مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية

اسم المقال: كهف عريقة (دراسة جيومورفولوجية)
اسم الكاتب: د. غزوان محمد أمين سلوم
رابط ثابت: https://political-encyclopedia.org/index.php/library/2820
تاريخ الاسترداد: 2026/11/02 12:28 +03

الموسوعة السياسيّة هي مبادرة أكاديمية غير هادفة للربح، تساعد الباحثين والطلاب على الوصول واستخدام وبناء مجموعات أوسع من المحتوى العلمي العربي في مجال علم السياسة واستخدامها في الأرشيف الرقمي الموثوق به لإغناء المحتوى العربي على الإنترنت.
لمزيد من المعلومات حول الموسوعة السياسيّة - Encyclopedia Political، يرجى التواصل على info@political-encyclopedia.org

استخدامكم لأرشيف مكتبة الموسوعة السياسيّة - Encyclopedia Political يعني موافقتك على شروط وأحكام الاستخدام المتاحة على الموقع https://political-encyclopedia.org/terms-of-use

تم الحصول على هذا المقال من موقع مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية ورفده في مكتبة الموسوعة السياسيّة مستوفياً شروط حقوق الملكية الفكريّة ومتطلبات رخصة المشاع الإبداعي التي ينضوي المقال تحتها.

كهف عريقة (دراسة جيومورفولوجية)

د. غزوان محمد أمين سلوم*

الملخص

ينتمي كهف عريقة إلى نموذج أنابيب الحمم البركانية Lava tubes، يمتد مسافة نحو (500م)، يتكّون من أربع حجرات، وثلاثة ممرات متناقصة في أبعادها بالاتجاه نحو نهايته.

الحجرات ذات سقف مقوس– مقبب، غني بالكسور والشقوق، وأرضية مستوية، وتتألف جدران الحجرات الثلاث الأولى من بطانات متعددة، كما تنهال أجزاء من السقف، قلّ تدخل الإنسان تدريجيًا بمظاهر الحجرات بالاتجاه نحو نهايته، لينعدم في الحجرة الرابعة.

تشير الدلائل الجيومورفولوجية والجيولوجية إلى أن الكهف نشأ كقناة حمم بركانية lava channel، ينتمي إلى نموذج أنابيب الحمم شبه المخندقة semi-trench lava tube، والأنابيب الداخلية interior tubes، وأنه جزء من أنبوب أكبر تراكب على قطاع من وادي اللوى، يبلغ طوله نحو 21كم.

يمكن تصنيف الحجرات بالآمنة جيومورفولوجيًا باستثناء الرابعة منها، وتتمثل المخاطر بمواضع محددة، تتنوع بين الانهيارات الصخرية، وانهيال أجزاء من السقف، وصعوبة اجتياز تلال الركام والممرات الزلقة، فضلًا عن عدم وجود إضاءة، أو ارشادات ترفع من مستوى الأمان في زيارة الكهف.

* جامعة دمشق، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، قسم الجغرافية.

[1]– يعرف الكهف محليًا باسم مغارة عريقة، إلّا أنَّ حجمه الكبير، وامتداده على سوية مدخله– أي إنه لا يغور في جوف الأرض– حَتَّمَ تصنيفه جيومورفولوجيًا ضمن فئة الكهوف.

Ariqa Cave (Geomorphological Study)

Dr. Ghazwan Mohammad Ameen Saloum**

Abstract

Ariqa Cave is an ancient cave that belongs to the Lava tubes, which extends about 500 meters, consisting of four chambers and three descending corridors in their dimensions towards the end.

The chambers have an arched, domed and curved ceiling with cracks, and a flat ground. Parts of the ceiling are falling apart. Man's interference in the decorations gradually decreases towards the end directions until it becomes minimal in the fourth chamber.

Geomorphological and geological evidence indicates that the cave originated as a lava channel belonging to semi-trench lava tube and internal tubes, and that it is part of a larger tube overlaying a section of Al- Leoa Valley extending at 21 Km. length.

Geomorphologically, the chambers can be categorized as safe, except for fourth chamber. Risks are varied and found in specific locations, ranging from collapsing rocks, collapse of parts of the roof, blocked passages of gravel hills and slippery pathways, as well as lack of lighting or guidance to improve the safety of the cave.

** Damascus University, Faculty of Arts and Humanities, Department of Geography.

مقدمة:

تمثل كهوف أنابيب الحمم البركانية واحدة من أغرب المظاهر تحت السطحية، وهي ذات بيئات معزولة، ممَّا يجعلها من أهم المواقع التي يمكن استثمارها اقتصاديًا وسياحيًا وعسكريًا، إلَّا أنَّ ذلك يتطلب معرفة تامة بمظاهرها وخصائصها الجيو–مورفومترية، وتحديد مواقع الأمان والخطر فيها.

يقع كهف عريقة في البلدة التي تحمل الاسم ذاته، عند تقاطع دائرة العرض(28″ 43′ 36°) مع خط الطول (35″ 53′ 32°)، يمتد مسافة (500 مترًا). صورة (1). تبعد بلدة عريقة عن مدينة شهبا نحو (15كم)، ونحو (25كم) عن مدينة السويداء إلى الشمال الغربي منها، وقد استُثمِرَتْ حديثًا الفسحة المؤدية إلى مدخله، والحجرة الأولى منه.



الصورة (1): يدل السهم على موقع كهف عريقة.

1– **إشكالية البحث**:

يتمحور البحث حول إعداد دراسة جيومورفولوجية لكهف عريقة، ومن ثَمَّ تحليل نشأة تضاريسه وتفسير أشكالها.

2– أهداف البحث:

أ– تفسير تشكل الكهف ومظاهره.

ب– تحديد أهم أنواع المخاطر وتوزعها الموقعي.

ت– إعداد خريطة جيومورفولوجية للكهف.

3– فرضيات البحث:

أ– تشكل الكهف عن تدفق مهل سطحي Surficial lava flow.

ب– الكهف غير آمن لمزيد من الاستثمار.

4- الدراسات السابقة:

أجرى دوبرتريه (L. Dobertret: 1929-1955) دراسات موسّعة عن البركنة في سورية، وأرجع عمر أقدم الصبات البازلتية إلى الميوسين من الحقب الجيولوجي الثالث، وأحدثها إلى الرباعي الحديث. وحدد فريق علماء هولندي زمن تشكل صبة الكراع بدراسة البقايا الحيوانية العظمية في خربتي الأمباشي والهبارية، باستخدام الكربون المشع C^{14}، وقدّر بنحو (4200 سنة).

تعدُّ المذكرة الإيضاحية للأعمال السوفيتية برئاسة (بونيكاروف Ponikarov) الأشَهر بين الدراسات الجيولوجية التي أُجْرِيَت بين عاميّ (1958-1961م)، وقد وافقت نتائجها ما خلص إليه دوبرتريه في شأن عمر الصبات البازلتية، كما بيّنت أن صبة (B5 Q4) التي تعرف بتشكيلة الكراع –التي تنتمي إليها منطقة البحث- تشغل الجزء الجنوبي من صبة اللجاة، ومصدرها تل شيحان الذي يقع شمال مدينة شهبا. حيث اندفعت الانسكابات البازلتية باتجاه الغرب مسافة تزيد على (45كم) وبعرض (6-8كم). تزخر الأجزاء الهامشية منها بالفقاعات الغازية المنتفخة والالتواءات القوسية المرتفعة، وأكد (فاروق العمادي: 2006، ص: 13) وجود فقاعات غازية بعرض (15-20م) وارتفاع (3-4م). وأن ثخانة تشكيلة الكراع يراوح بين (2-28م). وهي مكّونة من السكوريا والطف الأحمر، وتنتمي إلى البازلت الأوليفيني.

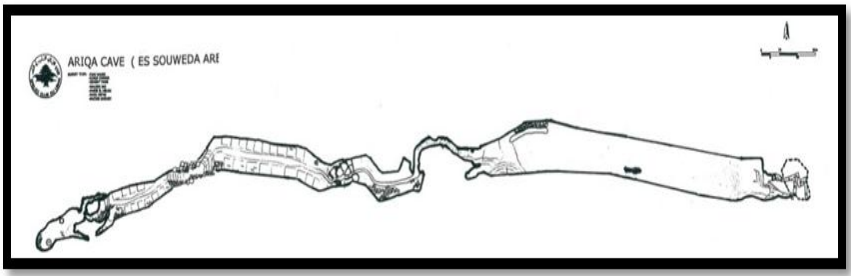
كما أجريت العديد من الدراسات على كهوف مماثلة في المنطقة العربية، كدراسة (Kempe & Al-Malabeh: 2005) عن سبعة كهوف في حرة الجبّان شمالي الأردن، صُنفت خمسة منها ضمن فئة كهوف الأنفاق Tunnel caves، واثنان ضمن فئة كهوف التلال (الحافات) Ridge caves، وحددت أعمار طفراتها الثلاث بين (0,5-26) مليون سنة مضت، تلا ذلك بحث لـ (Al-Oufi: 2006)، الذي استخدم ثلاث تقنيات حديثة لاستكشاف أنابيب الحمم البركاني في منطقة أم القطين داخل حرة الجبّان الأردنية، هي: التردد المنخفض جدًا- الكهرومغناطيسية Very Low Frequency- Electromagnetic (VLF)، السبر الكهربائي العمودي Vertical Electrical Sounding (VES)، والصور الكهربائية Electrical Imaging (EI)، وقد تبيَّن وجود علاقة بين توزعها الجغرافي ومواقع حافات الضغط الخطية linear pressure ridges من جهة، ومواقع التغذية المستمرة من جهة أخرى. كما ارتبط توزع الكهوف بخطوط الضعف البنيوي كالكسور والصدوع، وقد لَحَظَ انتشار الكهوف ضمن دفقات الباهوهوي (Pāhoehoe) والـ آ آ (AA) على حد سواء، وعلى أعماق وصلت إلى (19م) تحت سطح الأرض، وأعدّ (Al-Amoush: 2010, P: 389) بحثًا معمقًا عن إمكانية تغذية المياه الجوفية عبر الكهوف البركانية، شملت الدراسة أربعة عشر كهفًا في محيط حوض وادي الأزرق شمالي شرقي الأردن، أعقب ذلك دراسة

مشتركة بين الجامعة الهاشمية/قسم علوم الأرض والبيئة، مع معهد العلوم الجيولوجية التطبيقية في جامعة التكنولوجيا الألمانية (Kempe & Others, 2012, P: 38) لكهوف الحمم البركانية في الأردن عمومًا –البالغ عددها ثلاثة وعشرين كهفًا– حدَّد فيها الخصائص الهندسية والشكلية، وأعمار التدفقات الحديثة، والاختلافات الجيومورفولوجية بينها، وأُعدت خرائط تفصيلية لذلك. وكان أطولها كهف الفهدة (923,5م).

