتى منسوب 210 متراً فوق سطح البحر أمام السد، أي أن المياه سوف ترتفع لتصل إلى ثلث ارتفاع السد المتوقع أن يكون 30 متراً فوق سطح الأرض في موضعه.

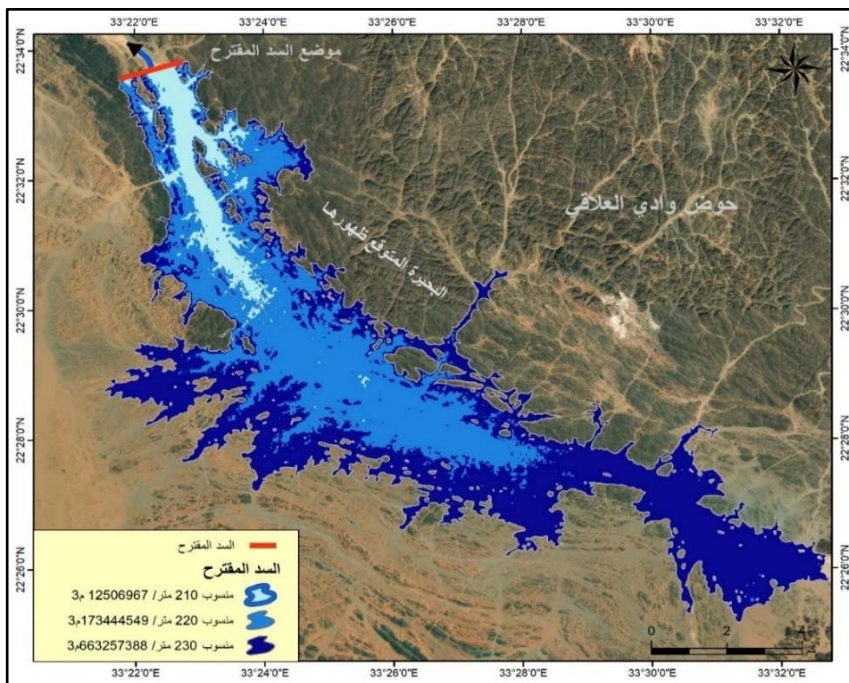
ويمكن عند منسوب 230 متراً فوق سطح البحر أي بكامل قوة السد استيعاب كميات المياه المتدفقة من الزمن التكراري 50 عاماً القادمة والتي قد يحدث فيها كميات أمطار قد تصل إلى 32.8 ملم وسوف يحدث جريان سطحي في حوض وادي العلاقي بمقدار 663257388 م3 من (0.66 مليار م3) المياه. كما يتضح من شكل (22).

جدول (13) السعة الاستيعابية للخزانات من السدود المقترحة في حوضي العلاقي وقبقة

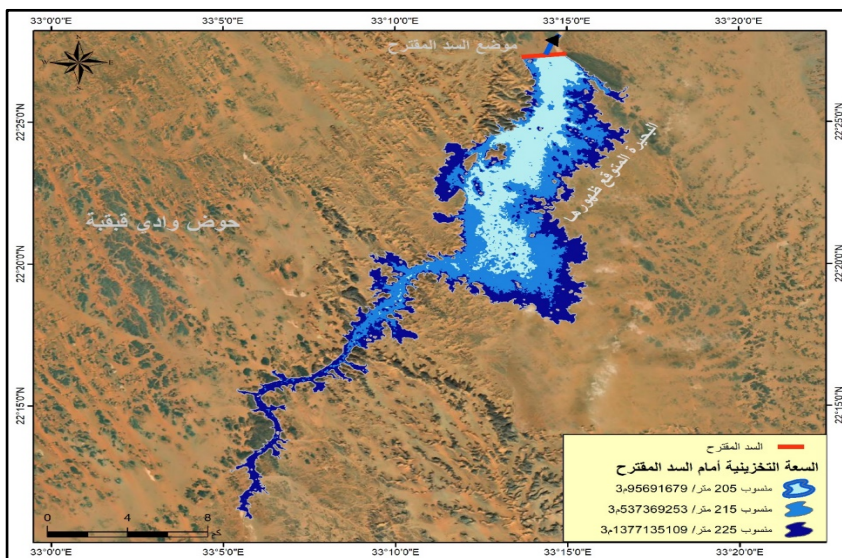
السعة بالمليون م3 من المياه	سد وادي قبقة	مناسيب التخزين أما السد (الارتفاع بالمتر)	سد وادي العلاقي	مناسيب التخزين أما السد (الارتفاع بالمتر)
	السعة الاستيعابية م3		السعة الاستيعابية م3	
0.95	95691679	المنسوب 195 (205 : متر)	12506967	المنسوب 200 : (210 متر)
537.4	537369253	المنسوب 195 (215 : متر)	173444549	المنسوب 200 : (220 متر)
1377	1377135109	المنسوب 195 (225 : متر)	663257388	المنسوب 200 : (230 متر)

