جيومورفولوجية الكهوف الكارستية في محافظة عجلون *

محمد عثمان قوقزة** وعلي أحمد العنانزة***

تاريخ الاستلام 2019/9/22 تاريخ القبول 2019/12/15

ملخص

تناولت الدراسة جيومورفولوجية الكهوف الكارستية في محافظة عجلون، هادفة إلى إظهار دور التركيب المعدني في مدى مساهمته في نشأة وتطور الكهوف الكارستية، بالإضافة إلى دراسة الخصائص المورفومترية للكهوف الكارستية، ولتحقيق أهداف الدارسة، فقد اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة وتحليل بيانات الظاهرة المدروسة، وتم إجراء قياسات مورفومترية لتسعة كهوف من خلال العمل الميداني، وتوصلت الدراسة إلى أنّ الكهوف تنشأ فقط في الصخور الكلسية والدولوميتية، كما أظهرت الدراسة أنّ الكهوف تتباين في المنطقة من حيث أشكالها وأبعادها وأطوالها تبعاً لنوع العملية، حيث تراوحت أطوال هذه الكهوف بين 3.40 – 30 مترا، وارتفاع أسقفها بين 1.72 – 9.10 مترا، وتتباين من حيث الأشكال والأبعاد المورفومترية.

الكلمات الدالّة: الخصائص الطبيعية، الخصائص المورفومترية، الكهوف الكارستية، محافظة عجلون.

المقدّمة:

تعد الكهوف الكارستية من الظواهر الفريدة التي تنتشر في محافظة عجلون، حيث تتواجد هذه الكهوف في المنطقة بأبعاد وأحجام مختلفة، وتعرف هذه الكهوف (cavern) بأنها فراغات تمتد تحت سطح الأرض، وتتكون ضمن صخور جيرية كلسية، وتتصل هذه الفراغات بسطح الأرض بواسطة شقوق وقنوات مائية تحت سطحية، وتنتشر الكهوف في الصخور الجيرية السميكة العالية المسامية والتي تسمح للماء بالدخول من خلالها[1]، ويرتبط بوجود الكهوف الكارستية، أشكال أخرى مثل الصواعد، والهوابط.

© جميع الحقوق محفوظة لجمعية كليات الآداب في الجامعات الأعضاء في اتحاد الجامعات العربية 2020.

* بحث مستل من رسالة ماجستير، بعنوان الظاهرات الكارستية في منقطة عجلون: دراسة جيومورفولوجية.

* وزارة التربية والتعليم، الأردن.

* قسم الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

مبررات الدراسة وأهميتها:

تظهر أهمية الدراسة من عدة نقاط، وهي:

1. تشكل محافظة عجلون منطقة جذب سياحي لما تزخر به من أشكال إرسابية متنوعة كالصواعد والهوابط.
2. تفيد في مجال التخطيط العمراني حيث إنّ اكتشافها يسهم في تنظيم المشاريع السكانية، وذلك عن طريق إدراك المخاطر التي تترتب على هذه المشاريع.
3. تشكل اللبنة الأساسية في دراسة الكارست في المحافظة.

مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة في قلة الدراسات التي تتناول جيومورفولوجية محافظة عجلون بشكل عام والكارست بشكل خاص، ومن هنا فإنّ هذه الدراسة فريدة من نوعها لدراسة جيومورفولوجية الكهوف الكارستية في محافظة عجلون.

أهداف الدراسة:

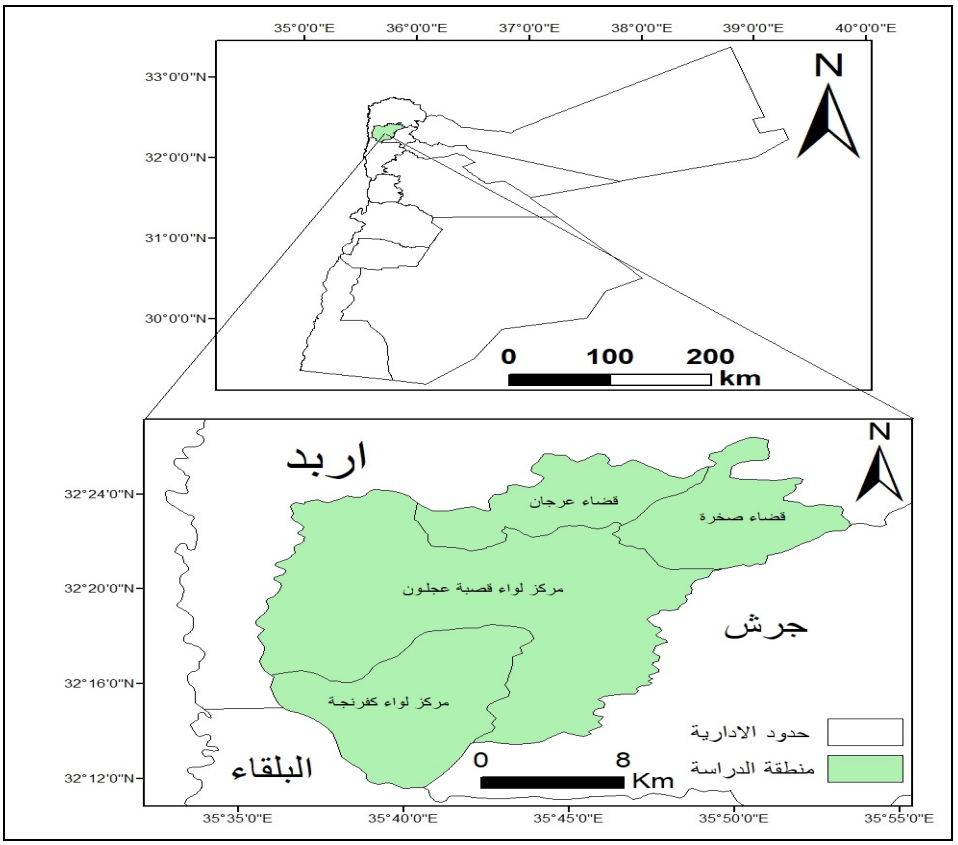
أ- دراسة العوامل الطبيعية التي ساعدت على نشوء الكهوف الكارستية في منطقة الدراسة.

ب- دراسة التركيب المعدني للصخور في منطقة الدراسة.

ج- دراسة الخصائص المورفومترية للكهوف الكارستية في منطقة الدراسة.

منطقة الدراسة:

تقع محافظة عجلون في الركن الشمالي الغربي من الأردن الشكل (1) وتمتد ما بين دائرتي العرض '32°11 إلى'32°26 شمالاً وبين خطي الطول '35°35 إلى '35°53 شرقاً،[2]، وتعتبر منطقة الدراسة بيئة ملائمة لنشوء الظواهر الكارستية وتطوّرها بصفة عامة والكهوف بصفة خاصة، ويرجع ذلك إلى نوعية صخورها الجيرية، وبنية هذه الصخور التي تمتاز بكثرة الشقوق والفواصل الصخرية وأسطح التطبق، إضافة إلى تمتع المنطقة بمعدلات أمطار كبيرة بحيث تزيد عن 500 ملم سنويا. وقد ساعدت هذه الظروف على نشأة العديد من الكهوف الكارستية المختلفة الأبعاد والأشكال وتطوّرها.

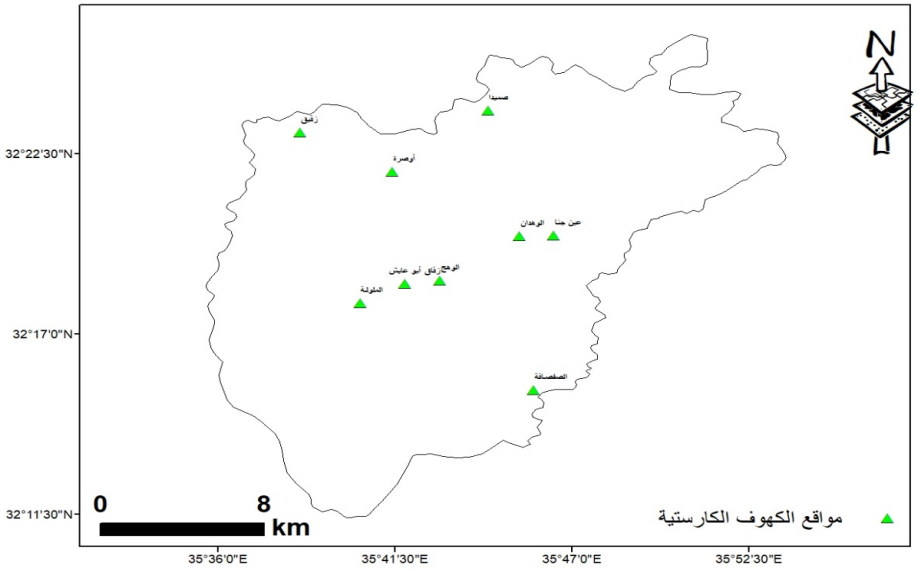


الشكل 1. موقع منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات المركز الجغرافي الملكي، 2019.

إجراءات الدراسة:

إنّ دراسة التوزيع الجغرافي وجيومورفولوجية الكهوف الكارستية في المنطقة تشكل أمراً صعباً؛ نظراً لكبر مساحتها الجغرافية التي تزيد على 419.6 كم^2، لذلك تم اختيار جزء من محافظة عجلون من أجل التسهيل على الباحثين التنقل في الميدان خطوة بخطوة، والتعرف على أماكن انتشار هذه الكهوف بشكل مثالي، من خلال استجواب عدد من السكان، ومن ثم إجراء بعض القياسات المورفومترية، من حيث الطول والشكل والارتفاع، وكان من أبرزها تسعة كهوف تعرف بأسماء محلية وهي: (صميدا، وعراق الوهج، وأبو عايش، وزقيق، وأوصرة، وعين جنا، والوهدان، والصفصافة، والملولة) كما يتضح من الشكل (2).