وأجرى (Pint: 2009) دراسة مفصلة عن كهوف حرة خيبر غربي المدينة المنورة في المملكة العربية السعودية، وبيّن أن نظام كهف أم جيرزان البالغ طوله (1481.4م)، هو الأطول على مستوى المملكة، مكّون من ثلاثة ممرات مفصولة عن بعضها بانهيارين، وقد راوح ارتفاع السقف بين (8–12م)، وأقصى اتساع للكهف (45م). وتناولت دراسة (Roobol & Others, 2002) كهوف المنطقة الوسطى من حرة كشب في المملكة العربية السعودية، وتشمل ستة كهوف على طول أنبوب تكّون من خمس نقاط انفجارية متتالية، وأعدت خرائط تفصيلية عن كل أنبوب.

قام (Trifonov & Others: 2011, P: 190-191) بتحديد عمر حرة الشام –التي ينتمي إليها جبل العرب– فتبيَّن أنها تعود إلى نهاية الأوليغوسين (24–26) مليون سنة من الحقب الثالث، وأنها شهدت هدوءًا نسبيًا خلال الميوسين الأوسط (12–17) مليون سنة، ثم عاودت البركنة نشاطها خلال البليوسين بين (4–6,3) مليون سنة، وشهد النشاط البركاني زيادة في فعاليته خلال المدة بين (3,5–4) مليون سنة مضت في جبل العرب بالتحديد، وكثرت المخاريط البركانية فيه خلال الحقب الجيولوجي الرابع.

استكشف مؤخرًا النادي اللبناني للتنقيب في المغاور (SCL) كهف عريقة عبر رحلتين بين عامي (2008–2009م)، أعدَّ خلالهما فريق العمل خارطة دقيقة تبين أهم العناصر الجيو–هندسية، مع تحديد مواقع الركام الحجري والبرك والبقايا العظمية الحيوانية، وحدود غرف الإنسان الذي سكنها في الحجرتين الثانية والثالثة، وأبعاد الحجرات والممرات بدقة. الشكل(1). لذلك اعتمد عليها بوصفها خريطة أساس، بعد التأكد من دقتها بالتحري الموضعي.



الشكل (1): مخطط كهف عريقة

أولًا: جيومورفولوجيّة كهوف الحمم البركانية:

تواجه الباحث في مجال البركنة كثيرًا من العقبات، يأتي في مقدمتها حسب رأي (Halliday: 1963, Pp: 4-5) عدم وجود تصنيف موحد لمظاهرها، فتبدو بعض المصطلحات غامضة، أو تتخذ المعنى ذاته، مع أنَّ آلية نشأتها تختلف، فمثلًا تحتوي معظم كهوف الحمم الأنبوبية على نوازل حممية، وقد أعطيت التسمية ذاتها التي أطلقت على نوازل الكهوف الكارستية، إلَّا أنَّ هذا الخلاف يضيق في قضايا أخرى، فقد أجمع العلماء على أن استخدام مصطلح أنبوب الحمم البركانية Lava tube أكثر دقة من مصطلح كهف الحمم البركانية Lava Cave للدلالة على تلك الكهوف المتشكلة عن تدفق داخلي، أو تحت سطحي للحمم البركانية، في حين يشمل الثاني الفجوات الكبيرة كلّها التي تشكلت في التدفقات البركانية وبآليات أخرى، كتلك التي نشأت عن تلال المهل المنبثق (Webb & Others: 1980). ويمكن القول: إنَّ كل أنبوب حمم بركانية هو كهف، لكن ليس كل كهف بالضرورة هو أنبوب حمم بركانية.

تتكون كهوف الحمم البركانية من غرف معزولة isolated chambers، أو متصلة بممرات أحادية unbranched passages، وربما شكّلت شبكات متداخلة ومعقدة، كما يمكن أن تنشأ على مستوى واحد أو عدة مستويات، تختلف فيما بينها بالامتداد، وشكل الجدران، والمقطع العرضي، والتقسيم الطبقي للصخور، إلاّ أنَّها تشترك في طبيعة صخورها وسماتها العامة كالشكل الاسطواني. والمبدأ العام لتشكلها، حيث يتبرد السقف أولًا ثم الجدران، وأخيرًا القاع. وإذا تدفقت الحمم المنصهرة عبر الأنبوب البارد، تعرضت الحمم للتبرد والتصلب مشكّلة بطانة داخلية Internal lining جديدة، وقد تتسبب الحرارة المنبعثة من الحمم بصقل الأنبوب أو إعادة صهر الأجزاء العليا من سقفه صهرًا جزئيًا partially re-melt.

أكد (De Decker: 2015, P: 2) وجود الفوارق الجوهرية بين كل من أنابيب الحمم، وقنوات الحمم lava channel، فالثانية هي أنابيب نشطة، وحدَّد علاقتها بمعدل تدفق المهل، إذ توجد علاقة بين طول القنوات ومعدل تدفق الحمم البركانية أو تصريفها، في حين أن هذه العلاقة غير موجودة بين طول الأنبوب ومعدل التدفق، بل هي أكثر وضوحًا مع حجم الحمم المتدفقة، ويمكن أن تتسبب إعادة تدفق الحمم بفتح مخارج جديدة من جوانب الأنابيب، (Bardintzeff & Birneg: 2000, P: 64) و (Duraiswami & Others: 2004, P: 826).

تتحكم جملة من العوامل في شكل كهف أنبوب الحمم البركانية وخصائصه، تصنف الأولى ضمن فئة العوامل **البنيوية – الذاتية**، وتتعلق بطبيعة المواد البركانية، ومعدل تدفقها وكميتها، ولكي تتم عملية التبرد فالتصلب، يجب أن يكون معدل صبيب التدفق

المهلي بطيئًا، يراوح بين (1–3 م/ثا). (Greeley: 1987, P: 1351). كما تتأثر بقرب مصدرها من السطح، إذ تضمن التغذية الكبيرة والمستمرة التي توفرها خزانات الصهارة Magma reservoir، وانخفاض لزوجة اللاّبة، وارتفاع درجة حرارتها، وانخفاض معدل تبردها انتشارًا واسعًا لها، ومن ثَمَّ امتدادًا أكبر لأنابيب الحمم البركانية، أمَّا العوامل **الخارجية**، فتتمثل بخصائص السطح: كالوعورة، والانحدار، وتوزع المنخفضات والمرتفعات في السطح القديم. إذ تسلك الحمم البركانية سبلًا هينة يطلق عليها المسارات الأقل مقاومة least resistance، أو المسارات المتاحة.

يضم الحقل البركاني أنبوبًا رئيسًا وعدة أنابيب ثانوية، وإذا تعددت الأنابيب شكلت نظامًا من القنوات المفرغة، كتلك التي توجد في حقل كيما Kiama الأسترالي، إذ يبلغ عددها نحو (20 أنبوبًا)، يراوح اتساع كهوف الحمم البركانية بين (14–15م)، وتقع دون السطح بين (1–15م)، وتراوح أقطارها بين (10سم–20متر)، تتفاوت أطواها بين أقل من (2م) وعشرات الكيلومترات، فقد امتد أحد أنابيب بركان ماونا لوا Mauna Loa عام (1859م) داخل المحيط مسافة (50كم)، ويعدُّ كهف كوزوموورا Kazumura الواقع في السفح الشرقي لجبل بركان كيلوا Kilauea في جزيرة هاواي أطولها وأعمقها عالميًا، إذ يبلغ طوله (65,5كم)، وعمقه (1102م). (Halliday: 2003).

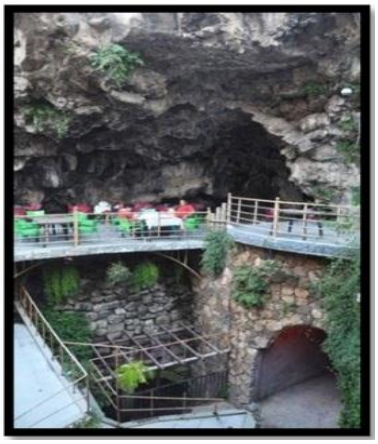
تمثل الأنابيب بحد ذاتها سبل نقل ونشر للابة، إذْ تشير التحليلات الفوتوجولوجية إلى أن ما لا يقل عن (30%) من تدفقات بركان مونا لوا، و(58%) من تدفقات بركان كيلوا في جزيرة هاواي، و(18%) من تدفقات بركان جبل إيتنا، نُقِلَت جزئيًا [على الأقل] عن طريق الأنابيب. (Greeley: 1987, P: 1350).

ثانيًا: جيومورفولوجية كهف عريقة:

يمتد الكهف على أربع حجرات، باتجاه غربي– شرقي، مع انحناءات بسيطة تتحول إلى أكواع واضحة عند الممرات الثلاثة التي تصل بين الحجرات، ويعزى هذا التعرج Sinuosity، أو الانعطاف meandering إلى درجة سيولة fluidity اللاّبة ضمن قناة الحركة mobile conduit، وطبيعة المسار المتاح لها فوق سطح الأرض، المتمثل بمجرى وادي اللوى، حيث تتسع أقسام الكهف في المواضع التي كانت واسعة منه، وتضيق عند الضيقة.

تتخذ فتحة الكهف شكلًا بيضويًا، بقطرين (25×20م)، يراوح عمقها بين (7–10أمتار)، صورة (2). تدّخل الإنسان بأجزاء كبيرة منها، وتدل أفقيّة طبقات اللاّبة، على أنها حفرة انهيالcollapse pit، نتجت عن هبوط جزء من سقف الكهف، وأُزيلَ الحطام الصخري من قبل الإنسان حين سكن الكهف، وتنتشر أسفل جدران الفتحة تكهفات بعمق (2–4أمتار)

ترتفع سقوفها بين (2–5 أمتار)، نتجت عن انهيار كتل مفككة عن الجدران بفعل الشقوق والجاذبية، وتأثير أعمال التجوية، وتدخل الإنسان في هندسة الموقع. صورة (3).



الصورة (2): عمق فوهة الانهيال، ويظهر في الأسفل وإلى اليمين ممر مدخل الكهف.



صورة (3): تكهفات داخل جدار الفتحة (الحفرة).

وتظهر بين الصبات البازلتية جيوب مختلطة من جلاميد وحجارة بركانية التي جرفتها المهل المتدفق من السطح القديم، أو إنها نتاج الانفجار البركاني الذي صاحب انبثاق المهل وتدفقها. صورة (4).



