Abhat Journal, Volume. 18, Issue. 2, September 2026

Abhat Journal, Faculty of Arts, Sirte University مجلة أبحاث بكلية الآداب جامعة سرت
Source Homepage: http://journal.su.edu.ly/index.php/ABHAT/index
https://doi.org/10.37375/aj.v18i2.4295

تحليل مخاطر السيول في الأحواض الثانوية بحوض القطارة
باستخدام المؤشرات المورفومترية والهيدرولوجية

د. سعد رجب لشهب
قسم الموارد والبيئة –كلية الآداب والعلوم الأبيار – جامعة بنغازي
Saad.r.lashhab@gmail.com

الملخص:

تناولت الدراسة تحليل مخاطر السيول في الأحواض الفرعية لحوض وادي القطارة من خلال التكامل بين المؤشرات المورفومترية والهيدرولوجية، بهدف تحليل خصائص الأحواض، وتقدير الجريان السطحي والتصريف، وتصنيف درجات مخاطر السيول. واعتمدت الدراسة على المنهج التاريخي لتحليل الأمطار السنوية بمحطة بنينا خلال الفترة (1980–2000)، والمنهج المقارن لتحليل الخصائص المساحية والشكلية والتضاريسية، إلى جانب المنهج الكمي التحليلي والأساليب الإحصائية والكارتوغرافية باستخدام ArcMap 10.8. أظهرت النتائج تباينًا واضحًا في الاستجابة الهيدرولوجية بين الأحواض؛ إذ تراوح زمن التركيز بين 2.54 و11.83 ساعة، وسجل حوض القطارة أعلى قيمة، بينما سجل حوض السدر أدنى قيمة، مما يعكس اختلاف سرعة استجابة الأحواض للجريان السطحي. كما تراوح زمن التباطؤ بين 1.52 و7.10 ساعة، في حين تراوح متوسط التصريف بين 491.10 و2178.31 م^3/ث، وسجل حوض السدر أعلى قيمة مقابل حوض بوشهيوة أدنى قيمة. كذلك تراوحت كثافة التصريف بين 3.67 و26.30، مما يعكس التباين في خصائص السطح وشبكة التصريف، وبالتالي اختلاف مستويات مخاطر السيول بين الأحواض الفرعية.

الكلمات المفتاحية:

الأحواض، التصريف، الجريان، الهيدرولوجية، القطارة.

معلومات النشر:
تاريخ الاستلام: 2026/07/09
تاريخ القبـــول: 2026/07/23
تاريخ النشـــر: 2026/09/01

Flood Risk Analysis in the Sub-Basins of Wadi Al-Qattara Using Morphometric and Hydrological Indices

Dr. Saad Rajab Lashhab
Abstract; Department of Resources and Environment, Faculty of Arts and Sciences – Al Abyar, University of Benghazi
saadlashhab@gmail.com

Abstract:

This study analyzed flood risks in the sub-basins of Wadi Al-Qattara Basin through the integration of morphometric and hydrological indicators, aiming to analyze basin characteristics, estimate surface runoff and discharge, and classify flood risk levels. The study adopted a historical approach to analyze annual rainfall at Benina Station during the period 1980–2000, a comparative approach to examine the areal, geometric, and relief characteristics of the basins, in addition to quantitative analytical, statistical, and cartographic methods using ArcMap 10.8. The results revealed significant variations in the hydrological response among the sub-basins. The time of concentration ranged from 2.54 to 11.83 hours, with the Qattara Basin recording the highest value and the Sidr Basin the lowest, indicating differences in the response time of the basins to surface runoff. The lag time ranged from 1.52 to 7.10 hours, while the average discharge ranged from 491.10 to 2,178.31 m³/s, with the Sidr Basin recording the highest value and Bousheiwa Basin the lowest. Drainage density also varied considerably, ranging from 3.67 to 26.30, reflecting differences in surface characteristics and drainage-network development, and consequently variations in flood risk levels among the sub-basins.

Keywords:

: Basins, drainage, runoff, hydrology, Qattara.

Information:
Received: 09/07/2026
Accepted: 23/07/2026
Published: 01/09/2026

©Abhat Journal, Sirte University 2026

مقدمة:

تُعدّ أحواض التصريف المائي الوحدة الجغرافية الطبيعية الأساسية في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، إذ تمثّل وحدة مكانية متكاملة يمكن من خلالها قياس وتحليل الخصائص الطبيعية وتصنيفها كميًا، بما يسهم في تفسير سلوك الأحواض المائية وتقييم خصائصها المختلفة (المزوغي، وعون، 2023)، وحظيت هذه الأحواض باهتمام واسع في الدراسات التطبيقية، حيث اتجه العديد من الباحثين إلى نمذجة الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية للأحواض باستخدام الأساليب الكمية، بهدف تقييم المتغيرات المورفومترية، وإجراء المقارنات الرقمية، وتمثيل أبعاد شبكة التصريف المائي بيانيًا وخرائطيًا (دسوقي، 2023).

وتُعدّ الدراسات المورفومترية من الاتجاهات الحديثة في تحليل أحواض التصريف؛ لِمَا توفره من مؤشرات تساعد على فهم خصائص شبكة التصريف وتطور الأحواض النهرية، فضلًا عن تفسير استجابتها الهيدرولوجية (اليادري، وإدريسي، 2022)، كما تسهم الخصائص المورفومترية في استنتاج العديد من المؤشرات الهيدرولوجية المهمة، مثل الجريان السطحي، وإمكانات المياه السطحية والجوفية، وخصائص نظام التصريف النهري، الأمر الذي يجعلها أداة أساسية في تقييم مخاطر السيول وإدارة الموارد المائية (Hamdan, 2020).

وفي هذا السياق يُعدّ حوض وادي القطارة الواقع في الجزء الغربي من سهل بنغازي من الأحواض ذات الأهمية الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، إذ يخترق مجرى الوادي مدينة بنغازي قبل أنْ يصب في البحر، مما يزيد من احتمالية تعرض المناطق العمرانية لمخاطر السيول، ومن ثَمّ تبرز أهمية دراسة خصائصه المورفومترية والهيدرولوجية لتحليل سلوك الجريان السطحي، وتقييم مخاطر السيول، ودعم التخطيط المكاني وإجراءات الحد من آثارها.

مشكلة الدراسة:

تُعدّ السيول من أخطر الظواهر الطبيعية التي تهدد البيئات الجافة وشبه الجافة، حيث تتسم هذه البيئات بتذبذب الأمطار وارتفاع شدة العواصف المطرية، مما يؤدي إلى جريان سطحي مفاجئ وعنيف، خاصة في الأحواض ذات الخصائص المورفومترية المتشعبة ويُعدّ حوض القطارة أنموذجًا واضحًا، إذ تتداخل فيه العوامل الطبيعية مثل الانحدارات، وشكل الحوض، وكثافة شبكة التصريف، مع الخصائص الهيدرولوجية كزمن التركيز وسرعة الجريان، مما يزيد من احتمالية حدوث سيول مفاجئة ذات طابع تدميري.

وبناءً على ما سبق يمكن صياغة مشكلة الدراسة في السؤال الآتي:

إلى أي مدى يسهم التكامل بين التحليل المورفومتري والهيدرولوجي في تحسين دقة تقييم وتصنيف مخاطر السيول في حوض القطارة ، والكشف عن المناطق ذات الأولوية للتدخل والحد من أخطارها؟

فروض الدراسة:

– إنّ حجم الجريان السطحي ومعدل التصريف في الأحواض الثانوية يختلفان باختلاف خصائص كل حوض.

– هناك ارتباط بين التذبذب الزمني والمكاني لكميات الأمطار وبين تغير الخصائص البيئية والهيدرولوجية لمنطقة الدراسة.

– هناك تباين في مستويات خطورة السيول بين الأحواض الثانوية بحوض وادي القطارة، ويعزى ذلك إلى اختلاف خصائصها المورفومترية والهيدرولوجية.

أهداف الدراسة:

– تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية للأحواض الثانوية بحوض وادي القطارة.

– تقدير الجريان السطحي للأحواض الثانوية ومعرفة حجم التصريف ومعدل التصريف بها.

– تحديد درجات الخطورة لأحواض الأودية المدروسة، ومعرفة مدى خطورة كل منها استنادًا إلى بيانات الجريان السطحي.

أهمية الدراسة:

تنبع أهمية الدراسة من اعتمادها على التحليل المتكامل للخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لتقييم وتصنيف مخاطر السيول في الأحواض الثانوية بحوض وادي القطارة، بما يسهم في تحديد الأحواض الأكثر عرضة للخطورة، وتوفير قاعدة علمية داعمة للتخطيط المكاني، وإدارة مخاطر الفيضانات.

منهجية الدراسة:

– **المنهج التاريخي:** تحليل معدلات هطول الأمطار السنوية في محطة بنينا في الفترة (1980–2000)، وحساب درجة تذبذبها وانحرافها عن المتوسط السنوي العام (268.2 ملم)، وذلك بهدف الكشف عن طبيعة التباين المطري ومدى استقراره الزمني.

– **المنهج المقارن:** تمّ الاعتماد على هذا المنهج في مقارنة –تحليل الخصائص المورفومترية للأحواض المائية (المساحية، الشكلية، والتضاريسية)، وربطها بالمتغيرات الهيدرولوجية المتمثلة في زمن التركيز، زمن التباطؤ، حجم الجريان، وسرعة الجريان، وذلك بهدف تفسير التباين في الاستجابة الهيدرولوجية بين الأحواض.

– المنهج الكمي التحليلي: يعتمد الأسلوب الكمي التحليلي على جمع وتحليل البيانات الكمية المتعلقة بالخصائص المورفومترية والهيدرولوجية للأحواض، وتمّ تمثيل هذه البيانات في صورة جداول منظّمة ورسوم بيانية توضيحية، بهدف تفسير العلاقات بين المتغيرات وكشف الأنماط والتباينات المكانية والزمنية، واستخدام الأسلوب الإحصائي في تحليل العلاقات بين المتغيرات المورفومترية والهيدرولوجية بحساب معاملات الارتباط بهدف تحديد درجة الترابط بين الخصائص المختلفة للأحواض وتفسير تأثيرها على طبيعة الجريان السطحي ومخاطر السيول.

– الأسلوب الكارتوغرافي: تمّ الاعتماد على هذا الأسلوب في رسم الخرائط العامة لمنطقة الدراسة عن طريق برنامج Arc Map10.8.

مصادر الدراسة:

– أنموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة 30 متر، والذي يُعدّ الأساس في دراسة طبوغرافية السطح.

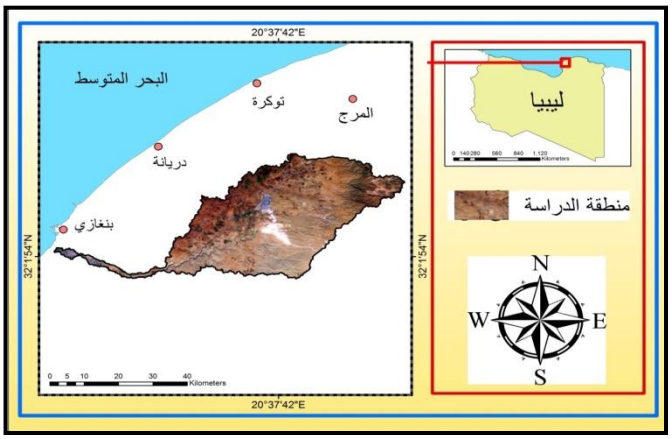
– الخرائط الجيولوجية لليبيا، الصادرة عن مركز البحوث الصناعية، لوحتي بنغازي وسلوق، بمقياس رسم 250.000:1.

– الخرائط الطبوغرافية الصادرة عن الجيش الأمريكي 1941، لوحة بنغازي Sheet 12، ولوحة الأبيار Sheet 13، مقياس رسم 1:100:000.

منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي القطارة في شمال شرق ليبيا على المصطبة الأولى للجبل الأخضر ويخترق مجراه السهل الساحلي ليصب في البحر عند قاريونس الواقعة في الجزء الجنوبي الغربي من مدينة بنغازي، وتبلغ المساحة الإجمالية للحوض 1383.33كم^2، ومحيطه يبلغ 275.5كم، أمّا أقصى طول للحوض فيبلغ 87.4كم، وأقصى عرض له 35.1كم، كما يضم الحوض أحد عشر حوضًا ثانويًا تشكّل في مجموعها حوض وادي القطارة، وهي أحواض (الشريحي، النعام، الشقوقة، بوشهيوة، الرمليات، العوسج، المعرش، السدر، القارة، القطارة)، وتُظهر هذه الأحواض تباينًا ملحوظًا في المساحة والخصائص التضاريسية، أمّا فلكيًا فيقع حوض القطارة بين دائرتي عرض 31.56.57 و 32.21.21 شمالًا، وخطي طول 20.56.39 و 20.01.45 شرقًا.

الخريطة (1) منطقة الدراسة.



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على صور land sat8 باستخدام برنامج Arc map10.8.

الدراسات السابقة:

– دراسة الفيتوري (2003) بعنوان "التطور الجيومورفولوجي لحوض وادي القطارة"، توصّل إلى أنّ حوض هذا الوادي مستقر تكتونيًا في الوقت الحاضر، كما أكد على أنّ الحوض قطع شوطًا كبيرًا إلى حد ما من مرحلة دورة التعرية قبل أنْ تدركه ظروف المناخ الجاف، حيث تبيّن للباحث من دراسة النظام المورفولوجي للحوض أنّ التعرية النهرية هي المسؤولة عن تشكيل عناصر نظامه المورفولوجي.

– دراسة العلواني (2005) بعنوان "التحليل الرياضي الجيومورفومتري لبعض الأودية الساحلية بمنطقة الجبل الأخضر،" استهدفت هذه الدراسة الخصائص الجيومورفومترية لثلاث أودية ساحلية تمّ اختيارها في السفح الشمالي للجبل الأخضر والمتمثّلة في وادي بومسافر، والذي بلغت مساحة حوضه 73.25كم^2 ووادي الجديد والذي كانت مساحة حوضه 56.65كم^2، ووادي بالعارض فكانت مساحته أكبر من مساحة سابقيها حيث بلغت 125.2كم،^{2} أمّا من حيث الأبعاد فصنف حوض وادي بالعارض أولها من حيث الطول والعرض والمحيط ثم وادي بومسافر ووادي الجديد، ومن دراسة خصائص أسطح الأحواض وجد انخفاض في تضرس الأحواض بشكل عام وأثبتت قيم التكامل الهبسومتري بتقدم حوض وادي بالعارض في دورته التحاتية عن حوض وادي بومسافر وحوض وادي الجديد اللذان يُعدّان في مراحل مبكرة من مراحل الدورة التحاتية.

– تناولت دراسة Farhan وآخرون (2015) بعنوان "التحليل الكمي للخصائص الجيومورفومترية لوادي الكرك في الأردن، بالاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية"،

واستُخدم أنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) المستخرج من مرئيات القمر الصناعي ASTER بدقة مكانية تبلغ 30 مترًا، بهدف تحليل الخصائص المورفومترية للحوض، سواء ما يتعلق بالجوانب المساحية والشكلية والتضاريسية، أو خصائص شبكة التصريف المائي على مستوى الحوض الرئيسي وأحواضه الفرعية، كما اعتمدت الدراسة على الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50,000 لإعداد المنحنى الهيبسومتري وحساب التكامل الهيبسومتري، وأظهرت النتائج أنّ وادي الكرك يمر بمرحلة الشباب ضمن دورته الحتّية، مع بروز دور واضح للتعرية النهرية المرتبطة بمراحل التجدد المتعاقبة، حيث تعرّض الحوض لأربع دورات من تجدد الشباب، أسهمت في تنشيط عمليات التعرية المائية وتطور خصائصه الجيومورفولوجية.

– تناولت دراسة لشهب وآخرون (2021) بعنوان "أثر تذبذب معدلات الأمطار في التغير المساحي لبحيرة سد وادي القطارة شرق ليبيا"، بهدف تحليل العلاقة بين كميات الأمطار والتغير في مساحة البحيرة في الفترة (1980–2000)، إلى جانب حساب الفائض والعجز المائي. واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي والتاريخي والأسلوب الكمي التحليلي في معالجة البيانات. وأظهرت النتائج أنّ أعلى متوسط شهري للأمطار بلغ 79.9 ملم في ديسمبر، بينما انعدمت الأمطار في أشهر مايو–سبتمبر عام 1982. كما بيّنت الدراسة وجود تغيرات واضحة في مساحة البحيرة، مع ارتباط موجب قوي بين كمية الأمطار ومساحة البحيرة (معامل ارتباط = 0.70)، مما يؤكد أنّ زيادة الهطول المطري تؤدي إلى اتساع مساحة البحيرة، في حين يؤدي انخفاضه إلى تقلصها.

البنية الجيولوجية:

تأثرت أراضي شمال شرق ليبيا بالحركات التكتونية منذ نشأتها وحتى الوقت الحاضر كما تشير بذلك سجلات النشاط الزلزالي الذي ضرب المنطقة، ويشير التاريخ الجيولوجي إلى أنّ المنطقة كانت خاضعة لحركات بناء الجبال أنتجت الأولى منها ظاهرات الطي، وبشكل عام فإنّ الحركة على امتداد الصدوع محدودة باستثناء بعض الأماكن حيث تكون واضحة. (لشهب، 2025)، ويتسم حوض وادي القطارة بوجود العديد من الصدوع، ويمكن تقسيمها حسب الخريطة الجيولوجية إلى نوعين هما:

الصدوع العادية:

ذات الميول الواضح هي نوع من الصدوع الجيولوجية التي تتشكّل نتيجة قوى الشد (Tensional forces)، وتتميز بأنّ مستوى الصدع يكون مائلًا بزاوية كبيرة نسبيًا وواضحة، وغالبًا ما تتراوح زاوية الميل بين 45° إلى 70°.

(https://www.britannica.com/science/normal-fault)

الجدول (1) أطوال واتجاهات الصدوع العادية

ت	الطول/كم	الاتجاه	التكوين
1	7.4	شرق غرب	تكوين درنة + تكوين الابرق
2	5.8	جنوب شرق – شمال غرب	تكوين درنة+ تكوين المجاهير
3	9.4	شمال غرب – جنوب شرق	تكوين المجاهير
4	6.30	شمال جنوب	تكوين المجاهير+ رواسب الزمن الرابع
5	5.6	شمال غرب – جنوب شرق	تكوين البنية + تكوين المجاهير
6	3.3	شمال غرب – جنوب شرق	تكوين البنية + تكوين المجاهير
7	4.8	شمال غرب - جنوب	تكوين الرجمة عضو القطارة
8	2.5	شمال غرب – جنوب شرق	تكوين الرجمة عضو القطارة

المصدر: من حساب الباحث استنادًا إلى خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحتي بنغازي وسلوق.

يبيّن الجدول (1) الصدوع العادية في حوض وادي القطارة حيث لوحظ أنّ معظمها يأخذ اتجاه شمال غرب جنوب شرق، مما يدل على تحكم النظم الصدعية في توجيه مسارات الأودية كما تتباين أطوالها حيث تتراوح بين (2.5 كم – 9.4 كم)، ولوحظ أنّ معظم الصدوع تتركز في تكوين المجاهير، حيث يُعدّ أكثر التكوينات تأثرًا بالتشققات، ربما لطبيعة صخوره الهشة، أو لموقعه ضمن مناطق ضعف، كما أنّ هذا التأثير ممتد في بعض التكوينات الأخرى كتكوين البنية ودرنة والرجمة عضو القطارة.

الصدوع المغطاة:

هي صدوع موجودة فعليًا داخل الصخور، إلّا أنّها لا تظهر على السطح بشكل مباشر لأنّها مغطاة بطبقات من الرواسب الحديثة، مثل رواسب الأودية أو الكثبان الرملية أو التربة المفككة، مما يؤدي إلى إخفاء معالمها البنيوية ويجعل التعرف عليها يعتمد على دلائل غير مباشرة وتحليل جيومورفولوجي أو تقنيات الاستشعار عن بعد.

(https://www.britannica.com/science/fault-geology)

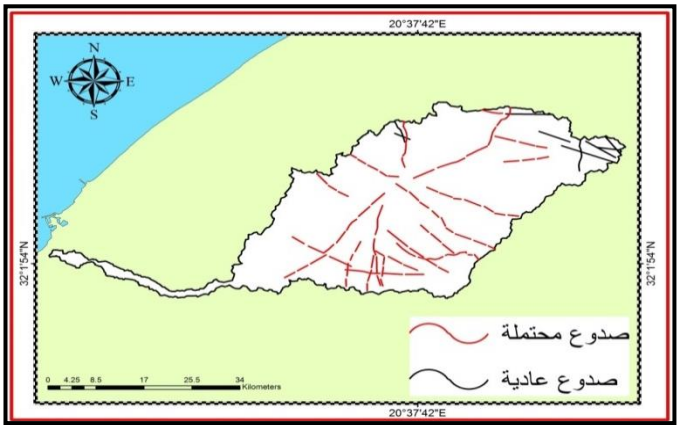
يبيّن الجدول (2) الصدوع المحتملة في حوض وادي القطارة حيث لوحظ أنّ معظمها يأخذ اتجاه شمال غرب . جنوب شرق، جنوب غرب . شمال شرق، مما يدل على تأثير اجهادات مختلفة، كما تتباين أطوالها حيث تتراوح بين (3.1 كم – 20.9 كم)، ولوحظ أنّ معظم الصدوع تتركز في تكوين الرجمة عضو القطارة ورواسب الزمن الرابع، مما يدل على ضعف، ووجود نشاط تكتوني حديث في رواسب الزمن الرابع.

الجدول (2) أطوال واتجاهات الصدوع المحتملة والمغطاة

ت	الطول/ كم	الاتجاه	التكوين
1	7.7	جنوب غرب– شمال شرق	تكوين الرجمة عضو بنغازي+ رواسب الزمن الرابع
2	10.6	شمال غرب– جنوب شرق	تكوين الرجمة عضو القطارة+ رواسب الزمن الرابع
3	9.5	جنوب شمال شرق	تكوين الرجمة عضو القطارة + رواسب الزمن الرابع
4	20.9	جنوب غرب– شمال شرق	تكوين الرجمة عضو القطارة + رواسب الزمن الرابع
5	6.6	شمال غرب– جنوب شرق	تكوين الرجمة عضو القطارة + رواسب الزمن الرابع
6	20.1	جنوب شرق– شمال غرب	تكوين الرجمة عضو القطارة + رواسب الزمن الرابع
7	12.7	شمال غرب– جنوب شرق	تكوين الرجمة عضو القطارة + الزمن الرابع+ الرجمة عضو بنغازي
8	14.3	جنوب شرق – غرب – شمال غرب	تكوين الرجمة عضو بنغازي
9	7.5	جنوب شرق – غرب – شمال غرب	تكوين الرجمة عضو بنغازي
10	8.9	جنوب شرق – غرب	تكوين درنة + تكوين الابرق
11	7.6	شرق غرب	تكوين درنة + تكوين الابرق
12	3.1	شرق غرب	تكوين الابرق
13	21.6	جنوب غرب – شمال – شمال شرق	تكوين الرجمة عضو بنغازي + تكوين الابرق + رواسب الزمن الرابع
14	15.2	جنوب شرق– شمال غرب	تكوين الابرق+ تكوين الرجمة عضو بنغازي

المصدر: من حساب الباحث استنادًا إلى خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحتي بنغازي وسلوق.

الخريطة (2) توزيع الصدوع بحوض وادي القطارة.



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحتي بنغازي وسلوق، باستخدام برنامج Arc Gis10.8.

التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة:

تنتمي أقدم التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة إلى العصر الطباشيري العلوي متمثّلًا في تكوين المجاهير، ومن تكوينات الزمن الثلاثي متمثّلة في تكوينات درنة والرجمة عضو القطارة وعضو بنغازي، ورواسب الزمن الرابع، وتتباين هذه التكوينات في مساحاتها وفقًا للجدول (3).