المصدر: عمل الباحث باستخدام برنامج (ArcGIS) ونموذج الارتفاع الرقمي (AW3D) بدقة 30 متراً.

أما بالنسبة للسعة الاستيعابية لخزان سدود وادي قبقة المقترح فيمكن له استيعاب كميات المياه الجارية عند تدفقها في المجرى الرئيسي عند حالة الزمن التكراري 3 أعوام القادمة، والذي قد يحدث صافي جريان في المجرى الرئيسي لوادي قبقة بمقدار 4756825 م3؛ ويمكن لخزان هذا السد أن يستوعب عند منسوب 225 متراً فوق سطح البحر (أي بكامل قوة السد) كميات المياه المتدفقة من الزمن التكراري 50 عاماً القادمة والتي تقدر بنحو 1377135109 م3 (1.38 مليار م3) من المياه، مما يساعد في عمليات الحفاظ على البيئة البرية داخل محمية وادي العلاقي، حيث أن هذه السدود تم اقتراح مواضعها في الجانب المصري للاستفادة من مياه السيول التي تحدث في وادي العلاقي وقبقة كما يوضحه شكل رقم (23).



شكل رقم (22) سد الحماية وتخزين المياه في حوض وادي العلاقي
المصدر: عمل الباحث اعتمادا نموذج الارتفاع الرقمي DEM وباستخدام برنامج
ArcGIS بأداة Surface Volume.



شكل رقم (23) سد الحماية وتخزين المياه في حوض وادي قبقبة
المصدر: عمل الباحث اعتمادا نموذج الارتفاع الرقمي DEM وباستخدام برنامج
ArcGIS بأداة Surface Volume.