الصورة (4): أفقية الصبة البازلتية والحجارة بينها.

1- الحجرة الأولى:

تبلغ أبعادها (165× 16× 9م) حسب (Jaoude. I. B & Tawk. J: 2009, P: 111). يُدْخَلُ إليها عبر باب بازلتي، يفضي إلى ممر بطول (3أمتار)، ويتسع الممر كلما اتجهنا نحو الحجرة، يعلوه سقف من طبقات أفقية منفصل بعضها عن بعض بسطوح بينيّة، ومقطّعة بشقوق رأسية، يراوح ارتفاعه بين (1,5–1,2م).

تمتد على جانبي الحجرة مصطبتان صنعيتان متناظرتان، تعلو كل منهما عن أرضية الكهف بين (1–1,5م)، تلاصق اليمنى جدار الحجرة، في حين يفصل ممر ينتهي إلى نبع عريقة –المجاور للمدخل بالخارج– المصطبة اليسرى عن الجدار، وهو ممر يضيق بالاتجاه نحو النبع، ويراوح اتساعه بين (2,5–1,5م)، مع سقف مرتفع بين (2,5–3,5م).

ومن خصائص هذه الحجرة ما يأتي:

1. الحجرة مستقيمة مع انحناءات بسيطة نحو الشمال، صورة (5)، وهي ذات قاع صنعي من رمال وحصى بركاني، مستوي، تكثر فيه حُفر تساقط قطرات الماء من السقف. زلق وخطير في الشتاء.



الصورة (5): انحناء الحجرة الأولى وتغير شكل سقفها. (الشابكة)

يتغير شكل السقف بين مقبب domed ومقوس arched، ونصف دائري Half-circular، والأخير هو الأساس والأصل، حيث يتخذ أنبوب الحمم البركانية شكلًا أسطوانيًا ومقطعًا عرضيًا دائريًا في أثناء تشكله، ومع استواء أرضيته وارتفاع سويتها بما يترسب عليها من مواد، أو يتراكم فوقها من حجارة، فإن سقف الكهف سيصبح نصف دائري، ويبلغ في الوسط نحو (7أمتار)*، صورة (6)، أما تقبب السقف في بعض أقسامه،

* بناءً على هذه الحقيقة المؤكدة عالميًا، يقدّر الباحث ثخانة المواد الرسوبية التي تغطي أرضية الكهف، بين (5–6أمتار) وهو أمر لا يمكن التأكد منه إلا بعمليات حفر وتنقيب موسعة تكشف النقاب عما تخفيه هذه المواد من حقائق جيومورفولوجية وأنثروبولوجية وتاريخية.

فيعزى إلى ما ينهال منه من حجارة وصخور، فضلًا عن أسباب منشئية، فتحدب لسان المهل المتدفق، بسبب لزوجته من جهة، وضيق القناة التي تدفق عبرها مقارنة بمعدل تصريفه من جهة أخرى، واستمرار التدفق المحتبس تحت السقف المتبرد يدفعه نحو الأعلى، وقد لُحِظَ تقبب السقف في أكثر من موضع وسط الحجرة، أمَّا شكل السقف المقوس فيدلُّ على تدفق اللابة في أنبوب واسع ذي قاع مرتفع، ومن ثمَّ فالشكل المقوس دليل تطور متأخر لبعض أجزاء الكهف. وقد تنهال أجزاء من السقف، فيرتفع باطنه عندها، مع بقاء أجزاء أخرى من أصله متدلية، فيتخذ السقف شكل قناطر متجاورة، وهي حالة السقف في نهاية الحجرة. صورة (7).

يصبح السقف على شكل صندوق مقلوب في الثلث الأخير من الحجرة وقبل الدخول في الممر الأول، مع انخفاض تدريجي في ارتفاع السقف من (4) إلى (1,5م). صورة (8). ويفسر الترهل في وسط السقف بهبوطه بتأثير وزن المواد التي تعلوه.



الصورة (6): السقف المقوس.



الصورة (7): انقسام السقف إلى ثلاث قناطر عند نهاية الحجرة.



الصورة (8): السقف الصندوقي (المقلوب).

2. كشفت الانهيارات الجانبية لأجزاء من الجدران عن عدد من الطبقات الداخلية المكونة للأنبوب (البطانات)، وهي على الجانب الأيمن أكثر من الأيسر، وتكون على شكل ألواح مقوسة، الصورتان (9–10)، وهي بثخانات وارتفاعات متباينة، ويفسر ذلك بأن عملية التبطين Lining تمت بفعل تدفقات مهل بركانية مختلفة في خصائصها البنيوية والميكانيكية من لزوجة وسرعة، والأخيرة ترتبط بانحدار قاع القناة ومعدل تصريف اللابة. بمعنى آخر: إن الثخانات القليلة هي نتاج تدفق قليل الحجم، أو سريع الحركة، ومهل منصهرة بدرجة عالية، والعكس صحيح، وقد راوح ارتفاع هذه الألواح بين (2–4أمتار)، وفي مواضع قليلة من الكهف تم بُطِّنَ السقف والجدران باللاّبة نفسها؛ ما يدلُّ على أنَّ التدفق ملأ هذا الجزء، إما لضيقه، أو بسبب وجود عوائق سببت اختناقات في تصريف اللاّبة، فلامست كامل المقطع العرضي للأنبوب وبطنته.



الصورتان (9–10): الألواح المقوسة على الجانب الأيمن، والألواح على الجانب الأيسر.

3. تظهر عروق التقاطر veins of dripping، أو ما يعرف بقطرات الحمم المنصهرة molten lava dripped، ويطلق عليها أحيانًا حجر دموع المهل lava dripstone (Gadanyi: 2010, P: 6)، على امتداد الثلث الأول من سطح البطانة الداخلية على الجدار الأيمن، وأجزاء من الجدار لأيسر، يتفاوت ارتفاعها بين (1–3,5م)، صورة (11). و تنتشر هذه الظاهرة على أجزاء من سطح الطبقة المناظرة في الجدار الأيسر. ويدلُّ استمرار هذه العروق على أن انصراف المهل من الأنبوب تم دفعة واحدة وبمعدل ثابت تقريبًا، فلا تعرجات فيها ولا انقطاع.



الصورة (11): عروق السيلان أو دموع المهل.

4. تنتشر نوازل المهل lavacicles على شكل حلمات مخروطية في بعض أجزاء البطانة العليا للجدار الأيمن، ومع كونها من مظاهر بعض أجزاء السقف، إلَّا أنَّ وجودها في القطاعات العليا المقوسة لبعض الجدران، يخضعها لفعل الجاذبية، وكأنها متدلية من السقف في مرحلة كان فيها الكهف لا يزال ساخنًا، ومع زيادة لدونتها وتأثرها بقوى الجاذبية تتحول إلى نوازل مثلثية triangular stalactites تتخذ شكل أسنان ثخانة القرش shark's teeth (Waters & Others, 1990)(Gadanyi, 2010, p8) ، يتغير شكلها الأنياب أسفل الجدار إلى عروق سيلان بسبب الانحدار الشديد لسطح الجدار الداخلي، ويؤكد احتفاظ هذه المظاهر بشكلها الذي نشأت عليه، عدم تعرضها لاحقًا لإعادة صهر جزئي، ومن ثَمَّ فهي آخر مظاهر التدفق الأخير. صورة (12).



الصورة (12): نوازل المهل على جزء من الجدار الأيمن.

البطانة الداخلية على الجدار الأيسر أكثر تماسكاً من نظيرتها، لقلة تأثرها بالشقوق، مع وجود انهيار صغير الحجم على مسافة نحو 40م من المدخل، إلَّا أنَّ هذا الجانب أكثر أمانًا من نظيره، فانهيار طبقاته بسيط، وامتدادها مسطح نحو السقف مما يقلل من تأثير قوى الجاذبية عليها. وفي هذا الصدد يؤكد (Allred & Allred: 1997, P: 73) أن ضغوطًا تتجه من الجدران نحو قمة السقف، تنتج عن عملية بنائه (التسقيف)، تعمل على تراص قطع المهل المتصلبة، ومع تبرد السقف تنشأ ضغوطٌ معاكسة في الاتجاه، تعرف بقوى الشد، تتجه نحو الأطراف مبتعدة عن محور السقف؛ ممَّا يسبب تمزقًا لبطانة السقف، فتتقطع إلى أجزاء يهوي بعضها، ويبقى الآخر معلقًا.

5. خضع السقف والجدران لعملية تبطين lining واحدة في بعض المواضع، بدليل استمرار الطبقة البازلتية دون انقطاع من الجدران إلى السقف، وهي مع أهميتها في زيادة تماسك الكهف، إلَّا أنَّها ضيّقت جوفه، وفي عملية معاكسة قد يتوسع الكهف داخليًا بفعل الحت الناتج عن تدفق اللاّبة المنصهرة، حسب (Harter .J .W: (III), P: 75)، إلاّ أنَّه لم يُلحَظ وجود أدلة دامغة على تعرض الأنبوب لمثل هذه العملية.

6. تصبح الحجرة في الوسط أكثر تكاملًا بعناصرها التضريسية، فالجدران مقوسة، مع كسور تمتد على طول محور السقف، وكسور أخرى متقاطعة ناتجة عن الانكماش contraction خلال عملية التبرد، وتمثل هذه المظاهر الخطية أهم مواقع الانهيالات وتقاطر الماء من السقف عمومًا.

7. يلاحظ في الثلث الأخير من الحجرة ارتفاع الجانب الأيسر من أرضية الكهف تدريجيًا من(1 إلى 2م) نحو الممر الأول، يقابله ارتفاع أقل على الجانب الأيمن. نتجا عن تراكم الحجارة والطين من الجدران، وهنا يتضح أثر الانهيالات من السقف، إذ يقسم إلى ثلاث قناطر، أوسعها في الوسط، وهو الذي يفضي إلى الممر الأول، كما يظهر الركام الصخري على الجانب الأيمن، ويتعاظم حجمًا وعددًا مع تراكب فوضوي وخطير بالاتجاه نحو الممر.

