Libyan Journal of Science & Technology 9:1 (2019) 116–121
The 2nd International Conference on Geosciences of Libya-GeoLibya 2 (2017), 14-16 October 2017, Benghazi-Libya

Faculty of Science - University of Benghazi
Libyan Journal of Science & Technology
journal home page: www.sc.uob.edu.ly/pages/page/77

تقييم الخواص الفيزيائية والميكانيكية لأسطح الشقوق والفواصل لمكاشف تكوين سيدي الصيد (السينوماني-الكريتاسي العلوي) واستقرارها على منحدرات الطريق الجبلي جادو (شمال غرب ليبيا).

أبو القاسم عبد الفتاح الاخضر[a,*]، عبد الفتاح مفتاح المزوغي[b]، احمد علي العربي[b]

[a] قسم الهندسة الجيولوجية- كلية الهندسة (جادو)-جامعة الجبل الغربي

[b] قسم الهندسة الجيولوجية- كلية هندسة النفط والغاز-جامعة الزاوية.

نقاط هامة

- **تعد التجوية الميكانيكية العامل الأبرز في تغيير الخواص الهندسية للكتل والمكاشف الصخرية لتكوين سيدي الصيد، الطريق الجبلي جادو- شمال غرب ليبيا.**
- **عمليات شق الطريق الجبلي في منطقة الدراسة تعد العامل المهم في تحديد نوع الحركة على أسطح المنحدرات.**
- **أبرز حركات الكتل الصخرية حدوثاً على منحدرات منطقة الدراسة هي من نوع السقوط الصخري تحت تأثير التغيرات في الخواص الفيزيائية والميكانيكية مدعوما بتغير زاوية الاستقرار.**

بيانات المقالة

تاريخ المقالة:

استلمت في	01	فبراير	2018
روجعت في	14	أبريل	2018
قبلت في	21	ديسمبر	2018
نشرت عبر الإنترنت	31	مارس	2019

الكلمات الدالة:

زاوية الاستقرار، المحفزات، الخواص الفيزيائية، الخواص الميكانيكية، السقوط الصخري، التجوية الميكانيكية

*المؤلف المراسل:

أبو القاسم الأخضر

ba_w2007@hotmail.com

ملخص

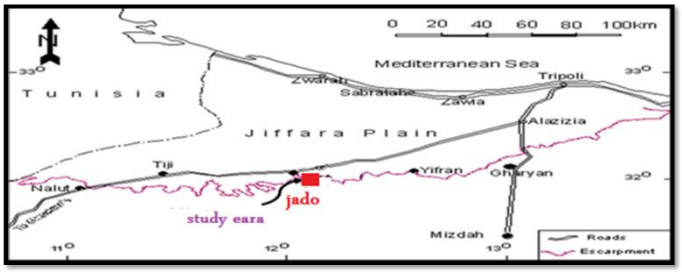
أوضحت الدراسة الميدانية للمنحدرات المتاخمة للمنطقة محل الدراسة الطريق الجبلي جادو (الشليوني) ومقارنتها بالمعايير العلمية العالمية حدوث تغير في الخواص الفيزيائية والميكانيكية لأسطح الشقوق والفواصل للكتل الصخرية والتي ترجع لتكوين سيدي الصيد، ويتبع هذا التكوين فترة السينوماني ويمثل أقدم وحدة صخرية للكريتاسي العلوي وبسمك يصل حوالي 100 متر وبتركيب صخري مميز (حجر صخري دولوميتي) لعضو عين طبي. كان هناك تباين في النتائج المتحصل عليها مع التغير في الارتفاع وبعد ذلك التباين والتغير في الخواص كنتاَج لأعمال الحفريات التي استخدمت لشق الطريق الجبلي، فكانت السبب الأبرز في تكشف صخور التكوين وبالتالي كانت اكثر عرضة لعوامل التعرية والتجوية وبخاصة التجوية الميكانيكية وأهمها التأثير الحراري، وكان تأثير التجوية الكيميائية على نطاق ضيق في حفر ترسب فيها معدن الكالسيت ($CaCo_3$) وكذلك ترسيب ثانوي للمعدن في المناطق التي تمر بها الأودية الفصلية والقاطعة للطريق الجبلي او بمحاذاته، وتعد الأمطار الفصلية عاملا محفزا للتحرك الكتلي وسبباً في الإخلال بعملية التوازن وتغيير زاوية الاستقرار للكتل وأجزاء منها على أسطح المنحدرات ويعد الجزء الأكبر من المكاشف الصخرية للتكوين ثابتة ميكانيكيا رغم حدوث تغير في الخواص الميكانيكية لوصولها لحالة اتزان ولعدم وجود محفزات الحركة بينما في بعض أجزاء الكتل أدي التغير في الخواص الفيزيائية والميكانيكية مدعوما بتغير زاوية الاستقرار تحت تأثير محفزات التحرك الكتلي الي حدوث حركة لأجزاء من الكتل، فمن خلال الدراسة الحقلية اتضح ان ابرز حركات المواد حدوثاً على منحدرات منطقة الدراسة هي من نوع السقوط الصخري او الكتلي الناجم عن انفصال الكتل او أجزاء من الكتل.