ويمكن حصر أهم نتائج الدراسة فيما يلي: -

- تقل عملية البحث عن الذهب في المناطق التي تكثر بها الرمال في بطون الأودية.
- قد تتسبب الرمال المتراكمة في بطون الأودية في عملية انجراف الرواسب أثناء السيول مما يسبب أخطاراً على المناطق العمرانية والتنمية المستقبلية في الحوض.
- تتسبب مياه السيول في جرف الرواسب المطحونة والناجمة من مخلفات عمليات التعدين نحو نهاية المجرى.
- تقل مواضع التعدين عن الذهب في مناطق الكثبان والفرشات الرملية.
- يبدو من تحليل المرثبات الفضائية لحوض العلاقي أن عمليات التنقيب في الجانب السوداني تستخدم معها معدات ثقيلة لعمليات الحفر والتنقيب أما في الجانب المصري فتستخدم الآلات ومعدات خفيفة لا تؤثر تأثيراً كبيراً على مورفولوجية المنطقة والأشكال الجيومورفولوجية بها مقارنة بأعمال التنقيب في الجانب السوداني والذي تتم فيه تقطيع جوانب المجاري المائية وبتونها وتسوية التلال وتقطيع أجزاء كبيرة من المرتفعات.
- تزداد عملية التحجير في الأودية الضيقة وتختفي من الأودية كبيرة المساحة والمنتسعة المجرى والتي تكون مستوية السطح.
- تختلف عمليات التنقيب عن الذهب في الجانب المصري عنه في الجانب السوداني؛ حيث تزداد عمليات التنقيب وتنتسح في الجانب السوداني؛ وتقل في الجانب المصري، مما ساعد في تقليل عمليات تغير ملامح سطح الأرض ومورفولوجية في الأجزاء من وادي العلاقي في مصر.
- تتسبب أعمال التحجير والبحث عن معدن الذهب والمعادن النفيسة في تغير مورفولوجية السطح والأودية في المنطقة مما قد يؤدي إلي تغيرات جيومورفولوجية بظهور أشكال جديدة بفعل العامل البشري وتدخل الإنسان، حيث تظهر أشكال مثل البلايا تتجمع فيها مياه الأمطار بعد سقوطها ويستخدمها بعض النقابة (الباحثين عن الذهب) في توفير مياه للاستخدام البشري ولأغراض طحن واستخلاص معدن الذهب.
- قد تتسبب عمليات التحجير في ظهور ممرات جديدة لمجاري الأودية واختفاء أخرى وتجمع الرواسب في بعضها الآخر.
- تبين من تحليل النموذج الهيدرولوجي أن زمن التركيز لحوض وادي العلاقي بلغ 35.78 ساعة وطول الحوض 304.6 كم، وفي حوض وادي قبقة 68.37 ساعة من هطول الأمطار وطول الحوض

- 469.5 كم، مما يشير إلى أن هذه الأحواض درجة عالية الخطورة وإمكانيات فيضان.
- وتشير نتائج التحليل الهيدرولوجي باستخدام النموذج الرياضي HEC-1 إلى حدوث جريان سطحي بحوض وادي العلاقي عند الزمن التكراري 3 أعوام أي أنه يحتمل أن يحدث سيل كل 3 سنوات على الأقل.
 - عند سقوط أمطار بمقدار 1.98 ملم على حوض العلاقي سوف يتراوح حجم المياه المتدفقة 7578849 متراً مكعباً من المياه في المنطقة وفي حالة حدوث أمطار بمقدار 15.2 ملم خلال يوم واحد على الحوض سوف تتدفق كمية من المياه تبلغ 260995168 متراً مكعباً.
 - أما في حالة سقوط أمطار خلال يوم واحد بمقدار 45.8 ملم فقد يحدث جريان سطحي للمياه بمقدار 1899324320 متراً مكعباً من المياه، الأمر الذي يتطلب بناء سدود لحجز وتخزين المياه للاستفادة منها في التنمية المستقبلية بالمنطقة وكذلك لحماية عمليات التنمية من أخطار السيول والرواسب التي قد تجلبها مياه السيول.
 - تبين من حصر وتحديد مواقع التعدين أن حوالي 13161.2 كم²، حدثت بها تغيرات مورفولوجية لخصائص سطح الأرض داخل الحوض؛ نتيجة لتقطيع وحفر بطون الأودية، ومجاريها الفرعية، والرئيسية، وجوانبها. أي حوالي 17.5 % من إجمالي مساحة حوض العلاقي.
 - كما تبين من تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي العلاقي أن إجمالي أعداد روافد الأودية في الحوض 35828 رافد وإجمالي أطوالها 43012.7 كم، وبلغ إجمالي أعداد روافد الأودية في حوض قبقبة 52621 رافد وإجمالي أطوالها 65393.3 كم.
 - وقد بلغ إجمالي أطوال الأودية المتأثرة بعمليات التعدين في حوض العلاقي 3444.5 كم، بنسبة 8 % من إجمالي أطوال الأودية بالمنطقة، وأعدادها 5881 رافد. وفي حوض وادي قبقبة 11883 كم، بنسبة 18.2 % من إجمالي أطوال الأودية بالمنطقة، وأعدادها 10538 رافد.
 - تزيد أطوال وأعداد الروافد التي حدث لها تغير في مورفولوجيتها متأثرة بعمليات التعدين في حوض وادي قبقبة مقارنة بحوض وادي العلاقي نتيجة لكبر مساحة الحوض ووقوع أجزاء كبيرة منه في الجانب السوداني الذي تكثت به عمليات التعدين.