تأثرت الحجرة الأولى بالتدخل البشري، فسويت أرضيتها، وأزيل معظم الركام الناتج عن انهيار أجزاء من الجدران والسقف، إلَّا أنَّ بعض المخاطر الجيومورفولوجية التي يمكن تصنيفها حسب موضعها قد رُصِدَت في فئتين:

أ– **مخاطر السقف:** تعدُّ سقوف الكهوف أكثر عناصرها الجيومورفولوجية ضعفًا، ذلك لأنَّها الأرق ثخانةً والأقل تماسكًا، فخلال بنائه أو ما يعرف بعملية التسقيف celling، غالبًا ما تكون سماكة المهل المتصلبة رقيقة، وتخضع بدورها للعلاقة بين سطوح القص Shear planes – التي تحدث ضمن التدفق– وتطبق اللاّبة layered lava، لذلك لا توصف عملية البناء بالمستقرة، فهي متغيرة بفارق زمني بسيط يقدر بالساعات وفق عمليات الرصد التي تمت على أنابيب بركان ماونا لوا عام 1921م (Oilier and Brown: 1965)،

(Greeley: 1971, P: 5-9)، (Greeley: 1987, P: 1352). كما أن عملية التبرد والتصلب تحدث جزئيًا، فَتَلْتَحِمُ القطع المتصلبة، أو ما يعرف بالألواح القشرية crustal slabs بعد تقاربها وتلاصقها، وأحيانًا تمزق المهل المتدفقة السقف الرقيق إلى أجزاء تسوقها معها، ثم تلحمها ببعضها لاحقًا (Grimes: 1995, P: 16-20)، وتزداد ثخانة السقف بتماس المهل معه لاحقًا، إلاّ أنَّه يخضع للانهيالات، فيترقق عند مواضعها، وهو ما يلاحظ في معظم الأجزاء المقببة التي سقطت عنها البطانة الداخلية من السقف، ومن ثمَّ فبناء السقف ليس مستمرًا أو ثابتًا كما هو حال الجدران، كما يتعرض السقف إلى ثقل الصبات التي تعلوه. فتتشكل شبكة من الكسور والشقوق، وما يزيد من خطر انهيال بطانة السقف، انكشاف الحجارة والصخور التي جرفها التدفق فوق السطح، وهي غير متماسكة عمومًا، صور (13–14).



الصورة (13): كتل صخرية ملتصقة بسقف المدخل.

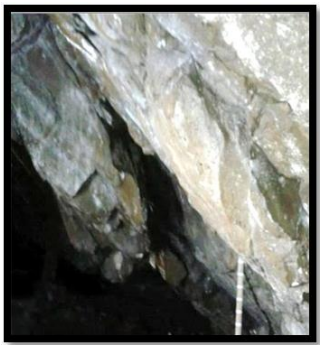


الصورة (14): كتل صخرية في السقف عند نهاية الكهف تكشفت بعد انهيار بطانته الداخلية.

يفسر تشكل منظومة الكسور في السقف بتأثير قوى الشد tensile strength الموازية لمحور الأنبوب tube axis، وإن نجت أجزاء من الانهيالات، تعرضت لاحقًا لعمليات التجوية، التي تعمل على إضعاف تماسك السقف في مواضع معينة، ممَّا يسبب انهيال صخور أو طبقات منه (Greeley: 1971, P: 5-9).

ب- **مخاطر الجدران:** تتمثل بالألواح المعلقة أو المنفصلة جزئيًا عن الجدران، وهي أجزاء من بطانات داخلية مبتورة من أقدامها، تفصل بينها سطوح بينيّة تُصنف ضمن مستويات الضعف البنيوي، تستغلها المياه المتسربة، فترتفع فعالية عمليات التحلل الصخري، ممَّا يحولها من سطوح دقيقة إلى فجوات واضحة ممتدة بين الألواح الجدارية، يراوح اتساعها في الجدار الأيمن بين (10–20سم)، وهي أقل من ذلك في الجدار الأيسر. صورة (15).

كما يمكن تصنيف الحجارة المتراصة والمتجمعة في المواضع التي انهارت عنها البطانات الجدارية، ضمن مجموعة الأخطار المحملة، فانهيارها مرهون بتوفر عامل محرض على حركتها. وغالبًا ما تكثر هذه المواضع في المنطقة الحدية بين الجدار والسقف، صورة (16).

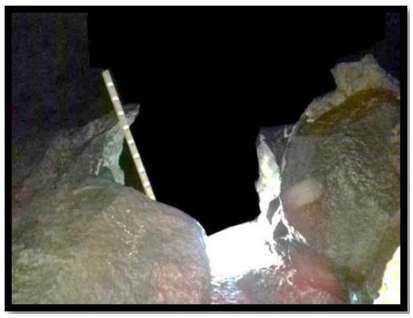


الصورة (15): جزء من البطانة الداخلية لجدار الكهف الأيمن.



الصورة (16): خطر الحجارة المتراص في الجدار خلف البطانة

تنتهي الحجرة الأولى بتل ركامي Talus يرتفع بين 3–4م، مكّون من حطام صخري –حجري بازلتي، صورة (17). يعلو فوقه السقف المقبب لارتفاع يراوح بين 4–5أمتار، ويؤكد هذا التقابل بين شكل الأرضية وشكل السقف المقبب، العلاقة العضوية بينهما، فالتل الحجري ما هو إلَّا نتاج تراكم ما انهال من السقف، فتشكلت بذلك حجيرة صغيرة، ذات سقف مقبب وأرضية وعرة، كما تنتشر الكتل الصخرية المنهارة من الجدران أسفلها، يعقب ذلك ممران: الأيسر قصير ومغلق، في حين أن الأيمن ذو شكل متعرج.



الصورة (17): كتلتان صخريتان من تل الركام، يزيد قطر الواحدة على المتر.

2- الممر الأول:

يبلغ طول الممر الأول نحو 100م، يبدأ بعد مرتفع الركام السابق، على شكل أنبوب أسطواني نحو الشمال بانحناء بسيط، ثم يستمر مستقيمًا مسافة 12م تقريبًا، لينعطف بزاوية قائمة نحو الجنوب، ثم يعود لاتجاه الشرق بزاوية قائمة، ويستمر بتعرجات ملحوظة نحو الحجرة الثانية، إن هذه الخصائص الجيومورفولوجية للممر، لا يمكن تفسيرها إلا باحتمالين: **فإمَّا** أن تضيقًا موضعيًا أصاب الحيز المكاني السابق لتشكل الأنبوب – وهو وادي اللوى- وذلك لوجود عائق صخري عند ضفته الجنوبية؛ ممَّا دفع بتدفق المهل نحو الشمال، ومع انتهاء حدود العائق عاد التدفق إلى المسار الأصلي نحو الشرق. **أو** أن جزءًا من سقف الأنبوب الأوليّ قد انهال في هذا الموضع، فشكل عائقًا في وجه التدفقات اللاحقة؛ ممَّا سببّ تضيقًا داخل الأنبوب، وشكّل ممرًا متعرجًا بين الحجرات، ويتطلب إثبات صحة أحد الفرضين عملية حفر عميقة في الجدار الأيسر للممر، فلو ظهرت الحصى المدورة – وهي من رواسب الأنهار- دلّ ذلك على صحة الاحتمال الأول، أما إذا كانت الصخور بازلتية فهو إثبات للفرض الثاني.

تنتشر الحجارة والصخور والمفتتات الصلبة المنهالة من السقف، والمنهارة من جدرانه على جانبيه، ممَّا يؤكد تدخلًا بشريًا في توزيعها جانبيًا. ويتغير شكل سقف الممر من المقوس إلى نصف دائري، وقد يصبح مثلثيًا غير متناظر بسبب كسر فيه، ساعد على تفتيت صخوره وانهيالها، فاتخذ السقف شكلًا مثلثيًا مائلًا، وقد يصبح سقف الممر غير منتظم بسبب مكوناته الخشنة بسبب تكونه من صخور خشنة، يراوح قطره بين (1-1,7)، لا يمكن تجاوزه إلا منحنيًا في كثير من أقسامه، تتدلى الصخور من بعض أجزائه، يزداد انحداره تدريجيًا من (3) إلى (7) درجات، صورة (18-19).



الصورة (18): بداية الممر الأول، لاحظ الحجارة على أرضيته، وشكله النصف دائري.



الصورة (19): السقف نصف الدائري، والحجارة على جانبيه، مع تحول أرضيته إلى ملساء، منحدرة وزلقة.

توجد فجوة في سقف الممر عند ثلثه الأول، ترتفع نحو 1.5م، وهي مسدودة بالحجارة والصخور، تعرف هذه الفتحات بالمنارات Skylights – فهي تسمح لضوء الشمس بالدخول إلى الكهف– وقد نتجت عن انهيار جزء من السقف وتراكم نتاج ذلك داخلها، ويُمكن من خلال تتبع توزعها على سطح الأرض تحديد مسار أنبوب الحمم البركانية دونه، كما تمثل نقاط دخول إلى الكهف وخروج منه. (Calvari & Pinkerton:1998, P: 27292).

يستمر الممر بين ضيق واتساع لا يزيد على (1,5م)، مع خطر النتوءات البارزة من السقف، واحتمال انهيال الطبقات المكونة له، بسبب اتساع سطح التطبق بين الطبقة الدنيا التي تعلوها. صورتان (20–21). مع انتشار الحجارة على كلا الجانبين، أو أحدهما.



الصورة (20): السقف المثلي المائل.



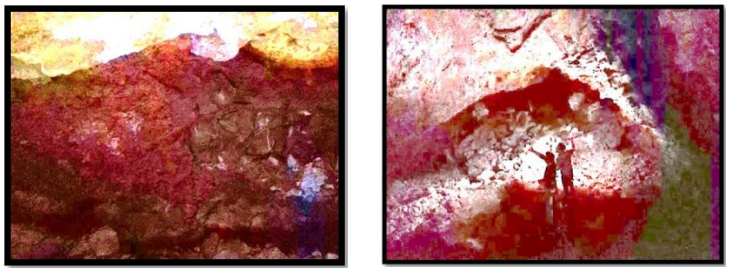
الصورة (21): مقطع شبه منحرف.

ينعطف الممر عند ثلثه الأخير نحو اليسار بزاوية قائمة، حتى يختفي المار به تمامًا، مع انحدار أشد من سابقه (5–10) درجات، وضيق واضح بقطره إذ يراوح بين (0.8–1م) ، وتغير ملحوظ بشكل السقف من مثلثي مائل إلى مقوس غير متناظر. صورة (22).



الصورة (22): الممرعند الانعطاف الحاد

يصبح الممر دائريًا بجدران مصقولة، لتعرضها لإعادة صهر جزئي، ولهذا فالممر مع أنَّه ضيّق يعدُّ آمنًا خاليًا من الحجارة المعلقة أو الطبقات المتشققة، كما أن سقفه خال نسبيًا من النتوءات الصخرية. وقبل بلوغ الحجرة الثانية، يجتاز الممر حجيرة بيضوية الشكل بأبعاد (10x 6م)، ذات سقف مقبب يراوح علوه بين (5–10أمتار)، تتميز بانتشار الواجهات الصخرية الحمراء فيها، وقد اكتسبت هذا اللون من أكسدة الحديد الذي تحتويه صخور البازلت. صورتان (23–24).



