جيومورفولوجية الصخور الارتكازية

بالصحراء البيضاء - مصر

د. سيد محمود مرسى سعيد
أستاذ مساعد – قسم الجغرافيا
كلية الآداب – جامعة الفيوم – مصر

Smm11@fayoum.edu.eg

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مستخلص:

في منطقة الصحراء البيضاء في مصر، تكوينات الحجر الجيري والطباشيري مشهورة جداً بتشكيل الأشكال العجيبة منها. الصخور الارتكازية (المشروم) نوع من هذه الأشكال العجيبة وتظهر على شكل صخور تتميز بقمة صخرية كبيرة وصلبة ترتكز على عمود صخري أقل سُمكاً. وتُستخدم المشروم لأن تفسر على إنها بقايا الصخور الناتجة عن عمليات النحت والتآكل المختلفة. واستناداً إلى حدوث الظاهرة والتحليل البتروجرافي لها، لوحظ أن كثير من صخور قمة المشروم، إن لم يكن كلها، يظهر عليها قشرة خارجية مغطاه بطبقة مؤكسدة رقيقة تشكلت بفعل عمليات التجوية.

الكلمات المفتاحية: الصخور الارتكازية، المشروم، فعل المطر، فعل الرياح، التجوية الانتقائية.

Abstract:

Geomorphological of Pedestal rock in the White Desert – Egypt In the white Desert area in Egypt, the limestone and chalk Formation is well known for the occurrence of many bizarre rocks.. The pedestal rock (Mushroom rock) is a kind of the bizarre rocks with a cap-rock supported by a stalk. These pedestal rocks used to be interpreted as remnant rocks capped by concretions resulted by differential erosion. However, based on the occurrence and petrographic analyses, many of the cap-rock, if not all, are rather encrusted only by a thin oxygenated layer formed under weathering processes.

Keywords:

Pedestal rock, Mushroom rock, Rain and wind action, differential weathering

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مقدمة:

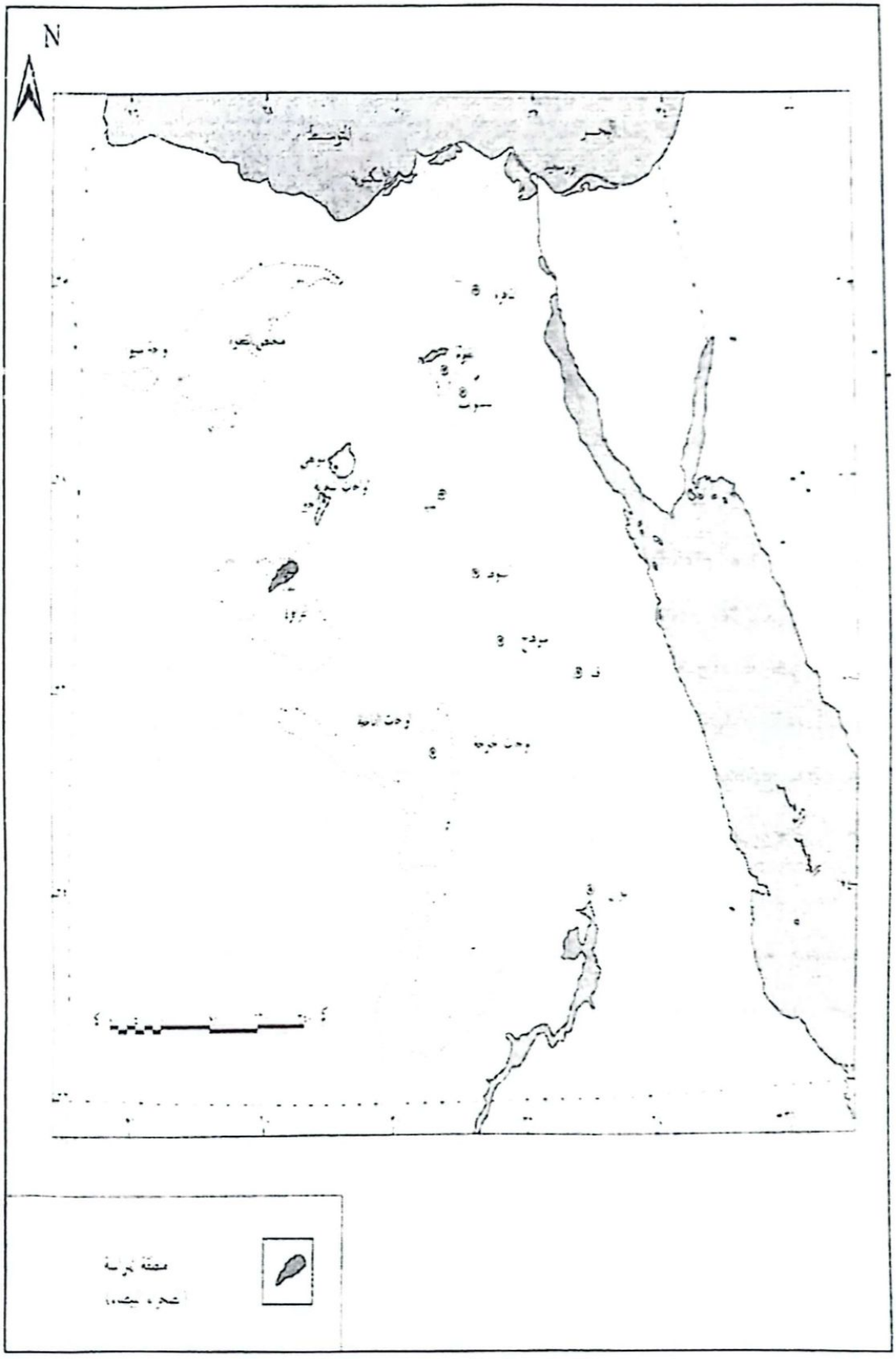
الصحراء البيضاء** هي محمية طبيعية تقع في صحراء مصر الغربية شمال منخفض الفرافرة بنحو ١٣ كم وهي جزء من منخفض الفرافرة (شكل: ١ و ٢). وتمتد بين دائرتي عرض ٤٧° ٢٧' و ٤٨° ٢٨' شمالاً، وخطي طول ٣٠° ١٦' ٢٧ و ٣٠° ٢٧' شرقاً. وتبلغ مساحتها نحو ٣٩٠٠ كم٢، وتتمتع الصحراء البيضاء بمنظرها الجميل حيث ينتشر فوق سطحها العديد من التكوينات الصخرية الجيرية الطباشيرية العجيبة الشكل التي تشكلت بفعل عوامل التعرية المختلفة مثل الصخور الارتكازية التي تُعرف باسم المشروم. وتُعد محمية الصحراء البيضاء منطقة جذب سياحي ومقصد للباحثين.

الصخور الارتكازية المنتشرة بمنطقة الدراسة هي أشكال متنوعة من بقايا الصخور الناتجة عن عمليات النحت والتآكل. هذه الأشكال غير العادية من بقايا نحت الحجر الجيرى. والهدف من هذه الدراسة هو عمل وصف لهذه الظاهرة وإعطاء تفسير بشأن نشأتها، وتحديد خصائص تفصيلية للصخور الارتكازية حيث إنها مهمة لتفسيرات المصطلح نفسه. بالإضافة إلى التحليل المورفومتري للظاهرة، ووضع تصور لمراحل تشكيلها.

ولتحقيق أهداف الدراسة، فقد تم الاعتماد على الدراسة الميدانية بصفة أساسية، وتم خلالها إجراء القياسات المورفومترية على العديد من الصخور الارتكازية المختلفة الأشكال والأحجام، وجمع العينات لتحليلها، والتقاط بعض الصور الفوتوغرافية، وأُخذت القياسات المورفومترية باستخدام طريقة الشريط والقامة، وسجلت المواقع العامة لها بواسطة جهاز GPS. كما تم استخدام الخريطة الجيولوجية للمنطقة مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠، إلى جانب استخدام نموذج الارتفاع الرقمي وصور جوجل إرث بعد ربطها ببرامج GIS.

** سُميت بالصحراء البيضاء نسبة إلى سيادة اللون الأبيض الطباشيري الذي يُغطي معظم أرجائها، وتُسمى أيضاً باسم منخفض الطباشير

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



شكل (١) موقع منطقة دراسة (الصخور البيضاء)

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وسيتم دراسة الصخور الارتكازية من خلال النقاط التالية:

أولاً- الخصائص الطبيعية العامة للصحراء البيضاء.

ثانياً- التعريفات المختلفة للصخور الارتكازية (المشروم).

ثالثاً- أصل ونشأة الصخور الارتكازية (المشروم).

رابعاً- عوامل نشأة الصخور الارتكازية (المشروم).

خامساً- التأثير النسبي لكل من الرياح والمياه في تشكيل الصخور الارتكازية (المشروم).

١- نموذج مقترح لتوضيح أثر المطر القديم في نشأة وتشكيل الصخور الارتكازية (المشروم).

٢- نموذج مقترح لتوضيح أثر الرياح خلال فترات الجفاف في إعادة تشكيل الصخور الارتكازية (المشروم).

سادساً- التحليل الموروفولوجي للصخور الارتكازية (المشروم).

سابعاً- المراحل التطورية لتشكيل الصخور الارتكازية (المشروم).

ثامناً- الخاتمة.

أولاً - الخصائص الطبيعية لمحمية الصحراء البيضاء:

تشغل منطقة الصخور الارتكازية في الصحراء البيضاء المناطق الأكثر انخفاضاً منها، ويضم خط كنتور ٢٠٠ متر معظم مساحة منطقة الدراسة وتظهر منطقة الدراسة عنده على هيئة منخفض كبير تحده الحافات. وتُعد الصخراء البيضاء جزءاً من منخفض وادي حنس، ومنخفض عين المكفي (شكل: ٣). ومنطقة الدراسة عبارة عن منطقة سهلية مستوية أو شبه مستوية، حيث تتراوح درجات الانحدار بها بين صفر وخمس درجات وهي انحدارات خفيفة أو خفيفة جداً (شكل: ٢). وتتكون من رواسب جيرية، ويقطع رتابتها وانتظامها ظهور السطح الأصلي أحياناً على شكل تلال قبابية مصقولة السطح، أو أعمدة طباشيرية كارستية، أو ينكشف

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أحياناً أخرى على شكل أسطح صخرية جرداء متموجة قليلة الانحدار. وقامت عوامل التحات في معظم الأحيان بتقطيع رواسب تلك المسطحات.

ويتضح من الخريطة الجيولوجية شكل (٤) ان التكوينات الجيولوجية السطحية بمنطقة الدراسة تتألف من الصخور الجيرية والرواسب المفككة، التى يمتد عمرها من الزمن الجيولوجي الثاني حتي الزمن الرابع، على النحو التالي:

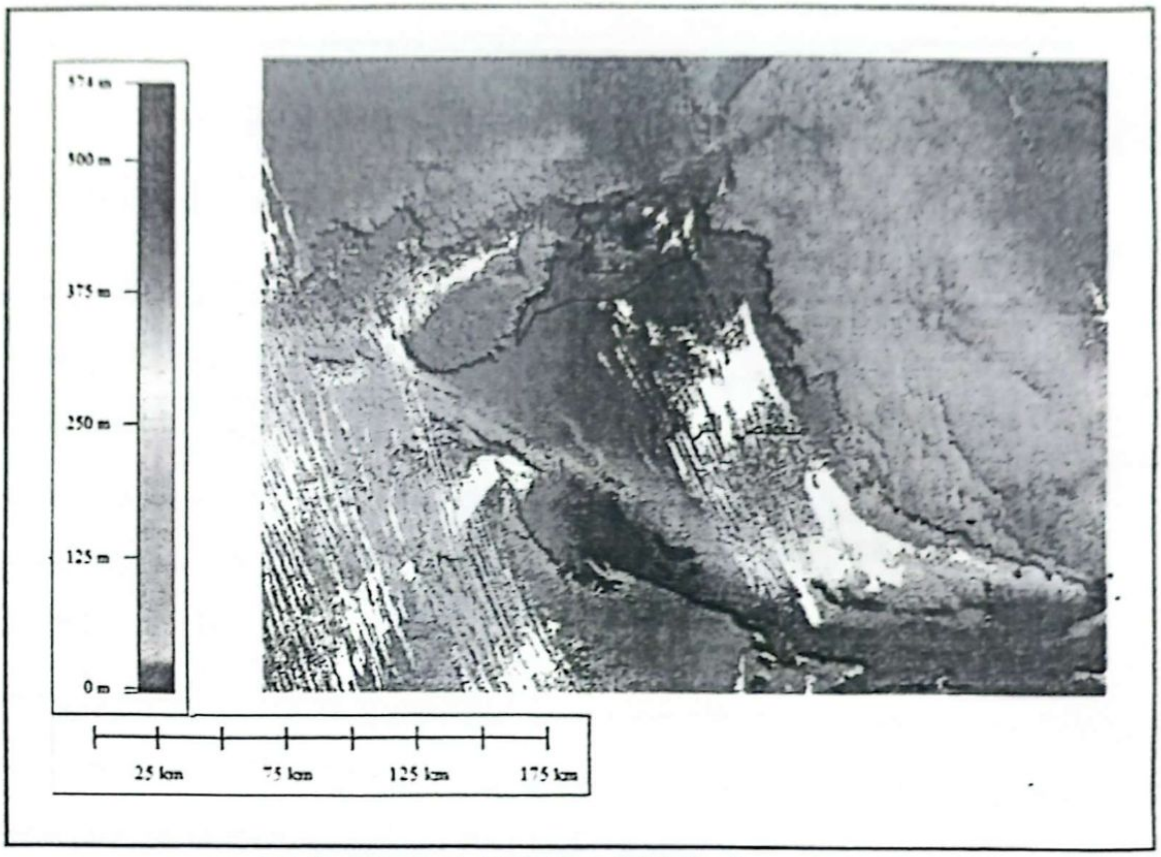
١- تكوينات الزمن الثاني:

وتتمثل تكوينات الزمن الثاني بمنطقة الدراسة في التكوينات الجيولوجية التالية:

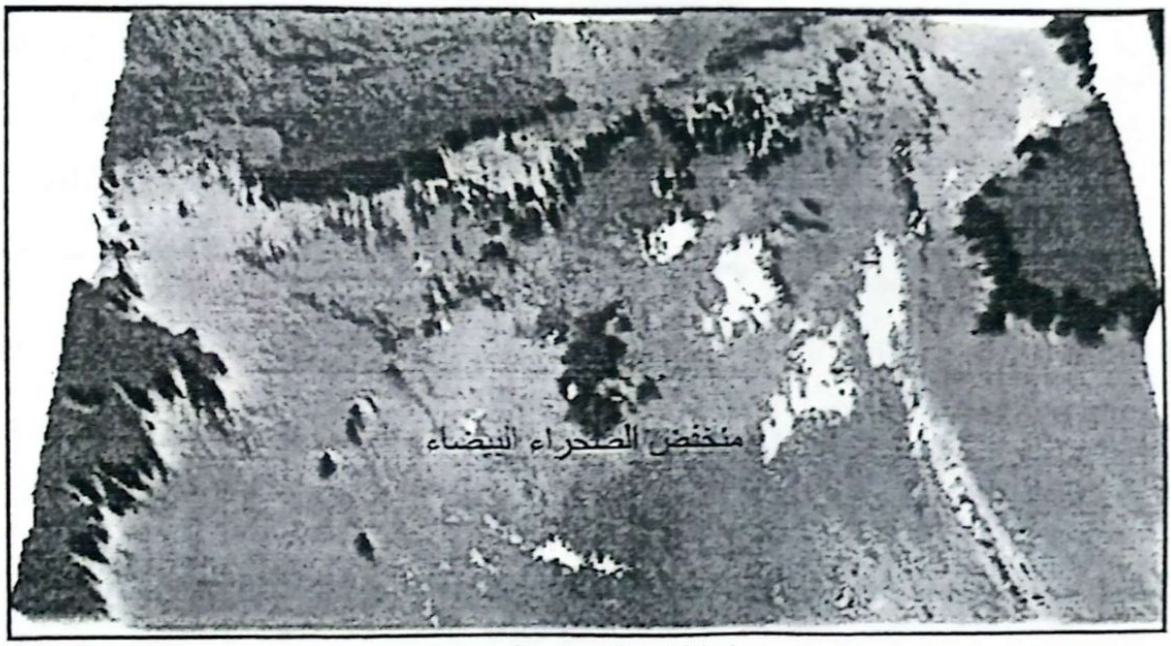
- تكوين وادى حنس (Kun):

عبارة عن تناوب طبقات من الرمل والطفل الرقيقة لبيئة ترسيب ساحلية بسمك ١٨ متر، ويُعد أقدم التكوينات المكشوفة بمنطقة الدراسة حيث يرجع إلى عصر الكريتاسي (كامباني الأعلى (سينوني)). ويغطي هذا التكوين مساحة تُقدر بنحو ١١٠ كم^{٢} بنسبة ١١.٨% من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية بمنطقة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



منخفض الصحراء البيضاء يشغل الجزء الشمالي الشرقي من منخفض الفرافرة



مجسم لمنطقة الدراسة (منخفض الصحراء البيضاء)

Global Mapper

شكل (٢) مجسم يوضح منخفضي الصحراء البيضاء ومنخفض الفرافرة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الدراسة، حيث يُغطي المنطقة المعروفة باسم عين المكفي وهي منطقة منخفضة وتُعد اقل المناطق منسوباً في الصحراء البيضاء، وتكوين وادى حنس يقابل تكوين النوبة في دراسة (Khalifa, et al., 1985).