الشكل 2. مواقع الكهوف الكارستية في منطقة الدراسة. المصدر: عمل الباحثين

الدراسات السابقة:

هنالك العديد من الدراسات التي تناولت موضوع الكهوف الكارستية على المستوى العالمي والإقليمي والمحلي، وفيما يلي توضيح لبعض هذه الدراسات:

تناول سالم (سالم، 2017) جيومورفولوجية الأنفاق الكارستية في وسط حوض وادي شماس في ليبيا، وهدفت الدراسة إلى إبرار دور خصائص الصخر ونظامه ونشاط عمليات الإذابة في تكوين الأنفاق الكارستية، وتوصلت الدراسة إلى دور التكوينات الصخرية الجيرية والعائدة إلى الزمن الجيولوجي الثالث والرابع مع الظروف المناخية القديمة في تشكيل هذه الأنفاق[3].

أما دراسة تركي (تركي، 2016) فقد بحثت في رسوبية وجيومورفولوجية الكهوف والخسوف الأرضية في مربع مركز عذفاء، من منطقة الجوف، في السعودية، وأشارت الدراسة الى أن الكهوف تكونت تحت السطح بفعل غازات صاعدة غنية بكبريتيد الهيدروجين بناء على تواجد قشرة جبسية على جدران الكهوف، وتكون بلورات جبسية متأخرة النشأة، وتكون قباب على أسقف الكهوف وأشكال شبيهة بأقدام الفيل بين طبقات الحجر الجيري[4].

قام بلال وآخرون (بلال وآخرون، 2014) باقتراح نموذج وصفي رقمي للمظاهر الجيوكارستية في مغارة بيت الوادي في المنطقة الساحلية في سوريا، وقام الباحثون بتحليل بنية وليثيولوجية مغارة بيت الوادي، من خلال جمع عينات صخرية من المنطقة، وأوضحت الدراسة أن

هناك علاقة بين الليثيولوجيا والمظاهر الكارستية في المغارة مما أدى إلى تمييز أطوار المظاهر الكارستية[5].

تناولت دراسة نعامنة (Na'amneh, 2011) التطبيق المتكامل للنشاط الطبيعي للرادون وطريقة مسح المقاومة التوموغرافية لدراسة نظام الكهوف الكارستية: حالة دراسية لكهف الظهر في شمال الأردن، وتوصلت الدراسة، من خلال استخدام طريقتي الرادون المشع والمقاومة الكهربائية التوموغرافية، إلى أنّ متوسط تركيز غاز الرادون في المنطقة هو (6.18 كيلو بكيريل/ م^3)، وأعلى قيمة لتركيزه كانت (25.17 كيلو بيكريل/ م^3) [6].

أما دراسة فيستال وآخرون (Festal, et al, 2011) فقد بحثت في تطور المجرى الكارستي في منطقة كاثول في جنوب إيطاليا، وبينت الدراسة خطر المجاري المائية الناتجة عن فعل الكارست وتأثيرها على النشاط البشري، واستخدم الباحثون تحليلات جيولوجية، مورفولوجية، وجيوفيزيائية، وتحليلاً تاريخيًا للصور الجوية المتعدّدة السنوات، وحددت الدراسة عدة مراحل لتطور المجرى المائي، وأثبتت الحاجة إلى تقييم دقيق للتطور المحتمل للكارست في منطقة كاثول[7].

درس أبو صفط (أبو صفط، 1999) جيومورفولوجية الكهوف الكارستية في شمال الضفة الغربية – فلسطين. وقد أوضحت الدراسة أن أجزاء الكهوف الكارستية في جبال الضفة الغربية محدودة الأبعاد، حيث تراوحت أطوال هذه الكهوف بين 12-60 مترا، وأحجامها بين 392-3073م^3، وأما مستوياتها فقد وصل عددها إلى ثلاثة ينفصل بعضها عن بعض بفارق رأسي يتراوح بين 1 – 4 متر[8].

وتختلف هذه الدراسة عن الدراسات السابقة في إظهار البعد الجغرافي للكهوف الكارستية في محافظة عجلون، من خلال برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، بالإضافة إلى إبراز دور التركيب المعدني للصخور ومدى مساهمتها في نشأة الكهوف وتطوّرها، وبيان مدى تباين أبعادها المورفومترية في منطقة الدراسة من خلال العمل الميداني.

منهجية الدارسة وأسلوبها:

تستند هذه الدراسة إلى المنهج الوصفي التحليلي والأسلوب الكمي لوصف الخصائص الطبيعية وآلية نشأة الكهوف وخصائصها المورفومترية في محافظة عجلون وتحليلها، ومن ثم التوصل إلى النتائج والتوصيات، وبعد تحديد أهداف الدارسة، تم الاعتماد على المصادر الآتية:

1. **العمل المكتبي:** تم الرجوع إلى الكتب والأبحاث المنشورة وغير المنشورة والرسائل الجامعية ذات العلاقة بموضوع الدراسة، بالاضافة إلى الاعتماد على الخرائط والمرئيات الفضائية الآتية:

أ. لوحة جرش الجيولوجية، بمقياس 1: 50.000 لسنة (1993)، الصادرة عن سلطة المصادر الطبيعية.

ب. نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة تمييزيّة 30 متر وبمقياس 1: 50.000 لسنة 2011، من موقع المسح الجيولوجي الأمريكي (USGS, 2019).

ج. بيانات مناخية خلال فترة 1990-2014 صادرة عن الأرصاد الجوية.

2. **العمل الميداني:** تم القيام بعدة زيارات ميدانية لمنطقة الدراسة من أجل جمع مادة البحث لتحقيق ما يأتي:

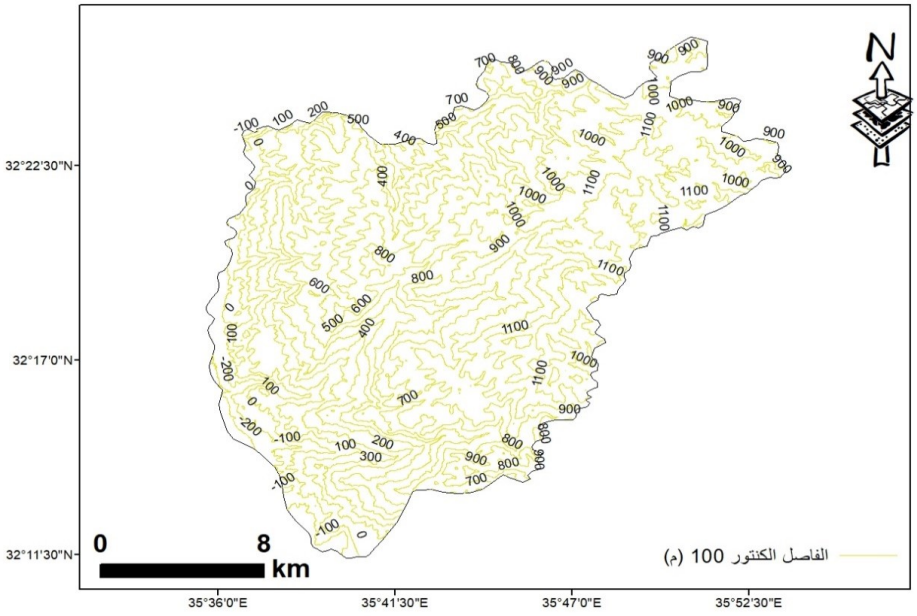
- استخدام جهاز GPS لتحديد إحداثيات مواقع الكهوف ومواقع العينات الصخرية الكارستية.
- إجراء القياسات المورفومترية للكهوف من حيث الطول والعرض والارتفاع ودرجات الانحدار باستخدام الشريط المعدني.
- زيارات استطلاعية للتعرف على أماكن انتشار الكهوف الكارستية، إضافة إلى تفسير نشوئها وتطورها في المنطقة، وذلك من خلال التقاط صور فوتوغرافية لها. وتم هذه العمل من شهر كانون الأول إلى شهر آذار عام 2018.
- جمع عينات صخرية من منطقة الدراسة، وقد بلغ عددها سبع عينات غطت معظم صخور منطقة الدراسة، ومن ثم تحليلها باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية (XRD) في مختبرات الجامعة الأردنية قسم الجيولوجيا، من أجل تحديد نوعها ومعرفة أكثر أنواعها استجابة للإذابة.
- تحليل المعلومات المورفومترية وإيجاد علاقات إحصائية بين متوسط ارتفاع مدخل الكهوف مع ارتفاع أسقفها.

3. **البرامج المستخدمة:** تم استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافي (GIS) لاشتقاق خرائط جيولوجية وطبوغرافية لمنطقة الدراسة بمقياس 1:50000، وبرنامج (Excel) لإعداد الرسوم البيانية للدراسة المناخية.

الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة:

طبوغرافية السطح:

تتباين طبوغرافية محافظة عجلون من مكان إلى آخر، حيث تراوحت درجة الانحدار ما بين (صفر إلى 55°) وتراوحت مناسيب ارتفاعها ما بين (-236 إلى 1234) متراً فوق مستوى سطح البحر، حيث وصل التضّرس بين أعلى منسوب وأدناه إلى حوالي 1470 متراً، مما زاد من درجة انحدارها وتضرسها، ويتضح من الخريطة الكنتورية الشكل رقم (3) أن المناطق الشمالية الشرقية والجنوبية الغربية تمثل مناطق منحدرات هينة حيث تتراوح درجات انحدارها بين (صفر إلى 9°)، بينما تزداد درجة الانحدار بين الأودية المائية من منطقة الدراسة لتصل إلى حوالي (25°- 55°) وهي مناطق شديدة الانحدار وجرفية، ولقد ساعدت مناطق مستوية بشكل عام على زيادة معدلات التسرب المائي، الأمر الذي زاد من نشاط عملية الإذابة وخاصة في المناطق قليلة الانحدار.