الصورتان (23–24): حجيرة الصخور ذات الواجهات الحمراء (المؤكسدة).

يصعد المسار تلًا ركاميًا داخل الحجيرة بارتفاع (3–4,5م)، ذا سفوح منحدرة (30–35 درجة)، مكّون من حجارة وجلاميد زلقة شديدة الخطورة– مصدرها السقف والجدران– ولذلك يعدُّ المسار فوق التل من أخطر المواضع في الكهف، ويوجد على اليمين فجوة بالسقف ترتفع نحو (3أمتار)؛ وهي مغلقة، شكلها مخروطي، تضيق بالارتفاع نحو الأعلى، وترتصف حجارتها رصفًا خطيرًا. ثم يستمر المسار وصولًا إلى مدخل ضيق راوح بين (0.8–1م)، ينتهي إلى الحجرة الثانية.

تتشكل على بعض مواضع السقف نتوءات ملساء على هيئة شبكات متداخلة، وقد نتجت عن فعل الجاذبية الأرضية لسطح اللاّبة التي غلفت طبقة السقف، لذلك تعدُّ من المناطق الآمنة في الممر. صورة (25)



الصورة (25): نتوءات السقف عند بداية الممر الأول

أمَّا عن **مخاطر** الممر الأول، فتتمثل بالنتوءات الخطيرة المتدلية من السقف، وبعض القطع المنفصلة عنه بشقوق مائلة وأفقية، وهي قابلة للانهيال. صورة (26).



الصورة (26): نتوءات صخرية في سقف الممر المنخفض.

لُحِظَ تغير غير معهود في نمط التدفق، إذ يتغير من تدفقات الباهوي هوي ذات السطوح الملساء، وهي التي تشيع فيها ظاهرة الكهوف الأنبوبية، إلى تدفق من نوع (آ آ) ذي المكونات والسطوح الخشنة، وهي حالة قليلة الحدوث حسب رأي (Water & Others: 1990.p: 1)، وتعدُّ المنطقة خطيرة لصعوبة تجاوزها واحتمال انهيار الحجارة المزواة من جدرانها. صورة (27)



صورة (27): نمط تدفق الـ آ آ.

3– الحجرة الثانية:

تشبه الحجرة الثانية سابقتها من حيث الشكل، مع انحراف بسيط نحو الشمال الغربي، تبلغ أبعادها (72×13×5م)، تبدأ بسفح منحدر بلطف (3–5درجات)، يعلوه سقف مقوس بارتفاع نحو (3أمتار)، صورة (28).



الصورة (28): المنحدر المؤدي إلى الحجرة مع السقف المقبب.

وتوصف الحجرة بما يأتي:

1. تتخذ شكلًا منتظمًا فهي مستطيلة عمومًا، مقطعها العرضي نصف دائري، ذات أرضية مستوية، وسقف مقبب – أسطواني، وتنتشر الحجارة بنسبة كبيرة على أرضيتها مقارنة بالحجرة السابقة، إلاّ أنَّها مرصوفة على شكل غرف متجاورة متقابلة.

2. الجدران مكتملة عمومًا، ولا تنهار طبقات البطانة إلا بموضعين متقابلين في الوسط، صورة (29). يكشف الأيمن منهما بطانتين على الأقل.



صورة (29): انهيار جزء من بطانة الجدار الأيسر

3. يسود الشكل المقوس للسقف، ولُحِظَ في مواضع قليلة انهيار البطانة السقفيّة من جزئه الأوسط، فظهرت الحجارة والكتل الصخرية، وهي إمَّا من مكونات السقف التي حُجبت بالبطانة إثر تدفق داخلي لاحق، أو أنَّها من المواد التي جرفها التدفق الخارجي ووضعها فوق سطح الكهف. وهي من الأماكن الخطيرة لتفكك هذه المواد واحتمال انهيالها. صورتان (30–31).



الصورة (30): تشقق السقف وهبوط وسطه.

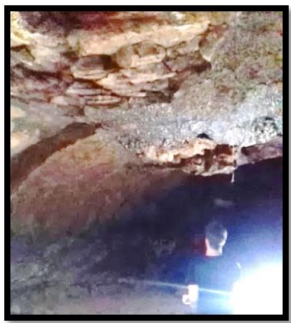


الصورة (31): هبوط البطانة الداخلية للسقف وتكشف مكونات الطبقة التي تعلوه.

4. تنتشر في أرضية الكهف حُفر صغيرة ناتجة عن تساقط قطرات الماء من السقف، وهي ظاهرة شائعة في الحجرات الثلاث ذات الأرضية الرملية–الحصوية.

5. تضيق الحجرة عند نهايتها، وينخفض سقفها نحو (1–2م).

6. تنهال كتل كبيرة من السقف، وتكشفت طبقات البطانة التي راوحت بين (2–3) طبقة؛ ممَّا يؤكد أن أكثر من تدفق ملأ الأنبوب بشكل كامل في هذا القطاع. وذلك لاجتماع عدة أسباب، منها: ارتفاع معدل تصريف اللابة القادمة من الحجرة الأولى ذات الحجم الكبير من جهة، وعدم اتساع الكهف في هذا الموضع من أخرى، وضيق الممر الثاني من جهة ثالثة، ممَّا سبَّب ارتفاع اللابة واحتجازها مدة سمحت بتبرد اللابة وتشكل البطانة الأخيرة على كامل المحيط الداخلي للحجرة، وهذا يعني أن معدل تدفق اللابة عبر الممر الثاني كانت أقل من معدل ورودها إلى الحجرة، وتمتد مسافة خطر انهيال الكتل الصخرية المعلقة في السقف نحو (10 أمتار) من نهاية الحجرة. صورة (32).



صورة (33): أهم عناصر الحجرة الثالثة: ألواح البطانة الجدارية المقوسة، وجزء من السقف المتكشف، والحجارة المرصوفة على الأرضية.

7. لُحِظَ أن هذه الحجرة أكثر أمانًا من سابقتها، فطبقات جدرانها متكاملة عمومًا، وأجزاء السقف ملتحمة وثابتة ومستقرة، وتعدُّ نهاية الحجرة أكثر المواضع خطرًا.

4- الممر الثاني:

يمتد هذا الممر مسافة نحو (25م)، ويلتوي قليلًا نحو الغرب، يراوح اتساعه بين (1-2م)، يكون في أضيقه عند الوسط، يرتفع السقف في أجزاء منه إلى (1.5م)، مع حجارة متوضعة على طرفيه، ويتميز سقفه بفجوة مخروطية، مغلقة بحجارة وصخور متراصة. يتخذ المقطع العرضي أشكالًا مختلفة فتارة يكون نصف دائري، وتارة إجاصيًا بجوانب صخرية حادة، صورة (34). وتارة أخرى يكون غير منتظم، مع طبقات صخرية متراخية عن السقف، وحجارة متراكمة تعيق الحركة داخله. صورة (35).



الصورتان (34-35) الشكل الإجاصي للممر يمينًا، وخطورته في بدايته يسارًا.

ثم ينخفض السقف مع اتساع في عرضه، وانتشار واضح للحجارة على جانبيه وفوق أرضيته، صورة (36). إلَّا أنَّ هذا الضيق ليس أصيلًا في الممر، بل نتج عن انهيار كتل وحجارة من السقف وتوضعها فوق أرضية الكهف، ممَّا رفعها لسوية قريبة من السقف.



الصورة (36): اتساع الممر، وانخفاض سقفه، مع انتشار الحجارة والجلاميد.

5– الحجرة الثالثة:

تبدأ الحجرة الثالثة بمنحدر يراوح بين (4–7) درجة، بطول نحو (10أمتار)، ويكون المسار محددًا بالحجارة والصخور البركانية، وصولًا إلى أرضية الحجرة المستوية، صورة (37). تستمر الغرفة الثالثة باتجاه الممر الثاني ذاته، وتمتد نحو (72م)، بمتوسط اتساع (13م)، ومتوسط ارتفاع السقف (5أمتار)، وهي مستطيلة عمومًا، أرضيتها مستوية مقطّعة إلى مربعات حجرية، تشبه تلك الموجودة في الحجرة السابقة، وهي ذات جدران قوسية، تبدأ بتقوس واضح للسقف بعد مدخلها، مع خطر محتمل بانهيار أجزاء من طبقات الجدار الأيمن، إذ لُحِظَ وجود تجاويف عند قواعد الألواح المقوسة للبطانة الداخلية، فبقيت معلقة بأعلى الجدار والسقف، صورة (38).



الصورة (37): بداية الحجرة الثالثة.



الصورة (38): انهيار قواعد البطانة الداخلية للجدار الأيمن.

الحجرة آمنة في منتصفها، فجدرانها متكاملة ذات ألواح مقوسة، وسقفها مقوس– مستقيم دون هبوط فيه، أو انهيالات ملحوظة فيه، مع انتشار الحجارة في أرضيتها بنسبة أعلى من الحجرتين السابقتين. صورة (39). وتحجب البطانة البازلتية كامل الجدران والسقف، وهي حالة مماثلة لتلك التي فُسرت في نهاية الحجرة الثانية.



الصورة (39): منتصف الحجرة الثالثة، يُلحَظُ أن التبطين مستمر على كامل المقطع من الجدران حتى السقف.

تتكشف طبقات السقف في نهاية الحجرة بسبب انهيال أجزاء من بطاناته، بسبب ما تتحمله من ثقل فوقها، وتأثرها بكسور عدَّة، ولا يمكن إغفال دور حركة المياه المتسربة من السطح، في إضعاف هذه الأجزاء من سقف الكهف. وقد بلغ عدد الطبقات العليا نحو (4) طبقات راوحت ثخانتها بين (10–30سم). صورة (40).

تستقر على أرضية الحجرة كتلة صخرية كبيرة بأبعاد (4×3×0,5م)، انهالت من السقف، صورة (41). ويليها مباشرة نحو الممر الثالث العديد من الحجارة والصخور التي تحجب الزاوية بين أسفل الجدار والسقف المنخفض المقوس.



الصورة (40): طبقات بطانة السقف– الجدران.



الصورة (41): انهيال كتلة ضخمة من السقف.

تنتهي الحجرة بممرين، الأيسر منهما مسدود، مقوس السقف، أرضيته غنية بالحجارة والصخور الضخمة وبالتحديد عند عتبته، التي تصل أبعادها إلى (4×2×1م)، يمتد بطول نحو (25م)، أمَّا الممر الأيمن فيبدأ بركام مرتفع فوضوي ناتج عن تداعي أجزاء من السقف. صورتان (42–43).



الصورة (42): الضوء عند نهاية الممر الأيسر المسدود.



الصورة (43): بالاتجاه نحو الممر الثالث

6– الممر الثالث:

هو ممر قصير، لا يزيد طوله على (20 مترًا). يتخذ شكلًا ملتويًا، ويضيق بشكل طردي بالاتجاه نحو نهايته، يبدأ سقفه مرتفعًا إلى نحو (1,5م)، باتساع يراوح بين (1–2م)، تكثر في أرضيته وجوانبه الحجارة، صورة (44).



الصورة (44): بداية الممر الثالث، متسع ثم يضيق نحو الداخل.

تكثر عند منطقة الانعطاف الحجارة والصخور الكبيرة، وتصبح الجوانب أكثر خطورة لتشكلها من صخور غير مستقرة. يصبح ارتفاع الممر أكبر من اتساعه بشكل ملحوظ، إذ يعادل مثليه أو ثلاثة أمثاله. صور (45)، وينتهي الممر على شكل فتحة عدسيّة، بسقف منخفض، لا يتجاوز ارتفاعه (0,5م)، بمسافة (4)، مع أرضية مغطاة بطبقة من الحجارة، ولا يمكن تجاوزه والدخول إلى الحجرة الرابعة إلا حبوًا أو زحفًا. صورة (46).



الصورة (45): منطقة الانعطاف من الممر.



الصورة (46): نهاية الممر الثالث.

7- الحجرة الرابعة:

تمتد الحجرة الرابعة بشكل بيضوي متطاول، وبأبعاد (30×15×4م)، يُلحَظُ عند الخروج من الممر الثالث وجود ممر آخر، ويقع إلى اليمين من مدخل الحجرة، يرتقي صعودًا بزوايا انحدار لا تقل عن (25) درجة، تؤلف الحجارة البركانية جدرانه وسقفه، وهو ممر خطير لصعوبة تسلقه، وعدم استقرار بعض مكوناته الصخرية، ينتهي بانسداد بعد قطع مسافة (18م)، شكله منحنٍ، بتقوس معاكس للممر الثالث. صورة (47).



صورة (47) الممر الأيسر الصاعد المسدود، الإنارة بآخر الممر.

تتكون الحجرة الرابعة من قسمين يفصل بينهما حاجز صخري متصل بالسقف مبتور عند قاعدته بفتحة واسعة، يمتد القسم الأول من الحجرة مسافة (13م)، مع سقف مقبب بارتفاع (5-6م)، صورة (48). تكثر في أرضيتها الحجارة والجلاميد الكبيرة، التي سقطت من السقف وانهارت من الجدران، يقع عند الطرف الجنوبي من هذه الحجيرة ممر مسدود، بطول (10أمتار)، يتجه عائدًا نحو الممر الأيسر في الحجرة السابقة، ويفصل بينهما انهيال صخري، صورة (49)، وهو مقوس السقف، يضيق بالاتجاه نحو نهايته.



الصورة (48): مؤخرة الحجيرة الأولى وفي نهايتها الحاجز القوسي.



الصورة (49): الممر المسدود الأسفل العائد إلى الحجرة الثالثة.

إن اتجاه الممر السابق، ومقارنته بمقابله في الحجرة السابقة، يؤكد أنهما كانا في الأصل ممرًا واحدًا، انقطع في وسطه بسبب انهيال جزء من سقفه؛ ممَّا يعني أن التدفق المهلي قد تشعب في هذه المنطقة إلى ثلاث شعب، تنتهي جميعها إلى الحجرة الرابعة، وسبب هذا التشعب وجود عائق صخري في الوسط.

ينقطع الحاجز الصخري عند قاعدته مشكلًا فتحة عدسيّة واسعة على طول الحجرة الرابعة، ويبلغ ارتفاعها عند منتصفها (1م)، ومتوسطها عند أطرافها (0,5م)؛ ممَّا يسمح بالدخول إلى الحجيرة الثانية، لكن مع احتمال التعرض لخطر انهيال بعض الكتل الصخرية منه، أو المتوضعة توضعًا فوضويًا على أرضية الحجرة عمومًا. صورة (50).



الصورة (50): جزء من الحاجز القوسي بين الحجيرتين.

أمَّا القسم الثاني من الحجرة الرابعة، الذي يمثل نهاية الكهف فيمتد مسافة نحو (17)م، ينخفض سقفه بتدرج من (4) أمتار إلى (1)م عند نهايته المسدودة، وينتشر الركام الصخري في أرضيتها انتشارًا واضحًا وكبيرًا. صورة رقم (51). تتميز الحجرة الأخيرة بصغر أبعادها، وكثرة حجارتها وجلاميدها التي تغطي معظم أرضيتها، وتغيب

فيها الجدران اللوحية المرتفعة التي لُحِظَت في الحجرات السابقة، حيث يتصل سقفها مع أرضيتها بجدران قصيرة محجوبة خلف الصخور المنهارة من الجدران، وهي أقل الحجرات تأثرًا بالتدخل البشري، تتمثل مخاطرها بصعوبة السير على أرضيتها، ووجود العديد من الحجارة والكتل الصخرية المعلقة في سقفها. صورة (52).



الصورة (51): نهاية الحجرة الرابعة والكهف.



الصورة (52): كتل صخرية محاطة بالحجارة في سقف الحجرة الثالثة.

ثالثًا- تشكل الكهف:

يتطلب تحديد آلية تشكل كهف الحمم البركانية تدقيقًا في خصائصه الشكلّية والمورفومترية، وقد فصّل (Harter .J .W: (III), P:75-79) (Harter: 2009, P: 25)، الفوارق بين أكثر الطرائق شيوعًا لتشكل هذا النوع من الكهوف، على النحو الآتي:

1- أنابيب السطح surface tubes: تتكون من طبقتين: الأرضية المسطحة flat floor، الممتدة على طول الكهف، وطبقة السقف المقوس arched roof. تكون فيه الطبقات الداخلية والخارجية من السقف متوازية تقريبًا، تتعدد طبقات الأرضية. وعادة ما يكون عرض الممر أكبر بمرتين من ارتفاعه، ويختلف شكل تقوس السقف اختلافًا كبيرًا. من أهم ميزاتها أن السقف والجدران تتكون من طبقة رقيقة واحدة، حتى لو دفن الكهف تحت تدفقات لاحقة. تتصلب القشرة الخارجية وفق هذا الأسلوب، ويبقى تدفق المهل السائلة تحتها، ومع انقطاع التغذية، تتصرف الحمم البركانية من الأنبوب بفعل الجاذبية وانحدار قاع الأنبوب، في أثناء ذلك تتصلب القشرة الخارجية للحمم البركانية، ويُبنى السقف وفق عملية تسقيف سطح قنوات الحمم البركانية Roofing of surface lava channels، التي تصبح أكثر فاعلية كلما كان التدفق المهلي بطيئًا (Grimes: 2005, P: 2).

2– أنابيب الخنادق trenches tube: من صفاتها وجود زاوية قائمة بين الجدران والأرضية، وغالبًا ما يظهر رف Shelf بين الجدران والسقف، ويكون الارتفاع والعرض متقاربان، ونادرًا ما تكون النسبة بينهما (3:2)، ويمكن ان يندرج تحت هذه الفئة نوعان من الكهوف:

أ/2– أنابيب الخنادق الحقيقية true trenches: تتكون جدرانها من طبقة واحدة، وتكون الطبقة السفلى من السقف مقوسة، في حين تكون السطحية مسطحة، يمتد الكهف مستقيمًا، وفيه الجدران منحنية حتى خمسيّ ارتفاعها (2/5) تقريبًا، وقد يتجاوز عرض الرف عرض الجدار، ويلاحظ انخفاض الجدران بالاتجاه نحو نهاية الأنبوب، ويتكون الكهف من تدفق واحد، مع جدران ضخمة ذات ركام واضح.

ب/2– الأنابيب الشبيهة بالخنادق semi-trenches: تمتلك هذه الأنابيب بنية داخلية معقدة complex internal structure، مع وجود زاوية بين السقف والجدار لا تقل عن (45) درجة، والسقف مكّون من عدة طبقات صخرية منفصلة، تتميز الجدران بطبقات ذات ثخانات متقاربة. وتكون منحنية فوق الممر، لكن بتقوس أقل ممَّا كانت عليه في الخنادق الحقيقية، حتى تقترب من وضعية شاقولية، كما يغيب الرف بين السقف والجدران غيابًا كاملًا.

3– أنابيب الصدع fault tubes: تتشكل في الفوالق والشقوق البركانية، وتتمثل الجدران بجوانب الفوالق، ويغلب عليها التوازي، وأحيانًا تتخذ حرف V، مغطاة ببطانات داخلية، وطبقات السقف مسطحة تقريبًا، إلَّا أنَّها قد تصبح مقوسة بفعل عملية التبطين اللاحقة، تتوضع على الأرضية الحجارة والصخور، ويكون الارتفاع مساويًا لمثليّ عرض الأرضية أو ثلاثة أمثاله. تكون الجدران الخارجية لأنابيب الصدع أقدم من الحمم التي ملأتها، وشكلت سقفها لاحقًا.

4– الأنابيب الداخلية interior tubes: في الممرات المستقيمة straight passages منها يكون المقطع العرضي بيضاويًا elliptical، ويزيد العرض على الارتفاع بنسبة (10%)، في الممرات المنحنية، يصبح الشكلُ مسدسًا منتظمًا مع زوايا مدورة rounded corners. ويتشكل هذا النوع من تدفق حممي واحد، أي إنَّ الجدران والسقف تتشكل في الوقت ذاته، وهي بالأساس قنوات مغطاة Covered conduits، تكونت ضمن كتلة مهلية متدفقة سميكة ومنفردة، وقد تتعرض الطبقة العليا أو السقف بفعل الحقن إلى الرفع والتقبب inflates.

إلا أنَّ تصورًا أبسط قدمه (Spudis & Others: 1988) مؤكدين أن أنابيب الحمم البركانية، تتشكل [في الغالب] ضمن الأقسام الأكثر ثخانة من تدفق اللابة، وتحل مكان المظاهر الخطية الأخفض من سطح الأرض، التي تتمثل بالمجاري المائية، أو مناطق الضعف البنائي– البنيوي، كالأغوار Grabens، والأخاديد الخطية Linear grooves، ونطاقات التكسر fracture zones.

يُبنى الكهف الأنبوبي البركاني من تدفق أحادي الاتجاه، وفق أسلوب أنابيب السطح سابق الذكر، ويكون هذا النوع من الأنابيب قريبًا من مصدر المهل. في حين ينشأ بعضها من تدفق اللاّبة باتجاهات شعاعية أو مروحية، حيث تتعدد المسارات على شكل ألسنة منبثقة من مركز الانفجار الأولي، وهو ما يشيع بتدفقات الباهوي هوي، وكما سبق تتم عملية بناء السقف وزيادة الثخانة مع استمرار التغذية، وقد تكتسب هذه التدفقات مزيدًا من الدفع مع مرورها بالقرب من مصدر آخر للمهل أو ما يطلق عليه نقطة انفجار لابيّة lava eruption point، فتتجدد قدرتها على التقدم، وتنبثق منها باتجاهات تضبط بوصلتها طبوغرافية السطح. ومن ثمَّ تختلف أبعاد الأنابيب البركانية اختلافًا واضحًا عند كل نقطة انفجار، ولذلك تتصف هذه الكهوف بالإمداد والبعُد عن المصدر مقارنة بالنوع الأول. (https://en.wikipedia.org/wiki/Lava_tube). ويتمثل الفرق بين الأسلوبين أن البناء يتم خلال مرحلة واحدة في الأول، في حين يتطلب عدة مراحل في الثاني.

تؤكد الخصائص الجيومورفية للكهف، فكرة أنه ينتمي إلى نمطين على الأقل وهما: كهوف أنابيب الحمم البركانية شبه الخندقية، والداخلية، كما تدعم الصورة الفضائية هذا الرأي، إذ تؤكد أن الكهف جزء من أنبوب أطول يتراكب على وادي اللوى بين تل شيحان شرقًا، وحتى شمال بلدة حران غربًا، الصورة رقم (53)– وقد قيسَ طوله فبلغ نحو (23كم)*.



الصورة (53): المسار المحتمل للأنبوب الذي ينتمي إليه كهف عريقة.

* إن التحقق ميدانيًا من ارتباط الكهف بالمسار المحتمل يتطلب فريقًا من العمل فضلًا عن ظروف أمنية أكثر استقرارًا.

سلكت الحمم البركانية التي شكلت صبة الكراع مجرى وادي اللوى، محولة إياه إلى قناة حمم بركانية، واكتسب الأنبوب الصفات الأصلية ذاتها للمجرى المائي من انحدار للقاع واتساع للقناة، ثم بدأت الجوانب تتبرّد ثم السطح، ومع صلب اللابة الخارجية، تشكل أنبوب متعرج كشكل الوادي، ثم تعرض لاحقًا لتغيرات في شكله الداخلي، نتيجة الدفقات الداخلية وعمليات الانهيار والانهيال والتبطين والصقل الجزئي. صورة (54–55)، وتدل البطانات المتعددة على أن الكهف تحول في بعض الأوقات إلى أنبوب حممي، شهد حالات تدفق داخلي، وصل بعضها إلى حد الملء الكامل للأنبوب، فتشكلت بطانة كاملة كَسَت الجدران والسقف في بعض المواقع الضيقة.





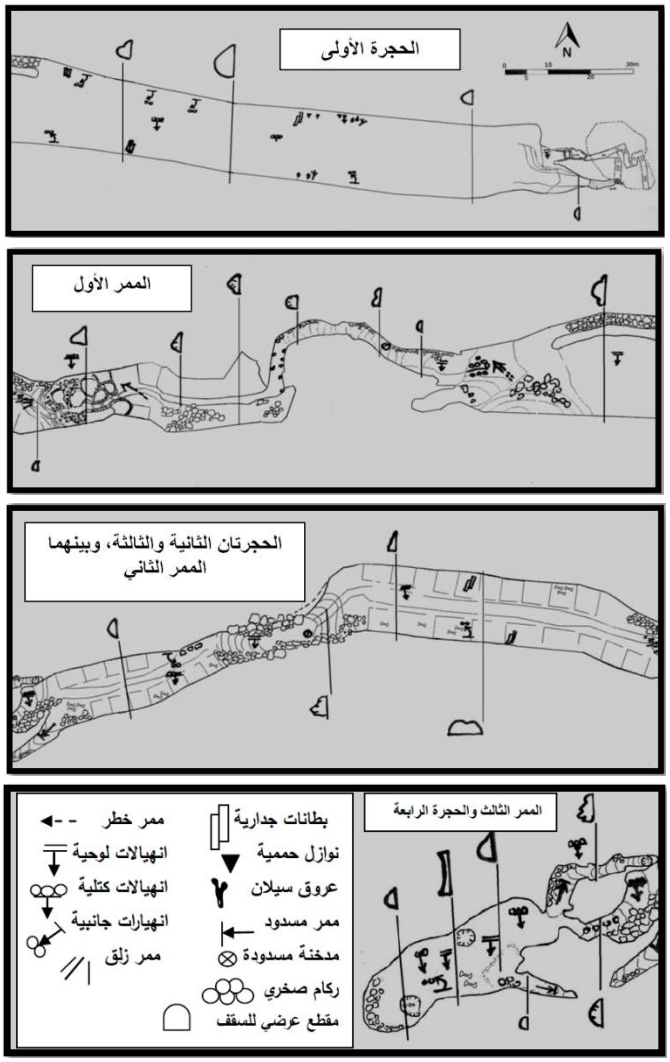
الصورتان (54–55): طبقات البازلت التي كونت جدران الكهف قبل تبطينها بتدفقات لاحقة.

رابعًا: الخارطة الجيومورفولوجية:

حدد (Otto & smith: 2013, P: 1) أهمية الخريطة الجيومورفولوجية بكونها إحدى التقنيات الأساسية لتمثيل قاعدة بيانات ذات قيمة جيومورفولوجية وبيئية، تصور الأشكال الأرضية والسطحية، وكذلك المواد تحت السطحية. كما تمثل أداة أولية لإدارة الأراضي، وإدارة المخاطر الجيومورفولوجية.

أُعدّت الخارطة الجيومورفولوجية الشكل (2/ أ–ب–ج)، بالاعتماد على خارطة النادي اللبناني، على معلومات تبيّن مواقع أهم المظاهر الجيومورفية، كالبطانات الجدارية، ونوازل الحمم البركانية، وعروق الحمم أو دموع الحمم البركانية، و (21) مقاطعًا عرضيًا لسقف الكهف الرئيس والممرات الفرعية المسدودة، والفجوات المغلقة أو المداخن، وحُددت الممرات المسدودة، والركام الصخري الجانبي، وتلال الركام الصخري، وبعض قيم الانحدارات، أمَّا على صعيد المخاطر، فحُدّدت مواقع الانهيارات الكتلية

(صخور وجلاميد وحجارة) والطبقية (البطانات الجدارية والسقفية)، والانهيالات، والممرات الزلقة، ومواقع السقوف المسننة ذات النتوءات الخطيرة. وهنا تجب الإشارة إلى أن المسارات الطينية تصبح زلقة أكثر خلال فصل الشتاء، فترتفع خطورة تجاوزها.



الشكل (2/أ–ب–ج): الخارطة الجيومورفولوجية لكهف عريقة
من إعداد الباحث اعتمادًا على خريطة النادي اللبناني SCL

خامسًا– أهمية الكهوف الأنبوبية البركانية وإدارتها:

لكهوف الحمم البركانية أهمية سياحية وعلمية وثقافية وتاريخية وعسكرية واقتصادية، فمثلًا اعتمد عليها سكان هاواي الأصليون، في تأمين الشرب والمأوى، كما استخدمت للزراعة بسبب رطوبتها، وتسمح عملية العزل التي توفرها القشرة الخارجية، باستخدامات خاصة مع توافر الجفاف، كحفظ الفاكهة والطعام (Olhoeft & Others: 2000)، وتدل اللقى الفخارية والحيوانية التي وجدت في الحجرات الثلاث، على أن كهف عريقة سُكن سابقًا.

فقد دعت المخاطر المنطوية على استكشاف هذا النوع من الكهوف واستثماره، العديد من المؤسسات العلمية، مثل وكالة الفضاء الأمريكية ناسا إلى تبني طرائق استكشاف مبتكرة، تعتمد على الإنسان الآلي Robotic exploration of skylights and caves، والنمذجة الحاسوبية modeling، والاستشعار تحت الأرضي subsurface sensing. وذلك للانتقال بهذا النوع من الدراسات إلى مستويات أكثر فائدة على الصعيد الاقتصادي، بل العسكري. (NASA: 2012, P: 1).

إن من شروط إدارة الكهوف تكاملها مع الأنظمة البيئة السطحية، وتطبيق مبدأ الوقاية principle precautionary الاستباقية لمنع حدوث أي خلل أو تدمير لنظام الكهف البيئي، وذلك بالحفاظ على مكوناته الجيومورفولوجية والجيولوجية والحيوية والهيدرولوجية ومناخه المحلي. ووضعها تحت وصاية قوانين حماية التراث الطبيعي Natural Heritage Charter. وذلك من خلال فهم مدى حساسية هذه النظم، وقابليتها لتحمل التدخلات البشرية. (Kiernan & Mc Connell: 2000, P: 5). كما أنَّ إدارة هذه الكهوف تتطلب جهودًا مضاعفة عن نظيرتها الكهوف الكارستية، فبعض العناصر الجيومورفولوجية في الأخيرة تستمر بالنمو حتى لو لحقها ضرر أو قطع، كالصواعد والنوازل والأعمدة، في حين أن مثيلاتها في الكهوف الأنبوبية لا تتمتع بآلية التجدد regenerate، لانقطاع العمليات التي شكلتها؛ وهي تدفق الحمم، لكن ما يدعو إلى الطمأنينة هو أنَّ النظام الجيومورفولوجي أكثر ثباتًا واستقرارًا من الأنظمة الحيوية. ومع ذلك لابدَّ من الأخذ بالحسبان بعض الحقائق المتعارف عليها دوليًا في مسألة إدارة الكهوف، بدءًا من تحديد عدد الزائرين والسياح، ومراقبة درجة حرارة المناخ الأصغري للكهف، إذْ إنَّ زيادة درجة الحرارة فيه درجة مئوية واحدة، يرفع من قدرة تبخر الماء بنسبة (8%). فتزداد بذلك فرص ارتفاع درجة الحرارة في الغلاف الجوي الداخلي للكهف، (Kiernan & Mcconnell: 2000, Pp:16-64)، كما يمنع منعًا باتًا إشعال الحرائق والسجائر والمصابيح الحرارية. وعدم إجهاد السقوف بإنشاءات هندسية غير قادرة على

تحملها، وقد حُدد عامل الأمان الإنشائي فوق الكهوف، بالعلاقة بين متغيرين هما: عرض الكهف، وثخانة طبقات السقف، بأن تكون نسبة الأولى إلى الثانية (1/3)، شرط أن تكون الصخور غير مجواة unweathered rock، أو ذات كثافة منخفضة من الكسور. ولابدَّ من عزل الكهف عن مياه الصرف الصحي، لما لحركتها وتجمدها ضمن الشقوق من أثر سلبي في استقرار السقف.

نتائج البحث:

1- ينتمي الكهف لنموذج أنابيب الحمم البركانية الشبيهة بالخنادق، إلاّ أنَّه تطور وفق نمط أنابيب الحمم البركانية الداخلية. وقد اشتركت عدة آليات في أثناء ذلك وبعده بوصول الكهف إلى شكله الحالي، كعمليات التبطين والانهيالات والانهيارات.

2- يتكّون الكهف من أربع حجرات، يصل بينها ثلاثة ممرات، تصغر أبعادها بالاتجاه نحو نهاية الكهف.

3- من مظاهر الكهف: السقف المقوس والمقبب وغير المنتظم، وتتخذ الممرات مقاطعَ دائرية وإجاصية وعدسية، كما تتكشف البطانات الداخلية (جدارية-سقفية)، ومن مظاهرها نوازل الحمم، وعروق السيلان، والمداخن (الفجوات) المغلقة، والممرات المسدودة.

4- يتزايد التدخل البشري في تعديل المظاهر الجيومورفية في الحجرات الأولى والثانية والثالثة، ولا يظهر في الرابعة، حيث سويت الأرضية، وأزيل معظم ركام الانهيالات والانهيارات في الحجرة الأولى، في حين توزعت الحجارة على شكل مربعات -غرف - في الحجرتين الثانية والثالثة، أمَّا الحجرة الرابعة فتنتشر فيها الحجارة والجلاميد انتشارًا فوضويًا.

5- تتوزع مخاطر الكهف بمواضع محددة، فالكهف آمن عمومًا، وتزداد خطورة استثماره بالاتجاه نحو الحجرة الرابعة، وبالاقتراب من بعض مواقع الانهيارات الجدارية والانهيالات، وتتمثل: بانهيارات صخرية من الجدران والسقف، وانهيالات صخرية (كتلية ولوحيّة)، وخطر الانزلاقات في الممرات ذات الأرضية الطينية، أضف إلى ذلك عدم استقرار تلال الركام الحجري والصخري، ومخاطر النتوءات في سقوف الممرات الضيقة.

المراجع:

المراجع العربية:

1– العمادي، فاروق: المذكرة الإيضاحية، رقعة شهبا، مقياس 1/50000، خريطة سورية الجيولوجية، الجمهورية العربية السورية، وزارة النفط والثروة المعدنية، المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية، مديرية المسح والدراسات الجيولوجية، دمشق، 2006.

المراجع الأجنبية:

1. Al-Amoush. H: "Integration of Vertical Electrical Sounding and Aeromagnetic: Data Using GIS Techniques to Assess the Potential of Unsaturated Zone and Natural Basalt Caves for Groundwater Artificial Recharge in NE-Jordan, Jordan" Journal of Civil Engineering, Al-al-Bayt University, Jordan. Vol (4), No (4), 2010

2. Allred. K & Allred. C : "Development and Morphology of Kazumura Cave", Hawaii. Journal of Cave and Karst Studies 59(2). Box 376, Haines, AK 99827 USA, 1997.

3. Al-Oufi. A. N :"Geophysical Exploration of Lava Tubes in Umm El-Quttein Area NE Jordan", B. Sc. Geophysics, Faculty of Earth Sciences, King Abdul Aziz University, 2006.

4. Bardintzeff. J. M & McBirney. "A: Volcanology", 2ed, Jon and Bartlett publishers, Boston, 2000.

5. De Decker. J: "Evaluation of Lava tube formation mechanisms using three-dimensional mapping and viscosity modeling". 2nd International Planetary Caves Conference. Colorado School of Mines, Department of Geology . and Geological Engineering, 1516 Illinois Street, Golden, Colorado 80401, email:jdedecke@mymail.mines.edu, 2015.

6. Duraiswami. R. A & Bondre .N.R & Dole. G: "Possible lava tube system in a hummocky lava flow at Daund, western Deccan Volcanic Province, India". Proc. Indian Acad. Sci. (Earth Planet. Sci.), 113, No(4) , December 2004, Printed in India, 2004.

7. El-Beblawi. H: "Investigation of the Regional Basalt Aquifer System in Jordan and the Syrian Arab Republic", United Nations, Economic and

Social Commission, for Western Asia, Hashemite Kingdom of Jordan, Ministry of Water and Irrigation, Syrian Arab Republic, Ministry of Irrigation. Library IRC, 1996.

8. GADÁNYI. P: "Formation, Types and Morphology of Basalt Lava Caves". Ph D thesis's. University of Pécs. Faculty of Natural Sciences. Doctoral School of Earth Sciences. Pécs, 2010.

9. Greeley. R: "Geology of Selected Lava Tubes in the Bend Area", Oregon, Space Sciences Division, National Aeronautics and Space Administration, Moffett Field, California, Bulletin 71, 1971.

10. Greeley. R: "the Role of Lava Tubes in Hawaiian Volcanoes, Volcanism in Hawaii. U.S". Geological Survey Professional, 1987.

11. Grimes. K: Lava caves and channels at Mount Eccles, Victoria. Text and diagrams of a paper in Baddeley, G (Ed) Vulcon Precedings (20 th Australian Speleological Federation Conference, 1995) , Victorian Speleological Association Inc., Melbourne, 1995.

12. Grimes. K: "Lava Flows and their Caves, Consultant Geologist", Regolith Mapping, PO Box 362, Australia.regmap1@ozemail.com.au, 2005.

13. Halliday. W. R: Hawaii "Lava Tube Caves", United States, 2003. http://cw.routledge.com/ref/caves/hawaii.pdf

14. Halliday. W. R: "What Is a Lava Tube?" AMCS Bulletin 19 / SMES Bulletin 7, Honorary President, Commission on Volcanic Caves of the International Union of Speleology, 6530 Cornwall Court, Nashville, TN USA 37205, 2002.

15. Halliday. W: "Caves of Washington". Washington Department of Conservation Division of Mines and Geology Information Circular NO. 40. Washington, 1963.

16. Harter. W: "Pisgah. Southern California Grotto. Western Region", National Speleological Society-Speleo-Ed Seminar Rainbow Basin - Barstow, 2009.

17. Kempe. S & Al-Malabeh. A: Newly discovered lava tunnels of the Al-Shaam plateau basalts, Jordan. Geophysical Research Abstracts, Vol(7, 03204, SRef -ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-03204. © European Geosciences Union, 2005.

18. Kempe. S, Al-Malabeh. A, Henschel. H-V, Jordanian lava caves, an overview, 15 International Symposium on Vucanospeleology. University of Technology Darmstadt, Schnittspahnstr. Germany, 2012.

19. Kiernan. K. & Mcconnell, A: Management considerations for the Heard Island lava tube caves. In Banks, M. R. & Brown, M. J. (Eds): Head Island PAPh"RS. Pap. Proc. R. Soc. Tasm. 133(2): 13-22. ISSN 0080-4703. Department of Geography and Environmental Science, University of Newcastle, Callaghan, NSW, Australia; postal address 15 Summerleas Road, Fern Tree, Tasmania, Australia 7054, 2000.

20. NASA: Technologies Enabling Exploration of Skylights, Lava Tubes and Caves, Innovative Advanced Concepts (NIAC) Phase I , office of the chief Technologist ,national aeronautics and space administration, grant number: NNX11AR42G, 2012.

21. Olhoeft. G. R, Sinex. D. B, Sander .K. A, Lagmanson .M. M, Stillman. D. E, Lewis. S, Clark. B. T, Wallin. E. L, Kauahikaua .J. P: Hot and cold lava tube characterization with Ground penetrating radar. Department of Geophysics, Colorado School of Mines Golden, CO 80401, Hawaiian Volcano Observatory, U.S. Geological Survey, USA, 2000.

22. Otto. J. Ch & Smith. M. J: Geomorphological mapping. British Society for Geomorphology, Geomorphological Techniques, Chap. 2, Sec. 6, 2013

23. Pint. J : the Lava Caves of KHAYBAR, SAUDI ARABIA. UIS Commission on Volcanic Caves. 15th International Congress of Speleology, July 2009, Kerrville, Texas, pp. 1873-1878. Ceibas 172, Pinar de La Venta, CP 45221 Zapopan, Jalisco, Mexico, ThePints@Saudicaves.com, 2009.

24. Roobol. M. J; & Pint. J. J; & Al-Shanti. M. A; & Al-Juaid. A. J; & Al-Amoudi. S. A; & Pint. S; & Al-Eisa. A .M; & Allam .F; & . Al-Sulaimani. G. S; & Banakhar. A .S: preliminary survey for Lava-Tube Caves on Harrat Kishb, Kingdom of Saudi Arabia. A Open-File Report prepared by the Saudi Geological Survey, Jeddah, Kingdom of Saudi Arabia, 2002.

25. Sonia Calvari; & Harry Pinkerton: Formation of lava tubes and extensive flow field during the 1991-1993 eruption of Mount Etna, Journal of Geophysical Research, Vol (103), No(Bll), November (10), 1998.

26. Spudis. P. D; Awann. G. A; Greeley. R: Formtion of Hadley Rill and Implications for the Geology of the Apollo 15 Region, Cambridge University Press, Lunar and Planetary Institute, 1988.

27. Trifonov. V. G; Dodonov. A. E; Sharkov. E. V; Golovin. D. I; Chernyshev. I. V; Lebedev. V. A; Ivanova. T. P; Bachmanov D. M; Rukieh. M; Ammar. O; Minini. H; Al Kafri. A.-M; Ali. O: New data on the Late Cenozoic basaltic volcanism in Syria, applied to its origin. journal of Volcanology and Geothermal Research 199. www.elsevi e r.com/locate/jvolgeores, 2011

28. Waltham. A. C & Park. H .D: Roads over lava tubes in Cheju Island, South Korea .Engineering Geology 66, 2002, 53–64. www.elsevier.com/locate/enggeo.

29. Waters. A. C; & Donnelly-Nolan. J. M; & Rogers. B. W: Selected Caves and Lava-Tube systems in and near Lava beds national Monument, California, U.S. Geological Survey Bulletin. 1673. United States Government Printing Office, Washington, 1990.

30. Webb. J. A; & Joyce. E. B; & Sterens . N. C: Lava Caves of Australia, University of Melbourne, 1980. www.vulcanospeleology.org/sym.

31. Wikipedia, the free encyclopedia.