الجدول (3) التكوينات الجيولوجية بحوض وادي القطارة

التكوين	المساحة كم^2	النسبة %	الحجم م^3	نسبة الحجم%
رواسب الزمن الرابع	285.57	%21	23.81	%3
تكوين الرجمة عضو بنغازي	402.98	%29	192.37	%28
تكوين الرجمة عضو القطارة	431.45	%31	222.6	%33
تكوين الابرق	106.51	%8	115.47	%17
تكوين درنة	60.56	%4	48.06	%7
تكوين المجاهير	96.26	%7	82.13	%12
المجموع	1383.33	100%	684.44	100%

المصدر: من حساب الباحث اعتمادًا على خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحتي بنغازي وسلوق.

رواسب الزمن الرابع:

تتألف الرواسب السطحية من حصى وغطاءات رملية رقيقة، إضافة إلى زلط متفاوت الأحجام يزداد استدارته تدريجيًا باتجاه المصب، وتنتشر هذه الرواسب أساسًا في قيعان مجاري الأودية داخل الحوض وعلى جوانبها، كما تتراكم عند مصبات الروافد، حيث تشكّل غطاءً رسوبيًا واضحًا، وتغطي هذه الرواسب الجزء الأدنى من الحوض، ومواضع متفرقة من جنوبه الغربي، وتشغل مساحة قدرها 285.57كم^2، بنسبة 21%، ويبلغ حجمها 23.81م^3، الشكل (3).

تكوين الرجمة عضو بنغازي:

تتكون صخور هذا التكوين بصفة عامة من حجر جيري يحتوي على حفريات وحجر جيري دولوميتي وطبقات قليلة من المارل عند قاعدته، كما يحتوي على حفريات مجهرية من المنخربات القاعية الكبيرة والصغيرة، وكذلك على بعض المنخربات الهائمة حيث تدل على أنّ عضو بنغازي ظهر في الميوسين الأوسط (الكتيب التفسيري، لوحة بنغازي، 1974)، وتبلغ مساحته 402.98 كم^2، بنسبة 29%، وبحجم 192.37 م^3.

تكوين الرجمة عضو القطارة:

يتألف من الكالكارانايت المائل إلى البياض وحجر جيري دقيق الحبيبات إلى مجهري متبلور (الكتيب التفسيري، لوحة البيضاء، 1973)، وهو أكثر التكوينات الجيولوجية انتشارًا في منطقة الدراسة حيث يغطي كامل مساحة حوض المعرش وبوشهيوة والسدر، ومعظم أجزاء حوض القطارة، ويشغل مساحة قدرها 431.45 كم^3، وبنسبة 31%، وبحجم 222.6م^3.

تكوين الأبرق:

ينتمي إلى عصر الأوليجوسين الأوسط ويتألف من الحجر الجيري

كالكارنيت أصفر إلى أبيض اللون خشن الحبيبات وتتخلله طبقات من المارل الغني بأحافير الشاطئية التي تعكس بيئته الترسيبية وبه طبقات من الطفلة الخضراء، ويستخدم في أحجار البناء ومحاجر الصخور ذلك لكبر حبيباته وسهولة تشكيلها وانخفاض صلابته بالإضافة إلى سهولة تجويته وتعريته، (الطاهر، 1990) ويظهر في الأجزاء العليا من منطقة الدراسة بأحواض الشريحي والقارة وجزء من حوض النعام، ويشغل مساحة قدرها 106.51 كم^2، بنسبة8%، وبحجم 115.47م^3.

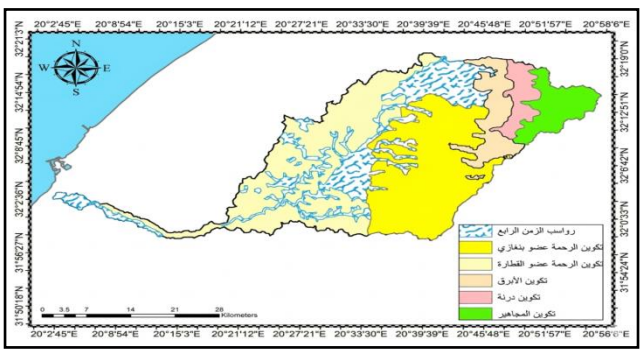
تكوين درنة:

يتكون من حجر جيري أبيض مائل للصفرة دقيق إلى متوسط الحبيبات، سميك الطبقات أو عديم التطبق، ويتميز بوفرة الحجر الجيري الأحفوري الطحلبي- المرجاني الغني بأحافير النيموليت، خاصة في أجزائه العلوية، إضافة إلى حفريات مجهرية وغير مجهرية، وتُعدّ كثافة النيموليت (من المنخربات القاعية الكبيرة) السمة الأبرز التي تميّز هذا التكوين عن غيره من التكوينات الجيرية، (Rohlich, 1974)، ويظهر هذا التكوين في المنابع العليا في أحواض ويشغل تكوين درنة مساحة تبلغ 60.56 كم^2، بنسبة 4%، وبحجم يبلغ 48.06م^3،حيث يغطي الجزء العلوي من الحوض.

تكوين المجاهير:

يوجد هذا التكوين أعلى تكوين البنية بلا توافقية وبينهما فجوة زمنية كبيرة وينسب للدورة الثانية للترسيب بالجبل الأخضر، ويتألف من حجر جيري والحجر الجيري الدولوميتي إلى الدولوميت والحجر الجيري المارلي والمارل وطفلة جيرية (دراسة وتقييم الغطاء النباتي بمنطقة الأخضر، 2003)، ويظهر تكوين المجاهير في الأجزاء العليا من الحوض لا سيما حوض الشريحي، وحوض القارة، ويشغل التكوين مساحة قدرها 96.26 كم^2، بنسبة 7%، وبحجم يبلغ 82.16م.^{3}

الخريطة (3) التكوينات الجيولوجية بحوض وادي القطارة.



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحتي بنغازي وسلوق، باستخدام برنامج Arc Gis10.8.

المظهر الطبوغرافي:

تمثّل الطبوغرافيا مدخلًا أساسيًا لفهم ديناميكية سطح الأرض، خاصة في البيئات الجافة وشبه الجافة، حيث تلعب دورًا حاسمًا في تشكيل المجاري المائية وتحديد مناطق الخطورة المرتبطة بالسيول.

ارتفاعات سطح الأرض:

يبيّن أنموذج الارتفاعات الرقمية DEM لحوض وادي القطارة ارتفاع الأرض عن مستوى سطح البحر حيث يبلغ أعلى منسوب في الحوض 665 مترًا في حين أنّ أدنى منسوب 2 متر، وتظهر المناسيب العليا من 489- 665 مترًا في حوض الوادي في أقصى الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي بمحاذاة خط تقسيم المياه مع أحواض الخروبة وعدوان ومسوس، وتظهر فئة الارتفاع من 372- 489 مترًا، بمحاذاة الفئة السابقة، وبنفس الاتجاه، وتظهر أيضًا في الشمال عند تقسيم المياه مع أحواض سهل بنغازي، ويغلب على معظم أجزاء الحوض ارتفاع فتتباين ارتفاعاتها ما بين - 5. 289 مترًا فوق مستوى سطح البحر.

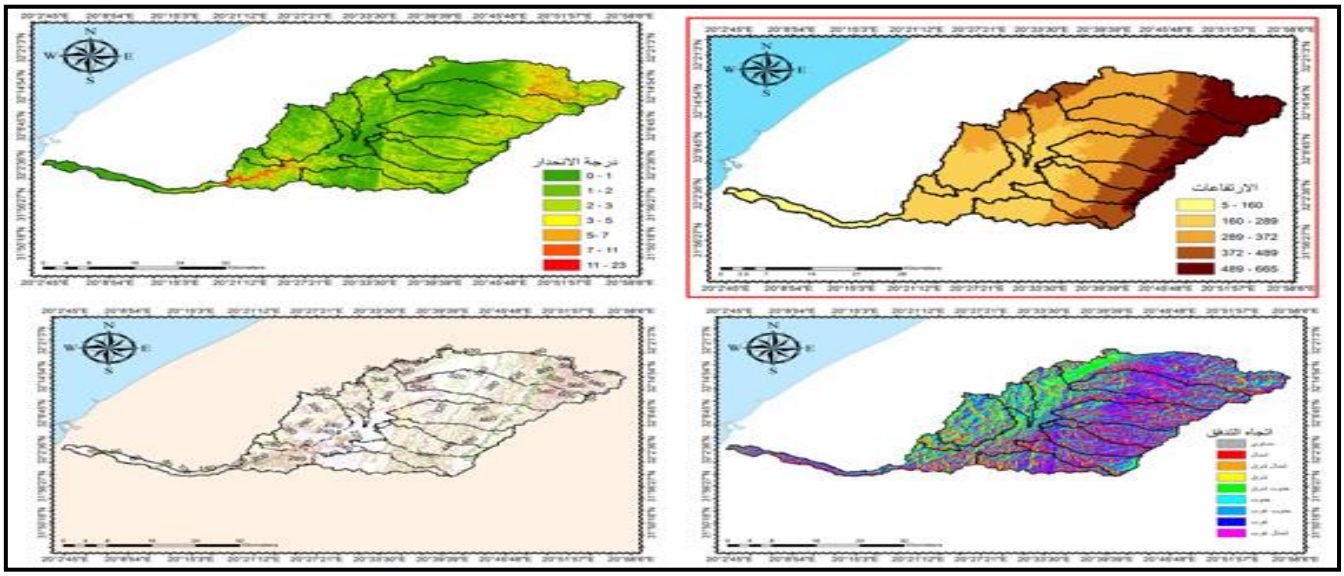
درجة انحدار السطح:

تتباين درجات انحدار السطح بمنطقة الدراسة تباينًا ملحوظًا حيث تتركز الانحدارات الشديدة من 11- 23° وتتركز في مجرى وادي القطارة الرئيس، وبعض الأودية الواقعة في منابع الحوض العليا كوادي الشريحي ووادي القارة، أمّا أغلب أجزاء الحوض فتتباين بين الانحدار المتوسط من 3- 5°، والضعيف من 2- 3°، أمّا المناطق شبه المستوية فتتركز في المجرى الرئيس الذي يخترق السهل الساحلي، وبعض المواضع في وسط وشمال شرق الحوض.

اتجاه التدفق:

يُعدّ اتجاه الانحدار (اتجاه التدفق)، وهو اتجاه جريان المياه على السفوح المنحدرة حيث يسود اتجاه الانحدار شمال غرب معظم أجزاء الحوض حيث يسود في الجزء الشرقي والجنوبي الشرقي والجنوبي والغربي، في حين اتجاه الانحدار جنوب شرق يسود في الجزء الشمالي من الحوض حيث تنحدر مياهه باتجاه وسط الحوض ثم إلى الغرب، كما يسد اتجاه الانحدار جهة الغرب في معظم الجزء الجنوبي من الحوض، وبعض المواضع في شماله، وفي مجرى القطارة الرئيس باتجاه البحر.

الخريطة (4) المظهر الطبوغرافي لحوض القطارة.



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على تحليل نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

تذبذب معدلات الأمطار:

تُعدّ الأمطار الشكل السائد للهطول في منطقة الدراسة؛ لأنّ درجات حرارة الهواء في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي تبقى في معظم أوقات السنة أعلى من الصفر المئوي. وتنتمي أمطار المنطقة إلى الأمطار الإعصارية (الجبهية) التي تتسم بطابعها الموسمي وقد تكون غزيرة وفجائية في بعض الحالات، وتنشأ نتيجة مرور المنخفضات الجوية المتوسطية القادمة من الغرب، والتي تتكون بفعل التقاء كتلتين هوائيتين متباينتين في خصائصهما؛ الأولى مدارية قارية حارة وجافة مصدرها الصحراء الكبرى، والثانية قطبية بحرية باردة ورطبة قادمة من شمال البحر المتوسط (العمروني وآخرون، 2023). ويقتصر موسم الهطول على النصف الشتوي من السنة، ممتدًا من أكتوبر إلى مارس، إلّا أنّ كميات الأمطار وتوزيعها الزمني يتسمان بتذبذب ملحوظ من عام إلى آخر. ورغم هذا التباين تتركز الذروة المطرية غالبًا في شهري ديسمبر ويناير، اللذين يسجلان أعلى معدلات الهطول السنوية، مما يعكس الطبيعة الموسمية للأمطار في المنطقة.