- تكوين الهفهوف (Kuh):

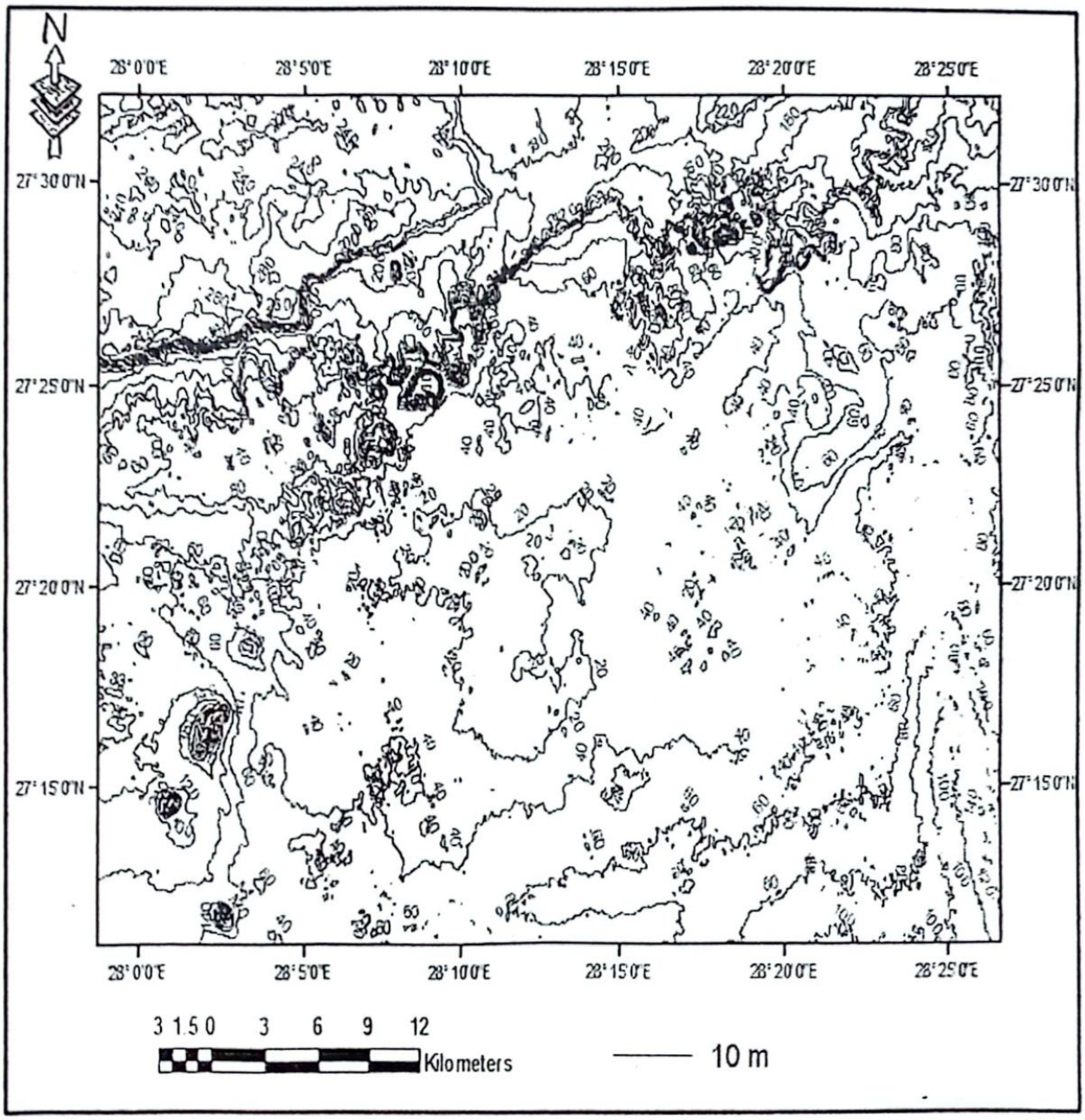
يرتكز تكوين الهفهوف فوق تكوين وادى حنس، وهو عبارة عن تتابع من الحجر الرملي والطفل متعدد الألوان ويدُل على بيئة ترسيب بحرية ضحلة متذبذبة، ويحتوي ايضاً على حجر جيري ودولوميت يتدرج الونه ما بين اللون البُني إلى الرمادي في جزئه السفلي، ويحتوي على طبقات الفوسفات في جزئه العلوي. يقابل تكوين الهفهوف، تكوين عين جيفارا عند (Khalifa, et al., 1985). يرجع تكوين الهفهوف إلى عصر الكريتاسي (كامباني)، ويغطي اكبر مساحة من منطقة الصحراء البيضاء حيث تبلغ ٣٤٨ كم^{٢} بنسبة ٣٧.٣% وهي أعلى نسبة تكوينات من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة. وكان يوجد هذا النوع من الصخور في قلب محدب عين المكفي - المحدب الرئيسي الذي يشغل الجزء الأوسط من الصحراء البيضاء، حيث كانت تلك المنطقة تمثل قبة مرتفعة بنيوياً يطلق عليها قبة شرق الأبيض (Zaghloul, 1983)، ولكن في الوقت الحالي مناطق توزيع هذا التكوين تُشكل مناطق منخفضة من منطقة الدراسة، تمتد في كل من وادي المكفي ووادي حنس.

- تكوين خومان (Kuk):

يتألف تكوين خومان الذي يرجع إلى عصر الكريتاسي (ماسترختي) (الكريتاسي الأعلى) من الطباشير الكتلي ناصع البياض الذي يعود إلى بيئة ترسيب بحر عميق، والحجر الجيري الطباشيري بسمك يصل إلى نحو ٥٠ متراً، ويُغطي مساحة تُقدر بنحو ٣٤٢ كم^{٢} بنسبة ٣٦.٧% من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية، ويحتل المركز الثاني بعد تكوين الهفهوف من حيث أكثر التكوينات الجيولوجية انتشاراً بمنطقة الدراسة. ويُشكل هذا التكوين الكثير من الصخور الارتكازية بمختلف أشكالها مثل المشروم والأعمدة الطباشيرية وغيرها والمنتشرة بمنطقة الصحراء البيضاء.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ويتميز طباشير خومان بسرعة استجابته لعملية الإذابة بفعل مياه الأمطار العذبة التي سادت خلال الأزمنة الجيولوجية القديمة التي كانت اغزر مطراً من الظروف المُناخية الجافة حالياً، بالإضافة إلى كثرة الشقوق والفواصل به، الأمر الذي ساعد على نشأة وتكوين العديد من اشكال الصخور الارتكازية.



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمى باستخدام

شكل (٣) الخريطة الكنتورية لمنخفض

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

٢- تكوينات الزمن الثالث:

وتتمثل تكوينات الزمن الثالث بمنطقة الدراسة في التكوين الجيولوجي التالي:

- تكوين طروان (Tpt):

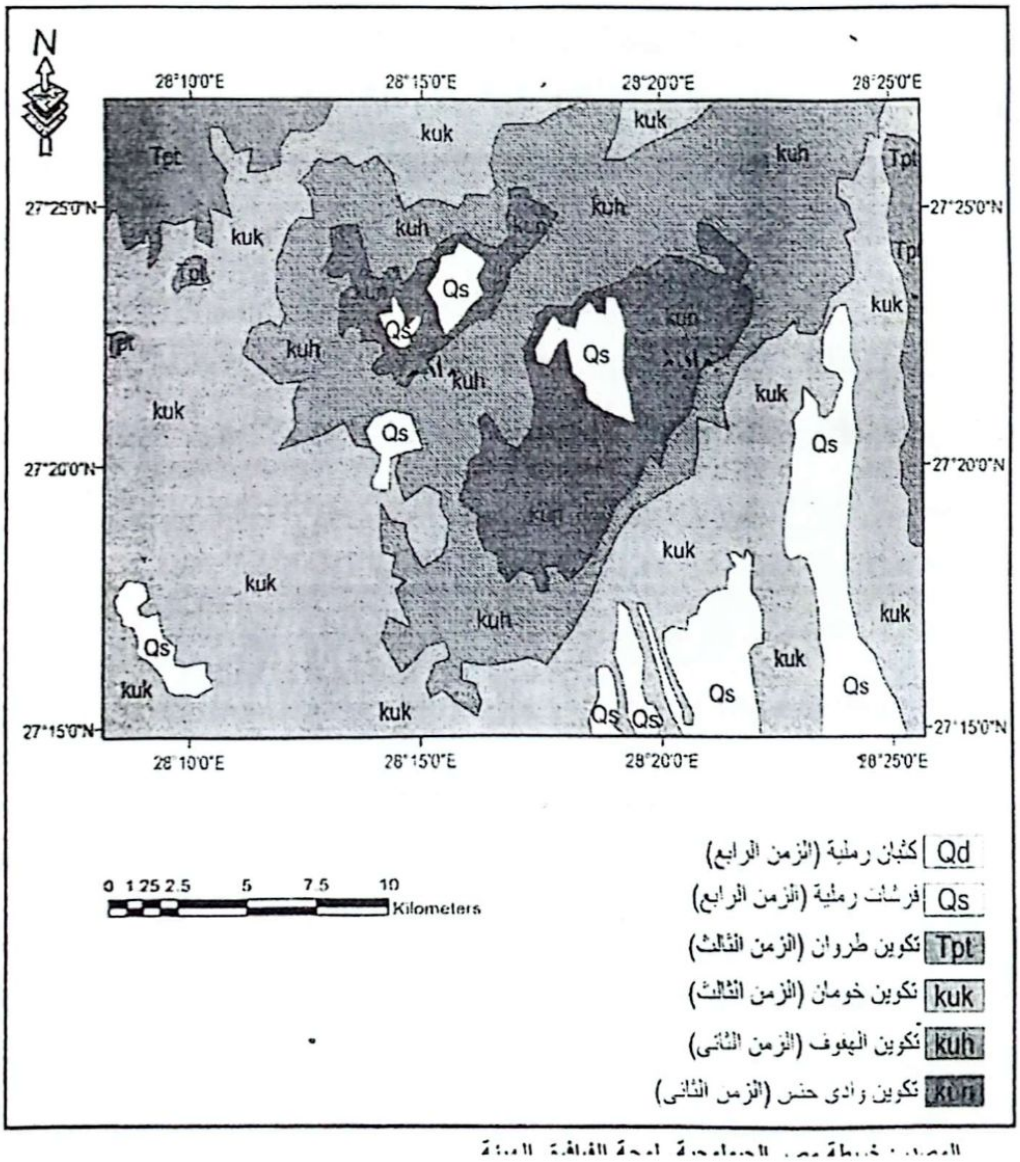
يتألف تكوين طروان الذي يرجع إلى عصر الباليوسين من طباشير ناصع البياض وحجر جيري طباشيري، ويحتوي على طبقات من المارل؛ ويدُل على بيئة ترسيب بحرية ضخلة، ويُغطي تكوين طروان مساحة تُقدر بنحو ٥١.٢ كم٢ بنسبة ٥.٤% من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة. ويتميز الطباشير الأبيض بأنه متوسط الصلادة وكثير الشقوق والفواصل التي تمتلئ بعروق الكالسيت، ويتألف الجزء العلوي من تكوين طروان من حجر جيري دولوميتى أكثر صلابة يشكل سطحاً منحوتاً تنتشر به الصخور الارتكازية بأشكالها المختلفة. ويرتكز تكوين طروان فوق تكوين خومان ويتميز نطاق الاتصال بينهما بوجود طبقة من المارل الكلسي يصل سمكها إلى نحو ٤ امتار (Zaghloul, 1983)، ويُعرف تكوين طروان محلياً باسم حجر جير عبد الله نسبة إلى قارة الشيخ عبد الله التي تقع فيما بين منخفضي البحرية والفرافرة. ويظهر تكوين طروان في الحواف الشمالية الشرقية لمنطقة الدراسة وكذلك في الحافة الشمالية الغربية التي تُعرف باسم هضبة القس أبي سعيد.

وقد ساعد وجود الطفل الهش أسفل الحجر الجيرى على نشاط عمليات التقويض السفلي في قواعد حافات منخفض الصحراء البيضاء، الأمر الذى ساهم في نحت وتراجع حافاته. وتجدر الإشارة إلى أن البحر الإيوسيني قد تراجع عن منطقة الدراسة ولآخر مرة في نهاية الإيوسين الأدنى، ومنذ ذلك الحين سادت ظروف قارية بمنطقة الدراسة (عويس الرشيدى، ٢٠٠٢، ص ٤٣).

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

٣- تكوينات الزمن الرابع (البلايستوسين والهولوسين)

وتتمثل في الفرشات الرملية (Qs) ويبلغ إجمالي مساحتها نحو ٢٦.٨ كم٢ بنسبة ٢.٩% من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية، ورواسب الأودية (Qd) التي تتألف من الرمل، والحصى، والزلط والجلاميد التي تغطي قيعان الأودية المنحدرة من الحواف المحيطة بمنخفض الصحراء البيضاء، وتُغطي رواسب الأودية مساحة تُقدر بنحو ٥٤.٦ كم٢ بنسبة ٥.٩% من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة. وبصفة عامة لا تشغل رواسب الزمن الرابع نسبة كبيرة من مساحة التكوينات الجيولوجية بالصحراء البيضاء إلا إنها تُخفي تحتها مساحات من تكوينات الأزمنة السابقة.