- يمكن تحديد مواضع التعدين من خلال اختلاف شكل الظواهر الأرضية مثل حدوث قطع في المجاري المائية أو قص في جوانب التلال أو قمم الجبال.
- تعتبر المناطق التي تنتشر فيها الصخور البازلتية والقاعدية أفضل المناطق التي يمكن أن يوجد بها الذهب، غير أنها تعد مناطق وعرة في عمليات التعدين باستخدام الآلات الضخمة وبالتالي يمكن تحديدها واستثمارها.
- للتعرف على مناطق التحجير بالفسير البصري لوحظ وجود اختلاف في لون الصخور من المرئية حيث تختلف مناطق التحجير عما حولها بلون مائل الي البني الغامق أو الأحمر او الأصفر وهذا يمكن تطبيقه في مناطق أخرى.
- وكذلك يمكن التعرف على مواضع التعدين من خلال عامل الشكل، حيث تظهر أكوام من الركام التراي الناتج عن عمليات الحفر والردم في صورة القمر الصناعي ولذا فإن هذه الصور تمثل إدارة توظف من أجل التنمية المعدنية.
- كما يتسبب استخدام السيانيد لاستخلاص الذهب في الجانب السوداني في تلوث التربة والمياه الجارية بفعل السيول.

التوصيات

توصي الدراسة بالآتي:

- يجب عمل مجموعة من السدود في أعالي الحوض لتقليل حجم التدفق من الرواسب الفيضية التي قد تجلبها السيول من خلال أجزاء دراسة وافية بـ GIS.
- ضرورة الاستفادة من استخدام صور الأقمار الصناعية عالية الدقة في التعرف على مناطق التحجير وتفتيت الصخور بسبب عمليات التنقيب عن الذهب من خلال فحص صور برنامج (google earth) واستخدام صور لفحص مواضع سدود المقترحة.
- اقترحت تصميم سدين على مخرج كل من وادي قبقبة والعلاقي، لتخزين مياه السيول ووقف حركة الرواسب والمفتتات التي تجرى داخل الحوض نتيجة لتفتيت الصخور بعوامل التعدين والتدخل البشري.
- يحتاج وادي قبقبة لإنشاء سد بارتفاع 30 مترا تكون قاعدته على ارتفاع 195 متراً فوق سطح البحر وبطول 1760 مترا، على نهاية مجرى الوادي قبل التقائه بمجرى وادي العلاقي، يمكنه استيعاب حوالي 1377135109 متر مكعب من المياه.

- ويحتاج وادي العلاقي لإنشاء سد بارتفاع 30 متراً، وبطول 1908 متراً، وقاعدته على ارتفاع 200 متراً فوق سطح البحر، يمكنه استيعاب حوالي 663257388 متراً مكعباً من المياه.

قائمة المصادر والمراجع

أولاً:- المصادر

1. الخرائط الطبوغرافية مقياس 1: 50.000 مسح 1990.
2. الخرائط الطبوغرافية مقياس 1: 250.000 مسح 1990 (خرائط الجيش الأمريكي والروسي).
3. الخرائط الجيولوجية مقياس 1 : 500.000، عام 1987، لوحة برنيس، الهيئة المصرية العامة للبتترول، مشروع (كونوكو) الخريطة الجيولوجية، مقياس 1 : 2000000 ووزارة الطاقة والمعادن بالسودان.
4. وكالة الفضاء الأمريكية (NASA) ووكالة الفضاء الأوروبية، وهيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) المرئية الفضائية من نوع (Sentinel-2) متعددة الأطياف بدقة 10 متر، وخدمة الصور عالية الدقة (World Imagery) التي تقدمها شركة (ESRI)، أعوام (2014، 2018، 2022).