الجدول (4) معدلات هطول الأمطار في محطة بنينا للفترة (1980 ـ 2000).

السنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المجموع السنوي
1980	37.7	33	5	11.5	0.2	0	0	0	0	8.2	0.6	61.6	157.8
1981	176.6	97	2.1	0.3	1	0	0	0	0.4	10	126.1	19.2	432.7
1982	20.8	53.4	49.9	9.1	0	0	0	0	0	3.4	54.4	97.9	288.9
1983	57.2	26.8	22.7	1.3	0.3	0.1	0	0	1.1	53.4	55.2	86	304.1
1984	59.4	57	24.3	2.9	0.4	0	0	0	0	3.3	29.6	59.8	236.7
1985	72.6	23	1.7	0.7	1.7	0	0	0	0.4	18.4	27.3	80.6	226.4
1986	36.2	17.1	43.8	0	11.3	0	0	0	6.4	27.7	13.3	116.5	272.3
1987	24.5	27	60.5		0	0	0	0	5	5.6	60.9	17.6	201.1
1988	39.1	35.7	48.9	0	0	0	0	0	11.5	8.7	8.6	160.9	313.4
1989	62.7	28.6	112.5	0	0.1	0	0	0	0	19.1	19.9	22.5	265.4
1990	61.6	27.4	0	4	9	0	0	0.1	0	0	64.1	13.5	179.7
1991	63.3	57.6	17.3	12.6	9.7	0.3	0	6.4	0	1	57.7	234.7	460.6
1992	29.6	64.1	12.5	6.3	3.2	0	0	0	0	0	59.2	30.8	205.7
1993	71	76.1	26.4	0	3	0	0	0	0.2	0	22.4	26.3	225.4
1994	117.6	35	1.9	25.4	6	0	0	0	0	42.7	61.4	72.3	362.3
1995	107.1	55.3	13.6	6.7	1	0	0	0	3.4	51.7	40.6	47.3	326.7
1996	47	76.6	24.2	4.7	0.1	0.1	0	0	3.6	21.9	21.5	57.5	257.2
1997	49.1	35.7	32.9	17.1	1	0	0	0	0.3	24.6	39.7	67.5	267.9
1998	61.3	18.4	86.4	2.8	1.8	0	0	0	0.1	20.2	35.2	77.9	304.1
1999	56	11.9	35.7	2.8	1.8	0	0	0	11.2	9.5	22.3	21	172.2
2000	56	11.9	35.7	2.8	1.8	0	0	0	11.2	9.5	22.3	21	172.2
مجموع	1306.4	868.6	658	111	53.4	0.5	0	6.5	54.8	338.9	842.3	1392.4	5632.8
المتوسط السنوي العام													**268.22**

المصدر: بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس.

معدل التذبذب بالزيادة أو النقصان عن المتوسط العام:

يُستخدم معدل التذبذب حول المتوسط العام لقياس مدى تباعد القيم عن المتوسط الحسابي، سواء بالزيادة أو النقصان، ويساعد هذا المؤشر في تحديد درجة استقرار البيانات، فكلّما اقتربت القيم من المتوسط كان التذبذب ضعيفًا، وكلّما ابتعدت عنه كان التذبذب مرتفعًا، مما يعكس عدم تجانس الظاهرة المدروسة.

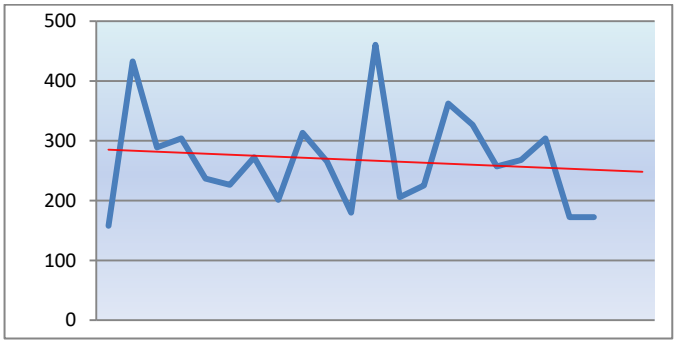
الجدول (5) تذبذب كميات الأمطار السنوية (بالملم) في محطة بنينا عن المتوسط السنوي العام (268.2) للفترة (1980– 2000).

السنة	المجموع السنوي	معدل التذبذب بالزيادة أو النقص عن المتوسط السنوي العام (*)
1980	157.8	110.4 -
1981	432.7	+164.5
1982	288.9	+20.7
1983	304.1	26.4 -
1984	236.7	31.5 -
1985	226.4	41.8 -
1986	272.3	+4.1
1987	201.1	67.1 -
1988	313.4	+45.2
1989	265.4	2.8 -
1990	179.7	88.5 -
1991	460.6	+182.4
1992	205.7	62.5 -
1993	225.4	42.8 -
1994	362.3	+91.1
1995	326.7	+58.5
1996	257.2	11 -
1997	267.9	0.3 -
1998	304.1	+35.9
1999	172.2	141 -
2000	172.2	141 -
مجموع	5632.8	

المصدر: بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، * من حساب الباحث.

تتسم أمطار منطقة الدراسة بالتذبذب الشديد في كميات الأمطار السنوية وعدم انتظام توزيعها على أشهر السنة، فتتباين الأمطار في كميتها في محطة بنينا عن المتوسط السنوي العام الذي يبلغ (268.2 ملم)، الجدول (1) ففي عام 1980 بلغت كمية الأمطار الساقطة حوالي (157.8 ملم) بمعدل تناقص (– 110.4ملم)، أمّا في السنة التي تليها 1981 فوصلت الزيادة فوق المتوسط إلى (164.5ملم)، وقلّت الكمية في عامي (1982 ـ 1983)، عن المتوسط بحوالي (29.5 ملم)، ثم استمرت كمية الأمطار في التزايد والتناقص في سنوات الدراسة، ويُلاحظ أنّ كمية الأمطار اتجهت نحو الهبوط ما بين (1983. 1985) حيث بلغت عام 1985 (– 41.8 ملم) ثم تناقصت بشكل كبير حيث بلغت (– 67.1 ملم) عن المتوسط السنوي العام، وأخذت كميات الأمطار تتفاوت بين الزيادة والنقصان عن المتوسط حتى عام (1990)، حيث بلغت (– 88.5 ملم) ثم تزايدت بشكل كبير جدًا حيث بلغت (182.4) عام 1991 أخذت بعدها منحنى نحو التناقص بين عامي (1992. 1993)، ثم في التزايد بين عامي (1994. 1995) حيث بلغت (91.1 ملم) عام 1994 وتوالت سنوات التذبذب بين الزيادة والنقصان في الفترة ما بين (1996. 2000).

الشكل (1) تذبذب كميات الأمطار السنوية (بالملم) في محطة بنينا عن المتوسط السنوي العام.



المصدر: الجدول (2).

الموازنة المائية الشهرية بحوض وادي القطارة:

الجدول (6) الموازنة المائية الشهرية باستخدام طريقة بليني .كريدل.

الشهر	الأمطار (ملم)*	التبخر نتح **(ملم/الشهر) ETo	الموازنة المائية	
			**(فائض)	**(عجز)
يناير	62.20	29.45	61.26	-
فبراير	41.36	27.44	62.20	-
مارس	31.33	32.24	40.37	-
ابريل	5.55	37.50	30.28	-
مايو	2.54	43.71	4.29	-
يونيو	0.02	50.70	1.12	-
يوليو	0	58.28	-	-1.66
أغسطس	0.30	58.59	-	-1.88
سبتمبر	2.60	54.90	-	-1.58
أكتوبر	16.13	50.84	0.77	-
نوفمبر	40.10	43.20	14.48	-
ديسمبر	66.3	36.89	38.66	-

المصدر:*بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، محطة أرصاد بنينا، ** من حساب الباحث اعتمادًا على معادلة بليني كريدل.

تعتمد معادلة بليني كريدل على حساب الموازنة المائية الشرية على بيانات النسبة المئوية لساعات النهار السنوية ومتوسط درجة الحرارة (°م) من المعادلة الآتية: (ETo=P (0.46T+8

حيث: ETo = البخر–نتح المرجعي.

P = النسبة المئوية لساعات النهار السنوية.

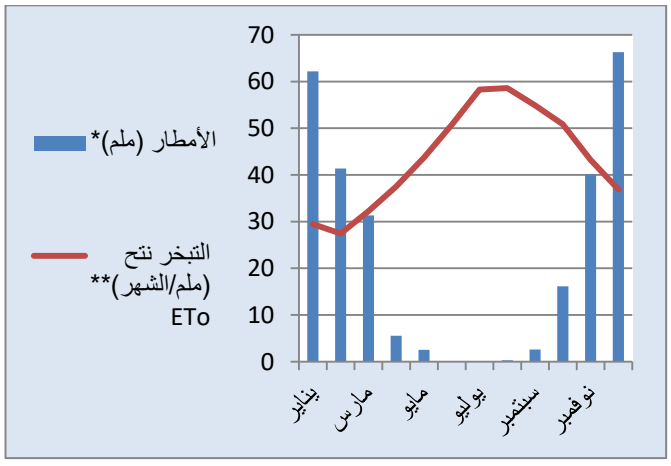
T = متوسط درجة الحرارة (°م).

0.46 = معامل تجريبي (ثابت إحصائي)، يمثّل مقدار تأثير درجة الحرارة على البخر–نتح، وتمّ التوصل إليه من الدراسات المناخية والتجارب الزراعية.

8 = ثابت تصحيحي، أضيف لضبط نتائج المعادلة وجعلها أقرب للقيم الحقيقية للبخر–نتح حتى عند درجات الحرارة المنخفضة.

ويتضح من التحليل وجود تباين موسمي واضح بين الأمطار والبخر–النتح المرجعي؛ ففي يناير–فبراير بلغت الأمطار 41–62 ملم، مقابل ETo (61.26–62.20 ملم)، محققة فائضًا مائيًا، وكان يناير الأعلى بفائض 61.26 ملم. وخلال مارس–مايو انخفضت الأمطار من 31.33 إلى 2.54 ملم، وتذبذب ETo بين 40.37 و4.29 ملم، مما أدى إلى تقلص الفائض وبدء ظهور العجز المائي. أمّا في يونيو–أغسطس فانخفضت الأمطار إلى 0–0.30 ملم، بينما تراوح ETo بين 1.12 و1.89 ملم، ليسجّل عجزًا مائيًا يتراوح بين (-1.66 إلى -1.88 ملم). وفي سبتمبر–أكتوبر بلغت الأمطار 2.60–16.13 ملم، مقابل ETo (50.84–54.90 ملم)، واستمر العجز في سبتمبر (-1.58 ملم)، قبل أنْ يتحول إلى فائض محدود في أكتوبر بلغ 0.77 ملم، ممثّلًا بداية الانتقال إلى الموسم المطير.

الشكل (2) منحنى الموازنة المائية.



المصدر: الجدول (6).

الخصائص الحوضية المساحية:

تكتسب دراسة الخصائص المساحية لأحواض الأودية أهمية كبيرة في الدراسات الهيدرولوجية، إلّا أنّ مساحة الحوض تُعدّ العامل المحدد لكمية المياه المتصرفة حيث إنّه كلّما كبرت مساحة الحوض زادت كمية الأمطار المستغلة عليه، وبالتالي يؤدي إلى زيادة الفائض المائي، (سعيد، والمليان، 2026)، حيث توجد علاقة متبادلة بين مساحة الأحواض وعمليات التعرية، إذ تزداد مساحة الأحواض بزيادة نشاط التعرية المائية، والتي لها علاقة بكميات الأمطار الساقطة سنويا ، فضلاً عن وجود بنية جيولوجية ضعيفة يسهل تعريتها. (سلمان، 2022)

الجدول (7) الخصائص المساحية للأحواض الفرعية بمنطقة الدراسة.

اسم الحوض	المساحة/كم²	المحيط/كم	الطول /كم	العرض/كم
الشريحي	243.73	108.62	36.88	9.89
الشقوقة	82.06	61.82	22.70	6.85
القطارة	316.20	239.26	66.32	23.24
الحجف	75.78	57.95	20.58	7.83
الرمليات	82.51	49.30	18.86	6.96
القارة	165.78	74.89	28.22	7.40
العوسج	80.85	60.54	21.21	7.86
السدر	127.58	54.72	16.57	11.36
المعرش	43.96	43.36	14.23	6.64
بوشهيوة	18.67	23.49	7.63	4.81
النعام	145.80	62.77	24.37	8.39

المصدر: من حسابات الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc map 10.8).

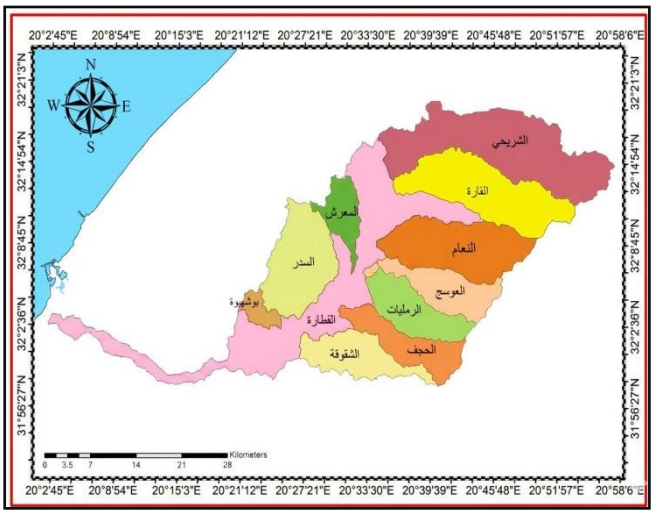
ويمكن تصنيف أحواض الأودية في منطقة الدراسة وفقًا لمساحتها إلى ثلاثة أنماط رئيسية تعكس تباين الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية.

– **الفئة الأولى**: تتمثّل الفئة الأولى في الأحواض الكبيرة التي تزيد مساحتها عن 50كم²، وتشمل أحواض القطارة، الشريحي، والقارة، وتتميز هذه الأحواض باتساع نطاق التجميع المائي، وارتفاع قدرتها على استيعاب كميات كبيرة من الجريان السطحي، مما ينعكس على طول زمن التركيز وزيادة التعقيد الشبكي للتصريف.

– **الفئة الثانية**: فهي الأحواض متوسطة المساحة، والتي تتراوح مساحتها بين 50 و150كم²، وتضم أحواض النعام، السدر، والشقوقة، وتُعدّ هذه الأحواض انتقالية من حيث الخصائص، إذ تجمع بين بعض سمات الأحواض الكبيرة من حيث السعة المائية، وخصائص الأحواض الصغيرة من حيث سرعة الاستجابة الهيدرولوجية.

– **الفئة الثالثة:** تشمل الأحواض الصغيرة التي تقل مساحتها عن 50 كم^2، مثل المعرش، بوشهيوة، الرمليات، العوسج، والحجف، وتتميز هذه الأحواض بسرعة استجابتها للأمطار، وقصر زمن التركيز، وارتفاع احتمالية حدوث الجريان السطحي المفاجئ، مما يجعلها أكثر حساسية للتغيرات المطرية قصيرة المدى.

الخريطة (5) الأحواض الثانوية بحوض وادي القطارة



المصدر: تحليل أنموذج الارتفاع الرقمي DEM.

الخصائص الشكلية:

يستفاد من دراسة الخصائص الشكلية لأحواض الأودية في تحديد مراحل تطوره والعوامل التي شكّلت هذا الوادي، ويتم ذلك بمقارنة شكل الوادي بأحد الأشكال الهندسية (دائرة مربع مستطيل)، إلى جانب دراسة العلاقات النسبية بين طول وعرض الوادي وذلك بالاعتماد على الخصائص الرئيسية لحوض الوادي مثل المساحة والطول والعرض والمحيط وتمثّل أهم معاملات لدراسة الخصائص الشكلية في معدل الاستطالة والاستدارة ومعامل شكل الحوض ونسبة الطول إلى العرض الحوضي.(الكف، 2025)

الجدول (8) الخصائص الشكلية.

الحوض	التعرج النسبي	معامل الانبعاج	معامل الاندماج	معامل الشكل	معامل الاستطالة	معامل الاستدارة
الشريحي	48.41	1.40	3.85	0.18	0.48	0.26
الشقوقة	46.57	1.57	3.71	0.16	0.42	0.27
القطارة	181.04	3.48	14.41	0.07	0.30	0.07
الحجف	44.32	1.40	3.53	0.18	0.48	0.28
الرمليات	29.46	1.08	2.35	0.23	0.54	0.43
القارة	33.83	1.20	2.69	0.21	0.51	0.37
العوسج	45.33	1.39	3.61	0.18	0.48	0.28
السدر	23.47	0.54	1.87	0.46	0.77	0.54
المعرش	42.77	1.15	3.41	0.22	0.67	0.29
بوشهيوة	29.55	0.78	2.35	0.32	0.64	0.42
النعام	27.02	1.02	2.15	0.25	0.56	0.46

المصدر: من حساب الباحث اعتمادًا على المعادلات المورفومترية.

– **معامل الاستدارة:**

يرتبط معامل الاستدارة بحجم الجريان السطحي، إذ إنّ ارتفاع قيمته يعني اقتراب الحوض من الشكل الدائري، مما يقلل زمن وصول المياه إلى المجرى الرئيس ويزيد تركز الجريان وذروة التصريف والسيول. وأظهرت النتائج تباينًا واضحًا بين الأحواض، حيث سجّل حوض السدر أعلى قيمة (0.54) يليه النعام (0.46) ثم الرمليات (0.43) وبوشهيوة (0.42)، وهي الأحواض الأقرب نسبيًا للشكل الدائري. في المقابل سجّل حوض القطارة أدنى قيمة (0.07) مما يدل على ابتعاده الكبير عن الشكل الدائري ومروره بمرحلة تطورية مبكرة. أمّا أحواض الشريحي، الشقوقة، الحجف، العوسج، والمعرش فتراوحت قيمها بين 0.26–0.29، وهي قيم منخفضة تعكس عدم انتظام حدودها واستمرار تطورها الجيومورفولوجي.

– **معدل الاستطالة:**

تعكس هذه النسبة مدى اقتراب الحوض من الشكل المستطيل، وأظهرت النتائج أنّ حوض السدر أعلى قيمة (0.77)، مما يدل على اقترابه النسبي من الشكل المستطيل مقارنة ببقية الأحواض، يليه حوض المعرش (0.67) وبوشهيوة (0.64)، وهي قيم تشير إلى استطالة واضحة نسبيًا، أمّا الأحواض مثل القطارة فسجلت أدنى قيمة (0.30)، مما يدل على ضعف الاستطالة واقترابها من الأشكال غير المنتظمة، وهو ما يتوافق مع انخفاض معامل الاستدارة لديها، أمّا بقية الأحواض فتراوحت بين (0.42 – 0.54)، وهي قيم متوسطة تعكس استطالة معتدلة، وتشير إلى أنّ هذه الأحواض تفقد جزءًا من مياهها أثناء الجريان نتيجة زيادة طول المجاري مقارنة بالعرض.

– **معامل شكل الحوض:**

معامل شكل الحوض يشير إلى مدى تناسق الشكل العام لأجزاء الحوض المختلفة، وأشار هورتن (1932) إلى أنّ قيم عامل الشكل تتراوح في أغلب الأحواض المائية ما بين 0.1 ـ 0.8، حيث تدل القيم المنخفضة له على استطالة الحوض، (جودة، وعاشور، 1991)، ويبيّن هذا المعامل العلاقة بين مساحة الحوض وطوله، حيث سجّل حوض القطارة أدنى قيمة (0.07)، مما يدل على اقترابه الشديد من الشكل المثلث، وهو ما يعكس انخفاض نسبة المساحة إلى الطول، وبالتالي انخفاض احتمالية تجمع المياه بسرعة، كما سجلت أحواض الشقوقة (0.16) والشريحي (0.18) والحجف (0.18) قيمًا منخفضة، مما يدل على أنّ أغلب الأحواض تميل إلى الشكل المثلث، وهو نمط شائع في المناطق المتأثرة بالبنية الجيولوجية والتراكيب

الخطية، في حين سجل حوض السدر أعلى قيمة (0.46)، يليه بوشهيوة (0.32)، وهي قيم أعلى نسبيًا تشير إلى توازن أكبر بين الطول والمساحة، واقتراب نسبي من الأشكال الأكثر انتظامًا.

- التعرج النسبي:

يعكس التعرج النسبي درجة انحراف المجاري المائية عن المسار المستقيم، حيث تشير القيم المرتفعة إلى زيادة التعقيد والتعرج، حيث سجّل حوض القطارة أعلى قيمة (181.04)، وهي قيمة مرتفعة جدًا تدل على شدة التعرج وعدم انتظام المجرى، في حين سجّلت أحواض الشريحي (48.41) والشقوقة (46.57) والعوسج (45.33) والحجف (44.32) والمعرش (42.77) بقيم متقاربة نسبيًا، مما يدل على تعرج متوسط إلى مرتفع، وفي المقابل سجل حوض السدر أدنى قيمة (23.47)، يليه النعام (27.02) والرمليات (29.46) وبوشهيوة (29.55)، وهي قيم منخفضة نسبيًا تشير إلى مجاري أقل تعرجًا وأكثر انتظامًا، واقترابها من المسار المستقيم.

- معامل الانبعاج:

وضع شورلي (1957) معادلة حساب هذا المتغير لتحديد مدى اقتراب شكل الحوض من الشكل الكمثري أو المخروطي، وترتبط قيمة هذا المتغير عكسيًا مع درجة تفلطح الحوض، (تيم، 2015، ص45)، وسجّل حوض القطارة أعلى قيمة (3.48)، مما يدل على شدة الانبعاج وتعقيد النظام التصريفي، وهو ما يتوافق مع ارتفاع التعرج النسبي في الحوض نفسه، وتراوحت قيم الأحواض الشقوقة (1.57) والشريحي (1.40) والحجف (1.40) والعوسج (1.39) بين مستويات متوسطة، مما يعكس درجة معتدلة من الانبعاج، تشير إلى تأثير مشترك للعوامل البنيوية والتعرية، في حين سجل حوض السدر أدنى قيمة (0.54)، يليه بوشهيوة (0.78) والنعام (1.02)، وهي قيم منخفضة تدل على انتظام نسبي في شكل المجاري وقلة التعقيد.

- معامل الاندماج:

يعكس هذا المعامل درجة ترابط الشبكة التصريفية وكفاءة اندماج المجاري المائية داخل الحوض، حيث تشير القيم المرتفعة إلى شبكة أكثر تعقيدًا وتشعبًا، حيث سجّل حوض القطارة أعلى قيمة (14.41)، وهي قيمة مرتفعة جدًا تدل على تعقيد كبير في شبكة التصريف وكثرة التفرعات، مما يعكس مرحلة متقدمة من تطور النظام النهري ، وجاءت الأحواض الشريحي (3.85) والشقوقة (3.71) والعوسج (3.61) والحجف (3.53) والمعرش (3.41) ضمن نطاق متقارب، مما يدل على درجة متوسطة من الاندماج تعكس توازنًا بين التشعب والتنظيم داخل الشبكة المائية، في حين سجّل حوض السدر أدنى قيمة (1.87)، يليه النعام (2.15) والرمليات (2.35) وبوشهيوة (2.35)، وهي قيم منخفضة تشير إلى شبكة تصريف أقل تعقيدًا وأكثر بساطة.

الخصائص التضاريسية:

تُحسب الخصائص التضاريسية لأحواض الأودية باستخدام بيانات الارتفاعات (DEM) والخرائط الطبوغرافية داخل برامج ArcGIS وهي من أهم المؤشرات المستخدمة في الدراسات الهيدرولوجية والسيول والانجراف. وتُعدّ دراسة الخصائص التضاريسية ذات أهمية كبيرة في دراسة الأحواض المائية حيث تؤثر بشكل كبير على الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف خاصة أحواض الأودية الجافة، وتتحكم كذلك في قدرة الحوض المائي على تصريف مياه الأمطار عند تساقطها من المنبع حتى المصب.(لشهب، 2025).