شكل (٤) الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يتضح مما سبق أن الصخور الجيرية والطباشيرية (تكوين خومان) تشغل ٧٤% من مساحة منطقة الدراسة، وهي صخور تتميز بكثرة الشقوق والفواصل، وشدة قابليتها للإذابة بفعل المياه، الأمر الذى ساعد على انتشار اشكال متنوعة من الصخور الارتكازية، وخاصة مع تعرض المنطقة للعديد من الفترات المطيرة طوال تاريخها الجيولوجي الممتد منذ الزمن الثاني وحتى البلايستوسين.

- بالنسبة للظروف المُناخية التى تمُر بها منطقة الدراسة حالياً، فهي ظروف شديدة الجفاف، وهي السمة الرئيسية التي تُميز المناطق الصحراوية، وتتميز منطقة الصحراء البيضاء بصفة عامة بقلة أمطارها وتذبذبها وتباين كمياتها من عام لآخر ومن شهر لآخر، وتتراوح الأمطار بين صفر و ١٥ مليمتر في السنة. وتسقط الأمطار في الفترة من أكتوبر إلى إبريل مصاحبة للمنخفضات الجوية الجبهية التي تمر على مصر خلال تلك الفترة. على حين تسقط بعض الأمطار في يونيو بفعل عمليات التسخين والتصعيد الشديدين (احمد الفقي، ١٩٩٩). وتسقط الأمطار في صورة رَخّات، وقد تكون هذه الرَخّات غزيرة في بعض الأحيان. ويؤدي تجمع مياه الأمطار- ولو لفترات قصيرة - حول الصخور الارتكازية إلى إذابة وتحلل الأجزاء الدُنيا من قواعدها مما يُسهل دور الرياح في بريها وتذريتها. كما يُلاحظ ايضاً أن ارتفاع نسبة الرطوبة عند قواعد الصخور الارتكازية يؤدي إلى تحلل وإذابة القشرة الجيرية السطحية الرقيقة من رواسبها. ويؤدي ذلك إلى تسهيل مُهمة الرياح في بريها وإزالتها أيضاً.

ويتضح من خلال انتشار الصخور الارتكازية المتنوعة الأشكال أن منطقة الدراسة تأثرت بظروف المُناخ القديم الأغزر مطراً الذى كان سائداً في مصر، حيث سادت المنطقة فترات مطيرة في الزمن الثالث، وخاصة في نهاية الإيوسين، والأوليجوسين، ونهاية الميوسين، كما شهد جنوب مصر ومنطقة الدراسة أيضاً ٥ فترات مطيرة في عصر البلايستوسين.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أما الرطوبة النسبية فيبلغ المتوسط السنوي للرطوبة النسبية بمحطة الفرافرة ٣٩.٢%، وتنخفض تلك النسبة عن هذا المتوسط خلال الربيع والصيف لارتفاع درجة حرارة الهواء وسرعة الرياح مما يعمل على خفض الرطوبة، بينما ترتفع الرطوبة في الخريف والشتاء بسبب انخفاض درجة حرارة الجو (عويس الرشيدي، ٢٠٠٢). ارتفاع نسبة الرطوبة بالقرب من قواعد الصخور الارتكازية يؤدي إلى تحلل وإذابة الرواسب الجيرية السطحية منها. الأمر الذى يؤدي إلى تسهيل مهمة الرياح في بريها و إزالتها.

بالنسبة للرياح فإنها تهب على الصحراء البيضاء من جميع الجهات، ولكن بصفة عامة تسود الرياح الشمالية باتجاهاتها المختلفة. وعلى الرغم من أن الصخور الارتكازية رُبما ساهمت في تشكيلها رياح سادت في ظل ظروف مُناخية سابقة (Donner, et al., 1999, p277)، كانت الاتجاهات السائدة للرياح خلالها مغايرة للظروف الحالية إلا أن الرياح الحالية التي تهب من جميع الاتجاهات، ربما كان لها دور أيضاً في استمرار نحت وإعادة تشكيل الصخور الارتكازية في الوقت الحاضر، ويستدل على ذلك من خلال احتفاظ الصخور الارتكازية بنفس شكلها حتى الآن.

وللرياح الحالية أهميتها في تشكيل الصخور الارتكازية خاصة وأنها تهُب على منطقة الصحراء البيضاء بسرعات مُثيرة للرمال تزيد عن ١٨ كم/ساعة الأمر الذي يزيد من فعالية الرياح في بري قواعد الصخور الارتكازية وتذرية الرواسب (Phillips, 2002, P226)، ومن ثم تُساهم بدور في إعادة تشكيلها في الوقت الحالي. وعلى الرغم من قلة نسبة هبوب الرياح الجنوبية بمنطقة الدراسة إلا أنها غالباً ما تهب على شكل عواصف ترابية شديدة مما يزيد من قدرتها على نحت الصخور الارتكازية. ويستدل على هبوب الرياح من جميع الجهات بمنطقة الدراسة من خلال وجود تراكم للرمال حول بعض الصخور الارتكازية في شكل دائري خاصة في المراحل الأولى من تشكيلها. ويُعتقد أن الرياح هي عامل النحت الرئيسي عن نحت الصخور الارتكازية في الوقت الحاضر، وخصوصاً وأن هناك عدداً

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

من قمم الصخور الارتكازية سقطت على الأرض بفعل الجاذبية الأرضية بعد تآكل أعمدتها الجيرية بواسطة نحت الرياح.

ثانياً: التعريفات المُختلفة للصخور الارتكازية.

يُطلق على الصخور الارتكازية Pedestal rocks العديد من الأسماء المختلفة حيث تُسمى فى تايون باسم صخور الشؤم "Hoodoo rocks" (عماد الدين أفندي، ٢٠١٤، ص ١٣٢)، وهو مُصطلح لبعض الأشكال الغريبة والعجيبة من أشكال الصخور الطبوغرافية العمودية الناتجة عن التجوية التفاضلية (Thornbury,1954). وتُسمى هذه الصخور في الكتابات الفرنسية باسم "موائد الشياطين Devils Table، حيث تنتشر على الحافات التي تتكون من الحجر الجيرى. وتُعرف أيضاً باسم صخور المشروم Mushroom rock (سهام هاشم، ١٩٩٠، ص ٢٢٢)، وهي كتل متبقية من الأساس الصخري الأضعف متوَجة في قمتها بصخور أكثر صلابة (Neuendorf, 2005, P429). كما يُعرّف المشروم أيضاً على انه صخرة تشبه المائدة القائمة على عمود واحد محدود القُطر بالنسبة للسطح العلوي المستوي عظيم الاتساع (مجدي تُراب، ١٩٩٦، ص ٤٢-٤٣). كما يُطلق عليها أيضاً اسم الموائد الصخرية table rocks، وأطفال الصخر stone babies التي تشكلت بفعل العواصف الرملية. حيث إن تشكيل صخور أطفال الصخر تستخدم مصطلح نافاجو Navajo (Kirk Bryan,1923, p1)، وتكون الرياح المعنية بالدرجة الأولى في تشكيلها؛ أما تشكيل الأنواع الأخرى فالرياح تقوم بدور العامل المساعد في تشكيلها؛ وكثير من هذه الأشكال وصلت إلى شكلها الحالي بدون مساعدة من العواصف الرملية.

ومما سبق يتضح أن مُصطلح الصخور الارتكازية مُصطلح شامل يُطلق على مُعظم الصخور الارتكازية التي تتميز بأن لها أسطح أكثر مقاومة لعمليات النحت وترتكز على عمود صخري يتألف من الصخور الضعيفة الذي يتعرض للنحت المستمر بفعل عمليات النحت والتآكل المختلفة. لذا

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

فإن الدراسة الحالية استخدمت مُصطلحي الصخور الارتكازية والمشروم للتعبير عن نفس المظهر الجيومورفولوجى.

ثالثاً - أصل ونشأة الصخور الارتكازية (المشروم) بمنطقة الصحراء البيضاء:

يُمكن تفسير نشأتها فى منطقة الصحراء البيضاء كما يلي:

- من المؤكد أن وجود صخور الحجر الجيرى الطباشيري (تكوين خومان) في منطقة الصحراء البيضاء تكون ملائمة جداً لتشكيل وتطور الصخور الارتكازية. حيث يؤدى اختلاف صلابة صخور الحجر الجيرى وشدة مقاومة الصخور الأكثر صلابة لعمليات النحت والتآكل إلى تشكيل قمة الصخور الارتكازية.

- الانحدار اللطيف لصخور الحجر الجيرى الطباشيري التابع لتكوين خومان ساعد على إمكانية تشكيل وتطوير الصخور الارتكازية بشكل كبير في منطقة الصحراء البيضاء. وإمكانية حدوثها فقط عندما ترتكز الصخور الجيرية على سطح مستو تقريباً حيث تتعرض الصخور الجيرية للتآكل على نطاق واسع.

- التطور الكبير للشقوق والفواصل المنتشرة بصخور الحجر الجيري تُعد عامل اخر مسئول عن التشكيل المثالي لصخور الحجر الجيرى التي تؤدي إلى تشكيل الصخور الارتكازية عندما تتسع الشقوق والفواصل بفعل النحت والتآكل الشديد.

- وربما أهم من ذلك كله هو حركة الرفع التي تعرضت لها المنطقة خلال نهاية الكريتاسي واستمرت حتى بداية الزمن الثالث. وقد ترك هذا ما تبقى من الحجر الجيرى الطباشيري خالية من الدمار الذى سببه النحت الشديد بفعل الأمواج بعد انبثاقها وظهورها فوق مستوى سطح البحر. وبما أن الصخور الارتكازية موجودة بمنطقة الدراسة في وضع غير مستقر منذ آلاف السنين، لذا فهي يُمكن أن تُساعد في الحد من ذروة سرعة الأرض ومحتوى تواتر الحركات الأرضية التي لا يُمكن أن تكون

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

حدثت خلال الوقت الذي كانت فيه الصخور الارتكازية في وضع غير مستقر (Veeraraghavan & Krishnan, 2012, p1)

رابعاً - العوامل التي تساعد على نشأة الصخور الارتكازية:

تتضافر مجموعة من العوامل في نشأة الصخور الارتكازية بمنطقة الصحراء البيضاء، وهي كما يلي:

- العامل الجيولوجي:

تشغل الصخور الجيرية والطباشيرية السواد الأعظم من تكوينات الصحراء البيضاء، ويغطي الطباشير الأبيض طبقة سمكها يتراوح بين ٣٠ - ٥٠ سم وهذه الطبقة تعكس بيئة الترسيب القديمة وهي بيئة بحرية عميقة، كما تتميز تلك الصخور بشدة القابلية للإذابة بفعل المياه مما أدى إلى انتشار العديد من الصخور الارتكازية، وخاصة مع تعرض المنطقة للعديد من الفترات المطيرة طوال تاريخها الجيولوجي الممتد منذ الزمن الثاني وحتى البلايستوسين. كما يُغطي الطفل مساحات واسعة من منطقة الدراسة وهو صخر قليل الصلادة لا يصمد أمام عوامل التحات المختلفة، وقد كان لموقعه الطباقي أسفل طبقات الحجر الجيري دور واضح في تشكيل الصخور الارتكازية، حيث ساعد الطفل على نشاط عمليات النحت والتآكل بالإضافة إلى نشاط عمليات التقويض والانزلاق والسقوط الصخري على طول حافات منخفض الصحراء البيضاء، وقد أسهم ذلك في نحت تلك الحافات وتراجعها وتشكيل بعض الصخور الارتكازية بالقرب من تلك الحافات صورة (١). وقد ساهم تقطع المنطقة بالعديد من الشقوق والفواصل التي تشكل مناطق ضعف، إذ نشطت عوامل التحات المختلفة على طول محاورها، ويظهر تأثيرها واضحاً في محاور الصخور الارتكازية.

ويتضح مما سبق أن الصخور الارتكازية غالباً ما تنشأ في ظل وجود تباين للطبقات حيث تتعاقب صخور الحجر الجيرى الأكثر صلابة فوق

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

صخور الطفلة اللينة الأقل مقاومة لعوامل النحت، ويتم نحت طبقات الطفلة اللينة بمعدل أسرع من صخور الحجر الجيرى الأكثر صلابة.

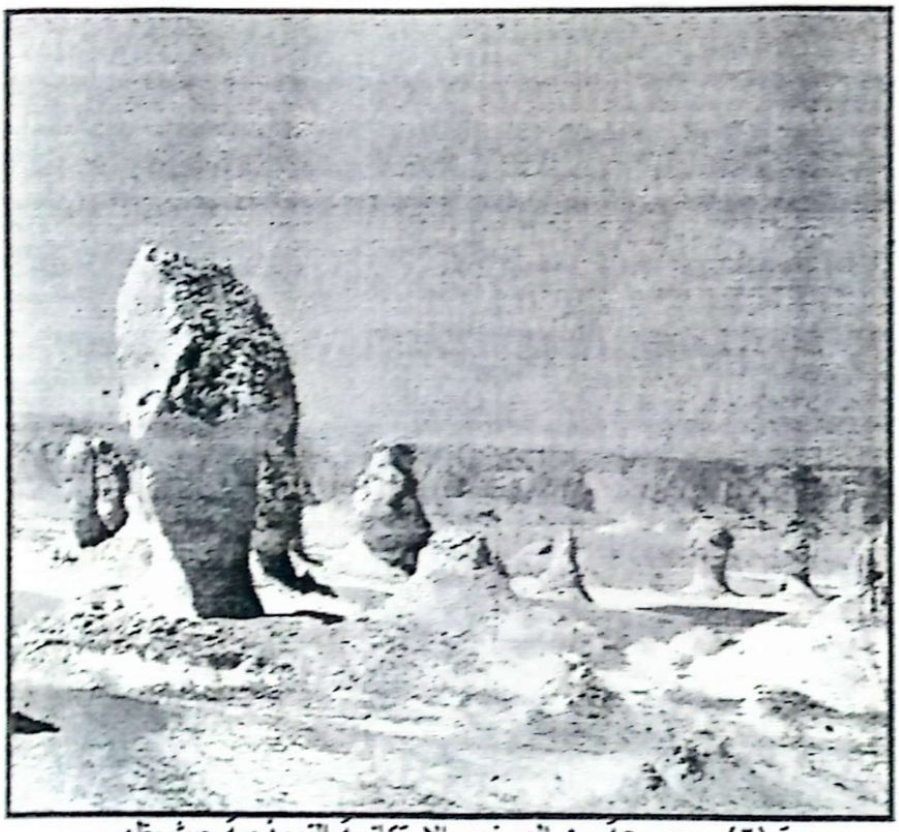
– عامل المُناخ:

تُساعد الحرارة المرتفعة في منخفض الصحراء البيضاء وكبر المدى الحراري اليومي والفصلي والسنوي على زيادة نشاط عمليات التجوية الميكانيكية والتفكك وبالتالي سهولة التآكل في جوانب الصخور الارتكازية، فقد ترجع التجويفات الجانبية في الصخور الارتكازية لعمليات النحت الجانبي في الطبقات الأقل صلابة وتفاوت التفكك والتحلل وعملية التجوية المتغايرة في الصخور Differential Weathering، كما يرجع حالياً تأثير التجوية الكيميائية وخاصة عملية الإذابة حول التقاء حضيض الصخور الارتكازية بسطح الأرض المتشبعة بنسبة عالية من الرطوبة أو الأرض المبتلة، أي ترجع إلى فعل المياه الباطنية، بينما تقل عملية التجوية الكيميائية على السطح العلوي من الصخور الارتكازية (Goudie, 2004, p768). وتأثرت منطقة الدراسة بالظروف المُناخية المطيرة التي سادت في الزمن الثالث، وكذلك خلال الفترات المطيرة في البليستوسين، كما تأثرت بالظروف شديدة الجفاف التي أصبح لها السيادة منذ البليستوسين وحتى الوقت الحالي.