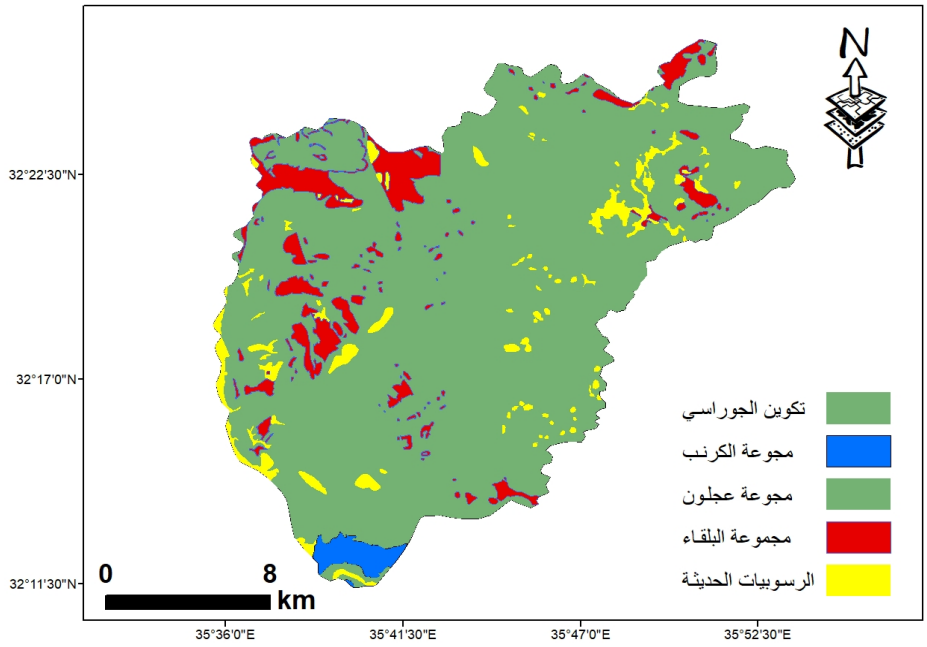
الشكل 3. خطوط تساوي الارتفاعات في منطقة الدراسة. المصدر: عمل الباحثين

التكوينات الجيولوجية السطحية:

يتراوح عمر الصخور المتكشفة في منطقة الدراسة ما بين الجوراسي والكريتاسي، بالإضافة إلى الرواسب الحديثة التي تنتمي إلى عصر البلايستوسين الحديث الشكل رقم (4)، حيث تظهر

صخور الجوراسي في الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة، والتي تتكون صخورها من الحجر الرملي والدولومايتي والحجر الجيري والمارل، أما صخور الكريتاسي فتقسم إلى ثلاث مجموعات: مجموعة الكرنب ومجموعة عجلون ومجموعة البلقاء، وتتسم تكوينات الكريتاسي بأنها عبارة عن الحجر الجيري بأنواعه (الحجر الجيري الدولوميت، والحجر الجيري الطباشيري، والحجر المارلي، الحجر الرملي)، وتغطي صخور هذه التكوينات معظم منطقة الدراسة[9]. وتغطي رواسب البلايستوسين الحديث شرق منطقة الدراسة وجنوبها الغربي، وتصنف الرسوبيات الحديثة إلى قشور الكالكريت وحصى الهضبة ورسوبيات الأودية والمراوح الفيضية[10].

ونستنتج من العرض السابق للتكوينات السطحية في منطقة الدراسة أنَّ صخورها تتكون من الصخور الجيرية المتعاقبة مع طبقات من الدولوميت والمارل والطباشير بصفة عامة، والتي تتصف بارتفاع نفاذيتها، مما يسهل تسرب المياه إلى الأعماق، ومن ثَمَّ زيادة نشاط فعل عمليات الإذابة وتكوين الكهوف الكارستية بأشكال وأحجام مختلفة.

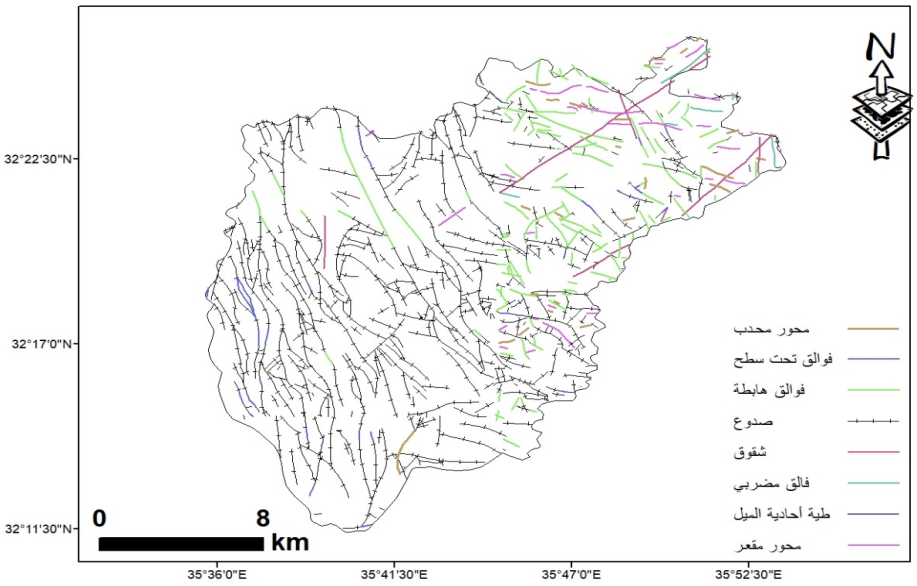


الشكل 4. التكوينات الجيولوجية السطحية في منطقة الدراسة. المصدر: عمل الباحثين

التراكيب الجيولوجية:

تتميز التراكيب الجيولوجية في منطقة الدراسة بشكل عام بوجود نظام فوالق رئيسية باتجاه شرق – غرب، مع وجود أنظمة أخرى أقل أهمية باتجاهات مختلفة، فمنها ما يأخذ اتجاه شمال شمال شرق وبعضها الآخر شمال شرق، وشمال غرب، الشكل (5) ويرجع عمر نشأتها إلى العمر الثلاثي المتأخر تقريباً، وتمت ملاحظة حركة أفقية على بعض الصدوع المتجهة شرق – غرب، بالإضافة إلى تسجيل انخسافات عمودية على بعض الصدوع الأخرى[11].

وتتصف معظم الطيات في منطقة الدراسة بأنّ شكلها قليل التحدب، وبأنّها متوازية وتتراوح اتجاهات محاورها من شرق شمال شرق، وشمال شرق إلى غرب شمال غرب، وهناك عدد من الالتواءات التي تصاحب غالباً الصدوع الرئيسية. وتقع قمة التركيب الإقليمي والمعروف بقبة عجلون بالقرب من قرية عبين التي تبعد حوالي 10 كم إلى الشمال الشرقي من مدينة عجلون، حيث تتميز المنطقة بوجود جبال عالية يقطعها العديد من الصدوع، وتغطس القبة المشار إليها باتجاه الشمال حيث يوجد سهل إربد، وينعكس ذلك بوجود ميل إقليمي للطبقات باتجاه شمال وشمال شرق، وتتحكم شبكة الصدوع في المنطقة بمسار الوديان حيث إنّ العديد منها عميق وله جوانب سحيقة[12].



الشكل 5. التراكيب الجيولوجية في منطقة الدراسة. المصدر: عمل الباحثين.

ويتضح من الشكل (5) أنّ منطقة الدراسة تكثر فيها الصدوع الرئيسية والشقوق، وتعمل هذه الشقوق والصدوع على زيادة نشاط فعل الإذابة الكارستية في المنطقة من خلال زيادة ترشح مياه الأمطار داخل تلك الصخور الجيرية الضعيفة، الأمر الذي يؤدي إلى تكوين الكهوف الكارستية وتطورها، كما أنّ هذه الصدوع تتحكم في الأبعاد المورفومترية للكهوف.

الخصائص المناخية: يعد المناخ من أهم العوامل التي تتحكم في العمليات الجيومورفولوجية بصفة عامة وفي عمليات الإذابة ونشوء الكهوف الكارستية بصفة خاصة، وينتمي 90% من منطقة الدراسة إلى مناخ البحر المتوسط شبه الرطب[13]، والذي يمتاز بارتفاع الرطوبة النسبية وغزارة الأمطار الشتوية، وبالاعتماد على محطة رأس منيف المناخية يمكن توضيح العناصر المناخية في منطقة الدراسة كما يأتي:

1. **درجة الحرارة:** يتبين من الجدول (1) أنّ أعلى متوسط شهري لدرجة الحرارة وصل إلى 22.2°م خلال شهر آب، في حين وصل أدنى متوسط شهري في شهر كانون الثاني إلى 5.6°م، حيث يكون المدى الحراري السنوي بين أعلى الشهور وأدناها حرارة 16.6°م.

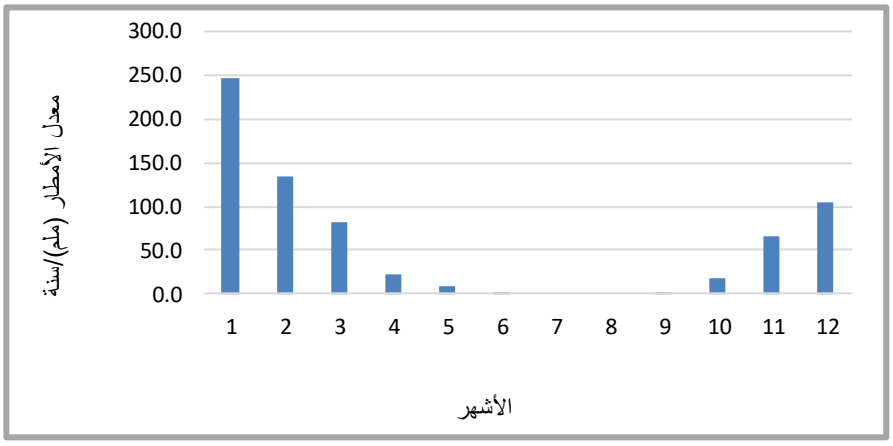
الجدول 1. المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة، والأمطار، والرطوبة النسبية في منطقة الدراسة ما بين 1990-2014 (محطة رأس منيف).

الشهر	معدل درجة الحرارة (م°)	الأمطار (ملم)	الرطوبة النسبية %
كانون الثاني	5.6	245.3	81.2
شباط	6.2	134.2	79.2
آذار	9.2	82	72.5
نيسان	13.5	22.4	63.8
أيار	17.5	8.7	59.5
حزيران	20.2	1.1	61.9
تموز	21.9	0	65.3
آب	22.2	0	67.8
أيلول	20.7	1.1	67.3
تشرين الأول	18.1	18.4	64.6
تشرين الثاني	12.5	65.7	70.3
كانون الأول	7.9	104.6	78.7
المعدّل السنوي	14.6	591.8	69.3

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية، 2014.