1. مقدمة

تعد المنحدرات من المظاهر الجيومورفولوجية المتواجدة على سطح الأرض، وتختلف بإختلاف أماكن وأسباب وظروف تكونها كما تختلف من حيث درجة الانحدار وطبيعة المواد المكونة لها، فبعض المنحدرات مكونة من كتل صلبة أو من حطام صخري من نفس نوع التكوين المكون للمنحدر او منقولة من مواضع أخرى، وقد تكون المواد المكونة لأسطح المنحدرات متماسكة أو غير متماسكة، حيث ان المواد غير المتماسكة أقل استقرارا على المنحدرات (Bloom, A. L., 1998)، ان ما يميز الكتل الصخرية والمواد المكونة لها والمستقرة على المنحدرات أنها تحافظ على استقرارها بزاوية تسمي زاوية الاستقرار (السكون) وهي أقصي زاوية ميل للمنحدر تضمن بقاء المواد والكتل دون حركة وتتغير هذه الزاوية بوجود محفزات التحرك, وتبقي الكتل الصخرية في حالة اتزان في موقعها ما لم يحدث عليها تغير في الخواص الهندسية، إذ توجد بعض المحفزات التي تسبب تغيرا في زاوية الاستقرار للكتلة ككل او لأجزاء منها، ومن ناحية أخرى قد يحدث تغير في الخواص الهندسية للكتل الصخرية كنتاج لأعمال الحفريات المستخدمة لشق الطرق الجبلية او التفجيرات المفتعلة من قبل الانسان (Chatziangelou, M. & Christaras, B., 2013)، وتعد المنحدرات المتاخمة للطريق الجبلي جادو مثالا مهما لحركة وسقوط الكتل الصخرية، لذلك وجب تقييم تلك الخواص.

1.1. الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة (جادو)

منطقة الدراسة تقع في منتصف الجبل الغربي وتبعد عن العاصمة طرابلس 170 كم تقريبا شكل 1.



شكل 1. موقع منطقة الدراسة من الجبل الغربي (Hammuda *et al.*, 2000)

2.1. جيولوجية منطقة الدراسة

منطقة الدراسة جزء لا يتجزأ من التتابع الطبقي العام المتكشف ضمن سلسلة جبل نفوسة والتي تقع في الشمال الغربي لليبيا يفصلها من الناحية الشمالية عن البحر الأبيض المتوسط سهل الجفارة وتمتد السلسلة لتلتقي بالبحر في منطقة الخمس شرقا ومن الناحية الجنوبية حوض غدامس (الحمادة الحمراء) كما تمتد سلسلة جبل نفوسة لتدخل الى الحدود التونسية غربا، وتتنوع الصخور في جبل نفوسة بتنوع بيئة الترسيب حيث مرت بعدة دورات من تقدم للبحر وتراجعه لترسب جميع أنواع الصخور الرسوبية من صخور قارية الى بحرية ضحله وعميقة وصخور ترسبت في بيئة انتقالية مابين القارية والبحرية, كما يتواجد بعض التداخلات المنتشرة لأجسام نارية مثل البازلت والفونولايت. (El-

© 2019 University of Benghazi. All rights reserved. ISSN 2663-1407; National Library of Libya, Legal number: 390/2018

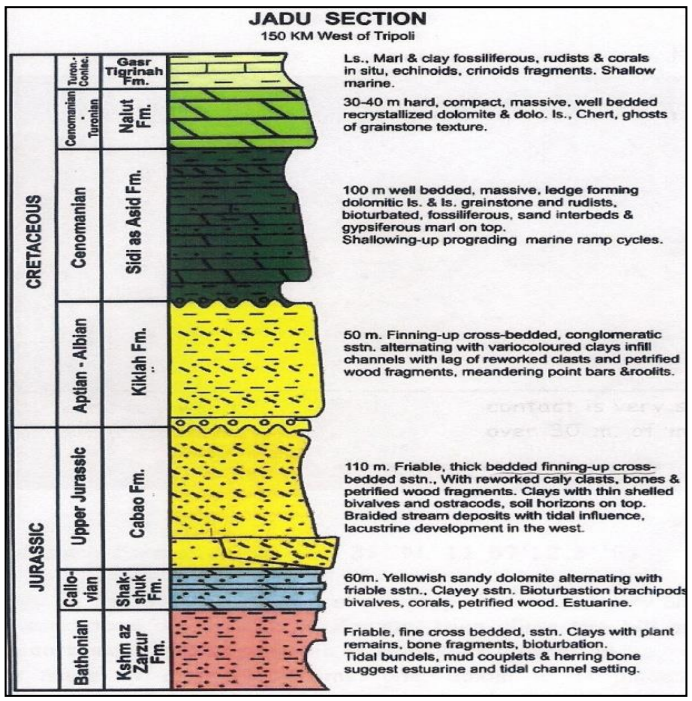
(Bakai *et al.*, 1997) بدء العمر الجيولوجي للتتابع الطبقي مع بداية حقب الحياة الأوسط (الترياسي السفلي) بتكوين كرش واستمر إلى بداية حقب الحياة الحديث (الثلاثي) بتكوين زمام حيث في منطقة الدراسة (جناون) ينتهي التتابع الطبقي بتكوين نالوت بعمر الكريتاسي العلوي التتابع الطبقي لمنطقة جادو، شكل 2.

3.1. تكوين سيدي الصيد

أعطي هذا الاسم للتكوين لأول مرة بواسطة (El Hinnawy & Cheshited 1975) حيث يتكون من تتابع طبقي للصخور الكربونية المترسبة بسمك 100 متر على مستوي سطح عدم توافق في بيئة بحرية ضحلة في منطقة غريان بحيث يكون فوق تكوين ككلة في المنطقة الغربية وفوق تكوين ابوشيبة في المنطقة الشرقية ويتألف التكوين من عضوين العلوي عضو يفرن المتكون أساسا من الأحجار الجيرية الطينية (المارل) والدولوميتية مع تداخلات من حجر الطين والجبس، أما السفلي فهو عضو عين طبي المتكون أساسا من أحجار الدولوميت الذي يتفاوت في حجم بلوراته بين الدقيقة والخشنة ذات لون أصفر الى رصاصي مع تداخلات طبقات رقيقة من المارل ويتواجد به وفرة من الأحافير التي تدل على عمر الطباشيري المتأخر (السينوماني).(EL-Bakai, 1997)

4.1. مشكلة الدراسة

ان مايميز المنحدرات إنها دائما في حالة اتزان طبيعية ولها زاوية تعرف بزاوية الاستقرار فبحدوث أي خلل في زاوية الاتزان بفعل محفزات الحركة كالمياه والحركات الأرضية وإزالة الغطاء النباتي، سيؤدي الى حدوث حركة على أسطح المنحدرات المتاخمة للطرق الجبلية والتي ستعمل بدورها على إعطاب الطريق وعرقلة الحركة عليها وإغلاق مجاري تصريف المياه، والإضرار بالمنشآت والمركبات الآلية، فمع الاستمرار في عدم فهم العلاقة بين الظروف المساهمة في إحداث تلك الحركات للرواسب والكتل الصخرية سيؤدي إلى حدوث أحد أنواع الحركات والتي بدورها تؤدي إلى إحداث ضرر بالطرق الجبلية وعلى مستخدميها، وبما ان تكوين سيدي الصيد يمثل الجزء الأكبر للمكاشف المتاخمة للطريق الجبلي جادو عليه وجب دراسة مقدار التغير في الخواص الهندسية.