يُساعد جفاف الرياح على زيادة نشاطها في حمل أدوات النحت من ذرات الرمال التي تنحت بها جوانب الصخور الارتكازية، وصقل مُحيطها، بينما السطح العُلوي من الصخور الارتكازية لا يتعرض كثيراً لفعل الرياح المُحملة بالرمال، ويقتصر دورها هنا على تهذيب قمة أو سطح الصخور الارتكازية سواء كانت القمة مسطحة أو غير مسطحة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

صورة (١) إحدى الصخور الارتكازية في حضيض إحدى حافات الصحراء البيضاء والناتجة عن تراجع الحافة وتأخذ شكل المشروم،



صورة (٢) مجموعة من الصخور الارتكازية التموذجية حيث يظهر العمود الصخري أو الرقبة الرفيعة الشكل التي نتجت بفعل عوامل التحت المختلفة، تظهر أسفل القمة المستديرة التصدعات

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

- الأودية الجافة والجريان السطحي:

تُعد منطقة الصحراء البيضاء جزءاً من منخفض وادي حنس، ومنخفض عين المكفي (عين السرو)، ويوجد بالمنطقة العديد من مجارى الأودية والمسيلات التي تُقطع جوانب بعض التلال والأعمدة الجيرية بالمنطقة، مما يشير إلى دور النحت المائي بالإضافة إلى الإذابة في نشأة تلك التلال وتطورها إلي أشكال متنوعة ومنها الصخور الارتكازية موضوع الدراسة الحالية، بالإضافة إلي دور الجريان السطحي؛ حيث يوجد العديد من القنوات الجافة التي تتخلل منطقة الدراسة وعلى جوانب بعض التلال الصخرية.

وقد لُوحظ ميدانياً أن معظم الصخور الارتكازية بمنطقة الدراسة ذو قمم مستديرة مصقولة صورة (٢). ويُعد ذلك دليلاً آخر على تشكيلها بفعل الإذابة خاصة في المناطق المنخفضة حيث تجمعت فيها المياه خلال الفترات المطيرة الأغزر مطراً من الآن فكونت بُحيرات، وتسربت المياه خلال الشقوق والفواصل التي يتميز بها الحجر الجيري والطباشيري في البداية، الأمر الذي ساعد على نشاط عمليات إذابة الحجر الجيري بفعل المياه، ثم هبط السطح تدريجياً وتكونت منخفضات ثانوية، مع بقاء بعض الكتل الصخرية التي لم تستكمل المياه نحتها وإذابتها. وقد يكون ذلك سبباً في نحت الصخور الارتكازية من جميع جهاتها بدرجة متساوية وليس من جانب واحد.

– الوضع الطبوغرافي:

يتطلب توفر سطح مستوى توجد عليه هذه الصخور الارتكازية حتى تتمكن الرياح من مزاولة نشاطها وتشكيلها وتهذيبها (Twidale and Campbell, 1992, p4)، وتنتشر الصخور الارتكازية بمنخفض الصحراء البيضاء فوق سطح شبه مستو يكاد يخلو تماماً من أي تضاريس مرتفعة الأمر الذي ساعد الرياح في فترات الجفاف من إعادة تشكيل وتهذيب الصخور الارتكازية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

خامساً - التأثير النسبي لكل من الرياح والمياه في تشكيل الصخور الارتكازية:

يوجد تأثير نسبي لكل من الرياح والمياه في تشكيل الصخور الارتكازية في منطقة جافة مثل الصحراء البيضاء. فمجرد وجود الصخور الارتكازية بمنطقة الدراسة لا يُعتبر دليل على تشكيلها بفعل التعرية الريحية؛ لأن التجوية التفاضلية في المناطق الرطبة هي التي تُشكل هذه الصخور أيضاً (Kirk Bryan,1923. P4)

ويتضح فعل الرياح في مناطق معينة في الصخور الارتكازية بمنطقة الصحراء البيضاء مثل صقل الصخور، إلا أن طريقة تشكيل الصخور الارتكازية تتم بواسطة غسل المطر والنحت التفاضلي بصفة رئيسية وتم تحديد ذلك بدقة كبيرة ميدانياً.

وقد لوحظ ميدانياً أن منطقة الصحراء البيضاء تحيط بها الجروف من جميع الجهات. وبالنسبة للصخور الارتكازية فوجد أنها تتشكل من كتل من صخور الحجر الجيري الطباشيري التي ترتكز فوق الطفل بحيث الكتل ترتكز على صخور الجروف الأساسية. وتتطور منطقة الدراسة بشكل كبير على مسافة ١٣ كم إلى الشمال من واحة الفرافرة. وقد تعرضت الكتل الضخمة من الحجر الجيري الطباشيري لعمليات التقويض السفلي بفعل النحت وسقطت عند حضيض المنحدرات.

يتآكل الحجر الجيري الطباشيري المكون الأساسي للصخور الارتكازية في جزء منه بواسطة غسل المطر ولكنه يتآكل إلى حد كبير بواسطة القنوات المائية المؤقتة التي تتعاقب على الحافات الجيرية الطباشيرية وتُشكل قنوات رأسية تقريباً عميقة في طبقات الطفل. كما تتأثر قواعد الصخور الارتكازية بالمياه الجوفية التي تتسرب من خلال طبقات الحجر الجيري؛ من خلال الشقوق والفواصل الموجودة في الصخر. بسبب المحتوى الكبير من الجبس والأملاح الذائبة الأخرى في تكوينات الحجر الجيري فان هذه المياه الجوفية لها دور فعال في إضعاف الصخر وتقويض المنحدرات والجروف وقواعد الصخور الارتكازية. ويتم التآكل

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أو النحت الرئيسي في منطقة الدراسة بواسطة عمليات التجوية بسبب الأمطار والقنوات المائية على الرغم من وجود بعض الآثار لفعل نحت الرياح في الوقت الحالي. لذا فإن وجود علامات النحت على الصخور الارتكازية لا يُمكن ذكرها كدليل على التعرية الريحية فقط.

١- نموذج مقترح لتوضيح أثر المطر القديم في نشأة وتشكيل الصخور الارتكازية.

أثناء إحدى الدراسات الميدانية التي قام بها الباحث لمنطقة الصخور الارتكازية بالصحراء البيضاء في شهر فبراير عام ٢٠١٤ حيث كانت الأمطار تسقط على المنطقة بصورة فجائية ومُركزة ولمدة ساعة تقريباً، قام الباحث بمحاولة لوضع تصور عن كيفية تشكيل الصخور الارتكازية، حيث كانت فرصة لمراقبة تأثير الأمطار على الصخور الارتكازية كما يلي:

خلال أول رُبع ساعة من سقوط الأمطار كانت الرياح شرقية، وكانت المنطقة أسفل الصخور الارتكازية الكبيرة الحجم جافة تماماً. وفى نهاية الرُبع ساعة بدأت المياه تنقط من الجانب الشرقي من الكتل الصخرية، وحينئذ، تحول اتجاه الرياح إلى الغرب، وبدأت تسقط نقط مياه غزيرة على هذا الجانب، مع استمرار تنقيط المياه على الجانب الشرقي. وشكلت المياه غشاء رقيق من المياه يمتد من الأسقف المعلقة من الصخور الارتكازية على ارتفاع متر واحد تقريباً ويمتد حتى الجانب السُفلى من الصخور الارتكازية. من هذا المكان تكونت ستارة من قطرات المياه المتساقطة التي سرعان ما امتدت في جميع أنحاء قاعدة الصخور الارتكازية. وستارة قطرات المياه عبارة عن مصطلح لوصف الغطاء والخط الرقيق من المياه المتساقطة من أي صخور ذات سقف معلق أو متدلي (Eason, H. & Eugene, H, 2001, p3).

وباستمرار سقوط المطر زاد تسرب المياه من غشاء المياه إلى مسافة أبعد أسفل الجانب السفلي من الصخور الارتكازية حتى وصلت المياه في النهاية وبدأت تُبلل الجزء العلوي من الصخور الارتكازية. وقد لوحظ

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

حدوث ذلك في كل الصخور الارتكازية كبير الحجم. مع بعض التعديلات في الصخور الارتكازية الأصغر حجماً وأقل نموذجية في شكلها.

تظهر شكل ستائر التنقيط على الكتل الصخرية الكبيرة، على بُعد حوالي متر واحد داخل الحد الخارجي للكتلة الصخرية. ومع ذلك فإن هذه المسافة تتعدل على حسب اتجاه الرياح، وشكل الصخور الارتكازية، ونسيج الصخر. وتظهر ستائر التنقيط بشكل ثابت في مواضعها المنتشرة أسفل بعض الصخور الارتكازية عموماً. ولكن قطرات الماء تسقط إلى داخل الستارة الرئيسية في مواضع معينة. وربما تتشكل ستائر ثانوية أخرى. حيث تصطدم بشدة قطرات الماء بسطح الأرض فتمزج كل الرواسب الدقيقة من الأرض في الطين وتصبح حمولة عالقة تُنقل بعيداً عن الصخور الارتكازية بواسطة المسيلات الصغيرة؛ والرواسب الخشنة، إما تكون على شكل شظايا رقيقة من الحجر الجيري الطباشيري المشتق من تكوين خومان أو من الحصى المدور المشتق من كتل الكنجلومريت، وتظل في مكانها وتشكل رصيف من الحصى والحجارة الذي يقاوم فعل سقوط قطرات الماء. وتُشكل إزالة المواد الناعمة أخاديد التنقيط drip furrow حول الصخور الارتكازية. مشابهة لمرزاب أسقف المنازل الذي يمنع قطرات المطر من السقوط أمام المنازل مباشرة.

الجداول والمسيلات الصغيرة تغذيها مياه الأمطار المتساقطة على الأرض المجاورة حيث تقوم بتعميق أخاديد التنقيط حول الصخور الارتكازية أو أنها تملئها بالمواد التي جلبتها من أماكن أخرى التي ربما يتم إزالتها لاحقاً بواسطة قطرات المطر. وقد لوحظ أسفل الصخور الارتكازية الكبيرة أن أخاديد التنقيط الصغيرة لا تستمر بشكلها الحلقي عموماً وإنما قد تُشكل قنوات قريبة من هذه الجداول والمسيلات.

غشاء المياه التي تزحف على سطح الصخرة يغذي ستارة التنقيط بالمياه ثم يذهب بعيداً عنها، وأخيراً تصل المياه إلى قمة الصخور الارتكازية. لو أن المطر استمر طويلاً بما فيه الكفاية لكان غشاء المياه بدون شك سيغطي الصخور الارتكازية كلها.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أثناء ملاحظات الباحث في وقت سقوط الأمطار وُجد أن المياه التي وصلت إلى قمة الصخور الارتكازية تم امتصاصها هناك في طبقة من المواد السائبة يتراوح سُمكها من ٥ إلى ١٠ سم. ثم تسربت إلى طبقة الطفل الموجودة أسفل منها. وبمقارنة كمية المياه التي تسقط على قمة الصخور الارتكازية والجانبين أثناء سقوط مثل هذا المطر لوحظ أن كمية المياه التي تصل إلى قمة الصخور الارتكازية تكون صغير جداً. ولكن يكون لها تأثير واضح في المساعدة على تجوية الصخور الارتكازية ونقل الرواسب المجواه بعيداً عنها.

ويبدو فعل المطر واضح في تشكيل الصخور الارتكازية. الجزء الأكبر من المياه التي انسابت من الصخور الارتكازية تسقط في ستارة التنقيط على بعد حوالى متر واحد من الحد الخارجي للصخور الارتكازية. تشكيل أخاديد التنقيط من الجداول والمسيلات الصغيرة التي تنقل الرواسب الناعمة بعيداً عن الصخور الارتكازية. غسل المطر يكون للمناطق المجاورة ويميل إلى التركيز في هذه الأخاديد ويساعد في عملية النقل. الشظايا الأكبر حجماً تنتشر فوق الرصيف وتظل هكذا لفترة طويلة إلى ان يتم تجويتها إلى جزيئات أصغر حجماً بحيث يسهل نقلها أو إنها تظل هكذا إلى أن تأتي مجارى مائية أكبر حجماً عن طريق التوسيع الجانبي تميل نحو المنطقة فتجرفها معها بعيداً عن الصخور الارتكازية. ولكن الشظايا الأكثر صلابة ومقاومة ليست كثيرة، وبالنسبة لتجوية كتل الصخور الارتكازية فإنها بطيئة، ويتضح ذلك من خلال أسطحها الناعمة المغطاة بقشرة بُنية اللون، وينتشر عليها أقراص العسل (صورة: ٣).

أما الكتل ذات الطبقات الرأسية فليس لها مثل هذه القشرة الناعمة. ولكن أسطحها خشنة وناصعة اللون. الشظايا الأكثر صلابة وأكثر مقاومة اشتقت من الكتل الصخرية التي تنتشر فوق الأساس الصخري الذي

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

صورة (٣) مجموعة من الصخور الارتكازية يظهر على قمتها أقراص العسل، وتتميز بقمتها الأكثر

صورة (٤) مشروم نموذجي يتميز بقمته المسطحة التي تظهر على شكل سقف معلق وترتكز على عمود

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يتكون من الكتل الصخرية، وتقوم بحماية صخور الطفل التي توجد أسفل منها من تسرب قطرات المطر إليها. كما أن السطوح الخشنة تؤخر حركة المياه في اختراقها بين الصخور.

الأمطار الخفيفة ربما لا تُسبب تنقيط من مثل هذه الكتل. ولهذه الأسباب الصخور ذات الطبقات الرأسية تقف مكونة الأعمدة الطباشيرية. والمنحدر مُحدد بواسطة قدرة غسل المطر المحلي كلياً لكي تنحت طبقة الطفل الموجودة أسفل الحجر الجيري. هذا النوع من خصائص السطح للكتل الصخرية التي تسمح لغطاء المياه أن يمتد إلى الجانب الأسفل من الكتل الصخرية لمسافة واحد متر أو ٩٠ سم قبل السقوط، ولعل ذلك يُفسر حقيقة أن الكتل الصخرية الكبيرة فقط التي يبلغ قطرها أكثر من ١.٨ متر هي التي تقف على أعمدة أو ركائز. وتكون في النهاية الشكل المعروف للصخور الارتكازية. الكتل الصخرية التي يبلغ قطرها نحو ١.٨ م تأخذ شكل صخور المشروم ذو القمة المسطحة وتبدو على شكل سقف معلق وترتكز على عمود صخري قليل السمك جداً لدرجة أن سقوطها إلى الجانب يبدو وشيكاً (صورة: ٤).