الجدول (9) الخصائص التضاريسية.

الحوض	نسبة التضرس	التضاريس النسبية	قيمة الوعورة	التكامل الهبسومتري	النسيج الطوبوغرافي	أقصى ارتفاع	أدنى ارتفاع
الشريحي	0.001	0.05	0.09	4.78	22.18	665	293
الشقوقة	0.005	0.17	0.02	0.76	0.10	443	212
القطارة	0.001	0.02	0.00	8.15	0.05	416	2
الحجف	0.009	0.31	0.12	0.42	0.28	525	220
الرمليات	0.004	0.17	0.15	1.01	1.66	529	229
القارة	0.010	0.38	0.07	0.59	0.21	596	249
العوسج	0.039	1.36	0.43	0.10	3.87	546	230
السدر	0.003	0.09	0.17	2.50	44.02	640	290
المعرش	0.008	0.25	0.04	0.41	0.14	385	229
بوشهيوة	0.024	0.77	0.49	0.10	0.68	310	205
النعام	0.002	0.06	0.01	3.76	0.21	596	249

المصدر: من حساب الباحث اعتمادًا على المعادلات المورفومترية.

- نسبة التضرس:

تدل نسبة التضرس على العلاقة المتبادلة بين تضرس الحوض وطوله ويؤثر على درجة الانحدار العام وفهم الوضع الطبوغرافي له، وأثرها في تشكيل المظاهر الأرضية فضلًا عن تخمين حجم الرواسب المنقولة كمًا ونوعًا، كما أنّ تأثيرها يمتد إلى مسافات بعيدة عنها، (لشهب، 2025)، واتضح من بيانات الجدول أنّ نسبة التضرس في الأحواض المدروسة تتباين بشكل واضح من حوض إلى آخر، إذ سجّلت قيمًا منخفضة حيث تراوحت بين (0.001–0.039)، وهو ما يبيّن الفروق في الارتفاعات النسبية داخل معظم الأحواض، وسجّل حوض العوسج أعلى قيمة (0.039)، مما يدل على ارتفاع

نسبي في درجة التضرس مقارنة ببقية الأحواض، في حين سجّلت أحواض مثل الشريحي والقطارة أدنى القيم (0.001)، مما يشير إلى ضعف التضرس وسيادة الأسطح شبه المستوية، وهو ما ينعكس في انخفاض قدرة الجريان على النحت والنقل.

- التضاريس النسبية:

تساعد على معرفة قيمة التضرس النسبي للحوض مع عدم أخذ النسيج الطبوغرافي بعين الاعتبار ويدل انخفاض قيم التضرس على كبر المساحة الحوضية، كما يدل على نشاط عملية النحت الرأسي، وعلى العكس من ذلك فإنّ الأحواض العالية في نسبة تضرسها تكون صغيرة المساحة ونشطة في عملية النحت ضمن ظروف تضرس عالية، (أبو الشواشي، 2024)، أمّا بالنسبة إلى التضاريس النسبية فهي تُظهر قيمًا متقاربة نسبيًا مع ميلها إلى الانخفاض، حيث تراوحت بين (0.02–1.36)، وهي قيم تعكس بشكل عام ضعف الانحدارات، وسجّل حوض العوسج أعلى قيمة (1.36)، مما يدل على تباين تضاريسي ملحوظ مقارنة ببقية الأحواض، في حين سجل حوض القطارة أدنى قيمة (0.02)، وهو ما يؤكد الطبيعة شبه المستوية لهذا الحوض ويمكن تفسير هذا التباين بمدى مقاومة التكوينات الصخرية لعمليات التعرية، إضافة إلى دور العوامل المناخية، خاصة قلّة التساقط المطري التي تحد من فاعلية العمليات الجيومورفولوجية الحالية.

- قيمة الوعورة:

تشير قيمة الوعورة إلى مدى تضرس الحوض ثم مدى انحدار المجرى المائي فيه، بالاعتماد على كثافة الصرف الطولية للحوض، وارتفاع هذه القيمة يعني شدة التضرس وسيادة التعرية المائية، ونقل الرواسب في المنابع العليا للأحواض إلى أسفل المنحدرات، (Mondal, B. et al. 2024)، وتراوحت قيم الوعورة بين (0.00–0.49)، وهي في مجملها قيم منخفضة إلى متوسطة، تعكس محدودية شدة التضرس في معظم الأحواض، وسجّل حوض بوشهيوة أعلى قيمة (0.49)، يليه حوض العوسج (0.43)، مما يشير إلى ارتفاع درجة الانحدار، وبالتالي زيادة نشاط التعرية المائية ونقل الرواسب في حين سجّل حوض القطارة أدنى قيمة (0.00)، وهو ما يدل على ضعف شديد في الوعورة، وتبرز العلاقة هنا بين قيمة الوعورة والكثافة الصرفية، إذ إنّ ارتفاعها يعكس تزايد تقطع السطح وكثافة المجاري المائية.

- التكامل الهبسومتري:

تراوحت قيم التكامل الهبسومتري بين (0.10 – 8.15)، وهو تباين يعكس اختلاف المراحل التطورية للأحواض من حيث التوازن بين عمليتي التعرية والترسيب. فقد سجّلت بعض الأحواض قيمًا مرتفعة نسبيًا مثل (8.15) و(4.78) و(3.76)، وهي تشير إلى أنّ هذه الأحواض ماتزال في مراحل جيومورفولوجية أقل نضجًا، حيث لم تتعرض لعمليات تعرية كافية لتخفيض سطحها، وبالتالي تحتفظ بجزء كبير من كتلتها التضاريسية. في المقابل سجّلت أحواض أخرى قيمًا منخفضة جدًا مثل (0.10) و(0.41) و(0.42)، وهو ما يدل على وصولها إلى مراحل متقدمة من التطور الجيومورفولوجي، حيث أسهمت عمليات التعرية المستمرة في خفض السطح وتقليل الفروق في الارتفاع. **أمّا** فيما يتعلق بالنسيج الطوبوغرافي فتُظهر القيم تباينًا حادًا بين الأحواض، حيث تراوحت بين (0.05–44.02)، مما يعكس اختلاف درجة تقطع السطح وكثافة المجاري المائية، وسجّلت بعض الأحواض قيمًا مرتفعة جدًا مثل (44.02) و(22.18)، وهي دلالة على نسيج طوبوغرافي دقيق يتميز بكثافة تصريفية عالية وتقطع شديد للسطح، وغالبًا ما يرتبط ذلك بسيادة الصخور الهشة، أو الظروف التي تعزز التعرية المائية في المقابل ظهرت قيم منخفضة جدًا مثل (0.05) و(0.10)، مما يشير إلى نسيج خشن وضعف في كثافة المجاري المائية، وهو ما يعكس سيادة الأسطح المستوية أو قلة فعالية العمليات الجيومورفولوجية الحالية.

حساب الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي القطارة.

تُعدّ الدراسات الهيدرولوجية ذات أهمية خاصة لارتباطها في مجالات تنمية الموارد المائية ومشاريع التنمية الزراعية في المناطق ذات المصادر المائية التي لا تتوافر فيها محطات لقياس الجريان المائي السطحي، إذ يعتمد على المعادلات الرياضية من خلال حساب كمية الأمطار الساقطة التي تُعدُّ من أهم المتغيرات الهيدرولوجية فضلًا عن العوامل الأُخرى. (rimaldi, S., et al. 2022)

الجدول (10) زمن التركيز وزمن التباطؤ.

الحوض	زمن التركيز (دقيقة)	زمن التركيز (ساعة)	زمن التباطؤ (دقيقة)	زمن التباطؤ (ساعة)
الشريحي	375.85	6.26	225.51	3.75
الشقوقة	257.78	4.29	154.66	2.57
القطارة	710.37	11.83	426.22	7.10
الحجف	206.82	3.44	124.09	2.06
الرمليات	188.18	3.13	112.91	1.88
القارة	283.40	4.72	170.04	2.83
العوسج	211.25	3.52	126.75	2.11
السدر	152.71	2.54	91.62	1.52
المعرش	174.83	2.91	104.90	1.74
بوشهيوة	375.85	6.26	225.51	3.75
النعام	239.23	3.98	143.54	2.39

المصدر: من حساب الباحث اعتمادًا على المعادلات الهيدرولوجية.

أولًا: الجريان السطحي:

تُظهر بيانات زمن التركيز تباينًا واضحًا بين الأحواض، حيث تراوحت القيم بين (152.71–710.37 دقيقة) أي ما يعادل (2.54–11.83 ساعة)، وهو ما يعكس اختلاف خصائص الأحواض من حيث المساحة والانحدار وطول المجاري المائية. فسجّل حوض القطارة أعلى زمن تركيز (710.37 دقيقة / 11.83 ساعة)، مما يدل على بطء استجابة الحوض لهطول الأمطار، في حين سجل حوض السدر أدنى قيمة (152.71 دقيقة / 2.54 ساعة)، وهو ما يشير إلى سرعة استجابة عالية للجريان السطحي، أمّا زمن التباطؤ فقد تراوح بين (91.62–426.22 دقيقة) أي ما يعادل (1.52–7.10 ساعة)، وهو ما يعكس الفترة الزمنية بين بداية الهطول وبلوغ ذروة التصريف، وقد سجّل حوض القطارة أيضًا أعلى زمن تباطؤ (426.22 دقيقة/7.10ساعة)، مما يدل على تأخر وصول الذروة نتيجة بطء حركة المياه داخل الحوض، في حين سجل حوض السدر أدنى قيمة (91.62 دقيقة/ 1.52ساعة)، وهو ما يعكس سرعة انتقال المياه ووصولها إلى المجرى الرئيسي، وبشكل عام تشير هذه النتائج إلى أنّ الأحواض ذات الأزمنة القصيرة (مثل السدر والرمليات) تتميز بسرعة استجابة عالية وزيادة احتمالية حدوث الفيضانات المفاجئة، في حين أنّ الأحواض ذات الأزمنة الطويلة (مثل القطارة) تكون استجابتها أبطأ.

الجدول (11) معدل وكثافة وذروة وحجم التصريف.

الحوض	متوسط معدل التصريف (م³/ث)	كثافة التصريف (م³)	ذروة التصريف (م³/ث)	حجم التصريف (م)³
الشريحي	1690.88	6.93	1692.23	1545.39
الشقوقة	830.04	10.11	830.70	896.94
القطارة	1160.63	3.67	1161.56	1760.22
الحجف	955.36	12.60	956.13	861.30
الرمليات	1143.23	13.85	1144.15	898.92
القارة	1525.30	9.20	1526.52	1275.12
العوسج	1116.23	13.80	1117.13	890.01
السدر	2178.31	17.07	2180.05	1118.70
المعرش	655.61	14.91	656.13	656.37
بوشهيوة	491.10	26.30	491.49	427.68
النعام	1589.11	10.89	1590.38	1195.92

المصدر: من حساب الباحث اعتمادا على المعادلات الهيدرولوجية

تُظهر بيانات متوسط معدل التصريف تباينًا واضحًا بين الأحواض، حيث تراوحت القيم بين (491.10–2178.31 م³/ث)، مما يعكس اختلافًا في حجم الجريان السطحي وكفاءة الأحواض في تصريف المياه. فقد سجّل حوض السدر أعلى متوسط تصريف (2178.31 م³/ث)، يليه حوض الشريحي (1690.88 م³/ث) ثم النعام (1589.11 م³/ث)، وهو ما يدل على ارتفاع استجابتها للهطول المطري، بينما سجّل حوض بوشهيوة أدنى قيمة (491.10 م³/ث)، مما يشير إلى محدودية الجريان فيه، أو صغر مساحة تغذيته، أمّا كثافة التصريف فقد تراوحت بين (3.67–26.30)، وهي مؤشرات تعكس درجة تقطع سطح الحوض وكثافة شبكة المجاري المائية، فقد سجّل حوض بوشهيوة أعلى كثافة تصريف (26.30)، يليه السدر (17.07) ثم الرمليات والعوسج (13.80–13.85)، مما يدل على شبكة صرف كثيفة وسريعة الاستجابة، في حين سجّل حوض القطارة أدنى قيمة (3.67)، وهو ما يشير إلى ضعف في شبكة التصريف، وسيادة سطح أقل تقطعًا، وفيما يتعلق بذروة التصريف، فقد جاءت القيم متقاربة جدًا مع متوسط التصريف في جميع الأحواض، حيث تراوحت بين (491.49–2180.05 م³/ث)، مما يدل على استجابة سريعة ومباشرة للأحواض مع الأمطار، وغياب فروق كبيرة بين المتوسط والذروة، وقد سجّل حوض السدر أعلى ذروة تصريف (2180.05 م³/ث)، في حين سجّل حوض بوشهيوة أدنى قيمة (491.49 م³/ث)، وهو ما يعكس نفس التباين المسجل في متوسط التصريف، أمّا حجم التصريف فقد تراوحت قيمه بين (427.68 - 1760.22 م³)، حيث سجل حوض بوشهيوة أدنى حجم تصريف نظرًا لصغر مساحته الحوضية، في حين سجّل القطارة أعلى حجم تصريف كونه يمثّل مصب الحوض النهائي، وتتجمع فيه كل المياه المنحدرة من باقي الأحواض.

الجدول (12) حجم الضائعات المائية.

الحوض	صافي المياه المتاحة (م³)	صافي الجريان بعد التسرب (م³)	حجم الضائعات المائية (م³)
الشريحي	22805816.1	22805783.12	73151.97
الشقوقة	7690663.2	7690655.585	12316.61
القطارة	29681694	29681613.14	80.86
الحجف	7113468.6	7113462.958	5.64
الرمليات	7745213.7	7745208.11	5.58
القارة	15561768.6	15561751.69	16.91
العوسج	8489250	8489243.851	6.14
السدر	11975934.6	11975927.59	7.01
المعرش	4126525.2	4126522.433	2.766
بوشهيوة	1752552.9	1752552.234	0.66
النعام	13686246	13686233.44	12.55

المصدر: من حساب الباحث اعتمادًا على المعادلات الهيدرولوجية.

تُظهر بيانات صافي المياه المتاحة تباينًا واضحًا بين الأحواض، حيث تراوحت القيم بين (29,681,694–1,752,552.9

م³)، مما يعكس اختلافًا في حجم الموارد المائية المرتبطة بمساحة الحوض وكفاءة التغذية المطرية، وقد سجّل حوض القطارة أعلى قيمة (29,681,694 م³)، يليه حوض الشريحي (22,805,816.1م³)، ثم القارة (15,561,768.6 م³)، وهو ما يشير إلى وفرة نسبية في المياه المتاحة في حين سجّل حوض بوشهيوة أدنى قيمة (1,752,552.9 م³)، مما يدل على محدودية الموارد المائية فيه، أمّا صافي الجريان بعد التسرب، فقد جاءت القيم متقاربة جدًا مع صافي المياه المتاحة، حيث أظهرت فروقًا طفيفة للغاية، مما يدل على أنّ نسبة التسرب منخفضة نسبيًا في جميع الأحواض، وأنّ الجزء الأكبر من المياه المتاحة يتحول مباشرة إلى جريان سطحي، وحافظت الأحواض نفسها تقريبًا على ترتيبها من حيث القيم العليا والدنيا، مما يعكس استقرارًا نسبيًا في سلوك الجريان، وفيما يتعلق بـ حجم الضائعات المائية، فقد تراوحت القيم بين (0.66– 73,151.97 م³)، حيث سجّل حوض الشريحي أعلى فقد مائي (73,151.97 م³)، يليه حوض الشقوقة (12,316.61 م³) ثم النعام (12,550 م³ تقريبًا)، مما يشير إلى زيادة في الفاقد نتيجة التسرب أو التبخر أو عوامل جيومورفولوجية أخرى في حين سجل حوض بوشهيوة أدنى قيمة (0.66 م³)، وهو ما يدل على محدودية الفواقد المائية فيه مقارنة ببقية الأحواض.

الجدول (13) حجم وسرعة الجريان بأحواض القطارة.

الحوض	حجم الجريان (م)³	سرعة الجريان (م/ث)
الشريحي	22878935.1	0.078143486
الشقوقة	7702972.2	0.078952501
القطارة	29681694	0.04464408
الحجف	7113468.6	0.122418099
الرمليات	7745213.7	0.13295099
القارة	15561768.6	0.098457762
العوسج	8489250	0.123174148
السدر	11975934.6	0.18509096
المعرش	4126525.2	0.086116902
بوشهيوة	1752552.9	0.112277044
النعام	13686246	0.11683376

المصدر: من حساب الباحث اعتمادًا على المعادلات الهيدرولوجية.

تُظهر بيانات الجدول (16) حجم الجريان بين الأحواض، حيث تراوحت القيم بين (1,752,552.9–29,681,694 م³)، مما يعكس اختلافًا في كميات المياه السطحية الناتجة عن تفاوت مساحة الأحواض وكفاءة التغذية المطرية، وقد سجل حوض القطارة أعلى حجم جريان (29,681,694 م³)، يليه حوض الشريحي (22,878,935.1 م³) ثم القارة (15,561,768.6 م³)، وهو ما يدل على وفرة مائية نسبية، في حين سجّل حوض بوشهيوة أدنى قيمة (1,752,552.9 م³)، مما يشير إلى محدودية الجريان فيه، أمّا سرعة الجريان فتراوحت بين (0.044–0.185 م/ث)، وهي قيم تعكس اختلاف الانحدار وطبيعة السطح داخل الأحواض. فقد سجّل حوض السدر أعلى سرعة جريان (0.185 م/ث)، يليه الرمليات (0.133 م/ث) والعوسج (0.123 م/ث) والحجف (0.122 م/ث)، مما يدل على زيادة كفاءة حركة المياه في المقابل سجل حوض القطارة أدنى سرعة (0.044 م/ث)، وهو ما يعكس بطء حركة الجريان مقارنة ببقية الأحواض، في حين جاءت باقي الأحواض بقيم متوسطة مثل الشريحي والشقوقة والقارة، مما يشير إلى تدرج واضح في سرعات الجريان بين الأحواض المدروسة.

– معامل النقل الرسوبي:

مؤشر هيدرولوجي يصف العلاقة بين كمية التربة المتآكلة داخل الحوض المائي وكمية الرسوبيات التي تصل فعليًا إلى مخرج الحوض المصب. (Roehl, J. W. (1962)

الجدول (14) معامل النقل الرسوبي للأحواض المدروسة.

الحوض	حجم الانجراف (م³/ سنة)	معامل النقل الرسوبي SDR*
الشريحي	11694	81.858
الشقوقة	1853	12.971
القطارة	11646	81.522
الحجف	81487	570.409
الرمليات	7446	52.122
القارة	14351	100.457
العوسج	7233	50.631
السدر	13692	95.844
المعرش	2907	20.349
بوشهيوة	11786	82.502
النعام	7623	53.361
المجموع	171717	1.202026

المصدر: من حساب الباحث اعتمادًا على المعادلات الهيدرولوجية الموضحة في الملاحق * (Roehl, J. W. (1962).

تظهر البيانات تباينًا واضحًا بين الأحواض في حجم الانجراف وكفاءة النقل الرسوبي (SDR)، حيث تتسم العلاقة بينهما بالطردية؛ فكلّما زاد الانجراف زادت كفاءة نقل الرواسب، ويُعدّ حوض الحجف أعلى الأحواض نشاطًا، مما يشير إلى ظروف مورفومترية شديدة (انحدار، تضرس، ضعف غطاء نباتي)، وبالتالي مساهمة كبيرة في تغذية

الرواسب، وفي المقابل تُعدّ أحواض مثل الشقوقة والمعرش الأقل نشاطًا، ما يدل على استقرار نسبي واحتفاظ داخلي بالرواسب، أمّا الأحواض المتوسطة مثل القطارة والشريحي وبوشهيوة فتمثّل حالة توازن بين الإنتاج والنقل الرسوبي، وبشكل عام فإنّ الأحواض ذات القيم المرتفعة تُعدّ المصدر الرئيس للرواسب، وهي الأكثر تأثيرًا على ترسيب البحيرات وتقليل سعتها، خاصة في البيئات شبه الجافة.

– درجات الخطورة لأحواض التصريف الثانوية بحوض وادي القطارة:

أظهرت نتائج تحليل وتصنيف درجة الخطورة المطبق على أحواض وادي القطارة تباينًا واضحًا في درجات خطورة السيول، حيث تصدرت أحواض السدر والرمليات والعوسج فئة الخطورة العالية جدًا نتيجة لارتفاع كثافة التصريف وسرعة الجريان وقصر زمن التركيز، مما يعكس استجابة هيدرولوجية سريعة للعواصف المطرية. في المقابل جاء حوض القطارة ضمن الفئة منخفضة الخطورة نظرًا لطول زمن التركيز وانخفاض سرعة الجريان، مما يقلل من احتمالية حدوث سيول مفاجئة.

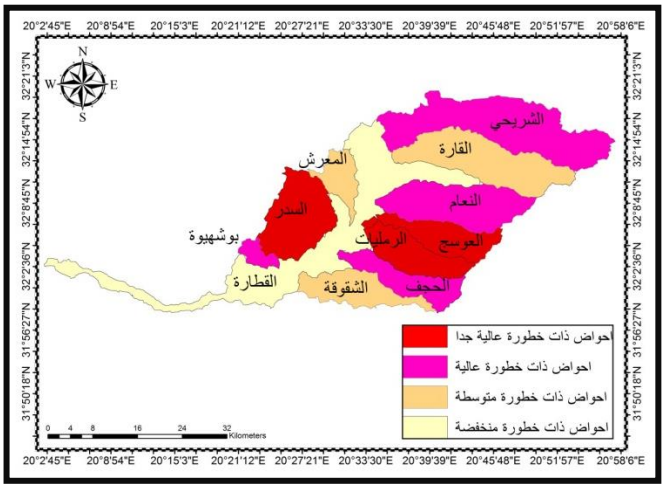
الجدول (15) تصنيف درجة الخطورة للأحواض المدروسة.

درجة الخطورة	الحوض
أحواض ذات خطورة عالية جدًا	السدر
	الرمليات
	العوسج
أحواض ذات خطورة عالية	الحجف
	بوشهيوة
	الشريحي
	النعام
أحواض ذات خطورة متوسطة	القارة
	الشقوقة
	المعرش
أحواض ذات خطورة منخفضة	القطارة

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على حساب نتائج الجريان السطحي.

الأحواض ذات الخطورة العالية جدًا (السدر، الرمليات، العوسج) ترتبط بارتفاع سرعة الجريان والتصريف، وكثافة تصريف كبيرة، مع قصر زمن التركيز ووعورة التضاريس، مما يؤدي إلى استجابة سريعة وتدفقات شديدة، أما الأحواض ذات الخطورة العالية (الحجف، بوشهيوة، الشريحي، النعام) فتتشابه مع الفئة الأولى لكنها أقل حدة، حيث تتميز بارتفاع سرعة الجريان أو الكثافة التصريفية أو حجم التصريف، ما يعزز كفاءة نقل المياه داخل الحوض، وفي الأحواض متوسطة الخطورة (القارة، الشقوقة، المعرش)، يظهر توازن نسبي بين العوامل المختلفة، فلا يوجد عامل مسيطر بشكل واضح، مما يقلل من شدة الفيضانات، بينما يتميز حوض القطارة (خطورة منخفضة) بطول زمن التركيز وانخفاض سرعة الجريان، ما يعكس استجابة بطيئة للأمطار، ويحدّ من شدة التدفقات، وبشكل عام تزداد الخطورة مع زيادة سرعة الجريان والكثافة التصريفية وقصر زمن التركيز، وتقلّ مع بطء الاستجابة وانخفاض الانحدار.

الخريطة (6) درجات الخطورة لأحواض الأودية



المصدر: عمل الباحث اعتمادًا على معايير الجريان السطحي للأحواض باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

النتائج:

1. أوضحت نتائج التحليل التضاريسي أنّ الأحواض المدروسة تتميز بانخفاض عام في درجة التضرس، حيث تراوحت القيم بين (0.001–0.039)، مما يعكس سيادة الأسطح شبه المستوية وضعف الطاقة النحتية.

2. بيّنت مصفوفة الارتباط وجود علاقة طردية قوية بين نسبة التضرس والتضاريس النسبية وقيمة الوعورة (0.92–0.99)، وعلاقة عكسية مع التكامل الهبسومتري، مما يدل على أنّ زيادة التضرس ترتبط بمرحلة تطورية أقل تقدّمًا.

3. أظهرت نتائج زمن التركيز تباينًا بين الأحواض (2.54–11.83 ساعة)، حيث سجّل حوض القطارة أعلى زمن تركيز دالًّا على بطء الاستجابة، مقابل أدنى قيمة في حوض السدر مما يعكس استجابة سريعة.

4. تراوح زمن التباطؤ بين (1.52–7.10 ساعة)، حيث سجّل حوض القطارة أعلى قيمة، في حين سجّل السدر أدنى قيمة، مما يؤكد اختلاف ديناميكية الجريان بين الأحواض.

5. تراوحت قيم متوسط التصريف بين(491.10–2178.31م^3/ث)،

حيث سجّل حوض السدر أعلى قيمة، في حين سجّل بوشهيوة أدنى قيمة. كما أظهرت كثافة التصريف تباينًا كبيرًا (3.67–26.30)، مما يعكس اختلاف درجة تقطع السطح وكثافة المجاري المائية.

6. التكامل الهبسومتري أظهر تباينًا في المراحل الجيومورفولوجية، حيث تشير القيم المرتفعة إلى أحواض في مراحل تطورية مبكرة، بينما تعكس القيم المنخفضة أحواضًا أكثر نضجًا جيومورفولوجيًا.

7. أظهرت نتائج تقييم مخاطر السيول تباينًا واضحًا بين الأحواض، حيث سُجلت أعلى خطورة في أحواض السدر والرمليات والعوسج نتيجة لارتفاع كثافة التصريف وسرعة الجريان وقصر زمن التركيز، بينما تميز حوض القطارة بانخفاض الخطورة بسبب طول زمن التركيز وبطء الاستجابة الهيدرولوجية.

التوصيات:

1. العمل على إنشاء سدود تعويقية (قابيون) في مجاري الأودية للتخفيف من اندفاع المياه نحو المصب.

2. إنشاء محطات مطرية لقياس كميات الأمطار في كل وادي على أنْ تكون موزعة في مناطق المنابع والوسط وعند المصب في كل حوض.

3. عدم بناء المنازل داخل أحواض الأودية أو على ضفاف المجاري المائية.

4. تشجيع التعاون بين الجامعات والجهات التنفيذية، مثل وزارة الموارد المائية وهيئات البيئة، للاستفادة من نتائج هذه الدراسة في التخطيط المائي والإدارة المتكاملة للأحواض.

5. توظيف تقنية الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التغيرات البيئية لتوفير قاعدة بيانات يمكن الاعتماد عليها في دراسات أخرى.

المصادر والمراجع:

– أبو الشواشي، ن. (2024). استخراج الخصائص المورفومترية لحوض وادي المجينين باستخدام المرئيات الفضائية. مجلة رواق الحكمة، جامعة الزاوية، 8 (1).

– جودة، ج. ح.، وعاشور، م. م. (1991). وسائل التحليل الجيومورفولوجي (ط. 1).

– دسوقي، أ. س. س. (2023). نمذجة الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف المائي شرق النيل من وادي شارونة جنوبًا إلى وادي غياضة شمالًا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية، (45).

– سلمان، ج. ف. (2022). التغيرات المورفولوجية لمروحة رانية الفيضية شمال العراق: دراسة جيومورفولوجية (أطروحة دكتوراه غير منشورة). جامعة بغداد.

– سعيد، م. خ.، والمليان، ج. ع. (2026). دراسة هيدرولوجية لحوض وادي جارف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. المجلة الشاملة للدراسات الإنسانية التربوية، 2 (1).

– الطاهر، ع. م. (1990). العلاقة بين أنماط التصريف والتراكيب الجيولوجية في المنطقة الممتدة بين سوسة وكرسه بالجبل الأخضر (رسالة ماجستير غير منشورة). قسم الجغرافيا، كلية الآداب والتربية، جامعة قاريونس.

– عبد الغني، ع. ط.، وآخرون. (2017). التحليل المورفومتري لوادي حوران باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. مجلة الأنبار للعلوم الزراعية، 15 (1).

– العمروني، ن. ع.، وآخرون. (2023). تحليل خصائص الأمطار في منطقة شحات خلال الفترة (1960–2005). مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، مركز البحوث القومية – غزة، (1).

– الكف، أ. م. (2025). الخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية لحوض وادي الرمل. مجلة أبحاث، كلية الآداب، جامعة سرت، 17 (1).

– لشهب، س.، وآخرون. (2021). التحليل الرقمي لبعض الخصائص المورفومترية لحوض وادي طبرقاية بالجبل الأخضر، شمال شرق ليبيا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. المجلة الليبية العالمية، (51).

– لشهب، س. (2025). الخصائص الهيدروجيومورفولوجية لحوض وادي العصرة بالجزء الشمالي من الجبل الأخضر (أطروحة دكتوراه غير منشورة). قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة بنغازي.

– المزوغي، ط. ح.، وعون، ع. ض. (2023). دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي غان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. في المؤتمر الدولي الثالث للتقنيات الجيومكانية. الجمعية الليبية للاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

– مشروع جنوب الجبل الأخضر، جامعة عمر المختار. (2003). دراسة وتقييم الغطاء النباتي بمنطقة الجبل الأخضر (تقرير غير منشور).

– مركز البحوث الصناعية. (1973). خريطة ليبيا الجيولوجية: الكتيب التفسيري، لوحة البيضاء (1:50,000). طرابلس، ليبيا.

– مركز البحوث الصناعية. (1974). خريطة ليبيا الجيولوجية: الكتيب التفسيري، لوحة بنغازي (1:25,000). طرابلس، ليبيا.

– الياداري، ص.، وإدريسي، ع. ج. (2022). تحديد الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض إيناون باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. المجلة الدولية للأقاليم والبيئة والتنمية، 1 (2).

- Hamdan, A. M. (2020). Hydro-morphometric analysis using geospatial technology: A case study of Wadi Gabgaba and Wadi Allaqi watersheds, Southern Egypt–Northern Sudan. Journal of Geoscience and Environment Protection, 10(3

- Rohlich, P. (1974). Geological map of Libya (Scale 1:250,000, Sheet: Al Bayda, N134–15, Explanatory booklet, pp. 37–38, 52–55). Industrial Research Centre, Libya (I.R.C.L.A.R.), Tripoli.

- Roehl, J. W. (1962). Sediment source areas, delivery ratios and influencing morphological factors (Doctoral

runoff simulations. Journal of Hydrology, 610, Article 127866.
- https://www.britannica.com/science/normal-fault
- https://www.britannica.com/science/fault-geology
dissertation). University of Wisconsin, Madison, WI, United States.
- Rinaldi, S., et al. (2022). Continuous hydrologic modelling for small and ungauged basins: A comparison of eight rainfall models for sub-daily

الملاحق

الملحق (1) المعادلات المورفومترية المستخدمة في حساب الخصائص المساحية والشكلية والتضاريسية.

المعامل المورفومتري		صيغة المعادلة	المرجع
المعاملات المساحية			
1	المساحةArea (A)	GIS (km²)	GIS
2	المحيطPerimeter (P)	GIS (km)	
3	الطولLength (Lb)	GIS (km)	Schumm (1956)
4	العرضWidth (W)	GIS (km)	Schumm (1956)
المعاملات الشكلية			
5	معامل الاستطالة(Re)	Re =1.128*√ A /Lb	Schumm (1956)
6	معامل الاستدارة(Rc)	Rc =4*3.14*A/P2	Miller (1953)
7	معامل الشكل(Rf)	Rf = A / Lb2	Horton (1932)
8	نسبة التفلطح(k)	k =Lb2/4*A	Chorely (1957)
9	معامل الاندماج(Cc)	Cc=P/2(3.14*A) 0.5	Horton (1945)
المعاملات التضاريسية			
10	تضرس الحوض (Bh)	Bh =H – h	Schumm (1963)
11	نسبة التضرس (Rr)	Rr =H /Lb	Schumm (1956)
12	التضاريس النسبية (Rhp)	(Rhp) = (H/P *100)	Milton (1957)
13	درجة الوعورة (Rn)	Rn=Dd*(H/1000)	Strahler (1957)
14	نسيج الحوض (Dt)	Dt = Nu / P	Schumm (1956)
15	التكامل الهبسومتري (Hi)	Hi = (H̄–h)/(H–h)	Strahler (1957)

الملحق (2) المعادلات الهيدرولوجية المستخدمة في حساب الجريان السطحي.

	المتغير	المعادلة	المصدر
1	فرق الارتفاع	H = Hmax – Hmin	Strahler (1964)
2	انحدار الحوض	S = (H / L) × 100	Chow (1959)
3	زمن التباطؤ	Tl = Tc / 2	Chow et al. (1988)
4	زمن التركيز	Tc = L / V	Singh (1992)
5	زمن التصريف	Td = Tc / 60	Subramanya (2013)
6	سرعة الجريان	V = Q / A	Chow (1959)
7	التصريف	Q = K × A × P	Viessman et al. (1989)
8	حجم المياه	W = P × A	Dingman (2015)
9	شدة الطول	I = P / t	Ward & Robinson (2000)
10	كثافة التصريف	Dd = Q / A	Horton (1945)
11	الميزان الصافي المائي	Wnet = W – E	General Hydrology Concept

الملحق (3) المعادلات الهيدرولوجية المستخدمة في حساب الجريان السطحي.

المتغير	المعادلة	المصدر
حجم الجريان (م^3)	V=R×AV = R \times AV=R×A	Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. New York: McGraw-Hill.p.147
سرعة الجريان (م/ث)	V=1nR2/3S1/2V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}V=n1R2/3S1/2	Robert Manning, Open-Channel Hydraulics.p.10
صافي المياه المتاحة (م^3)	W=P×A×CW = P \times A \times CW=P×A×C	Subramanya, K. (2013). Engineering Hydrology (4th ed.). New Delhi: McGraw-Hill Education.p.220
صافي الجريان بعد التسرب (م^3)	Qn=Q−IQ_n = Q - IQn=Q−I	Viessman, W., Lewis, G. L., & Knapp, J. W. (1989). Introduction to Hydrology (3rd ed.). New York: Harper & Row..p.89
حجم الضائعات المائية (م^3)	L=ET+I+IAL = ET + I + IAL=ET+I+IA	Brutsaert, W. (2005). Hydrology: An Introduction. Cambridge: Cambridge University Press.p.176
متوسط التصريف (م^3/ث)	Q=VtQ = \frac{V}{t}Q=tV	Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. New York: McGraw-Hill.p.32
كثافة التصريف	Dd=∑LAD_d = \frac{\sum L}{A}Dd=A∑L	Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin, 63(11), 1117–1142.
ذروة التصريف (م^3/ث)	Qp=C×I×A3.6Q_p = \frac{C \times I \times A}{3.6}Qp=3.6C×I×A	Kuichling, E. (1889). The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous districts. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 20, 1–56.
حجم التصريف (م^3)	V=∫Q dtV = \int Q \, dtV=∫Qdt	Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. New York: McGraw-Hill.
زمن التركيز (دقيقة)	Tc=0.0195L0.77S−0.385T_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385}Tc=0.0195L0.77S−0.385	Soil Conservation Service (SCS). (1972). National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.
زمن التركيز (ساعة)	Tc(hr)=Tc60T_c (hr) = \frac{T_c}{60}Tc(hr)=60Tc	تحويل قياسي
زمن التباطؤ (دقيقة)	Tlag=0.6TcT_{lag} = 0.6 T_cTlag=0.6Tc	SCS. Soil Conservation Service Guide
زمن التباطؤ (ساعة)	Tlag(hr)=Tlag60T_{lag} (hr) = \frac{T_{lag}}{60}Tlag(hr)=60Tlag	تحويل قياسي