شكل 2. التتابع الطبقي لمنطقة جادو(Sbeta *et al.*, 2005)

5.1. أهمية الدراسة

تعد هذه الدراسة جزء من أبحاث سابقة اهتمت بدراسة الخواص الفيزيائية والميكانيكية للكتل الصخرية اجريت على الطرق الجبلية (جناون، الطريق الجبلي الزنتان) وهي المرحلة الأولي والمستهدف في المرحلة الثانية إجراء دراسات معملية على عينات صخرية لتكون المرحلة الثالثة دراسات معملية تهدف لتصنيع مادة لاحمة مناسبة يتم رشها أو حقنها بحيث تتماشي مع نوعية التكوين وطبيعة الشقوق وتصنيفها للحد والتقليل من أضرار حدوث حركة على أسطح المكاشف استكمالا لكلا المرحلتين.

2. العوامل المؤثرة في حركة المواد والكتل الصخرية

تحدث حركة المواد على أسطح المنحدرات مع الجاذبية عندما تفقد الصخور توازنها فتسقط أو تنحدر وقد تنزلق لأسباب مختلفة كعوامل التجوية والتعرية وتدخل الإنسان الغير مدروس في البيئة الطبيعية النجم عن استخدام الأراضي وقد تصنف الحركات بأنها ضحلة والمؤثر في حركتها الأمطار الغزيرة (Persichillo *et al.* 2016) وتختلف الحركات فيما بينها فزحف التربة أو زحف الصخور يحدث ببطء شديد، أما عمليات الانزلاق الأرضي فإنها تحدث بسرعة شديدة دون أن ترى مثل الحركات الناجمة عن فعل الزلازل، (Newmark, 1965) وتعد عمليات تساقط الصخور من اخطر الحركات كونها تحدث بسرعة وفجأة، (Andriani & Walsh, 2007) وتبرز أهمية الظروف المناخية كعوامل ومحفزات التحرك الكتلي على المنحدرات ولعل أبرزها التأثير الحراري والأمطار، ويعد الماء بشتى صوره من محفزات التحرك الكتلي (Bajzelj *et al.*, 1992) إذ تتأثر المنحدرات الجبلية بسقوط الأمطار وبالتالي تزيد من عمليات تساقط الصخور أو انزلاقها وبخاصة إذا كانت تلك المنحدرات تفتقر للغطاء النباتي والذي يساعد على جعل المنحدرات والتربة الغير مغطاة أكثر عرضة لحركة المواد على أسطحها (Xu *et al.*, 2012) ويعد التماسك الداخلي للكتلة الصخرية مهما إذ يضعُف التماسك مع الوقت تدريجيا نتيجة عوامل منها تأثير التجوية بنوعيها الكيميائية والميكانيكية ويعمل التغير في التماسك الداخلي وبخاصة إذا اختلف التركيب المعدني والكيميائي للصخور على إحداث تراكيب مثل الفواصل والشقوق وهي من التراكيب الثانوية في الصخور الرسوبية (Noffke *et al.*, 2001). إن التغير في زاوية الاتزان للكتل الصخرية والتي تقدر ما بين 70°-90° مع المستوي الأفقي ينجم عنه حركة للكتل الصخرية إلى ما تحت أقدامها تعرف هذه الحالة باسم تساقط الصخور او تساقط التربة او تساقط المفتتات (Dorren, 2003) ان مجموع العمليات التي تسبب تفتت الصخور ميكانيكيًا أو تحللها كيميائيًا تسمي عوامل التجوية الميكانيكية والكيميائية،(Hack, 2016) ولدراسة الكتل الصخرية تم الاعتماد على دراسة الخواص الهندسية لأسطح الشقوق.

1.2. التجوية الكيميائية:

هي نتاج لتفاعل غازات الجو مثل الأكسجين وثاني اكسيد الكربون وبخار الماء مع العناصر المكونة لمعادن الصخور، ويتأثر الحجر الجيري بشكل كبير بالمياه ونوعيتها ومن أهم العمليات التي تحدث له عملية الإذابة للمعادن القابلة للإذابة او قد تحدث عملية تكربن عندما يتحد غاز (Co_2) مع مياه الأمطار ليكون حمض الكربونيك الذي يؤثر على الصخور بخاصة الصخور الجيرية ($CaCo_3$) القابلة للذوبان ويحولها إلى بيكربونات الكالسيوم (Hack, 2012)، و قد لوحظ في منطقة الدراسة وجود ترسيب ثانوي لمعدن الكالسيت في انطق ضيقة جدا كدليل على تأثير التجوية الكيميائية

2.2. التجوية الميكانيكية

تعرف عملية التجوية الميكانيكية بأنها عملية تحطم الصخور وتفتيتها دون إحداث أي تغير في خصائصها الأصلية وتحدث في المناطق الحارة الجافة وشبه الجافة فتأثير التباين في درجة حرارة النهار والليل تحدث تمددا وانكماشا للمعادن الداخلة في تكوين الصخر، خاصة إذا اختلف معدل تمدد تلك المعادن أو انكماش كل معدن منها مما يؤدى إلى تفكك الصخر إلى جزيئات أصغر حجما ومن مظاهرها التفكك الكتلي إذ تنكسر أجزاء الصخر وكتل على طول خطوط المفاصل وسطوح الانفصال بالكتل الصخرية (Huisman *et al.*, 2006).