الصخور الارتكازية، لو تشكلت بفعل ستائر التنقيط، إذاً ينبغي أن تكون كبيرة بقدر حجم الأخاديد الحلقية الشكل التي تحيط بها وتسمى بأخاديد التنقيط أو تحززات التنقيط. علاوة على ذلك فإن معظم الصخور الارتكازية قليلة السُمك، هذه الصخور الارتكازية وغيرها تعرضت صخورها للتآكل لأكثر من ١٠٠ سم خلف ستائر التنقيط. وهذه الصخور الارتكازية لها جوانب رأسية تقريباً، وليس لها منحدر هشيم ويمكن تفسير وجود هذه الملامح نتيجة فعل غشاء المياه الذى يمتد داخل ستائر التنقيط.

أدى غشاء الماء تقريباً إلى ترطيب قمة الصخور الارتكازية في يوم سقوط المطر، ولكن إذا سقطت أمطار أغزر فإن المياه قد تُغطي قمة الصخور الارتكازية تماماً. حتى الكمية الصغيرة من المياه فإنها تكون

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

فعالة في نحت صخور الحجر الجيري الطباشيري التي ترتكز على طبقات الطفلة اللينة والتي يسهُل اختراقها، وتنتشر بها الشقوق والفواصل الراسية حيث يتغلغل فيها الجبس والأملاح الذائبة الأخرى. وكمية صغيرة من المياه تصل إلى قمة الصخور الارتكازية وتتسرب داخل الصخر تكون كافية لفتح وتوسيع الشقوق والفواصل وتجلب إلى السطح الأملاح الذائبة، والطفل لا يتفتت ويلين ويمكث فقط على السطح ولكن ينسلخ من الشقوق والفواصل الراسية.

ويُمكن تفسير وجود الجوانب الراسية من الصخور الارتكازية نتيجة فعل غشاء المياه أثناء حدوث العواصف العادية. ولكن ليس من المؤكد انه حتى الأمطار الغزيرة سوف تنتجَ ما يكفي من الماء لغشاء المياه لتغطية الصخور الارتكازية بالكامل وجريان المياه عند حضيضها بكميات كبيرة بما يكفي لحمل الرواسب بعيداً عن منحدر الهشيم.

يتضح من العرض السابق أن النحت المباشر لتشكيل الصخور الارتكازية يكون بفعل المطر. يؤدي تساقط قطرات المياه من أخاديد التنقيط، والهجرة الجانبية للجداول الصغيرة إلى إزالة منحدر الهشيم من الصخور الارتكازية. ومن الممكن أيضاً أن تذرية الرياح قد تلعب دوراً مهماً في إزالة منحدر الهشيم من الصخور الارتكازية في وقتنا الحالي (صورة: ٤).

من خلال الوصف والتحليل السابق يبدو أن الأمطار وعمليات التجوية هي المختصة بتشكيل الصخور الارتكازية وخاصة الأمطار الغزيرة أثناء الفترات المطيرة الماضية، ويؤيد هذا الاستنتاج من خلال التناقض بين قواعد الكتل الصخرية التي تتألف من الطبقات الراسية وتلك الكتل الصخرية التي تتألف من الطبقات الأفقية.

٢- نموذج مقترح لإبراز دور الرياح في نحت وتراجع الصخور الارتكازية:

تم خلال الدراسة الميدانية لمنطقة الدراسة عمل نموذج لقياس مُعدل نحت وتراجع الطبقات المختلفة التي تتألف منها صخور المشروم، وذلك

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

فعالة في نحت صخور الحجر الجيري الطباشيري التي ترتكز على طبقات الطفلة اللينة والتي يسهُل اختراقها، وتنتشر بها الشقوق والفواصل الرأسية حيث يتغلغل فيها الجبس والأملاح الذائبة الأخرى. وكمية صغيرة من المياه تصل إلى قمة الصخور الارتكازية وتتسرب داخل الصخر تكون كافية لفتح وتوسيع الشقوق والفواصل وتجلب إلى السطح الأملاح الذائبة، والطفل لا يتفتت ويلين ويمكث فقط على السطح ولكن ينسلخ من الشقوق والفواصل الرأسية.

ويُمكن تفسير وجود الجوانب الرأسية من الصخور الارتكازية نتيجة فعل غشاء المياه أثناء حدوث العواصف العادية. ولكن ليس من المؤكد انه حتى الأمطار الغزيرة سوف تنتج ما يكفي من الماء لغشاء المياه لتغطية الصخور الارتكازية بالكامل وجريان المياه عند حضيضها بكميات كبيرة بما يكفي لحمل الرواسب بعيداً عن منحدر الهشيم.

يتضح من العرض السابق أن النحت المباشر لتشكيل الصخور الارتكازية يكون بفعل المطر. يؤدي تساقط قطرات المياه من أخاديد التنقيط، والهجرة الجانبية للجداول الصغيرة إلى إزالة منحدر الهشيم من الصخور الارتكازية. ومن الممكن ايضاً أن تذرية الرياح قد تلعب دوراً مهماً في إزالة منحدر الهشيم من الصخور الارتكازية في وقتنا الحالي (صورة: ٤).

من خلال الوصف والتحليل السابق يبدو أن الأمطار وعمليات التجوية هي المختصة بتشكيل الصخور الارتكازية وخاصة الأمطار الغزيرة أثناء الفترات المطيرة الماضية، ويؤيد هذا الاستنتاج من خلال التناقض بين قواعد الكتل الصخرية التي تتألف من الطبقات الرأسية وتلك الكتل الصخرية التي تتألف من الطبقات الأفقية.

٢- نموذج مقترح لإبراز دور الرياح في نحت وتراجع الصخور الارتكازية:

تم خلال الدراسة الميدانية لمنطقة الدراسة عمل نموذج لقياس مُعدل نحت وتراجع الطبقات المختلفة التي تتألف منها صخور المشروم، وذلك

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بهدف إبراز دور الرياح في إعادة تشكيل وتهذيب الصخور الارتكازية، وتم تطبيق النموذج على مشروم واحد مُسطح القمة، وتم ذلك باستخدام قامة من الخشب طولها ٦ أمتار لتمثل العمود الهوائي الواصل بين أعلى الظاهرة وسطح الأرض التي ترتكز عليه، بالإضافة إلى قامة أخرى من الخشب طولها ٤ أمتار لقياس مقدار نحت وتراجع الظاهرة ومدى عُمق برى الرياح داخل الصخر وذلك على كلا الجانبين المواجه للرياح والمظاهر لها بالنسبة للمشروم، وقد تم القياس على مسافات غير متساوية حسب ارتفاع وسُمك الطبقات التي تشكل صخور المشروم. كما تم قياس مقدار نحت وتراجع صخور المشروم في ضوء العلاقة بين سرعة الرياح والارتفاع النسبي عن سطح الأرض وذلك على مدار عام كامل كما يوضحها الجدول (١) .

جدول (١) العلاقة بين سرعة الرياح والارتفاع عن سطح الأرض

الارتفاع عن السطح بالمتر	سرعة الرياح سم / ثانية
٠.١	١٠٤
١.٢	٢٧٢
١.٨	٣٠٤

المصدر : (جوده التركماني، ٢٠٠٠، ص٢٠٤)

يتضح من الجدول (١) ان سرعة الرياح تزداد بالارتفاع عن السطح المُلامس لعمليات جرف وقفز الحبيبات بفعل حركة الرياح، الأمر الذى يزيد من قدرة الرياح على تحريك حبيبات الرمال وحدوث حركة القفز.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

جدول (٢) مقدار نحت وتراجع صخور أحد المشروم

الارتفاع عن سطح الأرض (م)	مقدار النحت في الجانب المواجه للرياح (م)	مقدار النحت في الجانب المظاهر للرياح (م)	نوع الصخر
٠.٣٥	٢	٠.٣	حجر جيري
٠.٥	٢.٢	٠.٥	حجر جيري
٠.٧٥	٢.٤	٠.٧	طفل
١	٢.٥	١	طفل
١.٥	٣.٢	١.٥	طفل
٢	٢.٧	١.٣	حجر جيري
٣	٠.٥	٠.٢	حجر جيري صلب

الجدول : من إعداد الباحث وقياساته الميدانية

- دور الرياح في نحت وتراجع المشروم :

يتضح من جدول (٢) ان الرياح تؤدي دوراً كبيراً في نحت وتراجع المشروم في ظل ظروف الجفاف التي تمر بها منطقة الدراسة حالياً، وساعدها في ذلك تغير اتجاه الرياح وزيادة سرعتها القوية، وسيادة ظروف الجفاف بالصحراء البيضاء، بالإضافة إلى التتابع الطباقي للصخور حيث ترتكز صخور الحجر الجيري الصلبة فوق طبقات الطفلة اللينة، الأمر الذى أدى إلى زيادة قدرة الرياح على نحت طبقات الطفل اللينة الواقعة أسفل طبقات الحجر الجيري الأكثر صلابة ومقاومة لنحت الرياح، مما أدى إلى زيادة نحت وتراجع جوانب المشروم. وللتعرف على

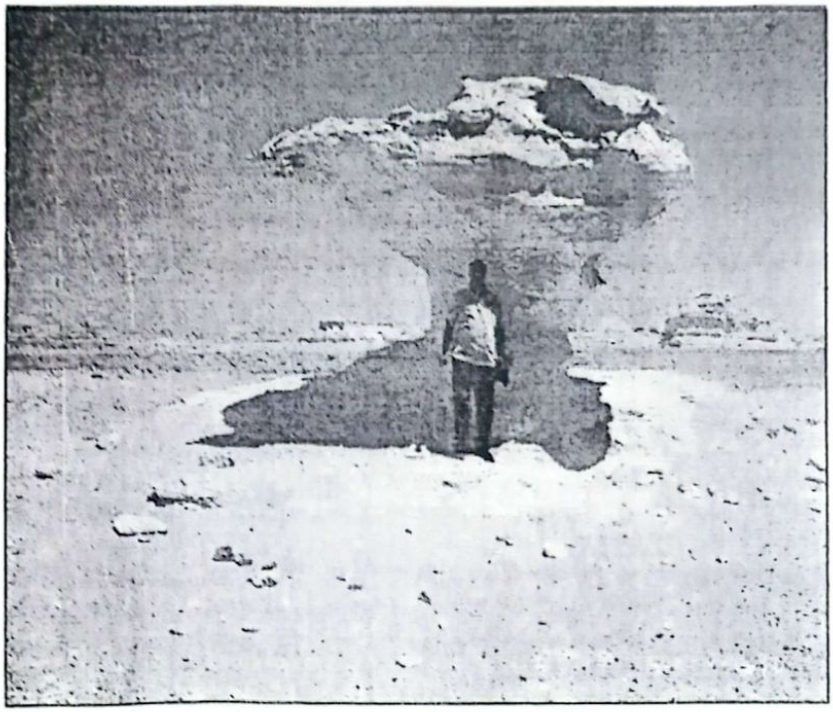
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

دور الرياح في تشكيل المشروم في الوقت الحالي فيتم ذلك من خلال نقطتين رئيسيتين هما: الأولى دراسة تأثير التتابع الطباقي لصخور منطقة الدراسة في زيادة نشاط وقدرة الرياح على نحت وتراجع المشروم، الثانية دراسة تأثير الارتفاع عن سطح الأرض في زيادة نشاط وقدرة الرياح على النحت. كما في جدول (٢) .

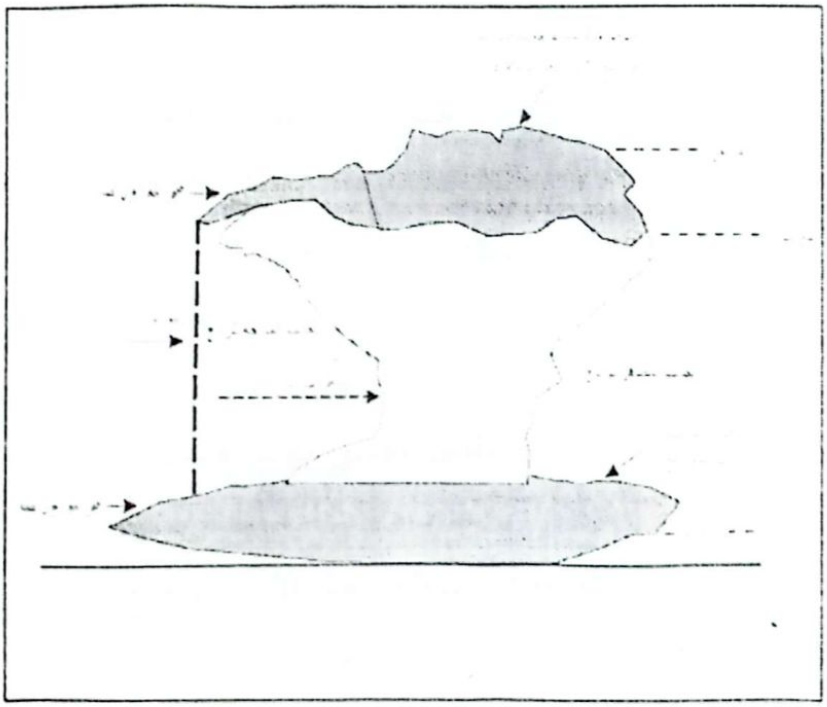
- دراسة تأثير التتابع الطبقي لصخور منطقة الدراسة في نحت وتراجع المشروم:

يتضح من الجدول (٢) والشكل (٥) أن قدرة الرياح على النحت تتوقف على الطبقات الصخرية المُشكلة لصخور منطقة الدراسة، وبالنسبة للمشروم المُسطح القمة نجده يتألف من تعاقب صخور الحجر الجيري الصلبة التي تزتكز فوق صخور الطفلة اللينة، حيث يتراوح مقدار نحت وتراجع طبقات الحجر الجيري الصلب بين ٠.٥ متر و ٢.٢ متر في الجانب المواجه للرياح، بينما يتراوح مقدار التراجع والنحت لنفس الصخور في الجانب المظاهر للرياح بين ٠.٢ متر و ١.٣ متر، على حين يزداد مقدار النحت والتراجع في طبقات الطفل اللينة، حيث يتراوح مقدار النحت والتراجع في صخور الطفل اللينة على الجانب المواجه للرياح بين ٢.٤ متر و٣.٢ متر، بينما يتراوح التراجع لنفس الصخور على الجانب المظاهر للرياح بين ٠.٧ متر و١.٥ متر.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



احد المشروعات سطح الفطر الذى تتعلق فيه الصخور الحرة المحملة فوق تكوينات الطفلة الهشة



شكل (٥) نموذج مقترح لإبراز دور الرياح في نحت وتراجع المشروم

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يتضح مما سبق سرعة تراجع صخور المشروم المواجهة للرياح بصورة اكبر من الصخور الواقعة على الجانب المظاهر للرياح، مما يدل على مدى اهمية دراسة تأثير التتابع الطباقي لصخور منطقة الدراسة في زيادة نشاط وقدرة الرياح على نحت وتراجع المشروم، حيث يزداد نحت الرياح في الطبقات الوسطى من المشروم التي تتألف من صخور الطفلة اللينة بدرجة اكبر واسرع من الطبقات السُفلى التي ترتكز عليها التي تتألف من صخور الحجر الجيري الصلب، مما يؤدى إلى سرعة تساقط الطبقات الوسطى اللينة ويقل محيطها الأوسط وبالتالي يقل سُمك العمود الصخري الذي ترتكز عليه قمة المشروم، بينما يقل نحت الرياح في الطبقات السُفلى الصلبة مما يزيد من محيطها السُفلى، على حين تتميز قمة المشروم بصخورها الأكثر صلابة نتيجة حالة التصلب بفعل التجوية الكيميائية مما يُقلل من برى الرياح بها.