ثانياً: المراجع

(أ) المراجع العربية:

- 1- التركماني، جودة فتحي (1991): جيومورفولوجية المراوح الفيضية على جانبي وادي دهب - الغائب بشبه جزيرة سيناء، مجلة كلية بحوث كلية الآداب جامعة المنوفية، العدد الخامس، أبريل، ص ص 69-144.
- 2- التركماني، جودة فتحي (1999): جيومورفولوجية مراوح وادي ميعر غربي شبه جزيرة سيناء: دراسة حالة لمراوح أودية الصخور الأركية، المجلة الجغرافية العربية، العدد 33، الجزء الأول.
- 3- التركماني، جودة فتحي (2011): أشكال السطح دراسة في أصول الجيومورفولوجيا، دار الثقافة العربية، القاهرة.
- 4- الجرمة، سهير كليب (2017) تقييم الأثر البيئي لانهيارات السدود "نموذج محاكاة على السد العالي، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الفيوم.
- 5- الدليمي، خلف (2012) علم شكل الأرض التطبيقي الجيومورفولوجيا التطبيقية، دار صفا للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

- 6- الرشيدى، عويس أحمد (2002) جيومورفولوجية البلايا في منخفض الفرافرة - بالصحراء الغربية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا-كلية الآداب-جامعة عين شمس.
- 7- شراقي، عباس محمد (2010) الموارد المائية في السودان في حالة الانفصال، معهد البحوث والدراسات الأفريقية، جامعة القاهرة، أعمال مؤتمر "العلاقات المصرية السودانية في ضوء الظروف الراهنة في السودان 12- 13 ديسمبر 2010،
- 8- عبدالكريم، أشرف أحمد علي (2019) النمذجة الهيدروليكية والهيدرولوجية للسيول باستخدام برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية، "أسس ومفاهيم وتطبيقات عربية"، مكتبة العبيكان.
- 9- عبدالكريم، أشرف أحمد علي و الدوسري، علي بن عبدالله (2019) التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والنمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية بالمناطق المحتمة الفيضان مخاطر تقدير عند (HEC HMS & HEC – RAS -) العمرانية: مخاطر سيول وادي سمين المؤثر على مدينة أمّيج بمنطقة تبوك أنموذجاً، مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية - كلية الآداب - جامعة المنوفية.
- 10- عبدالله، مصطفى سعد و دندراوي، محمد الراوي (2020) المقومات الجغرافية الطبيعية للتنمية السياحية في حوض بحيرة السد العالي في مصر والسودان باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية، مجلة الجمعية الجغرافية العربية.
- 11- علي، هناء نظير (1999) التغيرات البيئية في منطقة بحيرة ناصر - دراسة جغرافية، رسالة الدكتوراه غير منشورة قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الاسكندرية.
- 12- فقير، منيب إبراهيم، (2001) صفحات من تاريخ وادي حلفاء، مكتبة الملك فهد الوطنية، الرياض.
- 13- كليو، عبد المجيد أحمد، ومكي، عبد المنعم حسن (2004). وادي العلاقي: جغرافيته وإمكانات تنميته، رسائل جغرافية، قسم الجغرافيا- كلية العلوم الاجتماعية- جامعة الكويت، العدد 290.
- 14- محسوب، محمد صبري (1997) جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي.
- 15- مكي، عبد المنعم حسن (2002) محمية وادي العلاقي، الإدارة المركزية للمحميات الطبيعية، جهاز شؤون البيئة، وزارة البيئة (تقرير غير منشور).
- 16- وزارة البيئة (2014) المحميات الطبيعية في مصر، الموقع الرسمي للوزارة.

(ب) المراجع الأجنبية:

- 1- Abd El-Motaal, E., (1996), "Neotectonic and Morphotectonic Implications, Nile Delta Basin Egypt", Thesis Geology Dept., Fac. Sci., Al – Azhar Univ. Egpt.
- 2- Cooke R. U. & Doornkamp, J. C. (1974) Geomorphology in Environmental Management: An Introduction, Clarendon Press, Oxford.
- 3- Dackombe R. V. and Gradiner V. (1983) Geomorphology field Manual, George Allen & UNWIN, London.
- 4- El Bastawesy M., Khalaf F. I., and Arafat S. M., (2008) "The use of remote sensing and GIS for the estimation of water loss from Tushka lakes, southwestern desert, Egypt." J. Afr. Earth Sci. 52(3): 73-80.
- 5- El Ramly, M.F., Greiling, R.O., Rashwan, A.A., & Ramsy, A.H., (1993), Explanatory note to accompany the geological and structural maps of Wadi Hafafit area, Eastern Desert of Egypt. Annals Geological Survey of Egypt, 9, 1-53.
- 6- El-Gaby S., List F. K., & Tehrani, R. (1988). Geology, evolution and metallogenesis of the Pan-African belt in Egypt. In the Pan-African belt of Northeast Africa and adjacent areas: tectonic evolution and economic aspects of a late proterozoic orogen (pp. 17-68).
- 7- Haan C.T., Barfield B.J., & Hayes J.C., (1994), Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments, Academic Press.
- 8- Henselowsky, F., Klasen, N., Timms, R., White, D., Lincoln, P., Blockley, S., Kindermann, K., Bubbenzer, O., (2022) Rare Holocene sediment deposits from Sodmein Playa (Eastern Desert, Egypt)—Stratigraphic assessment and environmental setting, Geoarchaeology, Wiley.
- 9- Issawi, B., and Mccauley, J. F. (1993). The Cenozoic landscape of Egypt and its river systems.

- Annals of the Geological Survey of Egypt, 19, 357-384.
- 10- Johnston, R. M., and McCartney, M., (2010) "Inventory of water storage types in the Blue Nile and Volta River basins." IWMI 140.
 - 11- Khitam, J. AL- Maitah., (2014), Location of the Dams Using GIS Techniques, A Case Study of HRH TASNEEM BINT GHAZI for Technology Research Station, The 9th ed. National GIS Symposium, April 28-30, Damamm, Saudi Arabia.
 - 12- Makki, A. and Dickinson, G. (1990) Geology, Mineral resources and water conditions in the wadi Allaqi Area. Allaqi Project Wording papers, No.90.
 - 13- Mekkawi, M., Grasso, J. R., & Schnegg, P. A. (2004). A long-lasting relaxation of seismicity at Aswan reservoir, Egypt, 1982-2001. Bulletin of the Seismological Society of America, 94 (2), 479-492.
 - 14- Niknejad, A., Mahdavi, M. (2014). Site suitability evaluation for ecotourism using MCDM methods and GIS: Case study- Lorestan province. Iran. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES). Vol. 4. No. 6, (pp. 425-437).
 - 15- Okell A.A., (2001) geology of water resources in Wadi Hodain basin, southeast of the desert, Egypt, PH. D Theses. Ain Shams University, Faculty of Science, Geology Department.
 - 16- Ries, A. C., Shackleton, R. M., Graham, R. H., & Fitches, W. R. (1983). Pan-African structures, ophiolites and mélange in the Eastern Desert of Egypt: a traverse at 26 N. Journal of the Geological Society, 140(1), 75-95.
 - 17- Rosen M.R., Ed. (1994): Paleoclimate and basin evolution of Playa systems, Special paper No., 289, Pub., by Geological Society of America, Boulder, Colorado, USA. 180 P.
 - 18- Said A. El-NISR (1997) Late Precambrian volcanism at Wadi Allaqi, south Eastern Desert, Egypt: evidence for transitional continental

- arc/margin environment, *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 24, No. 3. PP. 301-313.
- 19- Said R. (1990) *The Geology of Egypt*. Balkema, Rotterdam, pp 734.
- 20- Saranrom, P., (2011), Making Portable Small Check Dams for Water Preservation from Rainy Season up to Dry Season in Eastern Region of Thailand, *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 2, No. 5.
- 21- Shahrak., F, et al. (2015). ECOTOURISM ZONING IN SISTAN&BALOUCHESTAN BY USING GIS, *Journal of Hospitality & Tourism Research* 44(2):160-171.
- 22- Stephens. T., (2010), “Manual on Small Earth Dams” a Guide to Siting, Design and Construction, *FAO Irrigation and Drainage Paper*, Investment Centre Division
- 23- Stern, R.J., Johnson, P., Kröner, A., & Yibas, B., (2004). Neoproterozoic ophiolites of the Arabian–Nubian shield. In: Kusky, T.M. (Ed.), *Precambrian Ophiolites and Related Rocks*. Elsevier, Amsterdam, pp. 95-128.
- 24- Sultan, M., Arvidson, R.E., Duncan, I.J., Stern, R.J., Elkaliouby, B., (1988). Extension of the Najd shear system from Saudi-Arabia to the central eastern desert of Egypt based on integrated field and landsat observations. *Tectonics* 7, 1291–1306.
- 25- United States Department of The Interior, (1976), *Design of Gravity Dams “Design Manual for Concrete Gravity Dams”*, A Water Resources Technical Publication, Denver, Colorado.
- 26- United States Department of the Interior, (Third Edition, 1987), *Design of Small Dams*, A Water Resources Technical Publication, USA.
- 27- Uosif, M. A., and Abdel-Salam. L. M., (2011) An assessment of the external radiological impact in granites and pegmatite in central Eastern Desert in

- Egypt with elevated natural radioactivity, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 147, No. 3, pp. 467–473.
- 28- Viessman, W. and G. L. Lewis, (2002). Introduction to Hydrology. 5th ed., 612 p. Pearson Education.
- 29- Wael, M., (2009), Types of Dams, Cairo University Faculty of Engineering 4ed Year Mechanical Power Engineering Department Hydraulic Power Station, Egypt.
- 30- Wilk, J., and Anderson, L., (2000), “GIS-Support Modeling of Areal Rainfall in Mountainous River Basin with Monsoon Climate in Southern India”, Hydrological Sciences Journal, Vol. (45), No. (2), pp. 185-201.
- 31- Yacoub, Hoda (2018) Knowledge and community resilience in rangelands recovery: the case of Wadi Allaqi Biosphere Reserve, Southeastern Desert, Egypt, Restoration Ecology Vol. 26, No. S1, pp. S37–S43.
- 32- Yilmaz, M., (2003), Control of Groundwater by Underground Dams, A Thesis Submitted to The Graduate School of Natural And Applied Sciences of The Middle East Technical University Degree of Master of Science, The Department of Civil Engineering.

(ج) المواقع الإلكترونية:

- [1] Dresden University, 2021: <https://climatecharts.net/>
- [2] Eumetrain, 2021: <http://www.eumetrain.org/>
- [3] MadMappers, 2015: <https://www.madmappers.com/>
- [4] Ministry of Environment Egyptian Environmental Affairs Agency, 2020: <http://www.eeaa.gov.eg/>
- [5] NASA, 2021: <https://power.larc.nasa.gov/>
- [6] NASA, 2021: www.nasa.org.com
- [7] Tutiempo, 2021: <http://en.tutiempo.net/>

- [8] Uci, 2021: <https://chrsdata.eng.uci.edu/>
- [9] USGS, 2019: www.usgs.gov/natural-hazards/
- [10] USGS, 2020: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- [11] windfinder, 2020: www.windfinder.com
- [12] World Lake Database, 2020:
<http://wldb.ilec.or.jp/>
- [13] Madmappers, 2015: www.madmappers.com/