3. الخواص الهندسية لأسطح الشقوق والفواصل

1.3. الخواص الفيزيائية

أ. التموج: يقصد بها شكل سطح الشق ويعتمد الوصف على أصل تكون السطح ومنها ثلاث أنواع أصلية: أسطح ناعم، أسطح خشنة، أسطح بين ناعمة وخشنة وتفرعت منها مقاييس أخرى تصف شكل سطح الشق جدول 1. فكلما كانت الأسطح خشنة قلت الحركة على السطح بينما في الأسطح الناعمة لا يكون هناك تماسك فتكون الحركة أكثر حدوثا وخاصة بوجود محفز للحركة كالمياه.

ب. المواصلة: يقصد بها تعمق الشق في الكتلة الصخرية فزيادة عمق الشق تضعف الكتلة.

ت. المسافات بين الشقوق: ويقصد بها المسافة بالسنتيمتر بين الشق والشق المجاور له وما تم ملاحظته في مكاشف منطقة الدراسة انه كلما قلت المسافة بين الشقوق فإن ذلك يعد دليلا على ضعف الكتلة.

ث. عدد مجموعات الشقوق: كلما زاد عدد الشقوق ضعفت الكتلة الصخرية، وبغض النظر ان كانت الشقوق منظمة او عشوائية فإنها تسهم في إضعاف الكتل.

ج. الانفصال: ويقصد بها مقدار انفصال الكتلة أو أجزاء منها عن الكتلة الأصلية، ويتم تقييم القياسات الحقلية المتحصل عليها من التصنيف التي وضعته الجمعية الجيولوجية لندن (1977) جدول 2.

ح. المواد بين الفراغات: ويقصد بها المواد الموجودة بين الشقوق والفواصل، وتعمل المواد الموجودة أحد أمرين فإما ان تسهم في ثبات الكتل الصخرية او يكون لها دور في الحركة وفي كلا الأمرين فإن مقدار الثبات او الحركة يعتمد على نوع المواد والمفتتات وحجمها، جدول 3.

جدول 1.

تصنيف أشكال سطح الشق (Boyer, 1971)

TERM	DESCRIPTION
Very rough	Near vertical steps and ridges occur with interlocking effect on the joint surface.
Rough	Some ridge and side-angle steps are evident; asperities are clearly visible; discontinuity surface feels very abrasive (Like sandpaper grade approx.< 30)
Slightly rough	Asperities on the discontinuity surfaces are distinguishable and can be felt.
Smooth	(Like sandpaper grade approx. 30 - 300).
Polished	Surface appear smooth and feels so to the touch. (Smoother than sandpaper grade approx. 300).
Slicken sided	Visual evidence of polishing exists, or very smooth surface as is often seen in coatings of chlorite and specially talc.

جدول 2.

تصنيف الانفصال بناء على قياسه (Fanti *et al.* 2013)

Aperture	Term
>200 mm	Wide
60 – 200 mm	Moderately wide
20 – 60 mm	Moderately narrow
6 – 20 mm	Narrow
2 – 6 mm	Very narrow
0 – 2 mm	Extremely narrow
< 2 mm	Tight

جدول 3.

المواد بين الفراغات وخصائصها (Habibi and Gharibreza 2015)

TYPE OF FILLING	PROPERTIES
Chlorite, talc,	Graphite Very low friction materials, in particular when wet.
Inactive clay materials	Weak, cohesion materials with low friction properties
Swelling clay	Exhibits a very low friction and loss of strength together with high swelling pressure
Calcite.	May dissolve, particularly when being porous or flaky.
Gypsum	May dissolve
Sandy or silty	Materials Cohesion less, friction materials
Epidote, quartz	May cause healing or welding of the joint

2.3. الخواص الميكانيكية

الشـــقوق والفواصـــل في الكتل الصـــخرية هي ظاهرة طبيعة وتعد من اكثر التراكيب الثانوية حدوثا نتيجة لعوامل طبيعية وهي تفتقر إلى أي حركة مرئية على الرغم من أنها يمكن أن تحدث منفردة فإنها غالبا ما تحدث كمجموعات وأنظمة مشـــتركة ويمكن قياســـها من خلال دراســـة الخصـــائص الفيزيائية والميكانيكية (Dafalla and Malik, 2015) ويمكن ان تقـاس الخواص الميكـانيكيـة للكتـل الصـــخرية في الحقل او في المعمل وفي هذا البحث تم الاعتماد على القياســـات الحقلية لدراســـة الخواص الميكانيكية وكون العمل الميداني اكثر محاكاة لواقع ميكانيكا الصخور فقد تم الاعتماد على قياس الخواص الميكانيكية وبخاصة قياس قوة الصخر (RQD) كمرحلة أولى فكانت الخواص التي اهتم البحث بدراستها على النحو التالي:

أ- خاصية نظام الشقوق (Joint System= Js)

يوصف نظـــام الشـــقوق (Joint System) بعد قيـــاس المسافة بين الشـــقوق المنتظمة على طول خط المسح تبعا لمواصفات الجمعية الجيولوجية في لندن حـــيث (JS) = المسافة بين الشقوق/عدد العينات بينهم. أي المسافة بين الشـــقوق المنتظمة والتي اعتمد عليها في اخذ القياســـات الحقلية على طول خط المسح، جدول 4.

جدول 4.

يوضح نظام تصنيف الشقوق بالاعتماد على المسافة بين الشقوق (Palmström *et al.* 2001)

Intervals (cm)	Symbols	Description
>200	F1	Extremely wide spaced
200-60	F2	Widely spaced
60-20	F3	Moderately wide spaced
20-6	F4	Closely spaced
6-2	F5	Very closely spaced
<2	F6	Extremely closed spaced

ب- تعيين جودة صخرة (Rock Quality Determination=RQD): تسمية او تعيين نوعية الصـخور هو مؤشر يسـتخدم عادة لوصـف الكتلة الصـخرية وتحديد قوتها، جدول 5، ويمكن تحديد قوة كتلة الصـــخور في المعمل على العينات الصـــخرية او الحقل على الكتل الصـــخرية المحتوية على شـــقوق وفواصـــل، وتســـتخدم المعادلة التالية لقياســـها بالاعتماد على حجم الشقوق في المتر المكعب الواحد. RQD= 115-3.3(JV)

جدول 5.