- دراسة تأثير الارتفاع عن سطح الأرض في زيادة نشاط وقدرة الرياح على النحت في جوانب المشروم.

تزداد قدرة الرياح على النحت تدريجياً بالارتفاع عن سطح الأرض، حيث يتراوح مقدار النحت على الجانب المواجه للرياح بين ٢ متر و ٢.٤ متر وذلك عند ارتفاع يتراوح بين ٠.٣٥ متر و ٠.٧٥ متر ويمثل ذلك نطاق الزحف، ويزداد عُمق النحت تدريجياً إلى أن يصل أقصى عُمق للنحت عند ارتفاع ١.٥ متر ويبلغ ٣.٢ متر وذلك على الجانب المواجه للرياح، على حين يبلغ أقصى عُمق للنحت على الجانب المظاهر للرياح ١.٥ متر عند نفس الارتفاع السابق ويمثل ذلك نطاق القفز. ويتفق ذلك مع سرعة الرياح التي تزداد تدريجياً بالارتفاع عن السطح الملامس للأرض نتيجة ابتعادها عن الاحتكاك بسطح الأرض، ثم يأخذ عُمق النحت في التناقص التدريجي بعد ذلك حيث يبلغ ٢.٧ متر عند ارتفاع ٢ متر ويدخل أيضاً ضمن نطاق القفز، ويستمر التناقص التدريجي للنحت بزيادة الارتفاع عن سطح الأرض، إلى ان يصل إلى أقل عُمق للنحت عند قمة المشروم عند ارتفاع ٣ امتار ويبلغ ٠.٥ متر على الجانب المواجه للرياح و

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

٠.٢ متر على الجانب المظاهر للرياح وقد يرجع السبب في ذلك إلى فقدان الرياح كمية كبيرة من حمولتها التي لا تقوى على حملها معها على ارتفاع أكثر من ٢ متر التي تستخدمها كمعاول نحت ويمثل ذلك نطاق التعلق.

يتضح مما سبق زيادة نشاط وقدرة الرياح على النحت بالارتفاع عن سطح الأرض، حيث يلاحظ شدة تأكل الصخور اللينة وتراجعها بشكل أكبر من التكوينات الصلبة كلما زاد ارتفاع الرياح تدريجياً عن سطح الأرض، حيث يحدث تساقط للكتل والمفتتات بسبب التقويض الريحي السفلي الذي يزداد فعالية أعلى قاعدة المشروم مباشرةً التي تتميز باتساعها نسبياً بسبب قلة فعالية التكوينات الرملية الزاحفة على السطح على قيامها بعملية النحت، بالإضافة إلى كون قاعدة المشروم تتألف من صخور صلبة نسبياً. وبارتفاع الرياح التدريجي عن سطح الأرض تزداد قدرتها على النحت إلى أن تصل ذروة قدرتها على النحت في نطاق القفز على ارتفاع يتراوح بين ٣ و ٤ أمتار، ثم تقل قدرة الرياح على النحت بعد ذلك في نطاق التعلق.

وعلى هذا يمكن القول بأن نوع الصخر نفسه هو الذي يحدد نشاط وقدرة الرياح على النحت بغض النظر على مقدار ما تحمله الرياح من حمولة تستخدمها كمعاول للنحت والهدم، إذاً يُمكن القول أيضاً أن الرياح المُحملة بالرمال تستطيع النحت بحمولتها العالقة البسيطة على ارتفاعات كبيرة نسبياً طالما أن نوعية الصخر تتميز بضعفها وقلة مقاومتها لبرى الرياح.

سادساً - التحليل المورفولوجي والمورفومتري للصخور الارتكازية في منطقة الصحراء البيضاء:

تحتوي الصحراء البيضاء على صخور ارتكازية توجد على مناسيب تصل إلى +١٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر فوق سطح لطيف الانحدار من الصخور الجيرية؛ ويُعزز ذلك من وجود بُحيرة كبيرة غطت منخفض الصحراء البيضاء خلال الزمن الثالث أو الرابع (Donner, et al., 1999).

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

٠.٢ متر على الجانب المظاهر للرياح وقد يرجع السبب في ذلك إلى فقدان الرياح كمية كبيرة من حمولتها التي لا تقوى على حملها معها على ارتفاع أكثر من ٢ متر التي تستخدمها كمعاول نحت ويمثل ذلك نطاق التعلق.

يتضح مما سبق زيادة نشاط وقدرة الرياح على النحت بالارتفاع عن سطح الأرض، حيث يلاحظ شدة تأكل الصخور اللينة وتراجعها بشكل أكبر من التكوينات الصلبة كلما زاد ارتفاع الرياح تدريجياً عن سطح الأرض، حيث يحدث تساقط للكتل والمفتتات بسبب التقويض الريحي السفلي الذي يزداد فعالية أعلى قاعدة المشروم مباشرةً التي تتميز باتساعها نسبياً بسبب قلة فعالية التكوينات الرملية الزاحفة على السطح على قيامها بعملية النحت، بالإضافة إلى كون قاعدة المشروم تتألف من صخور صلبة نسبياً. وبارتفاع الرياح التدريجي عن سطح الأرض تزداد قدرتها على النحت إلى أن تصل ذروة قدرتها على النحت في نطاق القفز على ارتفاع يتراوح بين ٣ و ٤ أمتار، ثم تقل قدرة الرياح على النحت بعد ذلك في نطاق التعلق.

وعلى هذا يمكن القول بأن نوع الصخر نفسه هو الذي يحدد نشاط وقدرة الرياح على النحت بغض النظر على مقدار ما تحمله الرياح من حمولة تستخدمها كمعاول للنحت والهدم، إذاً يُمكن القول أيضاً أن الرياح المُحملة بالرمال تستطيع النحت بحمولتها العالقة البسيطة على ارتفاعات كبيرة نسبياً طالما أن نوعية الصخر تتميز بضعفها وقلة مقاومتها لبرى الرياح.

سادساً - التحليل المورفولوجي والمورفومتري للصخور الارتكازية في منطقة الصحراء البيضاء:

تحتوي الصحراء البيضاء على صخور ارتكازية توجد على مناسيب تصل إلى +١٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر فوق سطح لطيف الانحدار من الصخور الجيرية؛ ويُعزز ذلك من وجود بُحيرة كبيرة غطت منخفض الصحراء البيضاء خلال الزمن الثالث أو الرابع (Donner, et al., 1999).

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يختلف أحجام الصخور الارتكازية، والحجم الشائع للصخور الارتكازية يتراوح ارتفاعه بين ٢ – ٣ متر ويتراوح قُطر قمته بين ١.٥ – ٢ متر. صخور القمة عادة يكون شكلها أكثر أو أقل استدارة، بسبب تجوية الحجر الجيري، وتظهر في بعض منها حفر صغيرة تشبه أقراص العسل. وبعض القمم تأخذ أشكال مختلفة عن الشكل المستدير المعتاد. يُطلق على العمود الصخري من الصخور الارتكازية أسماء أخرى مثل (الساق او الرقبة) وتكون سطحها أملس وأقل سُمكاً من القمة (Hus, T.L., 1964, p40). أعمدة بعض الصخور الارتكازية قليلة السُمك جداً لدرجة انها لا تقوى بالدرجة الكافية على تحمل القمة المستديرة الشكل التي سُرعان ما تنهار وتسقط على الأرض بفعل الجاذبية الأرضية. معظم قمم الصخور الارتكازية قُطعت بواسطة مجموعات من الشقوق والفواصل الرأسية الرفيعة المتوازية. وجود مثل هذه الشقوق والفواصل الرقيقة والعميقة يدُل على أن المفاصل الرئيسية في نظام الصخر نفسه قد لعبت دوراً مهماً في تشكيل الصخور الجيرية الأساسية إلى صخور ارتكازية، والنحت الريحي يكون أكثر فعالية على طول هذه المفاصل الرئيسية. وهناك ملامح أخرى مُلفتة للانتباه وهى نظافة ونعومة الصخور الأرضية عند حضيض الصخور الارتكازية. وترجع هذه الظاهرة إلى تذرية الرياح في الوقت الحالي. كما يتضح من الصورة (٤).

تم قياس ٧ صخور ارتكازية نموذجية الشكل تأخذ شكل المشروم بالصحراء البيضاء وذلك لتوضيح دور الرياح في إعادة تشكيل الصخور الارتكازية في الوقت الحالي وخصوصاً مع ظروف الجفاف التي تمر به منطقة الدراسة حالياً، وقد لوحظ من خلال الدراسة الميدانية لموضعها مدى زيادة نشاط نحت وبرى الرياح في جوانبها خاصة الجوانب المواجهة للرياح، حيث يزداد مقدار نحت وتراجع الجوانب التي تقع في مهب الرياح بدرجة أكبر من الجوانب التي تقع في منصرف الرياح من الصخور الارتكازية، وذلك رغم تجانس التكوين الصخري الذي تتألف منه تكوينات الصخور الارتكازية حيث تتعاقب صخور الحجر الجيرى الصلبة مع صخور الطفلة اللينة لكلا الجانبين، مما يشير إلى مدى أهمية عملية

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

النحت والبري بفعل الرياح في تشكيل الصخور الارتكازية في ظل ظروف الجفاف الحالية.

جدول (٣) ابعاد الصخور الارتكازية بالصحراء البيضاء

رقم العينة	الارتفاع (م)	محيط الجزء الأسفل	محيط الجزء الأوسط	محيط الجزء الأعلى	شكل القمة
١	٣	٧.٥	٩.٣	١٥	مسطحة
٢	٢.٥	١٠.٦	١٥.٧	٢٢.٥	مسطحة
٣	١.٨	٥.٥	٧.٤	١٠.٢	مسطحة
٤	٥	٦.٣	٨.٧	٧.٥	مستديرة
٥	٦	٧	١٠	٨.٩	مستديرة
٦	٢	٦	٥	٩	مسطحة
٧	١.٥	٤	٣	٧	مسطحة
المتوسط	٣.١	٦.٧	٨.٤	١١.٤	

الجدول: من إعداد الباحث اعتماداً على القياسات الميدانية.

يتضح من الجدول (٣) أن ارتفاع الصخور الارتكازية يتراوح بين ١.٥ متر و ٦ أمتار، بمتوسط قدرة ٣.١ متراً، ويتراوح محيط الجزء الأسفل بين ٤ أمتار و ١٠.٦ متراً، بمتوسط ٦.٧ متراً، بينما يتراوح محيط الجزء الأوسط بين ٣ أمتار و ١٥.٧ متراً، بمتوسط ٨.٤ متراً، في حين يتراوح محيط الجزء الأعلى أو قمة الصخور الارتكازية بين ٧ أمتار و ٢٢.٥ متراً، بمتوسط ١١.٤ متراً . الصورتان (٥، ٦).

ويلاحظ مما سبق مدى التفاوت في الأجزاء المنحوتة من الصخور الارتكازية، ويرجع ذلك إلى تعاقب طبقات الطفلة اللينة مع طبقات

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

صورة (٥) مشروم كبير الحجم يتميز بقمته المستديرة التي ترتكز على عمود صخري أقل سُمكاً، ويلاحظ خلو أسفل المشروم من الرواسب والمفتتات. ويتخذ هذا المشروم كشعار لمحمية الصحراء

صورة (٦) مشروم نموذجي يتميز بقمته الأكثر صلابة التي ترتكز على عمود صخري رفيع جداً، ويلاحظ وجود المفتتات الصخرية الساقطة من قمة المشروم نتيجة عمليات التجوية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

صورة (٥) مشروم كبير الحجم يتميز بقمته المستديرة التي ترتكز على عمود صخري أقل سُمكاً، ويلاحظ خلو أسفل المشروم من الرواسب والمفتتات. ويتخذ هذا المشروم كشعار لمحمية الصحراء

صورة (٦) مشروم نموذجي يتميز بقمته الأكثر صلابة التي ترتكز على عمود صخري رفيع جداً، ويلاحظ وجود المفتتات الصخرية الساقطة من قمة المشروم نتيجة عمليات التجوية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الحجر الجيري الصلبة، حيث يزداد نحت الرياح في الوقت الحالي في طبقات الطفلة اللينة بمعدل أسرع من طبقات الحجر الجيري الأكثر صلابة، كما يلاحظ أن محيط الجزء الأسفل يقل في الصخور الارتكازية وذلك لعدم قدرة الرياح على حمل ذرات الرمال الخشنة في نطاق الزحف الذي يتفق مع المُحيط الأسفل من الصخور الارتكازية مما يؤدي إلى انخفاض قدرة الرياح على النحت، بينما بالارتفاع عن سطح الأرض لحوالي ١.٥ متر تزداد قدرة الرياح على الحمل وبالتالي على النحت، في حين نادراً ما تستطيع الرياح حمل ذرات الرمال الخشنة على ارتفاع أكثر من ١.٥ متر وبالتالي تقل قدرتها على النحت.

ومن الملاحظ أيضاً أن الصخور الارتكازية مسطحة القمة يقل النحت في محيطها الأعلى ولكن يزاد النحت كلما اتجهنا نحو أسفلها حيث يصل النحت إلى ذروته في نحت محيطها الأسفل مما يقلل من محيط الجزء الأسفل ويليه الجزء الأوسط في حين يقل النحت في قمة الصخور الارتكازية وبالتالي تأخذ القمة الشكل المسطح، ويرجع السبب في ذلك لتعاقب صخور الحجر الجيرى الصلبة في القمة مع صخور الطفلة اللينة في أسفلها، بينما الصخور الارتكازية مستديرة القمة يلاحظ فيها زيادة النحت في محيطها الأعلى والأوسط بينما يقل النحت في محيطها الأسفل، الأمر الذى يؤدي إلى زيادة محيطها الأسفل ويليه الأوسط في حين يقل محيطها الأعلى، ويرجع السبب في ذلك إلى تعاقب صخور الطفلة اللينة فوق صخور الحجر الجيري الأكثر صلابة حيث ترتكز الصخور الارتكازية مستديرة القمة على صخور أكثر مقاومة للنحت في محيطها الأسفل وبالتالي يزداد محيطها الأسفل، في حين تتألف قمتها بصخور أقل صلابة مما يزيد من نشاط عملية الإذابة والنحت فيؤدى ذلك إلى ظهور القمة المستديرة الشكل. ويتضح من ذلك أن أبعاد الصخور الارتكازية ترتبط بقدرة الرياح على النحت والتشكيل، فكلما كانت الرياح قوية وزادت سرعتها ومقدرتها على النحت كلما سهل نحت الصخور الارتكازية وبالتالي تقل أبعادها، والعكس صحيح فالرياح الضعيفة يصعب عليها نحت وتشكيل الصخور الارتكازية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

سابعاً - نموذج مقترح لتوضيح المراحل التطورية لتشكيل الصخور الارتكازية (المشروم) في الصحراء البيضاء:

لوحظ من خلال الدراسة الميدانية لمناطق المشروم ما يلي:

١- تتغير خصائص الصخور في العمود الصخري للمشروم (الرقبة) تدريجياً من خلال الحدود الدُنيا وإلى قمة المشروم (الراس).

٢- يمكن تتبع نفس أثر انابيب الحفريات من العمود الصخري حتى قمة الصخر كلها.