إن هذا الفرق الحراري في منطقة الدراسة يؤثر بشكل مباشر على الصخور من خلال التفاوت في معدلات التمدد والتقلص، وإنّ التكرار لهذه العملية بشكل مستمر يؤدي إلى توسيع الشقوق الصخرية، مما يسهل تسرب المياه إلى أعماق مختلفة وزيادة نشاط عملية الإذابة في داخل الكهوف.

2. **الأمطار:** تتميز منطقة الدراسة بكميات أمطار سنوية مرتفعة، فقد بلغ معدل الهطول السنوي 591.8 ملم/ سنة، انظر الجدول (1)، ويرجع سبب ذلك إلى الارتفاع النسبي للمنطقة فوق مستوى سطح البحر، وقربها من مسار المنخفضات الجوية في فصل الشتاء، فالأمطار في منطقة الدراسة تتباين من فصل إلى آخر، فهي تتركز في فصل الشتاء، وتنعدم في فصل الصيف، الشكل (6)، وقد ساعد ارتفاع معدلات التساقط المطري في فصل الشتاء مع انخفاض معدل درجة الحرارة في ذلك الفصل على زيادة فعالية الأمطار في المنطقة، ومن ثَمَّ نشاط فعل عمليات التجوية الكيميائية داخل الصخور الجيرية الضعيفة التي تمتاز بالنفاذية العالية، الأمر الذي أدى إلى نشأة الكهوف الكارستية بأشكال وأحجام مختلفة.



الشكل 6. معدل الأمطار السنوي في منطقة الدراسة. المصدر: عمل الباحثين

3. **الرطوبة النسبية:** يبلغ المعدل السنوي للرطوبة النسبية في منطقة الدراسة 69.3% وهذا يؤكد أنّ مناخ منطقة الدراسة شبة رطب، وتتباين الرطوبة النسبية من فصل إلى آخر. إذ نجدها ترتفع في فصل الشتاء، بينما تنخفض في فصل الصيف، انظر الجدول (1)، حيث تتميز منطقة الدراسة بارتفاع معدل الرطوبة النسبية في معظم أشهر السنة، الأمر الذي يساعد على انخفاض معدلات التبخر، وزيادة فاعلية الأمطار المتبقية لصالح نشاط عمليات الإذابة الكارستية في الصخور.

عوامل نشأة الكهوف الكارستية وتطوّرها في منطقة الدراسة:

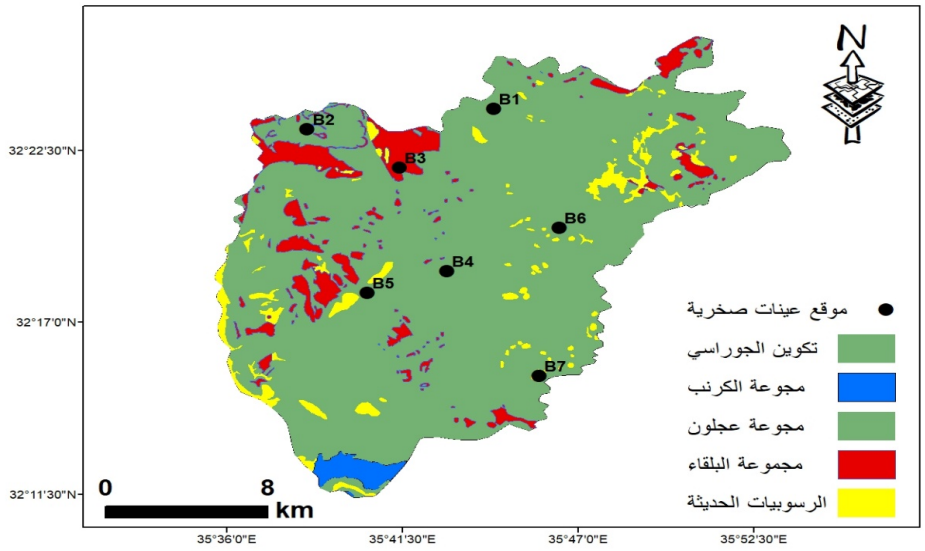
تتوقف نشأة الكهوف الكارستية وتطوّرها بشكل عام من حيث أشكالها وأبعادها في أي منطقة على مجموعة من العوامل، وعند تطبيقها على منطقة الدراسة تبين ما يأتي:

1. نوعية الصخور: تتغطى معظم المنطقة بالصخور الجيرية (الكلسي والدولومايتي) والتي تعد من أكثر الصخور قابلية للإذابة، وهي بيئة مثلى لنشأة الكهوف وتطوّرها، حيث ترتبط هذه الظاهرة بشكل رئيس مع صلابة الصخور بعلاقة عكسية.
2. البنية الصخرية**:** وجود المفاصل الصخرية مع أسطح التطبق الناعمة في الصخر الجيري الذي يعد من أهم العوامل التي تساعد على تطور الكهوف، إضافة إلى أنَّ هذه المفاصل المتقاطعة مع أسطح التطبق تعمل على ضبط توزيع فتحات الكهوف.
3. الأمطار: تعدّ الأمطار العامل الرئيس في نشوء الكهوف الكارستية وتطورها، ويتجاوز المعدل السنوي للأمطار في منطقة الدراسة حاجز 500 ملم في معظم السنين، وكلما زادت كميات الأمطار في المنطقة ازدادت الفرصة في نشأتها، لذلك يندر أن تتكون هذه الظاهرة في المناطق الجافة، فقد حاول الكثير من الباحثين إظهار هذا العامل من خلال الربط بين معدلات الإذابة الكارستية ونوع المناخ السائد فتوصلوا إلى حقيقة تزايد معدلات الإذابة بتزايد معدلات الأمطار تحت ظروف حرارية معينة[14].
4. درجة الانحدار: يغلب على سطح الأرض في منطقة الدراسة المناطق ذات الانحدار الهين، حيث تصل نسبة الانحدارات الهينة والمتوسطة إلى حوالي 92.3% من مساحة منطقة الدراسة، التي تعد من أكثر المناطق ملاءمة لنشوء الكهوف الكارستية، ويعود السبب إلى قلة درجة المنحدر التي تسمح بتوغل المياه إلى الأعماق وزيادة فعل الإذابة، إضافة إلى سمك التربة التي تزود الماء بغاز ثاني أكسيد الكربون، بعكس المناطق المنحدرة التي تقل فيها هذه الظاهرة، وذلك لانَّ سطح المنحدر لم يعطِ الماء قدراً كافياً للتغلغل عبر الطبقات الصخرية فتكون الإذابة ضعيفة.
5. العامل الحيوي: يشمل الغطاء الحيوي كلاً من الغطاء النباتي وطبقة التربة في منطقة الدراسة، حيث إنَّ المنطقة تتمتع بغطاء حيوي قوامه التربة والنباتات الطبيعية متمثلة بالغابات الحرجية والأشجار المثمرة، وتبلغ نسبة الغطاء النباتي حوالي 24.7% من مجمل مساحة منطقة الدراسة[15]، وهو يعمل على زيادة تركز حامض الكربونيك في الماء، من خلال ما تقوم به النباتات من إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو واختلاط هذا الغاز مع ماء المطر فيصبح الماء حامضيًا وعندما يتسرب هذا الماء عبر فراغات التربة يزداد نشاطه الكيميائي، ومن ثَمَّ يزيد من نشاط عملية الإذابة في صخور منطقة الدراسة.

التحليل والمناقشة:

أولا- التحليل المعدني للصخور:

تم إجراء تحليل مخبري لسبع عينات صخرية في مختبرات الجامعة الأردنية - قسم الجيولوجيا، مأخوذة من مواقع مختلفة، بحيث تمثل مختلف أنواع الصخور المتكشفة في منطقة الدراسة، كما يظهر في الشكل (7)، وذلك بهدف التعرف على طبيعة التركيب المعدني للصخور، ومدى مساهمتها في عمليات الإذابة، وبيان أثرها المباشر في نشأة الكهوف الكارستية، وتمّ تحليل العيّنات بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية (XRD)، وأعطيت النتائج على شكل منحنيات، وتم تحديد مواقع العينات بواسطة جهاز GPS الجدول (2).



الشكل 7. مواقع العينات الصخرية في منطقة الدراسة. المصدر: عمل الباحثين

الجدول 2. إحداثيات مواقع العينات الصخرية المحللة معدنياً.

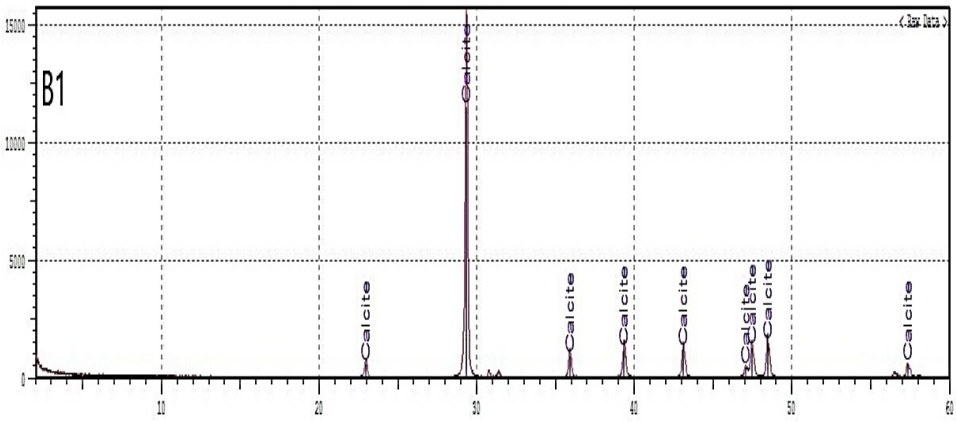
رقم العينة	إحداثيات (X)	إحداثيات (Y)
B1	35.4411	32.2354
B2	35.4114	32.2236
B3	35.3820	32.2311
B4	35.4140	32.1835
B5	35.4246	32.1842
B6	35.4512	32.2004
B7	35.4543	32.1523

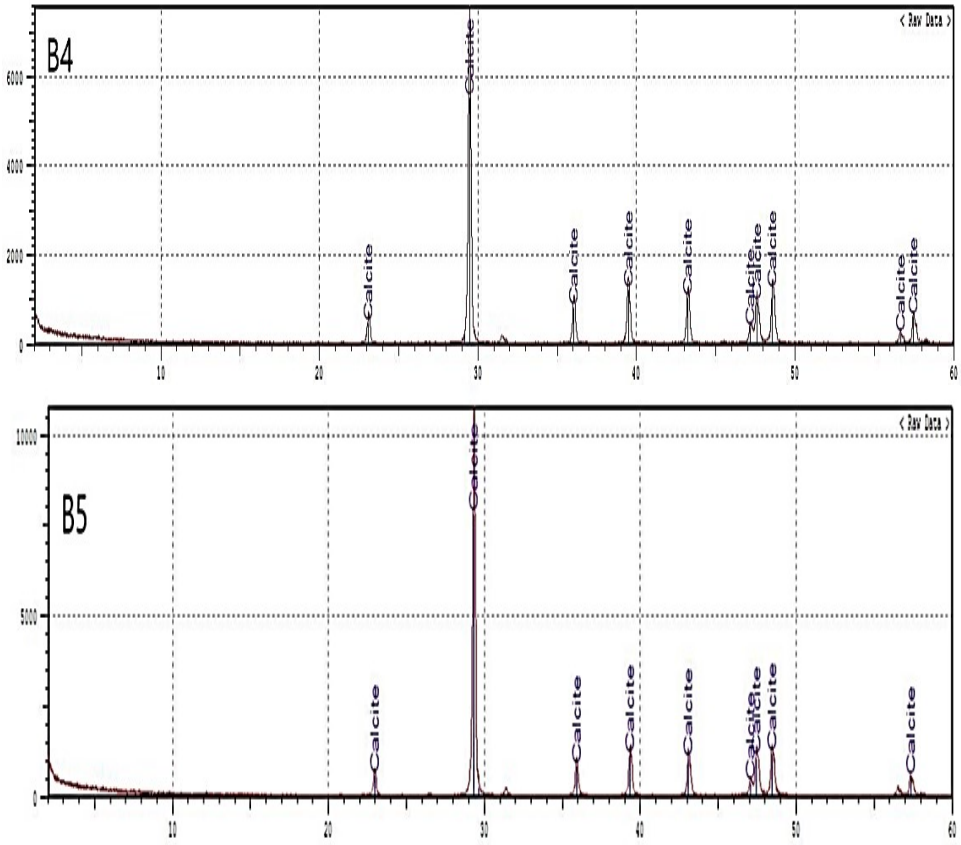
المصدر: إعداد الباحثين اعتماداً على الدراسة الميدانية.

وأظهرت نتائج التحليل المعدني للصخور التي تم القيام بها على جهاز (XRD) العينات السبع، وذلك حسب الطاقة التي صدرت من المعدن أثناء عملية تصحيح العينة داخل الجهاز، والتي توضح احتمالية وجود هذا المعدن في العينة. إن أعلى قيمة تمثل المعدن الذي لدية احتمالية وجود عالية في العينة، وتبين أنّ أكثر المعادن ظهوراً في العينات هو معدن الكالسيت حيث ظهر بشكل رئيس في خمس عينات (B1, B4, B5, B6, B7) الشكل (8، 9 على التوالي)، في حين ظهر معدن الدولوميت في العينة (B3) بشكل رئيس مع ظهور الكالسيت الشكل (10)، أما معدن الكوارتز فقد ظهر في العينة (B2) بشكل رئيس مع ظهور الكالسيت الشكل (11).

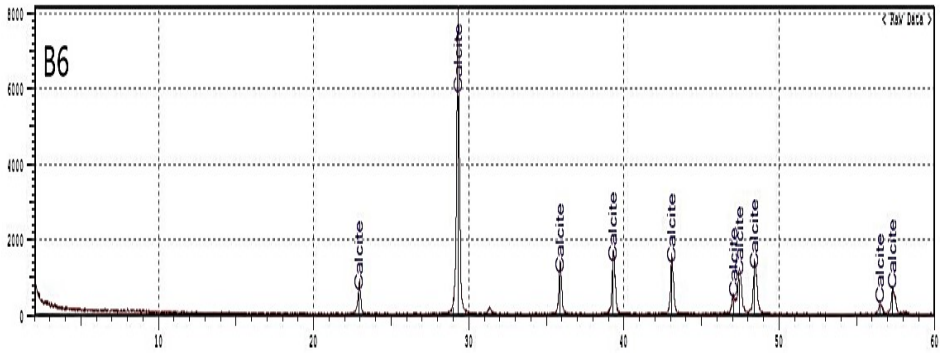
ونستنتج من نتائج التحليل المعدني وجود معدن الكالسيت بين الطبقات الصخرية في كل العينات سواء بشكل رئيس أو بشكل ثانوي مع معدني الدولوميت والكوارتز، مما قد يشكل نقاط ضعف في الصخور التي تمثّل منطقة الدراسة، وهذا يعني أنّ معدن الكالسيت يعدّ من أكثر المعادن التي تنشأ فيه ظاهرة الكهوف الكارستية؛ نظراً لسرعة استجابته لعملية الإذابة، أما معدن الدولوميت فيعتبر أقل استجابة لعملية الإذابة من معدن الكالسيت من ناحية كيميائية، إلا أنه تنشأ فيه هذه الظاهرة ولكن بشكل أقل، في حين يعدّ معدن الكوارتز من أكثر المعادن مقاومةً لعملية الإذابة، ومن ثَمَّ تخلو هذا الظاهرة في الصخور التي تحتوي هذا المعدن.

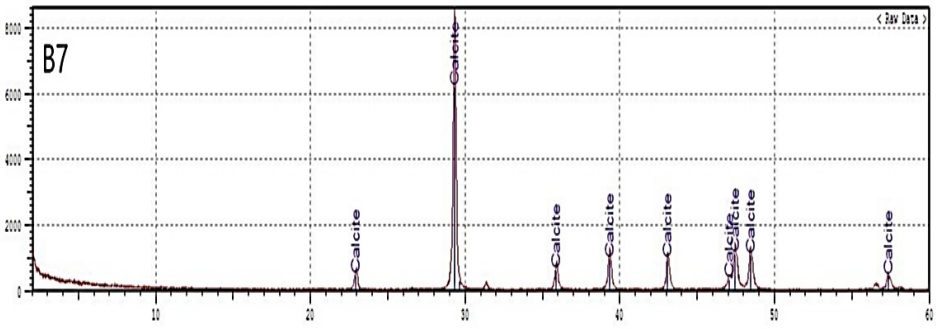
وتجدر الإشارة إلى أنّ الكهوف الكارستية في منطقة الدراسة تتكون فقط في الصخور الجيرية الكلسية والدولوميتية، وأنّ التركيب المعدني لا يظهر تأثيره بالدرجة الأولى في نشأة هذه الظاهرة وتطوّرها، بل يعد من العوامل التي تسهم في نشأتها، ولكن هنالك عوامل أخرى تتحكم في هذه الظاهرة من حيث درجة التطور والتعقيد، كنظام الفواصل والشقوق الصخرية وأسطح التطبق، وكميات الأمطار الساقطة ودرجات الحرارة، إضافة إلى دور درجات الانحدار والغطاء الحيوي.



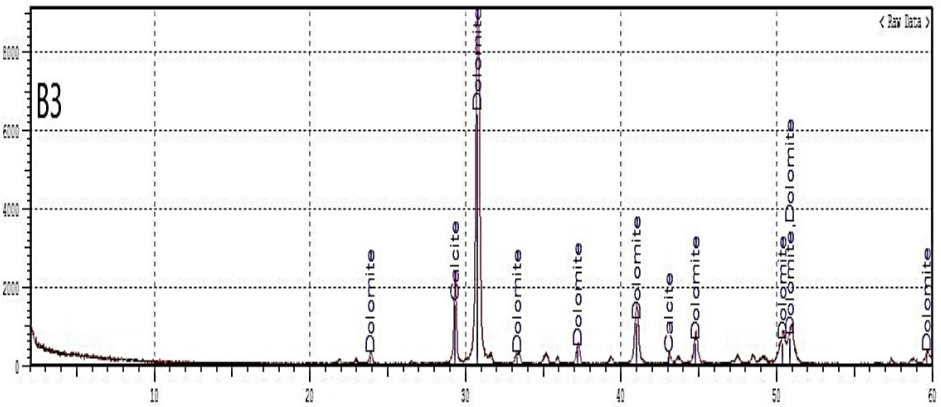


الشكل 8. نموذج حيود الأشعة السينية للعينة (B1+B4+B5) ممثلة لمعدن الكالسيت مأخوذة من منطقة الدراسة.

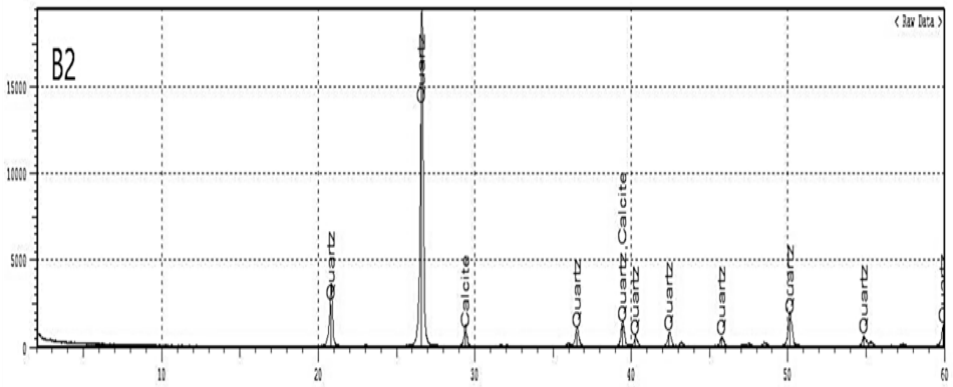




الشكل 9. نموذج حيود الأشعة السينية للعينة (B6+B7) ممثلة لمعدن الكالسيت مأخوذة من منطقة الدراسة.



الشكل 10. نموذج حيود الأشعة السينية للعينة الممثلة لمعدن الدولوميت مأخوذة من منطقة الدراسة.



الشكل 11. نموذج حيود الأشعة السينية للعينة الممثلة لمعدن الكوارتز مأخوذة من منطقة الدراسة.

ثانيا- التوزيع الجغرافي للكهوف الكارستية:

تم دراسة تسعة كهوف كارستية، كما أشرنا سابقا، تغطي معظم أجزاء المنطقة، حيث تتباين هذه الكهوف في الطول والشكل والعرض ونوع التكوين وكذلك النشأة، وفيما يأتي عرض التوزيع الجغرافي لها:

1. التوزيع الجغرافي للكهوف حسب التكوينات الجيولوجية السطحية:

يتضح من الجدول (3) أنَّ الكهوف المدروسة في المنطقة تتكون في مجموعتين جيولوجيتين، حيث تكونت سبعة كهوف منها في مجموعة عجلون، وبعض هذه الكهوف تتصف باتساعها النسبي، مثل كهف عراق الوهج وصميدا وزقاق أبو عايش، ويمكن إرجاع ذلك إلى أنَّ الحجر الجيري الكلسي والدولومايتي في هذه المجموعة يمتاز بارتفاع نسبة المسامية والنفاذية، التي تسمح للماء بالتسرب إلى أعماق مختلفة، مما يعطي قدراً كافياً في تنشيط عملية الإذابة تحت السطحية، في حين أنَّ اثنين من الكهوف تكوّنا في مجموعة البلقاء التي تتكون من الحجر الجيري الطباشيري والصوان، والتي تتصف بصغرها النسبي نتيجة انخفاض نسبة النفاذية في هذا الصخر، ومن ثَمَّ يكون الصخر أقل استجابة لعمليات التجوية الكيميائية، مثل كهف أوصرة وزقيق.

الجدول 3. علاقة التوزيع الجغرافي للكهوف بالتكوينات الجيولوجية.

اسم الكهف	اسم التكوين	وصف التكوين
صميدا الملولة عين جنا زقاق أبو عايش الوهج الوهدان الصفصافة	مجموعة عجلون	حجر جيري كلسي ودولوميتي متعاقب مع طبقات من المارل. ترتفع نسبة المسامية والنفاذية فيها. تكثر فيها الشقوق والمفاصل الصخرية.
أوصرة زقيق	مجموعة البلقاء	حجر جيري طباشيري متعاقب مع حجر جيري المارل والصوان والفوسفات ترتفع في هذه المجموعة نسبة المسامية بينما تنخفض نسبة النفاذية فيها

المصدر: إعداد الباحثين اعتماداً على الدراسة الميدانية.

2. التوزيع الجغرافي للكهوف حسب مناطق انتشارها:

تتباين الكهوف الكارستية المدروسة في مناسيبها، حيث يقع أخفض مدخل لها على منسوب 127 متراً فوق سطح البحر، ممثّلاً بكهف زقيق، في حين يقع أعلى ارتفاع لها على منسوب 920 متراً، ممثلاً بكهف عين جنا، إلا أنّ معظم الكهوف تقع على منسوب ما بين 392 إلى 794 متراً فوق سطح البحر، الجدول (4)، ويفسر الباحثان وجود غالبية مناسيب الكهوف في المناطق الأقل ارتفاعاً إلى اعتدال درجات الحرارة في تلك المناطق، الأمر الذي قد يسمح بنشاط عمليات الإذابة فيها.

جدول 4. خصائص الموقع والموضع للكهوف الكارستية في منطقة الدراسة

الكهف	ارتفاع فتحة الكهف فوق سطح البحر (م)	حوض التصريف السطحي	اتجاه فتحة الكهف
صميدا	794	الحوض الأعلى لوادي اليابس	شمالي مواجهة للجنوب
أوصرة	392	الحوض الأوسط لوادي اليابس	شرقي مواجهة للغرب
زقيق	127	الحوض الأدنى لوادي اليابس	شمالي مواجهة للجنوب
زقاق أبو عايش	564	الحوض الأوسط لوادي كفرنجة	شمالي غربي
الوهج	736	الحوض الأوسط لودي كفرنجة	شرقي مواجهة للغرب
الوهدان	773	الحوض الأعلى لوادي كفرنجة	شرقي مواجهة للغرب
الصفصافة	752	الحوض الأعلى لوادي راجب	جنوبي شرقي
المولولة	470	الحوض الأدنى لوادي كفرنجة	شمالي مواجهة للجنوب
عين جنا	920	الحوض الأعلى لوادي كفرنجة	شمالي مواجهة للجنوب

المصدر: إعداد الباحثين اعتماداً على الدراسة الميدانية.

ويستنتج الباحثان من خلال الجدول (4) أنّ الكهوف توجد في منطقة الدراسة في كل من أحواض التصريف للأودية المائية (راجب، وكفرنجة، واليابس)، أما توزيع فتحات الكهوف حسب الاتجاهات فإنّ كهوف (صميدا، وزقيق، وزقاق وأبو عايش، والملولة، وعين جنا) توجد على المنحدرات المواجهة للجنوب بتفرعاته، أي أنها تتكشف على السفوح الشمالية للأودية المائية، بينما تتكشف كهوف (أوصرة، وعراق الوهج، والوهدان) على المنحدرات الغربية للأودية، في حين أنّ كهف الصفصافة يوجد على السفوح الجنوبية للأودية، ويرجع السبب في ذلك إلى دور عمليات التعرية المائية للأودية التي أدت إلى توسعها وتعمقها، الأمر الذي أدى إلى تكشف امتدادات هذه الكهوف على جوانب المنحدرات لتلك الأودية.

ثالثا- مورفومترية الكهوف الكارستية في منطقة الدراسة:

تتباين مداخل الكهوف في منطقة الدراسة بأبعاد مداخلها وطريقة تكوينها، فمنها ما يتخذ مدخله الشكل المثلث، وعرض مدخله 2.80 م وارتفاعه نحو 2.84 م (كهف عين جنّا)، في حين يتخذ مدخل كهف زقيق شكلاً قوسياً بعرض 11.62 م وارتفاع 5.10 م. أما بقية فتحات الكهوف فتتخذ أشكالاً وأبعاداً مختلفة، كما يتضح من الجدول (5)، ويرجع السبب إلى دور العوامل والعمليات المؤثرة في نشأة مداخل هذه الكهوف، كنظام المفاصل وأسطح التطبق، فعندما تلتقي المفاصل مع أسطح التطبق (Bedding planes) تنشط عمليات الإذابة تحت السطحية الأمر الذي يؤدي إلى توسعها بشكل تدريجي، والشكل (12) يوضح مواقع الكهوف الكارستية المدروسة بالنسبة للصدوع التي تؤثر بشكل مباشر في أشكال الكهوف وأبعادها.

جدول 5. خصائص مداخل الكهوف الكارستية.

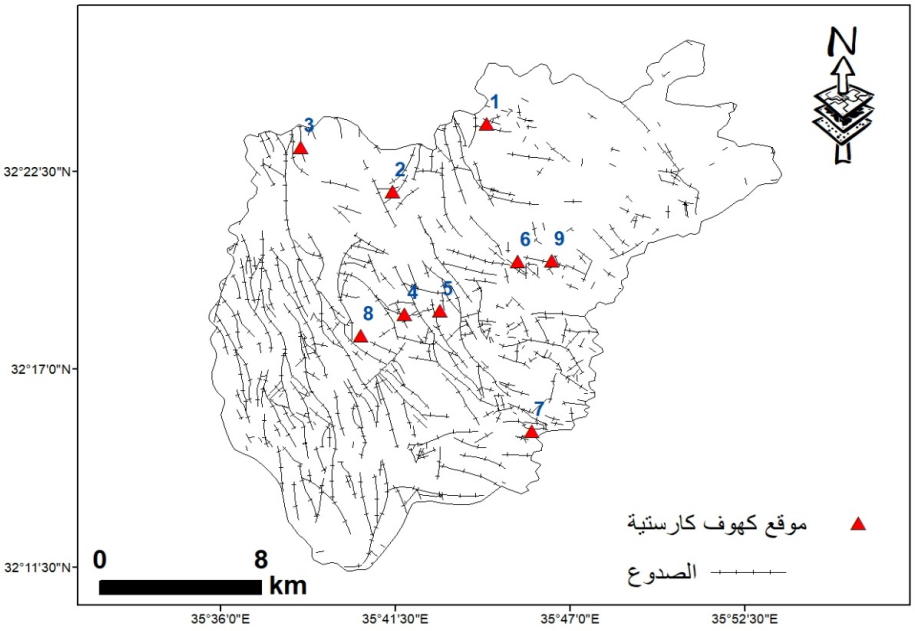
الكهف	شكل المدخل	نوع الفتحة	أقصى عرض للمدخل	أقصى ارتفاع للمدخل
صميدا	غير منتظم	إذابة + تهدم	14.10 م	5.40 م
أوصرة	طولي	إذابة	6.10 م	1.72 م
زقيق	قوس	إذابة + تهدم	11.62 م	5.10 م
زقاق أبو عايش	غير منتظم	تهدم	7.80 م	6.10 م
الوهج	غير منتظم	تهدم	4.10 م	8.40 م
الوهدان	غير منتظم	إذابة	6.30 م	2.60 م
الصفصافة	شبة دائري	إذابة	6.45 م	5.54 م
الملولة	غير منتظم	إذابة + تهدم	5.90 م	2.83 م
عين جنا	مثلث	إذابة	2.80 م	2.84 م

المصدر: إعداد الباحثين اعتماد على الدراسة الميدانية.

وتتميز الكهوف التي تكونت مداخلها نتيجة عمليات التهدم باتساع مداخلها بشكل نسبي، مثلما هو في كل من كهف صميدا، وزقاق أبو عايش، وعراق الوهج، كذلك فإنّ هذه الكهوف ذات فتحات تهدم تتصف باتساع أسقفها، حيث وصلت إلى 6.10 و7.05 و9.10 مترًا على التوالي. الجدول (6)، إضافة إلى أنّ الدراسة الميدانية كشفت وجود علاقة ارتباط بين ارتفاع مداخل الكهوف وارتفاع أسقفها حيث كان معامل الارتباط قويًا جداً ووصل إلى 0.95، الشكل (13).

ويعزو الباحثان الأشكال غير المنتظمة لمداخل الكهوف إلى فعل عمليات الإذابة التي تتركز عادة في الطبقات الصخرية الضعيفة في أغلب الأحيان، وتتمثل في نهاية المطاف إما بتوسع

الشقوق وإما بالتقاء نظام المفاصل مع أسطح التطبق (Bedding planes)، لتعطي شكلاً غير منتظم لمداخل كهوف أوصرة، وزقيق، ووهدان، والصفصافة، وعين جنا.



الشكل 12. الصدوع تحت السطحية للكهوف الكارستية في منطقة الدراسة.المصدر: عمل الباحثين

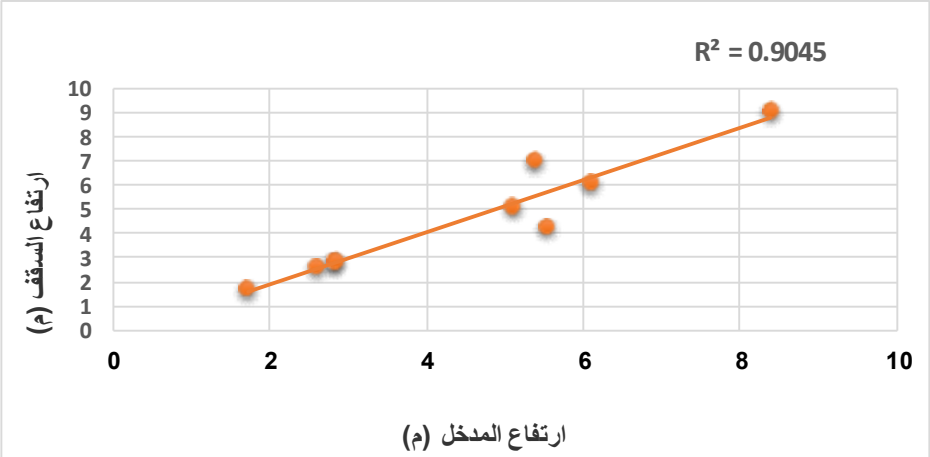
الجدول 6. الخصائص المورفومترية للكهوف الكارستية في منطقة الدراسة.

الكهف	الطول الإجمالي (م)	متوسط ارتفاع سقف الكهف (م)	درجة الانحدار(°)
صميدا	12.70	7.05	39.1
أوصرة	3.40	1.72	4.1
زقيق	5.80	5.10	20.3
زقاق أبو عايش	7.80	6.10	33.6
الوهج	30	9.10	20.1
الوهدان	6.30	2.60	12.1
الصفصافة	5.80	4.25	5.1
الملولة	5.10	2.83	34.7
عين جنا	4.90	2.84	5.3

المصدر: إعداد الباحثين اعتماداً على الدراسة الميدانية.

وتمتاز الكهوف التي تكونت في مجموعة عجلون بأنها أكثر الكهوف طولاً على الإطلاق وتتمثّل في كهف الوهج وصميدا وزقاق أبو عايش والوهدان، حيث بلغت أطوالها 30 و12.70 و7.80 و6.30 متراً على التوالي، ويرجع السبب إلى أنّ صخور هذه المجموعة تتكون من صخور الحجر الجيري الكلسي والدولومايتي العالية النفاذية التي تسمح بتسرب كميات كبيرة من المياه عبر الشقوق والمفاصل الصخرية حيث تحدث عملية الإذابة بشكل أسرع، بينما تكوّنت الكهوف في مجموعة البلقاء من صخور الحجر الطباشيري والمارلي العالي المسامية والمنخفض النفاذية مما قد يعيق حركة المياه عبر الطبقات الصخرية، ومن ثَمَّ تكون أقل استجابة لعمليات الإذابة تحت السطحية، متمثلة بكهف زقيق وأوصرة حيث بلغت أطوالهما 5.80 و3.40 متراً على التوالي.

وتتراوح درجات انحدار هذا الكهوف (درجة الانحدار عند مدخل الكهف) ما بين (4.1° – 39.1°)، ويشير ذلك إلى دور عمليات الحتّ والتعرية المائية التي عملت على زيادة درجة بعض هذه الكهوف، مثل كهف صميدا، بحيث يكون قريبًا من الزاوية القائمة، الشكل (14).



الشكل 13. العلاقة بين ارتفاع المدخل وارتفاع السقف. المصدر: عمل الباحثين

الشكل 14. كهف صميدا في منطقة عرجان. المصدر: عمل الباحثين

رابعا- الصفات العامة للكهوف الكارستية:

تتباين الكهوف الكارستية في منطقة الدراسة من حيث عدد الدهاليز والصالات، حيث نجدها في كهفي الوهج والوهدان اللذين يحتويان على صالتين فقط، الجدول (7)، أما بقية الكهوف في منطقة الدراسة فلم يرَ الباحثان أنها تحتوي على صالات، لكنها غير متكشفة، وقد يعود السبب إلى أن نموها لم يكتمل، أما الدهاليز فتظهر في ثلاثة كهوف فقط متمثلة في كهف صميدا الذي يحتوي على أربعة دهاليز، وكهف زقاق أبو عياش الذي يحتوي على ثلاثة دهاليز، في حين أنّ عراق الوهج يوجد فيه اثنان من الدهاليز، وتفصل هذه الدهاليز بين حجرات الكارست، التي قد ترسبت بسبب كربونات الكالسيوم على جوانبها مما أدى إلى ضيق جوانبها، وتظهر بوضوح في عراق الوهج.

الجدول 7. توزيع الدهاليز والصالات للكهوف الكارستية.

الكهف	عدد الصالات	عدد الممرات (دهاليز)	عدد الآبار
صميدا	-	4	1
أوصرة	-	-	-
زقيق	-	-	-
زقاق أبو عايش	-	3	-
عراق الوهج	2	2	1
الوهدان	2	-	-
الصفصافة	-	-	-
الملولة	-	-	-
عين جنا	-	-	-

المصدر: إعداد الباحثين اعتماداً على الدراسة الميدانية.

وتجدر الإشارة إلى أنّ الآبار الموجودة في قيعان بعض كهوف المنطقة هي نطاقات تسلكها المياه المتسربة من أسقف الكهوف إلى مستويات دنيا، والدليل على ذلك أنّ الآبار تقع في أخفض منسوب في أرضية هذه الكهوف، ويبين الجدول (7) وجود بئر واحد في كل من كهف صميدا وعراق الوهج، أما الكهوف التي لم يعثر فيها على آبار، فإن أرضيتها قد تكون مغطاة بطبقة من الركام الصخري المتساقط من أسقفها كما هو الحال في كهف زقاق أبو عايش، الشكل (15).

الشكل 15. الكتل الصخرية الناتجة عن تهدم سقف كهف زقاق أبو عايش. المصدر: عمل الباحثين

وقد لاحظ الباحثان أنّ الصواعد والنوازل لم تتشكل سوى في كهف الوهج وصميدا، والشكل (16) يوضح كيفية ترسب كربونات الكالسيوم على جدار كهف الوهج لتشكل في النهاية الستائر الكارستية (Helictites)، أما بقية الكهوف فلم نجد في أسقفها وقيعانها أيًّا من النوازل والصواعد، وقد يرجع ذلك إلى دور الشقوق الصخرية ونظام الفواصل التي ترتبط بأسقف الكهوف بكثافتها من جهة، وسمك الطبقات الصخرية ونوعها من جهة أخرى، فإذا كانت كثافة الشقوق الموجودة في أسقف الكهوف أكثر من 5م/م^2 وسمك الطبقات أقل من 30 سم، فإنه نادرا ما تتشكل النوازل في تلك الكهوف[16]، إضافةً إلى أن تكوّن الصواعد والهوابط يعتمد على تأثير الجاذبية، حيث إنّها تتكون عندما لا يتسرب الماء بكمية كبيرة تساعد على سرعة سقوط القطرات المتجمعة في سقف الكهف، أما إذا كان الماء كافيًا بحيث يبقى السطح رطباً فإنّ قطرات الماء تسقط بشكل سريع بفعل الجاذبية، ومن ثَمَّ ينعدم تشكلها، ويعتقد الباحثان أنّ هذا ما حدث للكهوف التي تخلو من الصواعد والهوابط.

الشكل 16. الستائر الكارستية في كهف الوهج .المصدر: عمل الباحثين

الأهمية التطبيقية للكهوف الكارستية في منطقة الدراسة:

تعد الكهوف الكارستية ذات أهمية تطبيقية خاصة دون غيرها من الظواهر الكارستية، حيث تبين للباحثين من خلال العمل الميداني أنّ الكهوف تشكل مأوى لبعض السكان المحليين وثروتهم الحيوانية، وخاصة في فصل الشتاء حيث يستخدمونها في مجال تربية المواشي من الأغنام والماعز والأبقار، شكل (17)، كما أنّ للكهوف أهمية في مجال السياحة لما تتمتع به من أشكال إرسابية متنوعة كالصواعد والهوابط، كذلك فإنّ الكهوف تقدم معلومات مناخية عن الزمن الماضي من خلال الرواسب التي تكونت فيها والتي تسمح بتحديد عمرها، وفي الوقت نفسه فإنّ الكهوف في منطقة الدراسة تشكل خطراً على هؤلاء السكان؛ نظرا لعدم استقرار أسقفها بفعل استمرارية عملية التهدم، كما هو الحال في كهف عراق الوهج وزقاق أبو عياش.

الشكل 17. كهف عين جنا المستخدم من قبل السكان المحليين.
المصدر: عمل الباحثين

النتائج:

توصلت الدراسة إلى النتائج الآتية:

1. تتميز منطقة الدراسة بخصائص طبيعية فريدة جعلتها بيئة مناسبة لنشوء الكهوف الكارستية، وذلك تبعاً لتكويناتها الجيولوجية السطحية المتمثلة بالحجر الجيري المتعدد الطبقات، الذي يمتاز بكثرة الشقوق والفواصل الصخرية، التي تشكل الممر الأول لمياه الأمطار المؤثرة في عملية الإذابة، فضلاً عن وجود ظروف مناخية ملائمة تتمثل بمناخ شبه رطب، حيث تتلقى كميات أمطار تصل إلى حوالي 500 ملم سنويا.
2. أكدت نتائج التحليل المعدني للصخور سيادة معدن الكالسيت بشكل رئيس ومعدن الدولوميت والكوارتز بشكل ثانوي في صخور المنطقة، وهذا يؤكد أنَّ الكهوف الكارستية لا تتكون إلا في الصخور الجيرية التي تجعلها أكثر استجابة لعمليات الإذابة الكارستية.
3. بينت الدراسة أنَّ الكهوف الكارستية تتباين في توزيعها الجغرافي في المنطقة تبعاً لتباين نوعية صخورها، وأماكن انتشارها ومناسيب ارتفاعها، إضافةً إلى دور عمليات الإذابة السطحية والعميقة.

4. أوضحت الدراسة المورفومترية لهذه الظاهرة وجود علاقة وثيقة بين الخصائص المورفومترية للكهوف ونوعية العملية التي تتسبب في نشأتها، وأسهمت هذه العملية في تحديد أشكال مداخل الكهوف وأبعاد مداخلها وارتفاعها واتساعها، إذ تراوحت أطوال هذه الكهوف بين 3.40 – 30 مترا، وارتفاع أسقفها بين 1.72 – 9.10 مترا، كما تبين وجود علاقة ارتباط بين ارتفاع مداخل الكهوف وارتفاع أسقفها حيث كان معامل الارتباط قويًا جداً ووصل إلى 0.95، فضلاً عن دور هذه العملية في تحديد مستويات الكهوف من حيث عدد الآبار والدهاليز والصالات.
5. أوضحت الدراسة الميدانية أنّ الصواعد والهوابط لم تتشكل إلا في كهف عراق الوهج وصميدا، ويرجع ذلك إلى كثافة الشقوق والفواصل في أسقف الكهوف وسمك الطبقات الصخرية ونوعها، وإلى دور نظام المطر الفصلي الذي يهطل في فصل الشتاء، وينعدم في الصيف وتكون كمية الامطار قليلة خلال فصلي الربيع والخريف، لذا لا يستمر تسرب الماء واستمرار تكوّن الصواعد الهوابط.

التوصيات:

في ضوء النتائج السابقة والخبرة التي تولدت لدى الباحثين من خلال العمل الميداني في منطقة الدراسة، فإنّ البحث يوصي بضرورة المحافظة على الكهوف الكارستية من قبل السلطات المحلية؛ نظراً لما تحويه هذه الكهوف من أشكال إرسابية مميزة تشكل معلماً سياحياً طبيعيًا مميزاً، والعمل على إنشاء خريطة جيولوجية تفصيله تبين أماكن انتشار الكهوف من أجل تجنب إقامة المشاريع السكنية فوقها، وعمل لوحات تحذيرية بالقرب من الكهوف التي توشك أسقفها على الانهيار.

The Geomorphology of Karst Caves in Ajloun Governorate

Mohammad Goqazeh, *MOE, Amman, Jordan.*

Ali Alnanzeh, *Department Of Geography, The University of Jordan, Amman, Jordan.*

Abstract

The study deals with the geomorphology of karst caves in Ajloun governorate, aiming to show the role of mineral composition in the extent of contribution to the origin and development of karst caves. Besides studying the morphological characteristics of karst caves in order to achieve the objectives of the study, this article is based on the descriptive and analytical approach to study and analyze the data of the phenomenon in question. Morphometric measurements of nine caves were done through fieldwork. The study concludes that the caves were formed only in Calcite and Dolomite rocks and that the caves vary in the region in terms of their shapes, dimensions, and lengths. The length of these caves ranged between 3.40 - 30 meters, the height of the ceilings between 1.72 - 9.10 meters. Finally, the study shows a clear difference in the morphometric characteristics of these caves, especially the shapes and dimentions.

Keywords: Natural characteristics, Morphometric characteristics, Karst caves, Ajloun area.

الهوامش :

(1) الزريقات، علاء الدين، مورفولوجية حوض وادي راجب، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن، (2004).

(2) المركز الجغرافي الملكي، خريطة عجلون الإدارية، بمقياس (1: 50000)، عمان، الأردن، (2019).

(3) سالم، نصر الدين، جيومورفولوجية الأنفاق الكارستية في وسط حوض وادي شماس بليبيا، مجلة البحوث الشرق الأوسط، مجلد (43)، (2017)، ص (202 – 250).

(4) تركي، حسام، دراسات رسوبية وجيومورفولوجية للكهوف والخسوف الأرضية في مربع مركز عذفاء، منطقة الجوف، المملكة العربية السعودية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الملك عبد العزيز، الرياض، السعودية، (2016).

(5) بلال، أحمد وآخرون، اقتراح نموذج وصفي رقمي للمظاهر الجيوكارستية في مغارة بيت الوادي - المنطقة الساحلية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، المجلد (36)، العدد (6)، (2014)، ص (35 – 53).

(6) Na'amneh, Eyad, The integred application of natural radon- radioactivity andelectrical resistivity tomography to instigate karst cave system: a case study from AL-Dahar cave Jordan. Unpublished Master Dissertation, University of Yarmouk, Irbid, Jorda, (2011).

(7) Festal, V. Fiore, A. Parise, M and Siniscalch. A. Siniscalchi – Sinkhole evolution in the Apulian Karst of Southern Italy: a case study, with some considerations on Sinkhole Hazards. *Journal of Cave and Karst Studies* Vol (74), No (2), (2011) ,p (137-147).

(8) أبو صفط، محمد، جيومورفولوجية الكهوف الكارستية في شمال الضفة الغربية – فلسطين، مؤتة للبحوث والدراسات، المجلد (14)، العدد (8)، (1999)، ص (11-33).

(9) عابد، عبد القادر، جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه، (ط2)، دار وائل للنشر، عمان، (2017).

(10) سلطة المصادر الطبيعية، لوحة جرش الجيولوجية (3541)، بمقياس (1: 50000)، عمان، الأردن، (1993).

(11) المرجع نفسه، رقم لوحة (3541).

(12) المرجع نفسه، رقم لوحة (3541).

(13) Shehadeh, N. The climate of Jordan in the past and present. studies in the history and archaeology of Jordan, Vol (2), (1983), p (33-34).

(14) عودة، سميح، جيومورفولوجية الهوات في الجبل الأخضر، رسائل جغرافية - الكويت، العدد (63)، (1984)، ص (3-59).

(15) قوقزه، محمد، الظاهرات الكارستية في منطقة عجلون: دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن، (2019).

(16) أبو صفط، محمد، جيومورفولوجية الكهوف الكارستية في شمال الضفة الغربية – فلسطين، مؤتة للبحوث والدراسات، المجلد (14)، العدد (8)، (1999)، ص (11-33).

قائمة المراجع:

المراجع العربية:

أبو راضي، فتحي، **مورفولوجية سطح الأرض**، دار النهضة العربية للطباعة، بيروت، (ط1)، (1998).

أبو صفط، محمد، جيومورفولوجية الكهوف الكارستية في شمال الضفة الغربية – فلسطين، مؤتة للبحوث والدراسات، مج (14)، العدد (8)، (1999)، ص (11-33).

بلال، أحمد وسعيد. محيسن وربيع، يوسف. اقتراح نموذج وصفي رقمي للمظاهر الجيوكارستية في مغارة بيت الوادي - المنطقة الساحلية، **مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية**، المجلد (36)، العدد (6)، (2014) ص (35 – 53).

تركي، حسام، (2016)، **دراسات رسوبية وجيومورفولوجية للكهوف والخسوف الأرضية في مربع مركز عذفاء، منطقة الجوف، المملكة العربية السعودية**، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الملك عبد العزيز، الرياض، السعودية.

دائرة الأرصاد الجوية. (2014). **النشرة السنوية للمعلومات المناخية**، عمان، الأردن،.

الزريقات، علاء الدين. (2004). **مورفولوجية حوض وادي راجب**، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

سالم، نصر الدين. جيومورفولوجية الأنفاق الكارستية في وسط حوض وادي شماس بليبيا، **مجلة البحوث الشرق الأوسط**، مجلد (43)، (2017)، ص (202 – 250).

سلطة المصادر الطبيعية. (1993). **لوحة جرش الجيولوجية**، بمقياس (1: 50000)، عمان، الأردن.

عابد، عبد القادر، **جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه**، دار وائل للنشر، عمان، (ط2)، (2017).

عوده، سميح، جيومورفولوجية الهوات في الجبل الأخضر، **رسائل جغرافية - الكويت**، العدد (63)، (1984)، ص (3-59).

قوقزة، محمد. (2019). **الظاهرات الكارستية في منطقة عجلون: دراسة جيومورفولوجية**، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

المركز الجغرافي الملكي، (2019)، **خريطة عجلون الإدارية**، بمقياس (1: 50000، عمان، الأردن.

يوسف، ربيع. (2008). **دراسة الكارست وأهم منعكساته الاقتصادية والهيدروجيولوجية (المنطقة الساحلية - صافيتا)**، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة دمشق، دمشق، سوريا.

المراجع الأجنبية:

Festal, V. Fiore, A. Parise, M and Siniscalch. A. Siniscalchi – Sinkhole evolution in the Apulian Karst of Southern Italy: a case study, with some considerations on Sinkhole Hazards. *Journal of Cave and Karst Studies*, Vol (74), No (2), (2011), p (137-147).

Na'amneh, Eyad. (2011). *The integred application of natural radon- radioactivity andelectrical resistivity tomography to instigate karst cave system: a case study from AL-Dahar cave Jordan.* Unpublished Master Dissertation, University of Yarmouk, Irbid, Jordan.

Shehadeh, N. The climate of Jordan in the past and present. *studies in the history and archaeology of Jordan*, Vol (2), (1983), p (33-34)