نظام التصنيف بخاصية جودة تركيب الصخر(Palmstrom, 2005)

Descriptive Term	RQD %	Symbols
Very Good	90 – 100	R1
Good	75 – 90	R2
Fair	50 – 75	R3
Poor	25 – 50	R4
Very Poor	<25	R5

4. الدراسة الميدانية

اعتمدت الدراســـة الميدانية على القياس المباشر على طول خط المســـح أي ذلك الخط الوهمي الذي تم اخذ القراءات والقياسات عليه، فقد بلغ إجمالي طول خط المسح 22.44 متر وزعت على ثلاثة ارتفاعات مختلفة لتقييم الخواص الفيزيائية والميكانيكية للكتل الصخرية. فقد تم اختيـــار المكاشف الواضحة والأقـرب الي الطريق الجبلـي وتم تجميـع المعلومـات المتعلقـة بدراسة الخواص الهندسية (الفيزيائية والميكانيكية). وفيما يلي عرض للدراســـة الميدانية والنتائج المنبثقة عنها حيث تم اختيار رمز لموقع الدراســـة (L-Ja-17). إذ يرمز L الي الموقع (location) وترمز Ja الي (Jado) 17 ســـنة إجراء الدراسة 2017 وبين الجدول 6 والشكل 3. الدراسة الميدانية والنتائج المتحصل عليها في الموقع الأول، (L1-Ja-17) وبين الجدول 7. والشـــكل 4. الدراســـة الميدانية والنتائج المتحصـــل عليها في الموقع الأول (L2-Ja-17). وبين الجدول 8. والشـــكل 5. الدراســـة الميدانية والنتائج المتحصل عليها في الموقع الأول (L3-Ja-17)

1.4. الدراسة الميدانية للكتلة الصخرية (L1-Ja-17)

يبين جدول 6 البيانات والقياسات المتحصل عليها من الدراسة الميدانية للكتلة الصخرية ويمثل الشكل 3. جزءا من تكوين سيدي الصيد وهو نتاج اعمال الحفريات التي استخدمت لشق الطريق الجبلي وكان من المتوقع ان نجد تأثير للتجوية الكيميائية بموقع الدراسة على اعتبارات عدة منها ان الصخور الجيرية تتأثر بشكل مباشر بالمياه إذ تعمل على إحداث عملية الإذابة وترسيب معدن الكالسيت فكانت النتائج عكس ذلك والسبب يرجع الى ان زاوية الميل تراوحت بين (85-90) والشقوق الأفقية والراسية متصلة فهي لا تسمح باستقرار المياه بين الشقوق والفواصل الا في انطق ضيقة والتي لوحظ فيها نمو بلورات الكالسيت التي تتراوح ألوانها بين الأبيض والشفاف وما تم ملاحظته ان اغلب *الشقوق الرئيسية* تمر بها مجاري مائية منحدرة من اعلى شكل(G, G1-3).

وأسهمت في عملية تعرية المواد بين الشقوق فكانت تلك المناطق أكثر ضعفا وهذا على عكس مناطق أخرى كانت فيها نواتج عملية التعرية مســـتقرة لتشـــكل أشكال مخروطية شكل (A, A1-3). لذلك كانت اكثر ثباتا ولا تحوي شقوقا رئيسة منتظمة شكل (F, D1, D-3) فكانت الكتل المتساقطة بحجم اكبر شكل(E-3) في المناطق الواقعة بين المجاري المائية ولوحظ ان أسـطح الشـقوق والفواصـل في تلك المناطق ذات أسطح ناعمة شكل (D,D1 -3) ومن النتائج التي تحصلنا عليها من التحليل الرياضي من خلال اخذ متوسط نظام الشقوق(Joint System = Js) والتي تمثل مقدار تباعد أجزاء الكتلة المنفصـــلة تبين أنها متباعدة على نطاق واسع بمقدار(Js =168.25 cm Widely spaced) وهذا يعد دليلا على ان الكتل في حال حركتها ستكون كبيرة وكان متوسط الانفصال أي مقدار اتساع كل شق

من الشقوق الرئيسة الخمسة على طول خط المسح (Moderately 64.8 mm wide متوسط الاتساع وبالنسبة لجودة الكتلة بالاعتماد على عدد الشقوق في المتر المكعب (11) 3.3 – 115= RQD فإن متانة الكتلة صنفت R2 (Good)

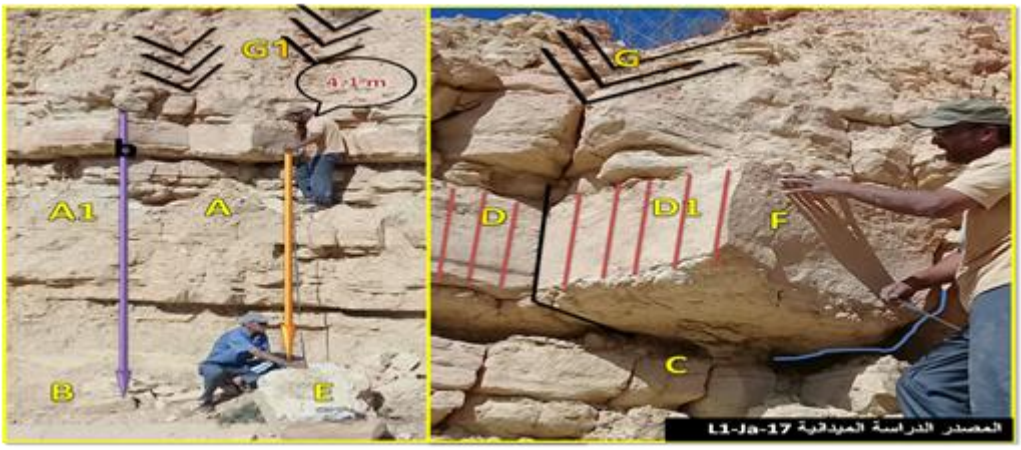
2.4. الدراسة الميدانية للكتلة الصخرية (L2-Ja-17)

في الكتلة (L2-Ja-17) يبلغ طول خط المسح حوالي 9.00 متر ورغم طول خط المسح فلم تتواجد الا ثلاث شقوق منتظمة جدول 7 وتجتمع في الكتلة التي يظهر جزءا منها بالشكل 4 تأثير عوامل التجوية الكيميائية فكان واضحا الترسيب الثانوي لمعدن الكالسيت بلون شفاف في حفر الإذابة وكانت هذه الظاهرة اكثر انتشارا إذا ما قورنت بالمواقع الأخرى فكانت تلك الحفر غير متصلة بشقوق مما سمح للمياه بان تقوم بعملها في إذابة وإعادة ترسيب الكالسيت، والتأثير الأبرز كان موجودا للتجوية الميكانيكية إذ تظهر الألوان الفاتحة على أسطح الكتلة شكل (4-D) كدليل على التأثير الحراري وحدوث عملية تقشير لسطح الكتلة، ومن مظاهر التجوية الميكانيكية نمو النباتات بين الشقوق ،والتي أسهمت في تعبئة الفراغات بين الشقوق بالمفتتات شكل (4- C).

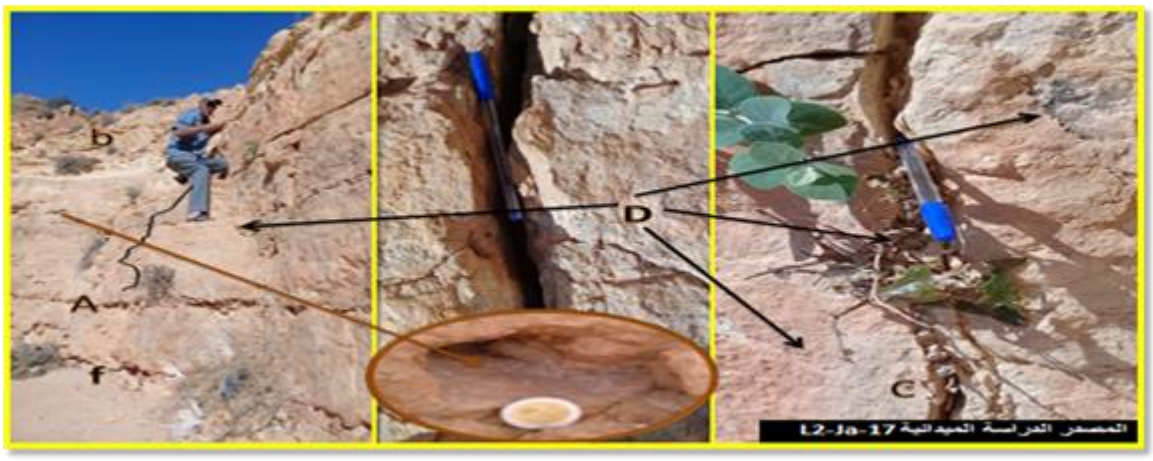
جدول 6.

البيانات والقياسات المتحصل عليها من الدراسات الميدانية للكتلة (L1-Ja-17).

E12º.00.26'					N31º56.4'					Location Astronomer
526m										Height
(Length of scan line) 7.05 *Height 5.4 = 38.07 m²										Section area
Carbonate										Type Rock
Rough										Type Roughness
40cm		60cm		15cm		40cm		cm56		Continuity
Carbonate and mud										Infilling materials
140cm			163cm		160cm		210cm			Joint System cm
Rocky debris (Carbonate)									Type sediment beside blocks	
0.8	0.6	3	1	1.7	2.4	0.5	1.5	1	0.2	Joint Set No // cm
1	9	0.3	5	1	3	3.3	1.6	0.5	0.9	



شكل 3. الكتلة بالموقع L1-Ja-17



شكل 4. الكتلة الموقع (L2-Ja-17)

جدول 7.

البيانات والقياسات المتحصل عليها من الدراسة الميدانية للكتلة (L2-Ja-17)

E12º.00.27'				N31º57.00'					Location Astronomer
519m									Height
(Length of scan line) 9.865 * Height 2.40 = 23.676 m²									Section area
Carbonate									Type Rock
Rough									Type Roughness
10cm			26.5cm			20cm			Continuity
Carbonate									Infilling materials
740cm				240cm					Joint System cm
Rocky debris (Carbonate)								Type sediment beside blocks	
1.1	2.7	1.3	1.1	0.6	1.4	1.1	1	1	Joint Set No // cm
					0.7	5	1.4	0.6	

من الجدول (7) يعد امتداد الشقوق داخليا بسيط بمتوسط بلغ 19 سم تقريبا فهو يزيد من ثبات الكتلة وهذا ما أكدته نتائج التحليل الرياضي إذ وصفت جودة الصخر very (R2) Good بجيده جدا وبقيمة وصلت RQD = 98.9 % جدول (5) كنتيجة لقلة الشقوق في المتر المكعب إذ بلغ عدد الشقوق في الكتلة ككل سواء كانت الشقوق العشوائية او المنتظمة (16 شق) ورغم وصف نضام الشقوق بأنها متسعة للغاية، فالنتيجة متوقعة كنتيجة لطول خط المسح وقلة الشقوق المنتظمة بالمكشف الصخري, وبالنسبة للانفصال فإنه متوسط الضيق إذ وصلت قيمته (21.6mm) وعلى ما ذكر فإن المكشف في حالة ثبات، ولان زاوية الاستقرار تصل الى 90 ففي حالة حدوث حركة فستكون سقوط الصخري.

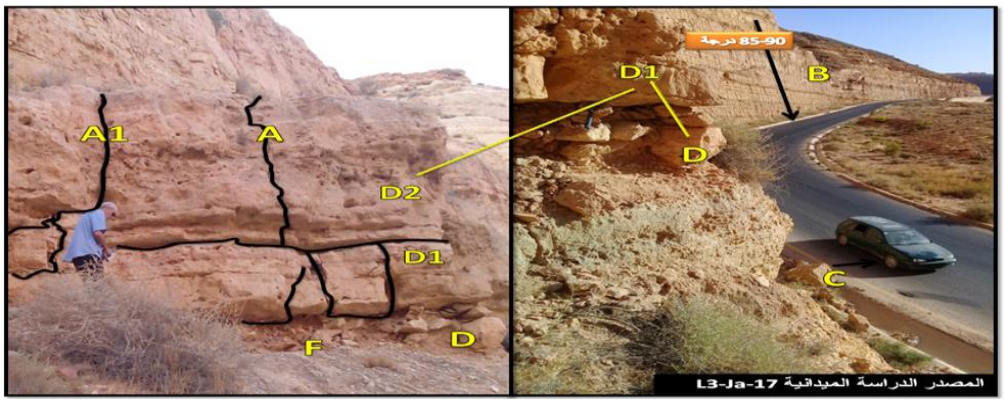
3.4. الدراسات الميدانية للكتلة الصخرية (L3-Ja-17)

يبين الجدول (8) البيانات القياسية للمكشف الصخري (L3-Ja-17) المبين بالشكل(5) على ارتفاع 519 متر، مثل تكوين سيدي الصيد المتكشف بفعل عوامل التعرية المائية وبما ان التكوين يقطعه وادي فصلي، فلم يتبين وجود أي ترسيب ثانوي لمعدن الكالسيت الا في مناطق ضيقة جدا، لان الصخور في هذا التكوين من نوع دولومايت والذي يمتاز بصلابته لارتفاع نسبة الماغنسيوم، ويمكن ملاحظة الكتل الصخرية بأحجام كبيرة ومنفصلة عن التكوين الأصلي بشقوق راسية شكل (A, A1-5) وأخري أفقية تسهم في إحداث حالة ضعف بالمكشف.

جدول 8.

البيانات والقياسات المتحصل عليها من الدراسات الميدانية للكتلة (L3-Ja-17)

E12º.00.39'				N31º57.15'					Location Astronomer
484m									Height
(Length of scan line) 5.527*Height 2.10 = 11.6067 m²									Section area
Carbonate									Type Rock
Rough									Type Roughness
180 cm			65 cm			30 cm		110 cm	Continuity
Carbonate and mud									Infilling materials
140 cm			310 cm			90 cm			Joint System cm
Rocky debris (Carbonate)									Type sediment beside blocks
6	1	1.5	0.3	0.5	0.5	1.5	0.2	0.2	Joint Set No // cm
	0.5	0.5	2.5	0.5	3	0.5	0.5	1.2	

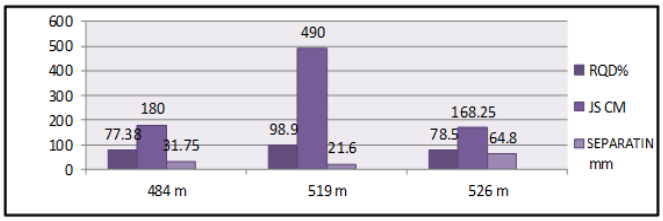


شكل 5. الكتلة بالموقع (L3-Ja-17)

ان الكتلتين في الشكل (D1,D2-5) في حالة اتزان مالم يحدث حركة في الموقع شكل (5-D) والذي يتكون من حطام صخري وكتل صغيرة فإن إمكانية الحركة موجودة في حالة حدوث محفز او إزاحة للرواسب في الموقع (D) ليؤول حال الكتل ككل السقوط الصخري كون زاوية المنحدر°90 حالهم حال الكتلة شكل (C-5) والتي تم إزاحتها من الطريق الرئيسي لتستقر في مجري تصريف المياه الموازية للطريق، وبالنسبة للخواص الميكانيكية وصفت جودة الكتلة بجيدة جدا وبنسبة بلغت (98.9 %)، جدول 5 والمسافة بين الشقوق وصفت من جدول(4) بأنها متسعة للغاية وكانت قيمة متوسط نظام الشقوق (Js= 490 cm) كدليل على ان أجزاء الكتل المنفصلة ذات حجم كبير، وبلغت قيمة الانفصال 21.6 mm بتصنيف متوسط الضيق وتعد الخواص الميكانيكية متغيرة

والكتلة ثابتة ميكانيكيا أي أنها متزنة , ويجب العمل على تفتيها كون ما يحدد اتزانها حطام صخري.

5. العلاقة بين الخواص الفيزيائية والميكانيكية لأسطح الشقوق والفواصل والارتفاع.



شكل 6. العلاقة بين الارتفاع والخواص الهندسية في الموقع (L-Ja-17).

رغم اختلاف الأرقام بالنسبة لنظام الشقوق (Joint System =Js) فقد كان التصنيف ما بين شقوق متسعة وأخرى متسعة للغاية وكان المتوسط العام لمنطقة الدراسة (279 mm) بتصنيف شقوق متسعة للغاية وكان المتوسط العام RQD (84.9 %) بتصنيف جيد (Good) أي ان تصنيف الكتل من حيث القوة والجودة جيدة وكان متوسط الانفصال للكتل (39.4 mm) تباعد أجزاء الكتل بتصنيف متوسطة الضيق.

6. الخاتمة

يوجد تغير واضح في الخواص الميكانيكية والفيزيائية للكتل الصخرية، مما أسهم في إحداث حالة من الضعف للكتل الصخرية، وتعد التجوية الميكانيكية العامل الأبرز في تغيير الخواص الهندسية للكتل والمكاشف الصخرية، كما أسهمت اعمال شق الطريق الجبلي في عملية ظهور المكاشف صخرية، وسببت أيضا في جعلها أكثر عرضة لعوامل المناخ وبخاصة مياه الأمطار والتي تعد العامل الأبرز للتحرك الكتلي. ويطغى تكوين سيدي الصيد على مكاشف المنحدرات المتاخمة للطريق الجبلي أسهم هذا التكوين بثاب المكاشف كون نوع صخوره من الدولومايت والذي يتكون من والماغنيسيوم بشكل أساسي, بهذا التركيب اتصف بالصلابة فانعكس ذلك على الخواص الهندسية فجعل الكتل اكثر استقرارا على المنحدرات) فبالتالي الكتل تعد ثابتة ميكانيكيا أي لا توجد حركة رغم ان التغير موجود في الخواص الهندسية الكيميائية والميكانيكية , ان عمليات شق الطريق الجبلي تعد العامل المهم في تحديد نوع الحركة على أسطح المنحدرات فأغلب زوايا التكوين تتراوح بين 70°-95° لتكون نوع الحركة (FALL).

7. التوصيات

1- مراقبة الكتل الصخرية من وقت لأخر وعلى فترات منتظمة.

2- تحطيم بعض الكتل والتي تشكل خطراً في حال انهيارها.

المراجع

Andriani, G.F. and Walsh, N., 2007. Rocky coast geomorphology and erosional processes: a case study along the Murgia coastline South of Bari, Apulia—SE Italy. Geomorphology, 87(3), pp.224-238

Bajzelj, U., Likar, J., Zigman, F., Subelj, A. and Spek, S., 1992. Geotechnical analyses of the mining method using long cable bolts. In Rock support in mining and underground construction, proc. int. symp. on rock support (pp. 393-402).

Bloom, A.L., 1998. Geomorphology: a systematic analysis of late Cenozoic landforms (No. 551.79 BLO).p.164.

Boyer, R.E., 1971. Field Guide to Rock Weathering. Earth Science Curriculum Project Pamphlet Series PS-1 PP 5-35.

Chatziangelou, M. and Christaras, B., 2013. Rock mass blastability dependence on rock mass quality. Bulletin of the Geological Society of Greece, 47(13). PP.2-13.

Dafalla, D. S., & Malik, I. A. G. (2015). Evaluation of Structural Geology of Jabal Omar. Evaluation, 11(01), p.71

Dorren, L.K., 2003. A review of rockfall mechanics and modelling approaches. Progress in Physical Geography, 27(1), pp.69-87.

El-Bakai, M., Idris, M. and Sghair, A., 1997. Petrography, geochemistry and stable isotopes constraints on the origin of the Cretaceous dolomite (Ain Tobi Member) in NW Libya

El-Bakai, M.T., 1997. Petrography and palaeoenvironment of the Sidi as Sid Formation in Northwest Libya. Petroleum Research Journal, 9, pp.9-26.

Fanti, R., Gigli, G., Lombardi, L., Tapete, D., & Canuti, P. (2013). Terrestrial laser scanning for rockfall stability analysis in the cultural heritage site of Pitigliano (Italy). Landslides, 10(4), 409-420

Habibi, A., & Gharibreza, M. (2015). Estimation of the relative active tectonics in Shahriary basin (Central Iran) using geomorphic and seismicity indices. Natural Environment Change, 1(1), 71-83.

Hack, H.R.G.K., 2016, Weathering, rock mass classification (SSPC), and remote sensing with a link to levee stability: Presented in Fall 2016 graduate and undergraduate UMD civil engineering seminar series, University of Minnesota Duluth, United States of America, 23 September 2016, p. s1-s63 (https://research.utwente.nl/en/publications/p.s1-s63).

Hack, H.R.G.K., 2012. Weathering influence on engineering structures:In Lunch lectures, ESA, ITC, University of Twente, 30 October 2012. pp. s1-s38, (http://www.itc.nl/library/papers_2012/pres/hack_wea_ppt.pdf)

Hammuda, O.S., Sbeta, A.M. and Worsley, D., 2000. Field guide to the Mesozoic succession of Jabal Nefusah. In NW Libya: Sedimentary basins of Libya-second symposium: Geology of Northwest Libya p. 50

Huisman, M., Hack, H.R.G.K. and Nieuwenhuis, J.D., 2006. Predicting rock mass decay in engineering lifetimes: the influence of slope aspect and climate. Environmental & Engineering Geoscience, 12(1), pp.39-51

Newmark, N.M., 1965. Effects of earthquakes on dams and embankments. Geotechnique, 15(2), pp.139-160.

Noffke, N., Gerdes, G., Klenke, T. and Krumbein, W.E., 2001. Microbially Induced Sedimentary Structures--A New Category within the Classification of Primary Sedimentary Structures: PERSPECTIVES. Journal of Sedimentary Research, 71(5), pp.649-656.

Palmstrom, A., 2005. Measurements of and correlations between block size and rock quality designation (RQD). Tunnelling and Underground Space Technology, 20(4),.362-377, p 11

Palmström, A., Sharma, V.I. and Saxena, K., 2001. In-situ characterization of rocks. BALKEMA Publ, p.31.

Persichillo, M.G., Bordoni, M., Meisina, C., Bartelletti, C., Giannecchini, R., D'Amato Avanzi, G., Galanti, Y., Cevasco, A., Brandolini, P., Galve, J.P. and Barsanti, M., 2016. Shallow landslide susceptibility analysis in relation to land use scenarios. Landslides and engineered slopes. Experience, theory and practice, 3, pp.1605-1612.

Sbeta, A., El-Hawat, A. and Salem, M., 2005. A Field guide book to the geology of Jabal Nafusah. NW Libya.

Xu, Q., Liu, S., Wan, X., Jiang, C., Song, X. and Wang, J., 2012. Effects of rainfall on soil moisture and water movement in a subalpine dark coniferous forest in southwestern China. Hydrological Processes, 26(25), pp.3800-3809.