٣- لوحظت الشظايا المُنهارة من قشرة التجوية الخارجية من عدد قليل من قمة المشروم. ويمكن ملاحظة الصخر الداخلي أسفل قشرة التجوية الخارجية من خلال الشقوق والندبات التى تظهر على سطح الشظايا المُنهارة، صورة (٦). هذه الصخور الداخلية المفصولة حديثاً من صخور قمة الصخر التي لم تتعرض بعد لعمليات التجوية ويكون لونها رمادي فاتح اللون وتشبه تلك الصخور من العمود الصخري وصخور الأرض المحيطة بها. إلى جانب ذلك، من خلال التحليل البتروجرافي لعينات الصخور المذكورة أعلاه، لم توجد اختلافات ذات أهمية بين عينات هذه الصخور الحديثة والمأخوذة من الصخور الداخلية في قمة الصخر والعمود الصخري والأرض المحيطة بها.

ويُمكن تقسيم المراحل التطورية لتشكيل الصخور الارتكازية (المشروم) إلى سبعة مراحل تطورية كما اقترحها كل من (Eason Hong & Eugene Huang, 2001, p 102- 103) وهي:

المرحلة الأولى: (مرحلة تشكيل المنخفضات وطبقة التجوية & swales weathering layer)

يتميز الحجر الجيري بقوته وتعدد ألوانه، ومختلط في تجانس بالطفل. لذلك عندما يتعرض الصخر المكشوف على السطح لعمليات النحت والتجوية المختلفة، تحدث منخفضات swales على سطح الأرض

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بأحجام وأشكال مختلفة. تتجمع أحياناً في هذه المنخفضات مياه الأمطار، وأحياناً تسخن وتجف بفعل أشعة الشمس. وفى ظل تكرار الترطيب والتجفيف، يتغير سطح المنخفضات كيميائياً ويتأكسد وتتكون طبقة التجوية وتتميز بأنها طبقة صلبة رقيقة بُنية اللون. وقد يستمر تشكيل طبقة التجوية إلى المرحلة الثالثة.

المرحلة الثانية: (مرحلة تشكيل الأخاديد الدائرية peripheral furrow)

بعدما أصبح سطح المنخفضات أشد صلابة وأكثر مقاومة لعمليات النحت، تتشكل حينئذ أخاديد دائرية ضحلة بسبب عمليات النحت التفاضلية عند أطراف المنخفضات. وتحدث الأخاديد الدائرية الضحلة على طول الشقوق والفواصل المنتشرة بالحجر الجيري. من المرجح أن الشقوق والفواصل تطورت أثناء حركة الرفع التي تعرضت لها منطقة الصحراء البيضاء حيث لعبت أيضاً دوراً مهماً في تكوين هذه الأخاديد الدائرية.

المرحلة الثالثة: (مرحلة بداية تشكيل قمة الصخر Cap rock)

يتم فيها تعميق الأخاديد الدائرية (المنخفضات الحلقية) تدريجياً. حيث كان يتكرر حدوث تجمع مياه الأمطار الغزيرة في الفترات المطيرة الماضية في الأخاديد ثم تجف منها. ونتيجة لذلك، فان الحوائط الداخلية للأخاديد الدائرية تتعرض تدريجياً لعمليات التجوية والتأكسد ومن ثم تتكون مرة أخرى طبقة التجوية الرقيقة بُنية اللون. بدون أن تكون قادرة على الاحتفاظ بالمياه من أجل تعزيز تشكيل قشرة التجوية، ويستمر تخفيض الأرض المحيطة بالصخر بواسطة عوامل النحت والتآكل. في ظل هذه العمليات يكون قد تم عزل صخور القمة وتتشكل قمة الصخر تدريجياً.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

المرحلة الرابعة: (مرحلة اكتمال تشكيل قمة الصخر Cap rock)

تتعرض الأرض المحيطة بالصخر للتآكل والتخفيض بشكل أسرع من صخور القمة. تتعمق الأخاديد الدائرية تدريجياً، وتتسع وأخيراً يتم خرقها وتجويفها. بعد التجويف، الأخدود لم يعد قادراً على الاحتفاظ بالمياه لتعزيز عملية التغير الكيميائي والأكسدة. لذلك، يتوقف تطور طبقة التجوية الرقيقة. حينئذ يكتمل تشكيل قمة الصخر.

المرحلة الخامسة: (مرحلة تشكيل العمود الصخري stalk)

يبدأ في هذه المرحلة نحت وتشكيل العمود الصخري في ظل النحت والتآكل الانتقائي للطبقات الضعيفة من الصخر. حيث يتشكل عمود قصير أسفل قمة الصخر ويتطور بشكل رئيسي في هذه المرحلة.

المرحلة السادسة: (مرحلة المشروم النموذجي Mushroom)

بتوالي عملية النحت التفاضلي في العمود الصخري، يصبح العمود الصخري أكثر طولاً وأقل سمكاً، كما يستمر نحت وتخفيض الأرض المحيطة بالصخر، ويظهر المشروم بالشكل النموذجي له حيث القمة الأكبر حجماً التي ترتكز على عمود صخري أقل سُمكاً التي تشبه نبات عش الغراب (المشروم).

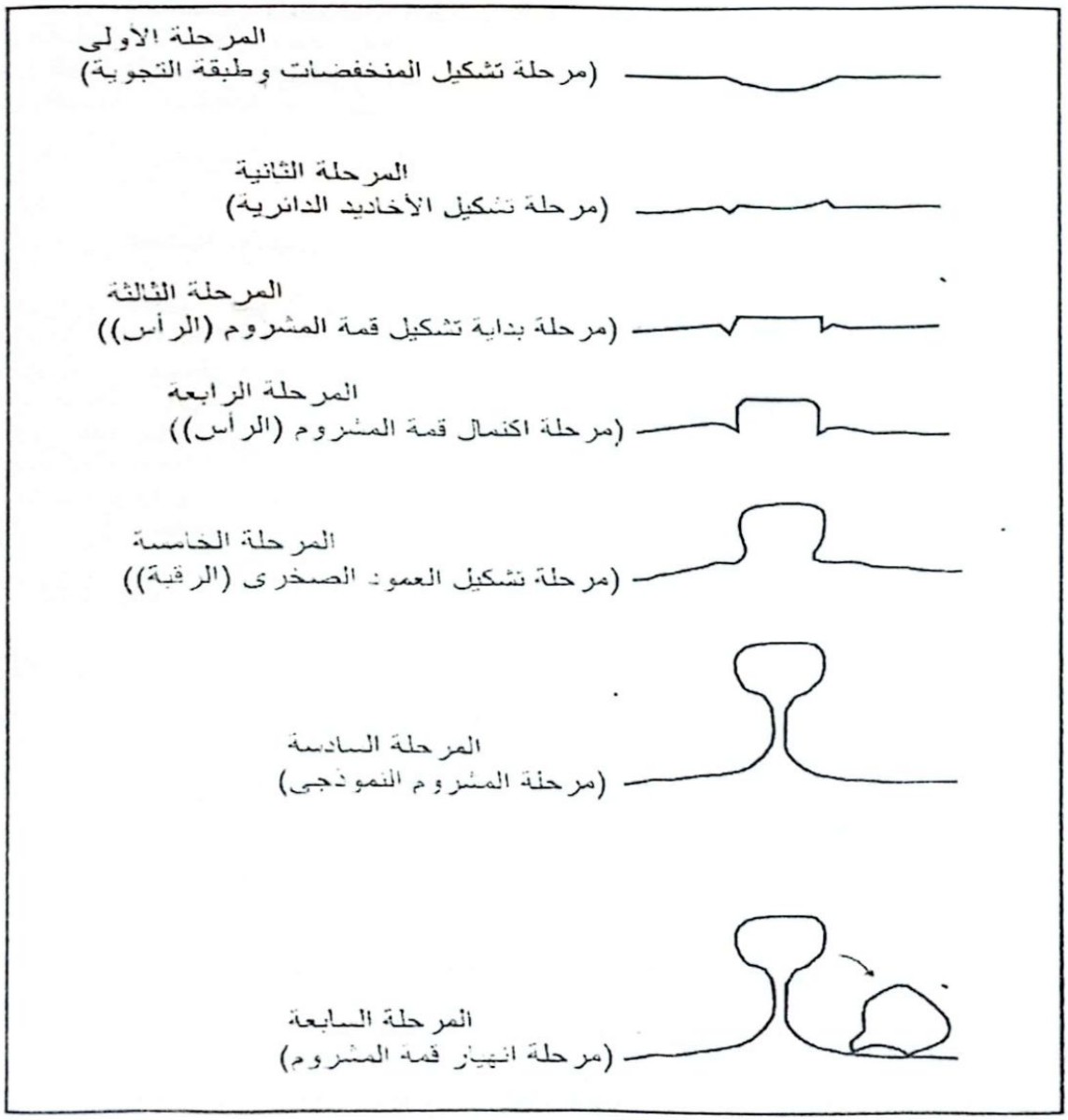
المرحلة السابعة: (مرحلة انهيار قمة المشروم)

يزداد النحت في العمود الصخري الذي ترتكز عليه قمة المشروم الأكثر صلابة والأكبر حجماً حتى يقل سُمك العمود الصخري جداً لدرجة أنه لا يستطيع تحمل قمة الصخر، حينئذ تنهار قمة الصخر وتسقط على الأرض بفعل الجاذبية الأرضية.

ومما سبق يُمكن القول بأن الصخور الارتكازية (المشروم) تمر بدورة جيومورفولوجية، ففي مرحلة الشباب: تتخلف الكتل الصخرية نتيجة لتراجع الحواف الصخرية المكونة للمنخفض تاركة تلك الكتل الصخرية في مواضعها شاهداً على هذا التراجع، حيث يتعرض السطح الصخري الذي

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يتميز بأفقية طبقاته إلى عمليات التعرية المختلفة مثل التعرية المائية في فترات المطر القديمة، وعمليات التجوية المختلفة، ثم التعرية الريحية في فترة الجفاف اللاحقة، مما يؤدي إلى تكسر السطح الصخري في اتجاهات مختلفة تكون بمثابة مناطق الضعف في تلك الكتل حيث تستطيع الرياح وما تحمله من ذرات رمال إزالة جزء من الصخر وتشكيل الأجزاء الباقية، بحيث تبدو الكتلة الصخرية كتل منعزل صغير في وسط محيط من الأرض المنبسطة شبه المستوية، حيث تتعاقب فيه صخور الحجر الجيري الأكثر صلابة مع صخور الطفلة اللينة وتمثل بذلك مرحلة الشباب.



After: Eason Hong & Eugene Huang, 2001, p103

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اما في مرحلة النضج: فتستطيع عوامل التعرية المختلفة النحت في الأجزاء السفلى من الكتلة الصخرية، حيث يكون مُعدل النحت في الطبقات السُفلى الأقل صلابة أسرع من مُعدل نحتها في الطبقات العُليا الأكثر صلابة، ويستمر النحت للأجزاء السفلى بشكل منتظم، تاركة الأجزاء العُليا الأكثر صلابة بارزة، إلى أن تظهر الصخور الارتكازية بشكلها النموذجي حيث تبدو في شكل قمة عريضة مسطحة الشكل تبدو على هيئة سقف معلق، وتتألف من صخور أشد صلابة ترتكز على عمود صخري أقل صلابة يتعرض للنحت باستمرار وتشبه في ذلك نبات عش الغراب (المشروم) Mushroom. وأحياناً يكون شكل قمة المشروم مستديرة الشكل، نتيجة لتضافر عمليات الإذابة والتجوية وبرى الرياح في تشكيل هذه القمة المستديرة. صورة (٤).

وبالنسبة للمرحلة الثالثة: يستمر نشاط عوامل التعرية المختلفة في النحت وخاصة في الأجزاء السفلى إلى أن تستدق الأجزاء السفلى وتبرز الأجزاء العليا الأكثر صلابة، كما يزداد نشاط عمليات الإذابة والتجوية الميكانيكية من تمدد وانكماش للصخر ويسبب ذلك ضغطاً شديداً على الصخر مما يؤدي إلى انهيار وسقوط الطبقات العليا بفعل الجاذبية الأرضية، وتستمر هذه العملية من نحت سفلى وانهيار وسقوط الكتل الصخرية العلوية إلى أن يقل حجم المشروم ويختفي العمود الصخري السفلى تقريباً، ويتبقى جزء من قمة المشروم مساو لسطح الأرض تقريباً شاهداً على وجود بقايا المشروم في ذلك الموضع ويكاد يختفي أثرها وتتلاشى وتكون قد وصلت الصخور الارتكازية بذلك إلى مرحلة الشيخوخة. كما توضحها الصورة (٦ و٧).

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

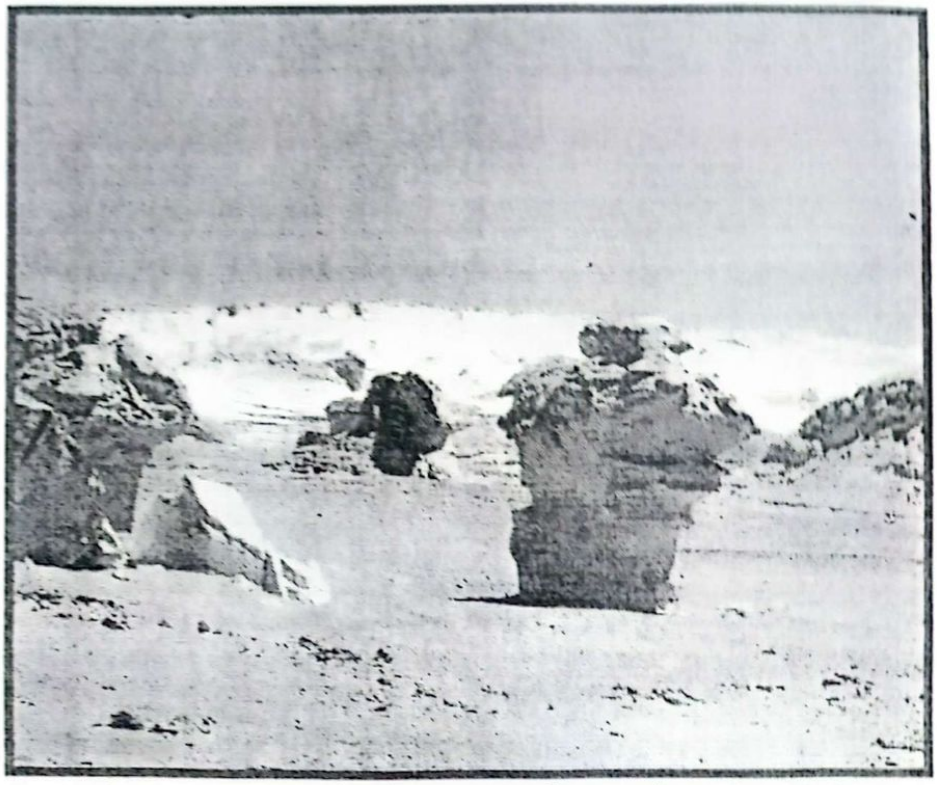
ثامناً - الاستنتاجات والخاتمة:

الاستنتاجات

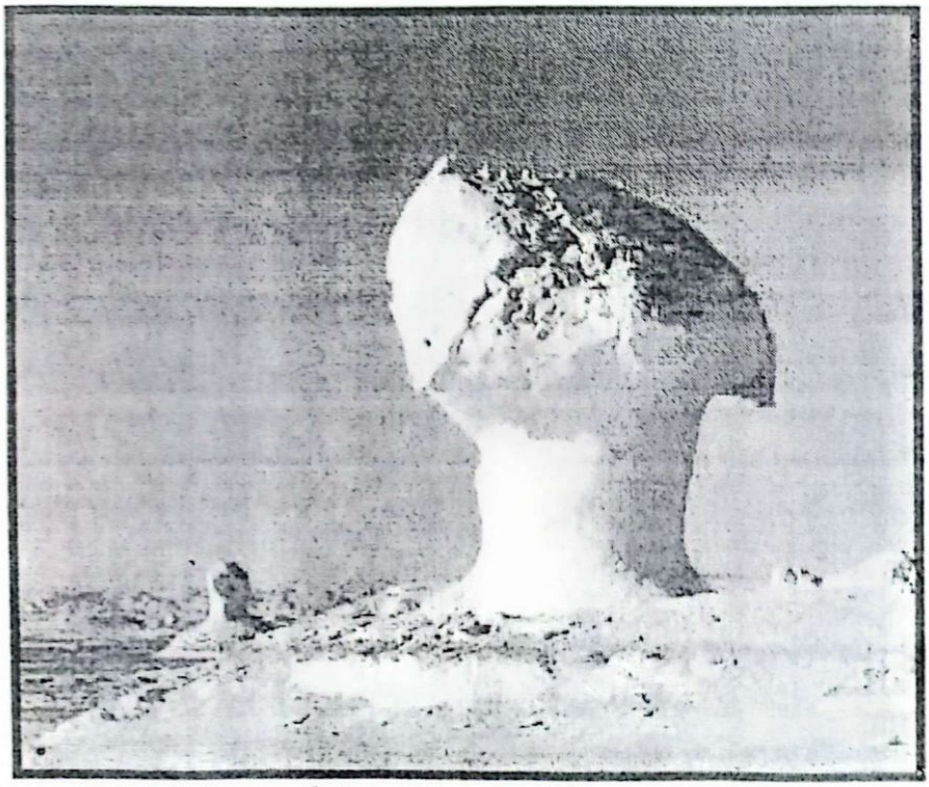
- لوحظ ميدانياً أن كتل الحجر الجيرى المشتقة من الجروف ترتكز على الصخور الارتكازية التي تتكون من طبقات الطفل. ومن الملاحظ في كل الصخور الارتكازية أن الأسطح الطباقية تتكون من كتل الحجر الجيري الطباشيري ذات الطبقات الأفقية أو قريبة من الأفقية. أما الكتل التي تكون أسطح طبقاتها في وضع رأسي وترتكز على المخاريط الصخرية التي تتألف من الطفل المكسو بالحصى والمشتق على ما يبدو من كتل الكنجلومريت التي دمرتها عمليات التجوية منذ فترة طويلة.

ويستنتج من ذلك أنه عندما ترتكز كتل الكنجلومريت فوق أسطح طباقية في مواضع رأسية تنشط عمليات التجوية بها حيث تُخفف التجوية من المواد اللاحمة بسرعة، مما يؤدي إلى تفكك وتحرير الحصى الأصلي. أما إذا كانت أسطح الطبقات في وضع أفقي تماماً أو قريب من الأفقية فتكون المواد اللاحمة للصخر أكثر مقاومة لعمليات التجوية. وتظهر حينئذ القشرة البُنية اللون الصلبة على السطح الخارجي للصخر، ثم تتكسر الصخرة بعد ذلك إلى حد كبير بفعل عملية التقشير.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



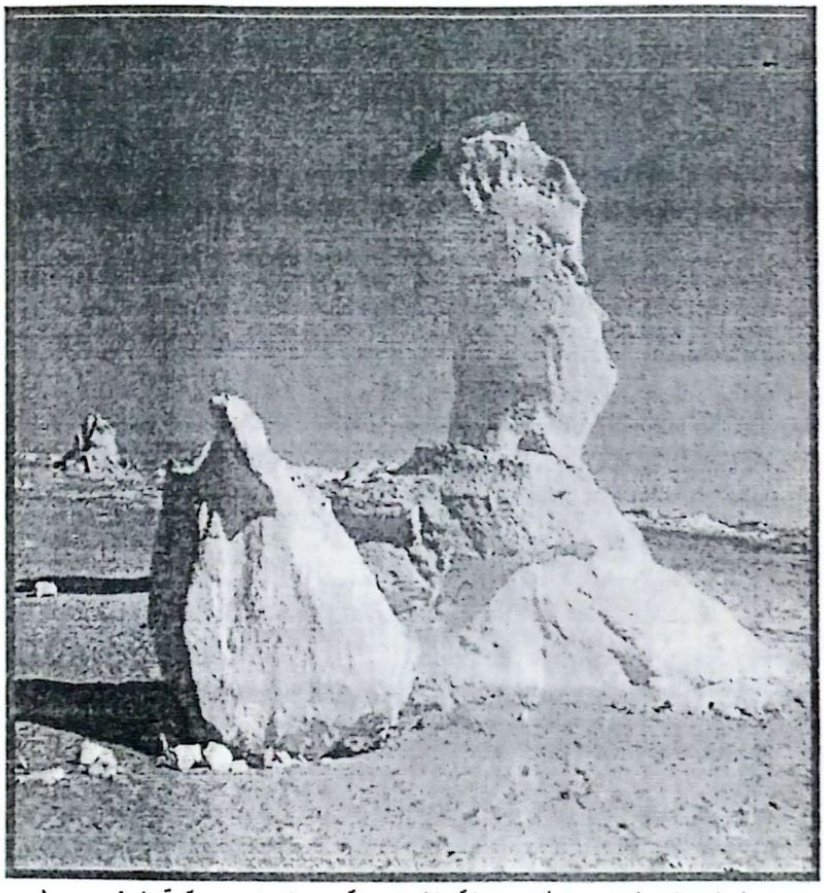
صورة (٧) مشروم في مرحلة الشباب، تتعاقب فيه صخور الحجر الجيرى



صورة (٨) مشروم في مرحلة النضج، حيث يتميز بقمة مستديرة الشكل ترتكز

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

صورة (٩) مشروم في مرحلة الشيخوخة، حيث يكاد يختفي العمود



صورة (١٠) مشروم يمثل مرحلة الشيخوخة، حيث انهارت قمة المشروم على سطح الارض بفعل الجاذبية الارضية ويظل العمود الصخري قائماً شاهداً على

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ويستنتج من النموذج المقترح والخاص بتطور الصخور الارتكازية (المشروم) بمنطقة الصحراء البيضاء أن صخور القمة يُمكن اعتبارها بمثابة رأس المشروم، ويرجع سبب تشكيلها إلى فعل عمليات التجوية. ويمكن تفسير صخور المشروم على إنها عملية وراثية النشأة تشكلت بسبب عوامل النحت والتآكل المختلفة، وظلت قائمة على الأرض (Sarah, L. Thrasher, 2007,p1).

لوحظ ميدانياً وجود قمم بعض المشروم مكسورة وسطحها الخارجي مُغطى بقشرة صخرية مع طبقة تجوية رقيقة. كما وُجدَ أن راس المشروم، العمود الصخري والأرض المحيطة بالمشروم تتألف جميعاً من نفس نوع الصخر. كما لم يوجد اختلاف معدني بين الجزء المُعرض للتجوية والجزء غير المُعرض للتجوية من صخور قمة المشروم. والفرق الوحيد كان في المظهر الخارجي للصخر حيث كان لون الصخر الجديد أكثر احمراراً من الصخور الخارجية التي تعرضت إلى التغير الكيميائي. بسبب تأثير أكاسيد الحديد على الصخر. وتشكلت الأكاسيد اثناء عمليات التجوية. والطبقة المؤكسدة ربما تكون مصحوبة بعروق الكالسيت التي تملأ الشقوق الموجودة في الصخر أثناء تشكيل المشروم في مرحلة لاحقة.

يتراوح ارتفاع السقف المعلق لقمة المشروم بين ١- ٣ متر. التقاطع بين رأس المشروم والعمود الصخري (الرقبة) يأخذ شكل منحنى من الصخر الأساسي مع مزيد من السقف المعلق الذي يندمج تدريجياً وبشكل سلس مع شكل السطح في الشرائح الضعيفة التي تشكل رقبة المشروم.

العمود الصخري، هو بطبيعة الحال أقل سمكاً من راس المشروم ولكن سُمكه بالمقارنة بقمة المشروم يختلف من موقع إلى آخر. في بعض الكتل الصخرية لوحظ التناقص التدريجي في السُمك، بحيث يكون الجزء القريب من الأرض من العمود الصخري أقل سُمكاً من الجزء الموجود أسفل قمة المشروم مباشرة. يندمج العمود الصخري بقاعدة متسعة من سطح الأرض، ومعظم الأعمدة الصخرية للمشروم تأخذ شكل مقعر أو

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تتسع بدرجات متفاوتة. وينكشف اللون الطبيعي للحجر الجيري المكون للعمود الصخري لأنه يفتقر إلى القشرة الحيوية التي تعطي قمة المشروم لونها الرمادي.

الخاتمة:

منطقة الصخور الارتكازية (المشروم) بالصحراء البيضاء عبارة عن حقل مُجمع من الصخور الارتكازية على شكل المشروم. وهي منطقة جذب سياحي. تم وصف الصخور الارتكازية أو المشروم في هذا البحث كأنواع مختلفة تُغطي مجموعة من الظروف المُناخية. ويرجع سبب تشكيلها إلى فعل المطر الميكانيكي في تقطيع الصخور، والتجوية الكيميائية، ويقتصر دور الرياح على إعادة تشكيل المشروم في ظل ظروف الجفاف الحالية. وتتشكل الصخور الارتكازية في الصخور الجيرية، ويبدأ تشكيلها بفعل عمليات الحفر في صخور الأصل تحت السطحية، بمجرد أن تظهر على السطح، يبدأ التآكل والنحت على طول الشقوق والفواصل والصخور الضعيفة بواسطة عمليات النحت والتآكل والتجوية التفاضلية. كما يرجع تشكيل المشروم جزئياً إلى العوامل البنيوية، وتتمثل في وجود طبقات مقاومة لعمليات التجوية والتعرية، وللرطوبة الجوفية تحت السطحية دور مهم في تشكيل المشروم أيضاً. ومن العوامل الأخرى التي تُسهم في الاستقرار النسبي لقمة (رأس) المشروم هي القشرة الخارجية الحيوية، وتركيز الكالسيت، والجفاف على نطاق واسع في المنطقة.

يرتفع المشروم عن السهول المجاورة حوالي من ٣ – ٦ أمتار. صخور المشروم المعزولة تعكس مرحلة متقدمة من تقطيع الرواسب المسطحة في شكل كتل في مناطق الشقوق والفواصل. وصخور المشروم يكون لها قمة مسطحة الشكل متسعة نسبياً ترتكز على عمود صخري أقل سُمكاً، تم تطويرها من الكتل الصخرية.

ينتج الشكل المسطح لقمة الصخور الاتكازية عن التطور الجيد للطبقات الأفقية، أو من الميل البسيط لطبقات الحجر الجيري والفواصل الرأسية

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

من جهة أخرى، وربما نتيجة عمليات القص من جهة أخرى. لقد تم توسيع الشقوق والفواصل كثيراً، ويفترض أنها تحديداً بسبب عملية الذوبان.

تُعد ظاهرة الصخور الارتكازية (المشروم) المنتشرة بمنطقة الصحراء البيضاء من الظاهرات الجيومورفولوجية الفريدة ذات المنظر الطبيعي الجذاب؛ لذا يجب الدعاية الكافية لها داخلياً وخارجياً بهدف جذب الكثير من السياح ومحبي مشاهدة مثل هذه المناظر الطبيعية، وجذب كثير من الباحثين وطلاب البحث العلمي من أجل إجراء مزيد من الأبحاث العلمية عن تلك الظاهرة الفريدة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

المراجع:

- **أحمد عبد الحميد الفقي (1999):** الرياح في مصر، رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

- **جودة فتحي التركماني (2000):** أشكال السطح، دراسة جيومورفولوجية، دار الثقافة العربية، القاهرة .

- **سهام محمد هاشم (1990):** عش الغراب (Mushroom) بمنخفض الفيوم، دراسة جيومورفولوجية، المجلة الجغرافية العربية، العدد 22، القاهرة .

- **عماد الدين أفندي و سائر بصمة جي (2014):** الموسوعة الجغرافية، دار الشرق العربي، ط2، بيروت.

- **عويس أحمد الرشيدي (2002):** جيومورفولوجية البلايا في منخفض الفرافرة بالصحراء الغربية، رسالة دكتوراه غير منشورة ، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

- **محمد مجدي تُراب (1996):** أشكال الصحاري المصورة، دراسة لأهم الظاهرات الجيومورفولوجية بالمناطق الجافة وشبه الجافة، مطبعة الانتصار ، الإسكندرية.

- **Andrew S. Goudie (2004):** Encyclopedia of Geomorphology, Routledge, London, Volume 2.

- **Butterfield, G.R. (1998):** Transitional behaviour of saltation: wind tunnel observations of unsteady winds, Journal of Arid Environments 39.

- **Donner, J., Ashour, M., Embabi, N., and Suriainen, A., (1999):** The Geology of a playa in Farafra, Western Desert of Egypt. In: Studies of playas in the Western Desert of Egypt.(Ed. By: Donner), Ann. Acad-Scientiarum. Fennicae, Geologica-Geographica ,Vol. 160, Helsinki.

- **Eason Hong & Eugene Huang. (2001):** Formation of the Pedestal Rocks in the Talio formation, Northern coast of Taiwan, westren pacific earth sciences, Vol.1

- **Hus, T.L. (1964):** Hoodoo Rock at Yehliu Northern coast of Taiwan, Bulleten of The Geological Survey of Taiwan, No. 15.

- **Khalifa, M.A and Zaghloul, E.A., (1985):** Stratigraphy and depositional history of the Upper Cretaceous-Plaeocene sequence in Abu Minqar- Farafra Stretch, Western Desert, Egypt. Ann. of the Geological Survey of Egypt, Vol. XV.

- **Kirk Bryan. (1923):** Pedestal Rocks in the arid southwest, United States, Geological Survey, Washington, Bulletin 760-A.

- **Neuendorf, K.K.E., Mehl, J.P., Jackson, J. A., (2005)** Glossary of Geology, Fifth Edition, American Geological Institute.

- **Phillips, J.D. (2002):** Erosion, isostatic response, and the missing peneplains. Geomorphology 45.

S. Veeraraghavan & S. Krishnan (2012): 3-D Dynamic Analysis of Precariously Balanced Rocks Under Earthquake Excitation, California Institute of Technology, USA.

- **Sarah L. Thrasher (2007):** Erosional Pedestals. An elegant product of water, sand and physics, Ozark National Forest , Bayou Ranger District (47.

- **Thornbury, William D. (1954):** Principles of Geomorphology, New York

- **Twidale, C.R. and Campbell, E.M. (1992):** On the origin of pedestal rocks, Zeitschrift fur Geomorphologie, 36.

- **Walker, I.J. and Nickling, W.G. (2002)** Dynamics of secondary airflow and sediment transport over and in the lee of transverse dunes, Progress in Physical Geography 26.

- **Zaghloul, E.A. (1983):** Geology of Abu Minqar - Farafra - Ain Dalla Stretch, Western Desert, Egypt. Ph. D. Thesis, Fac. of Sci., Cairo Univ.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner