فجوات الجروف البحرية فى منطقة رأس محمد
"دراسة جيومورفولوجية"

د. طارق كامل فرج خميس*

الملخص :

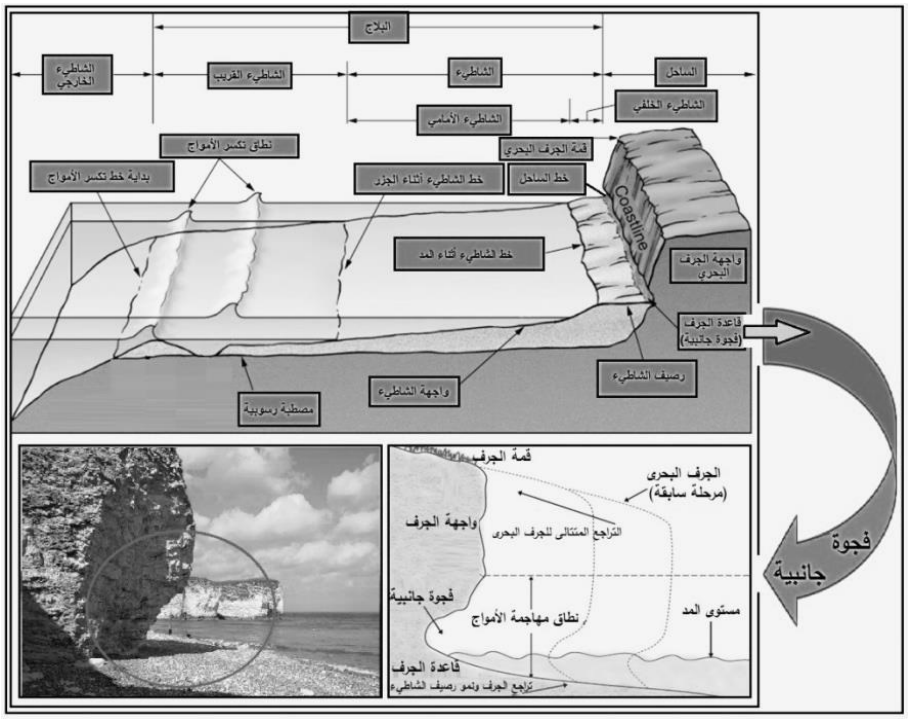
يتناول هذا البحث جيومورفولوجية فجوات الجروف البحرية فى منطقة رأس محمد بالساحل الجنوبي لشبه جزيرة سيناء وهى إحدى أشهر أشكال التكهفات الساحلية التى تبدو على شكل حرف "C" وهى تنتج أساساً عن عملية النحت والتقويض السفلى بواسطة مياه البحر وترتبط نشأتها بالسواحل الجُرفية على وجه الخصوص. ويتناول البحث دراسة الخصائص الطبوغرافية للسهل الساحلى فى ضوء علاقتها بتشكيل ظاهرة الفجوات، بجانب دراسة جيولوجية خط الساحل واتجاهاته الرئيسية وتوزيع فجوات الجروف البحرية والعوامل التى تساهم فى تشكيل الظاهرة خاصة العوامل البحرية من أمواج وتيارات بحرية ومد وجزر. كما تتناول الدراسة كذلك التطور الجيومورفولوجى للفجوات وأبعادها المورفومترية المختلفة سواء من حيث الارتفاع أو العمق أو الامتداد الجانبى وأخيراً يعرض البحث لأهم النتائج وقائمة بأهم المراجع المستخدمة.

الكلمات الافتتاحية : الفجوات الجانبية، الجروف البحرية، السهل الساحلى، الشعاب المرجانية، المانجروف، المصبات الخليجية

المقدمة :

يتناول هذا البحث جيومورفولوجية فجوات الجروف البحرية Marine Notches فى منطقة رأس محمد بالساحل الجنوبي لشبه جزيرة سيناء وهى إحدى أشهر أشكال التكهفات الساحلية Coastal Cavernous التى تبدو على شكل حرف "C" (Rece, et al., 2006, p. 143) وهى تنتج أساساً عن عملية النحت والتقويض السفلى بواسطة مياه البحر Under Cutting وترتبط فى نشأتها بالسواحل الجُرفية Cliffy Coasts التى عادة ما يتم تقسيمها جيومورفولوجياً حسب علاقتها بنشأة تلك النوعية من الفجوات إلى عدد من الوحدات المبينة فى الشكل (١) كما يلى :

* أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا، كلية الآداب – جامعة حلوان.



شكل (١) : الأقسام الجيومورفولوجية للساحل الجُرفى وعلاقتة بتكوين الفجوات البحرية.

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على عدة مصادر أهمها (www.wcc.hawaii.edu; Sunamura, 1973).

- **قمة الجُرف Cliff top** : هي أعلى جزء بالجُرف البحري كما أنها نقطة التقاء سطح الجُرف بواجهته وعادة ما تخضع لتأثير العوامل القارية فى المقام الأول ونادراً ما يتشكل بها فجوات حديثة.
- **واجهة الجُرف Cliff face** : وتشكل القسم الأكبر من الجُرف البحري وتنحصر بين قمة الجُرف من أعلى وقاعدته من أسفل وقد ينشأ بها بعض الفجوات البحرية مرتفعة المنسوب Surf Notches التى نشأت إما بسبب أمواج العواصف القوية أو فعل التجوية الملحية الناتجة عن تطاير رَّذاذُ المياه من الأمواج التصادمية المتكسرة على صخور الساحل.
- **قاعدة الجُرف Cliff base** : هي أدني جزء بالجُرف البحري ويمثله خط الساحل Coast-Line وهى في نفس الوقت نقطة اتصال الجُرف البحري برصيفه الشاطئي Cliff-Platform-Junction وقد يطلق عليها أحياناً "قدم الجُرف" Cliff Foot وهى تعدمن أهم المواضع على الاطلاق لنشأة وتطور الفجوات البحرية بسبب تركز القوى الناتجة عن نحت الأمواج بها (Tjia, 1985).
- **الرصيف الشاطئي Shore platform** : يمتد أمام أرضية الفجوة وينحدر تدريجياً صوب مياه البحر وقد نتج عن التساقط المستمر لأسقف الفجوات والتراجع المتتالى للجرف الصخرى وتؤثر

مورفولوجيته خاصة ما يتعلق بدرجة الانحدار والاتساع والارتفاع فى نشأة وتكوين الفجوات المرتبطة بقواعد الجروف البحرية. وينقسم الرصيف الشاطئى إلى وحدتين مورفولوجيتين رئيسيتين هما الشاطيء الخلفي Back Shore ويمتد بداية من أرضية الفجوة (قاعدة الجُرف البحري) حتي مستوى سطح الماء أثناء المد، والشاطيء الأمامي Fore Shore ويمتد بين خط الشاطيء Shore Line أثناء المد وخط الشاطيء أثناء الجزر.

الدراسات السابقة :

رغم قلة الدراسات العربية التى تناولت الظاهرة محل الدراسة إلا أنه هناك العديد من الدراسات الأجنبية التى درست الظاهرة مثل (Pirazzoli, 1986) لفجوات الجروف الساحلية مصنفاً إياها إلى العديد من الأنماط المورفولوجية ودراسة (Pirazzoli, et al., 1991) للفجوات كمؤشر على تذبذبات مستوى سطح البحر خلال عصر الهولوسين ودراسة (Antonioli, 2004) عن أسباب نشأة فجوات الجروف الغارقة وتطورها وتوزيعها المكاني وأشكالها السائدة ودراسة (Antonioli, et al., 2006) لفجوات الجروف البحرية المزدوجة القديمة منها والحديثة ودراسة (Furlani, 2010) عن أصل ونشأة وتطور الفجوات الغارقة ودراسة (Wziatek, 2011) لفجوات نحت الأمواج سواء كانت فجوات مدية أو فجوات مرتفعة المنسوب أو فجوات البرى والنحت الموجي، بجانب الدراسة التى قام بها كلا من (Stiros & Moschas, 2012) للفجوات المغمورة وعلاقتها بتذبذبات البحر وأخيراً دراسة (Pirazzoli & Evelpidou, 2013) عن الفجوات المدية وعلاقتها بمستوى سطح البحر.

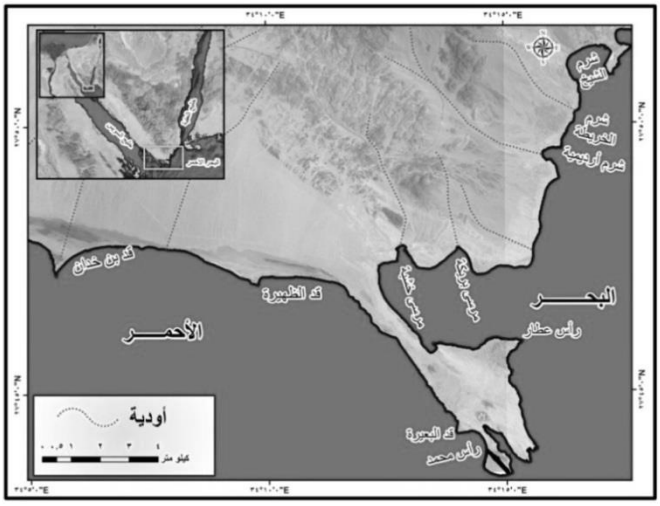
تحديد منطقة الدراسة :

تتمثل منطقة الدراسة كما يتضح من الشكل (٢) على ساحل منطقة رأس محمد فى أقصى الطرف الجنوبي لشبه جزيرة سيناء بطول نحو ٦٠ كم شاملة ساحل جزيرة البعيرة الواقعة بالطرف الجنوبي الغربي من ساحل المنطقة وينحصر هذا الساحل بين قد بن خدان غرباً عند خط طول ١٨ً ٠٥ً ٣٤° ق، وشرم الشيخ فى الشمال الشرقي عند خط طول ٢٤ً ١٧ً ٣٤° ق، وشمالاً عن دائرة العرض ٣٧ً ٥١ً ٢٧° ش، وجنوباً عند دائرة العرض ٤٠ً ٤٣ً ٢٧° ش.

أولاً – الخصائص التضاريسية للسهل الساحلى :

ينحصر السهل الساحلى لمنطقة رأس محمد بين خط الساحل من جهة، وخط كنتور + ١٠٠ متراً من جهة أخرى وهو النطاق الذى تعرض لموجات من الغمر والانحسار البحرى خلال تذبذبات مستوى

سطح البحر فى عصر البلايستوسين وتبلغ مساحته نحو ١٠٧ كم^{٢} وفيما يلى دراسة موجزة لأهم الخصائص التضاريسية للسهل الساحلى ذات الصلة بفجوات الجروف البحرية بالمنطقة(١).



شكل (٢) : موقع وحدود منطقة الدراسة.

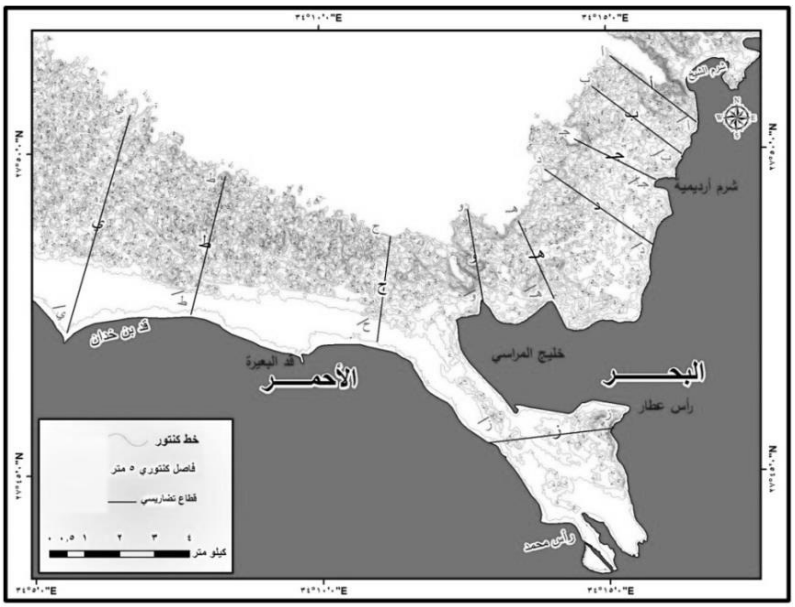
After, Geo Eye, 2015.

أ- الخريطة الكنتورية :

يتضح من الشكل (٣) تقارب خطوط الكنتور بشدة بالقسم الشرقي من السهل الساحلى للمنطقة سواء كان ذلك فى اتجاه الشرق قرب خط الساحل أو فى اتجاه الغرب صوب النطاق القارى وهو ما يدل على ارتفاع وشدة انحدار السهل الساحلي وانتشار الجروف البحرية النشطة شديدة الانحدار والمرتفعة خاصة بالساحل الشرقي حيث يتراوح ارتفاعها بين ٥ أمتار فى العديد من القطاعات و٤٠ متراً عند رأس عطار التى تعد امتداداً لتل عطار ذات الصخور الجيرية (شكل ٤) وقد تم تقويض قواعد غالبية القطاعات الجُرفية بالساحل الشرقي بالفجوات البحرية النشطة، وذلك على العكس تماماً من الساحل الجنوبي والغربي حيث تبتعد خطوط الكنتور بشكل واضح وتختفى معها الجروف البحرية والفجوات باستثناء خط كنتور خمسة أمتار الذى يقترب أحياناً من خط الساحل فتنشأ الجروف البحرية المنخفضة بفجواتها قليلة العمق والارتفاع خاصة عند قناة المانجروف وجزيرة البعيرة وقد البعيرة.

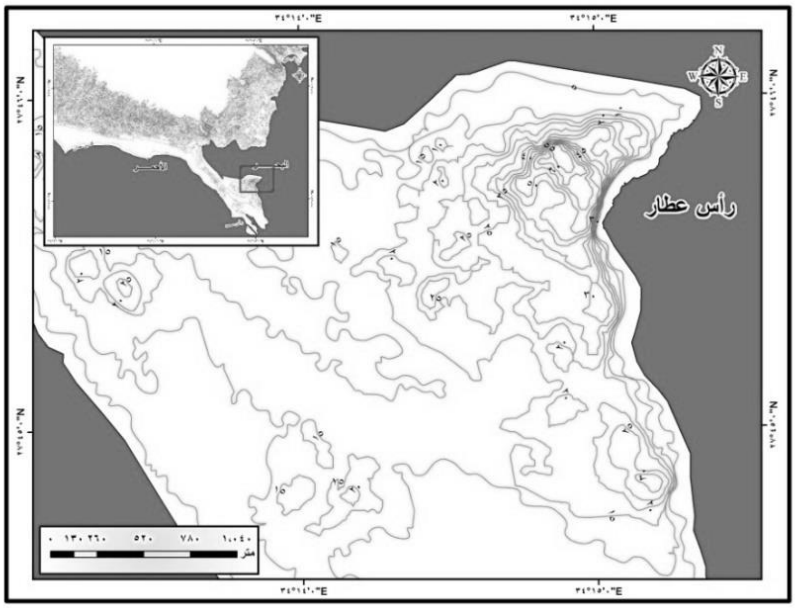
---

(١) تم دراسة الخصائص التضاريسية المختلفة للسهل الساحلى اعتماداً على البيانات الرقمية لمكوك الفضاء الأمريكي (Shuttle Rader Topography Mission) وهي بيانات رقمية من نوعية Raster Grid وتمثل كل Pixel فيها متوسط ارتفاع سطح الأرض في نطاق تغطية الـ Pixel الواحد (٣٠م × ٣٠م) فيما يسمي بنموذج الارتفاعات الرقمية Digital Elevation Model.



شكل (٣) الخريطة الكنتورية ومواقع القطاعات التضاريسية للسهل الساحلي بالمنطقة

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM.



شكل (٤) : الخريطة الكنتورية لتل عطار وسواحله.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM.

ب- القطاعات العرضية التضاريسية :

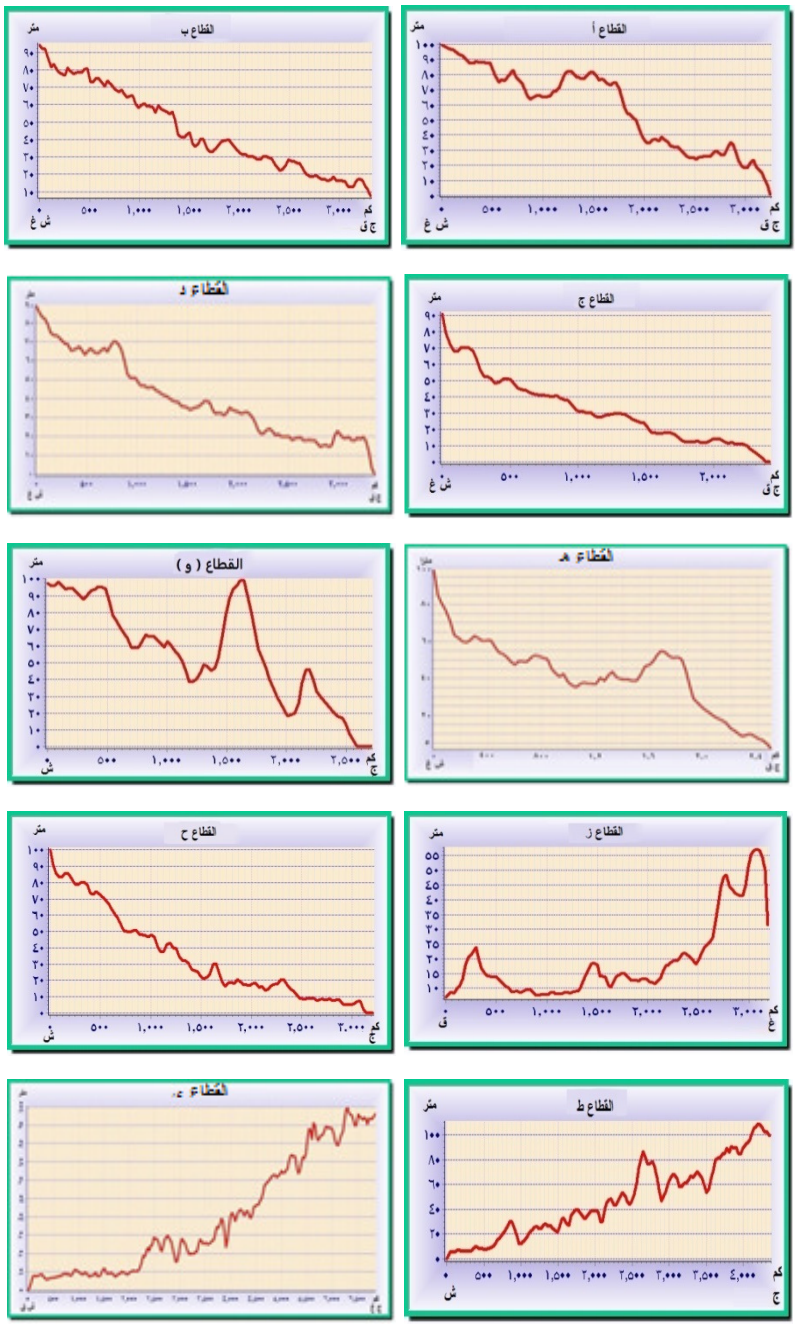
يتميز السهل الساحلى للمنطقة كما يتبين من الشكل (٥) بتباين الاتساع من قطاع تضاريسي لآخر حيث يعد القطاع (هـ) هو الأقل اتساعاً "٢,٥" كم فى حين يعد القطاع (ى) هو الأكثر اتساعاً "٧" كم وبصفة عامة يمكن القول أن السهل الساحلى بالقسم الشرقى للمنطقة قليل الاتساع بمتوسط "٣" كم فقط فى حين يزداد الاتساع بالقسم الجنوبي الغربي ليصل إلى "٥" كم فى المتوسط كما لوحظ كذلك تباين انحدارات مقدمات السهل الساحلي عند خط ساحل المنطقة فأحياناً ينتهى السهل الساحلى بحافة رأسية تنتشر عند قواعدها الفجوات البحرية كما فى القطاعات (أ-ب-د-هـ-ز) وأحياناً أخرى ينتهى السهل الساحلى بزوايا قليلة الانحدار تختفى عندها الجروف البحرية والفجوات كما فى القطاعين (ح-ط) وبصفة عامة فان مقدمات السهل الساحلي بالساحل الشرقي أكثر انحداراً من بقية سواحل المنطقة.

ج- التضرس المحلي :

يتبن من دراسة الشكل (٦) وجود تباين كبير فى التضرس المحلي للسهل الساحلى للمنطقة تزداد معه سرعة الجريان السطحى ومن ثم قدرة الأودية الجافة على الوصول إلى ساحل البحر وتكوين المصبات الخليجية التى تتميز بجوانب جُرفية، تكثر فيها ظاهرة الفجوات البحرية وتعد فئة التضرس المحلى التى يتراوح منسوبها من ١٥-٥٠ م هى السائدة بنسبة ٣٨% فى حين أن أقل الفئات تضرساً هى التى يتراوح منسوبها بين ٨٥-١٠٠م بنسبة ١١% فقط من مساحة السهل الساحلي وتقع غالبية جروف المنطقة ضمن فئة التضاريس أقل من ١٥ متراً والقليل منها يندرج ضمن الفئة التضاريسية من ١٥-٥٠ متراً خاصة فى منطقتى شرم الشيخ ورأس عطار.

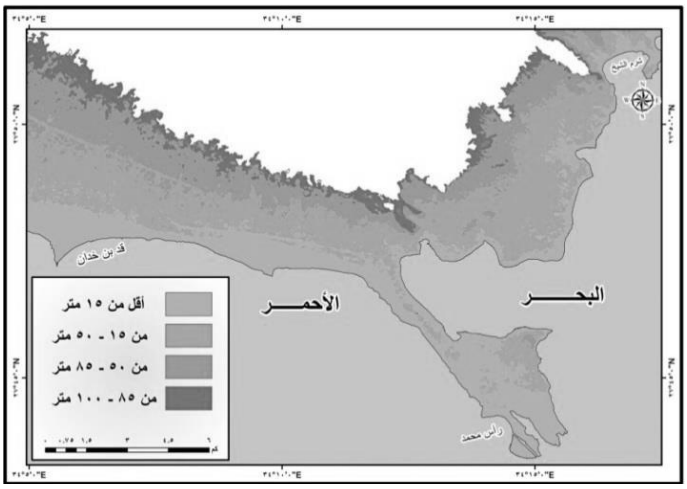
د- درجات الانحدار :

للتعرف على درجات الانحدار السائدة بالسهل الساحلي فقد تم الاستعانة بنموذج الارتفاعات الرقمي Digital Elevation Model وقد تبين منها أن مساحة المناطق فوق متوسطة الانحدار تبلغ نسبتها ٢٧% من مجمل مساحة السهل الساحلي فى حين تغطى المناطق شديدة الانحدار أقل مساحة بنسبة ٨% فقط فى حين شكلت الحافات نحو ١٠% فقط. وبمطابقة خريطة توزيع الفجوات بخريطة الانحدارات الرئيسية يتضح أن ظاهرة الفجوات البحرية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالمناطق شديدة الانحدار جداً والحافات الرأسية، ويقل ارتباطها بشكل واضح بالمناطق فوق متوسطة الانحدار وشديدة الانحدار فى حين تختفى تماماً من المناطق المستوية والمستوية جداً والمتوسطة.



شكل (٥) : القطاعات التضاريسية العرضية للسهل الساحلي.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM.



شكل (٦) : التضرس المحلى للسهل الساحلي بالمنطقة.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM.

هـ- اتجاهات الانحدار :

يمكن القول أن أكثر الاتجاهات انتشاراً بالسهل الساحلي هى المناطق شمالية الانحدار بنسبة ٢١% من مجمل مساحة السهل الساحلي فى حين سجلت المناطق جنوبية الانحدار مساحة أقل بنسبة نحو ٤%، وقد ارتبطتظاهرة الفجوات البحرية ارتباطاً وثيقاً فى توزيعها بالمناطق شرقية الاتجاه بنسبة نحو ٥٠% من مجمل القطاعات الجُرفية ثم المناطق جنوبية شرقية الاتجاه بنسبة ٢٠% ثم المناطق شمالية الاتجاه خاصة عند مناطق المصبات الخليجية ورأس عطار بنسبة ١٥%، ثم المناطق شمالية شرقية الاتجاه بنسبة نحو ١٠%.

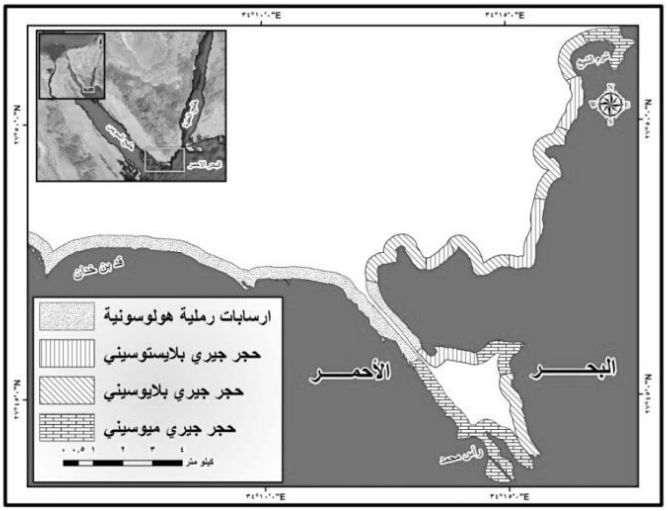
ثانياً – جيولوجية خط الساحل :

تقوم التكوينات الصخرية والبنية الجيولوجية وتذبذبات مستوى سطح البحر بأدوار مهمة للغاية فى تشكيل وتكوين فجوات الجروف البحرية بالمنطقة وفيما يلى دراسة لهذه الخصائص الثلاثة:

١) التكوينات الصخرية :

أوضحت الدراسات المختلفة أن نشأة الفجوات غالباً ما ترتبط بخطوط السواحل التى تتألف من صخور الحجر الجيري (Benac, et al., 2004, p. 21) وقد أتضح من الدراسة الميدانية والخرائط

الجيولوجية تعدد أنواع الصخور والرواسب التى تتألف منها الجروف البحرية وفجواتها بالمنطقة وذلك على النحو الذى يوضحه شكل (٧).



شكل (٧) : أنواع الرواسب والصخور المكونة لجروف وفجوات المنطقة.

المصدر: الدراسة الميدانية بجانب خرائط جيولوجية متعددة.

أ- الارسابات الرملية الهولوسينية :

تتمثل فى الارسابات الرملية الهولوسينية الحديثة المفككة التى تم ترسيبها خلال الزمن الرابع قرب ساحل البحر سواء كانت قارية أو بحرية النشأة وهى تنتشر على وجه الخصوص بالساحل الغربي للمنطقة والساحل الغربي لخليج المراسي بنسبة ٣٨% من طول خط ساحل المنطقة ككل وهى بذلك أكثر تكوينات خط الساحل امتداداً وأقلها من حيث انتشار ظاهرة الفجوات البحرية بسبب طبيعة رواسبها المفككة وقلة انحدار أسطحها.

ب- الصخور المرجانية البلايستوسينية :

تشكل الصخور المرجانية البلايستوسينية غالبية قطاعات خط الساحل الشرقي للمنطقة بنسبة ١٤% من طول خط ساحل المنطقة وهو بذلك من بين أكثر تكوينات خط الساحل امتداداً وقد تكونت العديد من الفجوات البحرية عند حوافها البحرية خاصة بالمسام والفراغات البينية للصخور المرجانية التى مُلأت بعد ذلك بالرواسب الهوائية والمائية الحديثة فهذه الرواسب أقل صلابة وتماسكاً من

الصخور المرجانية ذاتها وهى بمثابة النويات الأولى لنشأة الفجوات البحرية خاصة فجوات البري Abrasion Notches التى عادة ما تتشكل بواسطة عمليات النحت الميكانيكى للأمواج بمساعدة رواسب الرمل والحصى (Wziatek, 2011).

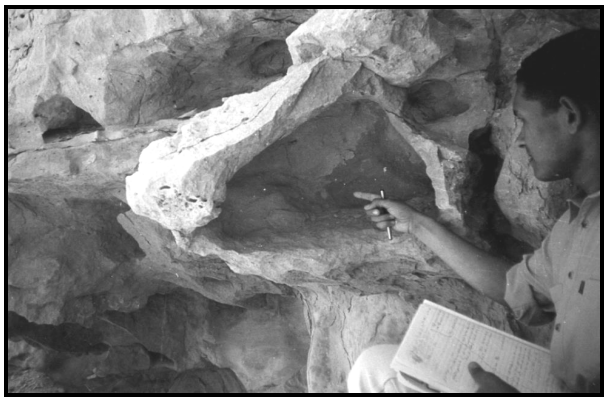
ج- الصخور الجيرية البلايوسينية :

تنتشر صخور الحجر الجيري البلايوسيني فى العديد من أجزاء الساحل الشرقي للمنطقة خاصة بمنطقة الرأس الجنوبي بنسبة ٢٧% من طول خط ساحل المنطقة ككل وهو بذلك ثاني أكثر تكوينات خط الساحل امتداداً ويرجع أهمية هذا التكوين فى نشأة الفجوات البحرية بالمنطقة إلى تباين صلابته، وكثرة أنظمة الشقوق والفواصل الصخرية به التى تعد من أنسب المواضع لنشأة ظاهرة الفجوات البحرية (صورة ١).

د- الصخور الجيرية الميوسينية :

تتواجد صخور الحجر الجيري الميوسيني فى قطاعين رئيسيين من ساحل المنطقة : أولهما عند رأس عطار بالساحل الشرقي للمنطقة (صورة ٢) وثانيهما بالقطاع الجنوبي الشرقي بنسبة ٢١% من طول خط الساحل بالمنطقة وهو بذلك ثالث أكثر تكوينات الساحل امتداداً ويتألف من طبقات المارل والحجر الرملي ويرجع أهمية هذا التكوين إلى كثرة أسطح الطباقية البنيوية به حيث تعد هذه الأسطح من أهم خطوط الضعف لنشأة فجوات قواعد الجرو فخاصة الأنواع البنيوية منها Structural Notches (Wziatek, 2011).

صورة (١) : صخور الحجر الجيري البلايوسيني.



صورة (٢) : صخور الحجر الجيرى الميوسيني قرب رأس عطار.

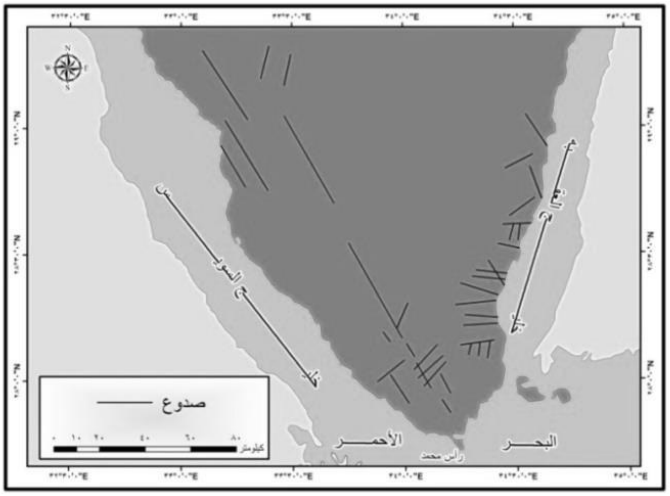
٢) الصدوع :

تأثرت منطقة رأس محمد بالعديد من أنظمة الصدوع التى هى امتداد للصدوع التى تعرضت لها جنوب شبه جزيرة سيناء ككل، فى حين يقل وجود الطيات. ويتضح من الشكل (٨) أن الصدوع ذات الاتجاهات الشمالية الغربية / الجنوبية الشرقية هى الأكثر انتشاراً وامتداداً بالمنطقة، يليها الصدوع الشمالية الغربية / الجنوبية الشرقية بجانب عدد قليل من الصدوع العرضية ذات الاتجاه الغربي الشرقي. وقد لعبت هذه الصدوع دوراً مهماً فى توجيه ساحل المنطقة ومدى تعامد الأمواج عليه وهو ما انعكس على تباين معدلات نحت الفجوات من قطاع ساحلى لآخر بالمنطقة، هذا بجانب وجود العديد من أنظمة الشقوق الفواصل الصخرية متباينة الأبعاد المورفومترية والاتجاهات فبعضها يمتد بشكل مائل على خط الساحل والبعض الأخر عمودى عليه وقد كانت هذه الفواصل بمثابة خطوط الضعف البنيوى الرئيسية التى نشأت بها العديد من أشكال السطح بالمنطقة خاصة البحرية منها كالفجوات والكهوف البحرية.

٣) ذبذبات مستوى سطح البحر خلال الهولوسين :

يمكن اعتبار الفجوات البحرية بمثابة "سجل" جيولوجي للذبذبات التى تعرض لها مستوى سطح البحر خاصة خلال عصر الهولوسين، فمع كل ذبذبة لمستوى سطح البحر سواء بالسالب أو الموجب واستقرارها لفترة طويلة من الزمن تقوم معها العوامل البحرية بتشكيل فجوة بين علامتى الجزر والمد Tidal Notches التى تتحول بعد ذلك إلى فجوات "حفرية"سواء كانت فجوات مرتفعة فوق مستوى سطح البحر الحالى Emerged Notches أو فجوات مغمورة بالمياه "غارقة" Submerged أسفل المستوى الحالى لسطح البحر (Evelpidou, et al., 2011, pp. 31-44) وهو ما يعرف

جيومورفولوجياً بهجرة الفجوات الجانبية Notches Migration (Antonioli, 2006, pp. 19-29). وفى دراسة أجراها (Pirazzoli, et al., 1989) عن علاقة الفجوات البحرية بتذبذبات مستوى سطح البحر خلال عصر الهولوسين فى جزيرة رودس باليونان تبين وجود ستة مستويات من الفجوات Erosional Ripple Notches وقد أمكن ربطها زمنياً بتذبذبات مستوى سطح البحر الهولوسينية وقد أرجع عمر الفجوات الواقعة على ارتفاع +٢ متراً ما بين ٣٨٠٠–٥٠٠٠ سنة مضت. ويمكن القول وفقاً لمناسيب الفجوات البحرية المسجلة أن ساحل المنطقة قد شهد خلال عصر الهولوسين (منذ ١٠,٠٠٠ سنة) مضت، ثلاثة تذبذبات لمستوى سطح البحر ربما تخللتها عدة تذبذبات أخرى ثانوية (Stoddart, 1969, pp. 466-470)، مشكلة بذلك سلسلة من الفجوات إما بالقطاعات العليا من أوجه القطاعات الجُرفية النشطة أو عند قواعد الجروف البحرية الساكنة وذلك على مناسيب متباينة من خط الساحل الحالى على النحو التالى:



شكل (٨) : أنظمة الصدوع الرئيسية المؤثرة فى توجيه ساحل المنطقة.
After, El Shazly, et al., 1980.

أ- فجوات بحرية على منسوبين (٢ – ٥ أمتار) :

تم تسجيل اثنين من الفجوات بالساحل الجنوبى للمنطقة تقع على منسوب يتراوح بين ٢–٥ أمتار وهو المستوى الذى ربما كان يمثل ذروة ارتفاع مستوى سطح البحر خلال موجة الطغيان الفلاندرى منذ ١٠ الى ٦ ألاف سنة مضت وقد تم تسجيل إحدى هاتين الفجوتين بالقطاع العلوى من واجهة احد الجروف البحرية النشطة والثانية تم تسجيلها عند قاعدة احدى الجروف الساكنة بالمنطقة.

ب- فجوات بحرية على منسوب بين (٠,٥ -٢) متر :

تم تسجيل إحدى الفجوات التى تقع على منسوب يتراوح بين (٠,٥-٢) متراً، بالواجهة العليا من الجرف البحرى النشط بالساحل الشرقي للمنطقة، وهى نتاج لانخفاض مستوى سطح البحر عن منسوبه السابق وذلك منذ ٦,٠٠٠ – ٥,٠٠٠ سنة مضت وثباته عند منسوب يتراوح بين ٠,٥- ٢,٠ متر لتقوم العوامل البحرية بتشكيل هذه النوعية من الفجوات النشطة التى تحولت فيما بعد إلى فجوات قديمة تقوم أمواج العواصف بإعادة تشكيلها لآخر .

ج- فجوات بحرية على منسوب يقل عن (٠,٥) متر:

تقع هذه المجموعة من الفجوات عند المستوى الحالى لسطح البحر بين مستوى المد والجزر، فبعد أن ثبت مستوى سطح البحر عند مستواه الحالى منذ ٥,٠٠٠ سنة، قامت العوامل البحرية بتشكيل هذه الفجوات وما زالت هذه العوامل تقوم بتشكيلها حتى الآن كما لوحظ وجود هجرة رأسية محدودة لبعض هذه الفجوات أعلى القطاع الجُرفى الذى يعلو قليلاً المنسوب الحالى لهذه الفجوات والتى ربما هى نتاج للارتفاع الحديث الحادث الآن فى مستوى سطح البحر.

ثالثاً – الاتجاهات الرئيسية لخط الساحل[١]:

يبلغ اجمالى طول خط ساحل المنطقة كخط متعرج ٥٧,٩٤ كم فى حين يبلغ طوله كخط مستقيم ٤٦,٢٧ كم بمعامل تعرج عامة بلغت ١,٢٥ وهى قيمة مرتفعة تمثل انعكاساً لكثرة التعاريج الساحلية من رؤوس وخلجان ومصبات خليجية (مراسي-شروم) ويمكن القول أن هناك سبعة قطاعات رئيسية لخط ساحل المنطقة، يتباين اتجاهاتها ونسب تعرجها العامة ويتباين معها توزيع الفجوات، أكثرها تعرجاً من الشمال للجنوب قطاع الرأس الشمالى الذى يأخذ اتجاهاً عاماً من شمال الشمال الشرقي صوب جنوب الجنوب الغربى بمعامل تعرج بلغت ١,٤٥ بسبب كثرة مصباته الخليجية المعروفة محلياً باسم المراسي أو الشروم، يليه قطاع الساحل الشمالى لخليج المراسي ذات الاتجاه الشرقي الغربي بمعامل تعرج بلغت ١,٣٩ لوجود المراسي الطبيعية به، ثم قطاع رأس محمد الذى يأخذ اتجاهاً عاماً من شمال الشمال الغربي صوب جنوب الجنوب الشرقي بمعامل تعرج بلغت ١,٢١ بسبب كثرة رؤوس وخلجان النحت به، أما بالنسبة لأقل قطاعات الساحل تعرجاً فتتمثل فى قطاع قد البعيرة، بمعامل تعرج بلغت ١,٠٧، وهو يأخذ اتجاهاً عاما

---

(١) العديد من المسميات الخاصة بالظاهرات الجيومورفولوجية بالمنطقة الواردة فى البحث مثل "الخليج المسحور" "خليج المراسي" "خليج يولاند" وغيرها مصدرها دراسة (سمير سامي، ١٩٩٥).

من الجنوب الشرقي صوب الشمال الغربي بسبب اختفاء التعاريج الساحلية مقارنة بالقطاعات السابقة. ويتبين من خلال مطابقة خريطة توزيع الفجوات وخريطة اتجاهات خط ساحل المنطقة ومعامل تعرجاتهما يلي :

- وجود علاقة واضحة بين زيادة معامل التعرج العامة وتركز الفجوات، فأكثر من ٨٠% فجوات المنطقة قد تركزت بالقطاعات الثلاثة الأولى سابقة الذكر التى يزداد فيها نسب التعرج بشكل واضح، فعادة ما ترتبط التعاريج الساحلية خاصة الرؤوس والخلجان البحرية بنشاط عوامل النحت البحرى، فى حين يقل بشكل واضح توزيع الفجوات بقطاعات الساحل قليلة التعرج خاصة قطاع "قد البعيرة"، وقطاع "الساحل الغربي لخليج المراسي" فتلك النوعية من القطاعات الساحلية المستقيمة دليل على ضعف عمليات النحت البحرى، وسيادة عمليات الترسيب البحرى بدليل كثرة ظاهرات الارسابية، بنسبة لا تقل عن ٩٥% من طول سواحلها خاصة الألسنة والحواجز، والشواطيء الرملية بجانب السبخات الساحلية.
- وجود علاقة واضحة بين قطاعات خط الساحل التى تتجه بصفة عامة من الشمال بدرجاتها المختلفة صوب الجنوب بدرجاتها المختلفة وتوزيع الفجوات كما هو الحال فى القطاع الأول (الرأس الشمالى)، والقطاع الخامس (رأس محمد) نتيجة تعامد سواحلهما مع الأمواج المهاجمة ولا يستثنى من ذلك إلا القطاع الثالث (الساحل الغربي لخليج المراسي) بسبب طبيعته الخليجية الارسابية الخالصة فهو أكثر خلجان المنطقة توغلاً صوب اليابس غرباً، وعلى العكس مما سبق لوحظ وجود علاقة واضحة بين قطاعات الساحل التى تتجه من الجنوب بدرجاتها المختلفة صوب الشمال بدرجاتها المختلفة، وقلة انتشار الفجوات كما هو الحال فى القطاع السادس (قد البعيرة)، والسابع (قد بن خدان) بسبب موازاة سواحلهما للأمواج المهاجمة.
- بالنسبة لقطاعات خط الساحل ذات الاتجاه العرضي كالقطاع الثاني (الساحل الشمالى لخليج المراسي) ذات الاتجاه الشرقي الغربي والقطاع الرابع (الساحل الجنوبي لخليج المراسي) ذات الاتجاه الغربي الشرقي نجد أن تركز الفجوات يكون فقط عند أكثر قطاعاتها توغلاً صوب مياه البحر خاصة المتعامدة منها على الأمواج البحرية حيث يمكنهما استقبال أقصى طاقة موجية ممكنة مقارنة ببقية القطاعات المجاورة كقطاع مرسى بريكة بالقطاع الثاني ورأس عطار بالقطاع الرابع.

رابعًا – التوزيع المكانى للجروف البحرية :

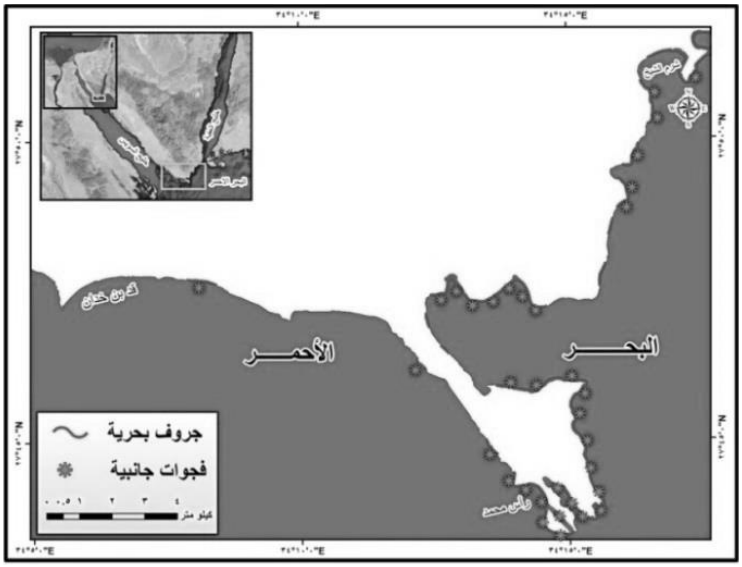
يتضح من الشكل (٩) أن اجمالى أطوال قطاعات الجروف البحرية النشطة بالمنطقة بما فى ذلك ساحل جزير "البعيرة" يبلغ قرابة ٣٥ كم بنسبة نحو ٥٨% من اجمالى طول ساحل المنطقة مما

يعنى أن ما يزيد عن نصف طول ساحل المنطقة هى قطاعات جرفية تسمح بتكوين ظاهرة الفجوات البحرية مع الأخذ فى الاعتبار أن هذه الجروف ليست فى معظمها من صنع أمواج البحر الحديثة (الهولوسينية) بل هى من أنواع الجروف البحرية "الموروثة" من أزمنة وعصور سابقة كجروف جوانب المصبات البلايستوسينية وجروف حافة الرصيف المرجاني البلايستوسينى وغيرها، وقد أكتفت أمواج البحر الحالية بإعادة تشكيل هذه الجروف، بعد ثبات واستقرار مستوى سطح البحر خلال موجة الطغيان الفلاندري واصباغها بالصبغة البحرية الحديثة فى صورة فجوات وكهوف ومسلات بحرية. وبنظرة تفصيلية أكثر لتوزيع الجروف البحرية بالمنطقة يمكن القول أن قطاعاتها تبدأ فى الظهور بداية من الجانب الشمالى لشرم الشيخ حتى جانبه الجنوبي بطول ٢,٣ كم، وقد بلغ طول الفجوات بها ١,٥ كم، وقد لوحظ استمرار هذه الجروف فى الانتشار بدون تقطع حتى الجانب الشمالى لشرم الخريطة بطول ٠,٨ كم، ثم تختفى بعد ذلك على طول سواحل بقية المصبات الخليجية "الشروم" ثم تعاود هذه الجروف فى الظهور ثانية بداية من الجانب الشمالى لشرم المية ثم تختفى عند مدخل الشرم، وتظهر ثانية بالجانب الجنوبي من الشرم حتى بداية شرم أبو خشيب، بطول ٣,٩ كم، نصيب الفجوات منه ١,٧ كم، وبداية من شرم أبو خشيب حتى بداية الساحل الشمالى لخليج المراسي تظهر الجروف بشكل متقطع للغاية لمسافة تقترب من ١,٧ كم، تختفى منها تماماً الفجوات، وإلى الغرب مباشرة من مرسى بريكة (الغزلاني) تبدأ الجروف فى الظهور مجدداً بشكل شبه متصل حنى نهاية الساحل الشمالى لخليج المراسي بطول ٦,١ كم، يبلغ طول الفجوات منها ٢,١ كم، وقد تركزت على جانبي مرسى خشبة، وبداية من الساحل الغربي لخليج المراسي تمتد الجروف البحرية بشكل شديد التقطع بطول ١,٢ كم خلت تماماً من الفجوات، ثم تعاود الجروف البحرية فى الظهور مرة أخرى بشكل متصل على طول الساحل الجنوبي لخليج المراسي مروراً برأس عطار والساحل الجنوبي الشرقى لرأس محمد ثم الجانب الشرقي لقناة المانجروف ونهاية بالساحل الجرفي لقد البعيرة، بطول بلغ نحو ١٥,٢٣ كم، وقد بلغ نصيب الفجوات منها نحو ٧ كم. ونهاية من قد البعيرة يعاود الظهور شديد التقطع للجروف البحرية حتى قد بن خدان، حيث بلغ طولها ١,٦٥ كم بلغ نصيب الفجوات منها ٠,٤ كم فقط، وبالنسبة لجزيرة البعيرة الواقعة قرب الساحل الجنوبي الغربي للمنطقة، فقد بلغ طول جروفها النشطة ٢,٦٣، نصيب الفجوات منها ٢,٣ كم (شكل ١٠).

خامساً – التوزيع المكانى للفجوات :

يبلغ عدد فجوات الجروف البحرية المسجلة سواء عن طريق الدراسة الميدانية أو عن طريق المرئيات الفضائية من نوع "Geo Eye, 2015" "دقة مكانية متراً واحداً" حوالى "٣٥" فجوة فقط والحقيقة أن قلة أعداد الفجوات بالمنطقة لا يجب أن يعطي انطباعاً خاطئاً عن قلة أهمية الظاهرة

من الناحية الجيومورفولوجية، لأن هذه النوعية من الفجوات تتميز بعظم امتداداتها مقارنة بأعماقها (Sunamura, 1992, p. 184) بدليل انتشار هذه الفجوات بطول يبلغ ١٥ كم بنسبة ٤٣% من طول الساحل الجُرفي بالمنطقة، ونسبة ٢٥% من طول ساحل المنطقة ككل[١] ويتضح من الصورة التوزيعية التفصيلية لهذه الفجوات أن هناك تبايناً كبيراً فى توزيعها من مكان لآخر على طول قطاعات الساحل الجرفي للمنطقة فنحو "٢٥" فجوة من مجموع فجوات المنطقة قد تم تسجيلها بالساحل الشرقى للمنطقة بطول ٨٨% من اجمالى الامتداد الجانبي لفجوات المنطقة فى حين لم يتم تسجيل سوى "١٠" فجوات بالساحل الغربي بطول ١٢% فقط من الامتداد الجانبي لفجوات المنطقة فيما يمكن أن نطلق عليه التوزيع غير المتماثل للفجوات بسواحل المنطقة سواء الشرقية أو الغربية وهو ذاته التوزيع غير المتماثل للقطاعات الجُرفية النشطة مما يؤكد العلاقة الوثيقة بين توزيع القطاعات الجُرفية النشطة ونشأة الفجوات. ويرجع هذا التباين إلى العديد من الأسباب فى مقدمتها اختلاف ظروف البيئة البحرية والأعماق السائدة أمام قطاعات الساحل المختلفة بالمنطقة كما يلي :



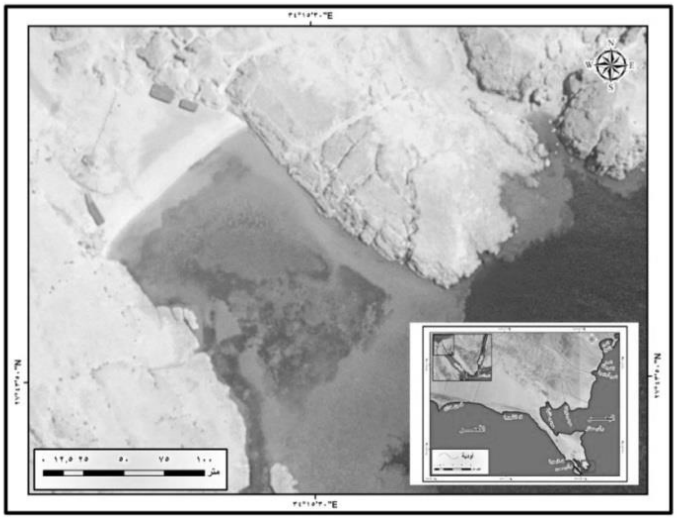
شكل (٩) : توزيع الجروف البحرية والفجوات بالمنطقة.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على Geo Eye, 2015.

(١) فى الحالات التى وجد فيها الباحث فجوات قد تشكلت عند قاعدة أحد الجروف البحرية ثم اختفت فجأة لمسافة قصيرة ثم عاودت الظهور ثانية عند نفس القاعدة الجرفية بنفس الخصائص فانه قد تم اعتبارها بمثابة فجوة واحدة ولولا ذلك لبلغ عدد فجوات المنطقة أضعاف الرقم المذكور.

١) الساحل الغربي للمنطقة :

يتميز الساحل الغربي للمنطقة بالعديد من الخصائص التى تميزه عن الساحل الشرقي وتجعله ساحلاً ارسابياً فى المقام الأول شبه خالي من الفجوات تلك الخصائص الممثلة فى الآتى :



شكل (١٠) : القطاعات الجُرفية وفجواتها بالساحل الجنوبي الشرقي للمنطقة.
After, Geo Eye, 2015.

- **قلة العمق البحري :**

من المعروف انه كلما زاد العمق البحرى أدى ذلك الى قوة الأمواج المهاجمة نظراً لإمكانية تكسرها مباشرة عند قواعد الجروف البحرية والعكس بالنسبة للأعماق الضحلة التى تجعل الأمواج تتكسر بعيداً عن قواعد هذه الجروف، ومن ثم عدم قدرتها على نحت وتشكيل الفجوات، ويتضح من الشكل (١١) تميز المياه أمام الساحل الغربي بالضحالة الشديدة الذى هو امتداد للساحل الشرقي لخليج السويس، مقارنة بمياه الساحل الشرقي ذات النشأة الصدعية فى المنطقة على اعتبار أنه امتداد لساحل خليج العقبة من جهة الجنوب ولعل هذا يفسر لنا سيادة الأشكال الارسابية بنسبة ٩٨% من طول الساحل الغربي ككل فى صورة شواطيء رملية وألسنة وحواجز رملية وسبخات ساحلية.

- **الشعاب المرجانية :**

يلعب نمو الشعاب المرجانية دوراً مهما للغاية في طبيعة الأمواج المهاجمة لخط الساحل من حيث كونها أمواج نحت أو ارساب، ونظراً لتوفر الظروف البيئية المناسبة لنمو الشعاب المرجانية

بالمياه الضحلة من الساحل الغربي للمنطقة فقد تكونت شعاب عطاف المرجانية، وهى أحد أنواع الشعاب الهامشية المزدوجة وهو ما أدى إلى زيادة ضعف الأمواج البحرية الواصلة لخط الساحل التى عادة ما تفقد قوتها عند تكسرها بالمنحدرات الأمامية لمسطحات هذه الشعاب لتصل ضعيفة للغاية إلى الساحل الغربي للمنطقة غير قادرة على نحت الفجوات. وتتميز شعاب عطاف المرجانية الممتدة على طول الساحل الغربي لمنطقة رأس محمد بامتدادها على شكل اثنين من الشعاب المرجانية : الأول هامشي داخلي ملاصقاً لخط الساحل أخذاً محوراً عاما من الجنوب الشرقي صوب الشمال الغربي ثم الغرب بطول ١٧ كم، والشعاب الثانى : خارجي يمتد على شكل حاجز مرجاني منبثق من الشعاب الهامشي السابق، بطول ٧,٣٦ كم، ويحصر الشعاب الخارجي بينه من جهة الغرب وبين الشعاب الداخلي من جهة الشرق بحيرة ساحلية عمقها بين ٣,٠ الى ١٨,٠ مترا وطولها ٧,٨ كم، وبهذا الامتداد المورفولوجي لشعاب عطاف بفرعيها الداخلية والخارجية، يكون من الصعوبة بمكان على أية أمواج مهاجمة اجتيازها وصولاً للقطاعات الجُرفية دون أن تضعف وتقل قوتها وتصبح غير قادرة على نحت الفجوات.

شكل (١١) : الأعماق والشعاب والألسنة الرملية فى سواحل المنطقة.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على خرائط الادميرالية البريطانية ١٩٨٣ والمرئيات الفضائية.

- **أشجار المانجروف :**

تنمو العديد من أشجار المانجروف قرب قواعد القطاعات الجُرفية النشطة خاصة بالساحل الغربي لمنطقة رأس محمد داخل البحيرة الساحلية الواقعة بين شعبتى عطاف الداخلية والخارجية، وعادة ما تتضافر أشجار المانجروف مع الشعاب المرجانية فى اضعاف الأمواج المهاجمة لخط الساحل بل يمكن اعتبارها خط حماية ودفاع ثان بعد الشعاب المرجانية يوفر الحماية لقواعد الجروف البحرية ويحول دون تكون الفجوات، ولذا نجد البعض يطلق على غابات المانجروف تعبير جذور الساحل Roots على اعتبار انها تحد من نحت الأمواج لخط الساحل على وجه العموم ولذلك فعندما يحدث تطابق بين توزيع الشعاب وتوزيع أشجار المانجروف كما هو الحال بالساحل الغربي للمنطقة تختفي الفجوات تماماً.

- **الألسنة والحواجز الرملية :**

يعد اللاجون المرجانى الواقع بين شعبتي عطاف الداخلية والخارجية من البيئات البحرية المثالية لنمو الألسنة والحواجز الرملية (صورة ٣) خاصة مع توفر الرواسب الناتجة عن نحت مسطحات ومنحدرات هذه الشعاب، هذه الألسنة والحواجز هى بمثابة خط دفاع ثالث مع الشعاب المرجانية والمانجروف لحماية قواعد الجروف البحرية من نحت الأمواج وهو يزيد من ضعف الأمواج المهاجمة ووصولها ضعيفة للغاية لخط الساحل بحيث تصبح غير قادرة على نحت أو تشكيل أية فجوات.

صورة (٣) : لسان رملى قبالة الساحل الغربي الرملي بالمنطقة.

- **قلة اتساع المسطح المائى بالساحل الغربي :**

من المعروف أن طاقة الأمواج المتولدة بنطاق المياه العميقة تتوقف على قوة الرياح عن احتكاكها بسطح الماء من جهة ومدى اتساع المسطح المائى التى تهب فوقه من جهة أخرى، ونظرا لضيق اتساع المسطح المائى قرب الساحل الغربي للمنطقة فقد أدى ذلك إلى ضعف الأمواج المتولدة قبالة هذا الساحل.

٢) الساحل الشرقي للمنطقة :

على العكس تماماً من الساحل الغربي للمنطقة نجد تركزاً واضحاً لظاهرة الفجوات بالساحل الشرقي للمنطقة والذي يمكن ارجاعه للأسباب الآتية :

- **بروز الساحل الشرقي فى اتجاه البحر شرقاً :**

يبدو الساحل الشرقي لمنطقة رأس محمد ككل خاصة القسم الشمالى منه أشبه برأس بحرية كبرى متعمقة فى مياه البحر شرقاً وهو ما ترتب عليه الى زيادة العمق البحرى وتكسر الأمواج مباشرة عند قواعد جروفها النشطة مشكلة العديد من الفجوات، ناهيك عن تعامد ساحلها على اتجاه الأمواج المهاجمة مما يزيد من قدرتها على عملية النحت حيث علل (Friedman, 1985, p. 55) وجود الأمواج المائلة والموازية لخط ساحل خليج العقبة ككل الى اتفاق حركة الرياح السائدة وهى الشماليات مع خط ساحل الخليج والعكس صحيح كحالة الساحل الغربي للمنطقة.

- **قلة انتشار الجزر الشاطئية :**

عادة ما يؤدي وجود الجزر الشاطئية القريبة من خط الساحل إلى ضعف الأمواج المهاجمة، وعلى الرغم من وجود جزيرتا تيران وصنافير الكبيرتين قرب رأس نصرانى شمال منطقة رأس محمد إلا أن وجودهما بعيداً عن خط الساحل قد قلل من أهميتهما فى اضعاف الأمواج الواصلة للساحل الشرقي للمنطقة ولم يمنع تكون القطاعات الجُرفية، وفجواتها.

- **قلة اتساع الشعاب المرجانية :**

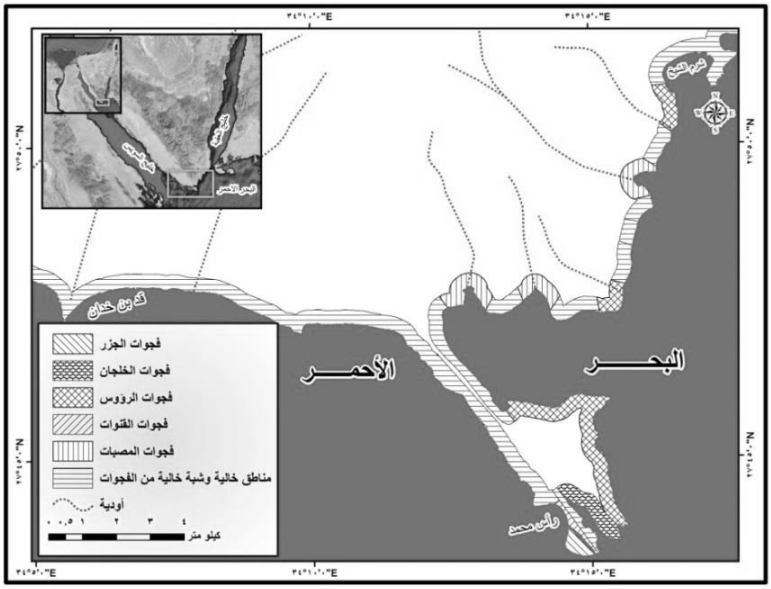
يتميز الساحل الشرقي لمنطقة رأس محمد بقلة انتشار الشعاب المرجانية بسبب زيادة العمق البحري بهذا الساحل مقارنة بالساحل الغربي، وهذه الشعاب فى حالة وجودها فهى من النوع الهامشي ضيقة الاتساع الذى لا يحول دون وصول الأمواج البحرية قوية عند جروفها البحرية وتشكيل الفجوات.

- **اختفاء الألسنة والحواجز الرملية والمانجروف :**

تختفى ظاهرة الحواجز والألسنة الرملية وأشجار المانجروف تماماً من أمام الساحل الشرقي للمنطقة باستثناء قطاعات محدودة للغاية وهو ما ساعد على انتشار ظاهرة الفجوات بقواعد الجروف البحرية النشطة على طول هذا الساحل.

سادساً – تصنيف الفجوات البحرية حسب مناطق توزيعها :

يمكن تصنيف الفجوات البحرية بالمنطقة حسب مناطق تركزها الجيومورفولوجية كما يتضح من الشكل (١٢) إلى الأنماط الخمسة التالية :



شكل (١٢) : الأنماط الرئيسية للفجوات بالمنطقة.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على Geo Eye, 2015.

١) فجوات الرؤوس البحرية :

تعد الفجوات المنتشرة عند جوانب الرؤوس البحرية هى الأكثر انتشاراً بساحل المنطقة خاصة عند الرأس الشمالية ورأس محمد ورأس عطار بنصيب ١٧ فجوة بنسبة ٤٩% من مجموع عدد الفجوات بالمنطقة. ويرجع شيوع انتشار ظاهرة الفجوات بجوانب هذه الرؤوس إلى شدة تعمقها فى مياه البحر وتعامد الأمواج عليها وقلة اتساع الشعاب الهامشي وزيادة العمق البحري وكل هذا يؤدى

الى تكسر الأمواج مباشرة عند جوانب هذه الرؤوس مشكلة العديد من الفجوات بقواعد الجروف البحرية النشطة.

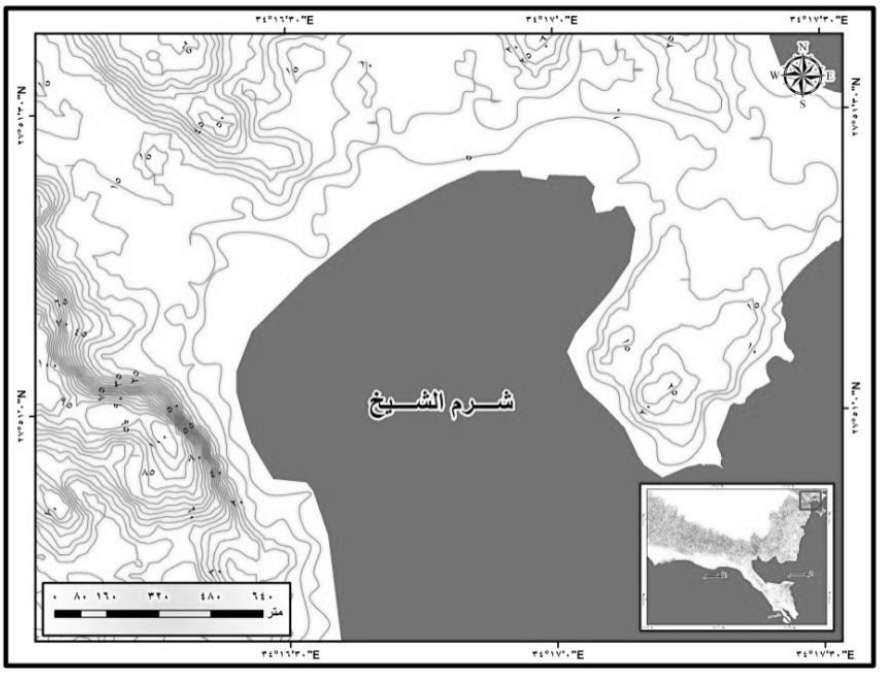
٢) فجوات المصبات الخليجية :

ينتشر العديد من الفجوات بجوانب العديد من المصبات الخليجية خاصة بالساحل الشرقي للمنطقة بنصيب ٩ فجوات بنسبة نحو ٢٦% من عدد الفجوات تركزت بجوانب هذه المصبات التى تبدو كجروف بحرية نشطة وهى فى الأصل عبارة عن جوانب الأودية الجافة قبل تعرض مصباتها للغرق خلال موجة الطغيان الفلاندري وتحولها الى مصبات خليجية (شروم أو مراسي) كما هو الحال فى جوانب شرم الشيخ وشرم الخريطة وشرم المية ومرسى خشبة ومرسى بريكة (شكل ١٣).

٣) فجوات الخلجان البحرية :

يبلغ عدد فجوات الخلجان البحرية ٥ فجوات بنسبة ١٤% من مجموع الفجوات بالمنطقة وأهمها هو ما يوجد بالقطاع الجنوبي من منقطة رأس محمد مثل خليج القرش وخليج الشاطيء الرئيسي وخليج يولاند والخليج المسحور (صورة ٤).

صورة (٤) : انتشار الفجوات عند أحد جانبي خلجان النحت البحرى بالمنطقة.



شكل (١٣) : الخريطة الكنتورية لمنطقة شرم الشيخ.

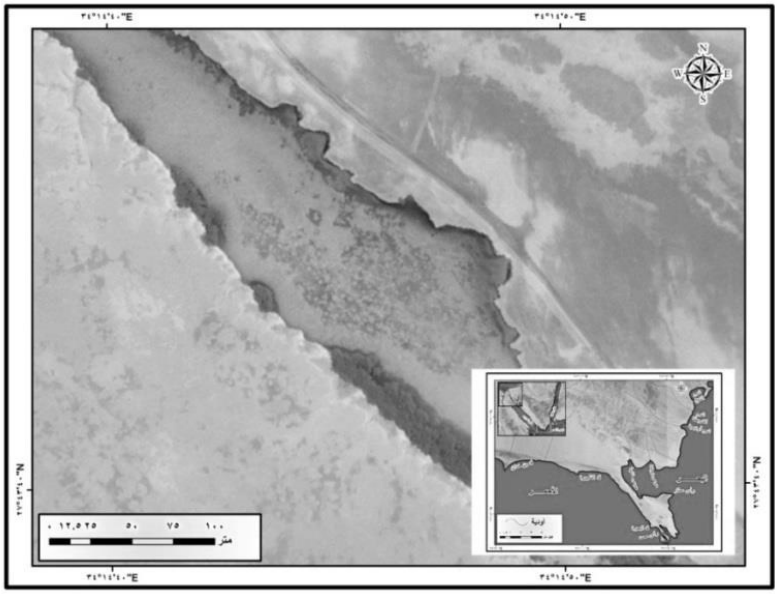
المصدر: نموذج الارتفاعات الرقمي DEM.

٤) فجوات قناة المانجروف :

تم تسجيل اثنين من الفجوات الجانبية بالجانب الشرقى لقناة المانجروف (شكل ١٤) تلك القناة الممتدة بالساحل الجنوبي الغربي للمنطقة فيما بين اليابس من جهة الشرق وجزيرة البعيرة من جهة الغرب ويبلغ طولها ١ كم وعمقها أقل من المتر ومتوسط عرضها ٧٥ متراً، فى حين اختفت الفجوات بالجانب الغربي من القناة نفسها بسبب نمو أشجار المانجروف قرب هذا الجانب وهو ما يحول دون تكوين الفجوات به.

٥) فجوات جزيرة البعيرة :

تم تسجيل اثنين من الفجوات بالساحل الجرفي لجزيرة البعيرة قرب الطرف الجنوبى الغربي من ساحل المنطقة وهى تنفصل عن اليابس الرئيسي من جهة الشرق عن طريق قناة المانجروف وقد تميزت فجوات هذه الجزيرة بأسقفها المعلقة على وشك الانهيار (شكل ١٥).



شكل (١٤) : توزيع الفجوات بالجانب الشرقي من قناة المانجروف.

شكل (١٥) : توزيع الفجوات بالساحل الجُرفي لجزيرة البعيرة.

After, Geo Eye, 2015.

سابعاً - عوامل تشكيل الفجوات البحرية :

تعد العوامل البحرية هى المسئول الأول عن نحت وتشكيل الفجوات بالمنطقة، خاصة المد والجزر والأمواج والتيارات البحرية، وفيما يلي دراسة لهذه العوامل:

١) المد والجزر :

يأتى المد والجزر فى مقدمة العوامل المكونة للفجوات بالمنطقة، خاصة بالقطاعات الجُرفية المحمية نسبياً من عمل الأمواج البحرية كمداخل المصبات الخليجية والقنوات المائية والخلجان البحرية خاصة مع انتشار الصخور الجيرية العضوية وغير العضوية بالمنطقة وهى من أكثر الصخور سريعة الاستجابة لعملية الاذابة البحرية الناتجة عن حركة المد والجزر بالنطاق الشاطئي، وفيما يلى الخصائص المختلفة لحركة المد والجزر بالمنطقة وأهميتها فى نشأة وتشكيل فجوات المنطقة.

أ- الفارق المدى Tidal Range :

يقصد بالفارق المدى "مدى المد" مقدار الفارق بين الحركة الرأسية للمياه وقت المد والحركة الرأسية للمياه أثناء الجزر وقد أوضحت دراسة (Friedman, 1985, p. 55) أن مدى المد عند مدينة شرم الشيخ بالساحل الشرقي لمنطقة رأس محمد يبلغ ٩٠ سم، وهو بذلك أقل من نظيره على الساحل الغربي للمنطقة قرب ميناء الطور حيث يبلغ ١,٨ متراً وفقاً لبيانات الهيئة العامة لموانيء البحر الأحمر (www.rspa.gov.eg/dports/suez.htm) وعلى الرغم ان مدى المد بالمنطقة يقع ضمن أماد المد المنخفض Micro Tidal الذى يقل عن المترين حسب تصنيف "بيرد" (Bird, 1978, p. 8) إلا أن تكرارية وانتظام حدوث حركة المد هو ما يزيد من فرصها فى تقويض الفجوات.

ب- نوع المد السائد :

يعد المد السائد بمنطقة الدراسة حسب تصنيف (Davies, 1980, p. 49) هو المد نصف اليومى Semi-durnal وفيه يحدث مدان وجزران خلال اليوم الواحد (Fishelson, 1973, p. 184)، حيث يحدث المد الأول عند الساعة ٢:١٠ ظهراً، يليه الجزر الأول عند الساعة ٩:٠٥ مساءً يعقبه المد الثانى عند الساعة ٢:٤٥ صباحاً ثم يأتى الجزر الثاني عند الساعة ٩:٣٥ صباحاً. ونظرا لكثرة مرات حدوث المد والجزر أمام ساحل المنطقة فأن لذلك تأثيراً ايجابياً فى نحت واذابة الفجوات لتعدد مرات تعرض هذه الصخور لعمليات الاذابة والتجوية المائية المصاحبة لحركتى المد والجزر.

ج- الغمر المدى :

يحدث في بعض الأحيان أمام ساحل المنطقة خاصة في شهور الشتاء تطابق بين فترات حدوث المد العالى وفترات أمواج العواصف خاصة خلال شهري يناير وفبراير مما ينتج عنه ما يعرف بالغمر المدى ويكون ذات تأثير مهم فى نحت وتشكيل الفجوات بساحل المنطقة. ويمكن القول أن هناك ثلاث عمليات رئيسية ترتبط بحركة المد والجزر ذات أهمية بالغة فى تكوين الفجوات أمام ساحل المنطقة خاصة تلك المكونة من الصخور الجيرية وهى على النحو التالى :

- **عمليات الاذابة البحرية** : تقوم عمليات الاذابة البحرية بدور مهم للغاية فى تكون الفجوات كيميائياً (Verstappen, 1960)، فمن المعروف أن نشاط الاذابة بفعل مياه البحر يتوقف على ما يعرف بقيمة الأس الهيدروجينى والذى يشير إلى درجة حموضة أو قلوية الماء حيث أن زيادتها عن الرقم ٧ تدل على قلوية مياه البحر، ونقصانها عن ذلك يدل على حموضة مياه البحر، وتتوقف قيمة هذا الرقم على كمية غاز ثانى أكسيد الكربون فى الماء، فنقصانه يؤدي إلى ارتفاع الأس الهيدروجينى، وزيادته يؤدى إلى انخفاض الأس الهيدروجينى (زيادة الحموضة) وهو ما يؤدى إلى ذوبان الكالسيوم وهى المادة الرئيسية المكونة لصخور الحجر الجيرى وسهولة تكوين ما يعرف بفجوات الاذابة البحرية Solutions Notches.

وتتراوح قيمة الأس الهيدروجينى في النصف الجنوبى لخليج العقبة بمنطقة الدراسة قرب شرم الشيخين ٨,٣٦ صيفا و ٨,١٣ شتاء وهى قلوية فى معظم أحوال السنة (Ali, 1999, pp. 92-94) وقد لوحظ أن قيم الحموضة في المياه تكون ذات علاقة عكسية بنسب الملوحة فعندما تزداد نسب الملوحة في المياه تقل درجة الحموضة والعكس (Friedman, 1968, p. 903) وهو ما يعنى أن الدور الكيميائى لمياه البحر بالمنطقة يكون مهماً أثناء ساعات الليل من شهور فصل الشتاء حيث تبلغ درجات الحرارة ادناها وتتوقف الكائنات النباتية البحرية عن القيام بعملية البناء الضوئى ومن ثم تتوفر نسب أكبر لغاز ثانى أكسيد الكربون المذاب في مياه البحر مما يزيد من حموضة المياه.

- **عملية التجوية الملحية** Salt Weathering : تؤدي عملية التجوية الملحية دوراً مهما في تشكيل فجوات المنطقة بسبب ارتفاع نسب الأملاح فى مياه المنطقة، لتصل إلى ٤٠,٧ في الألف وقد أوضح (Friedman, 1968, pp. 900-902) أن العلاقة بين نسب الملوحة ودرجة حرارة الهواء الجوي طردية وتمارس التجوية الملحية بفعل مياه البحر دورها فى تشكيل فجوات المنطقة، بطريقتين : أولهما عن طريق التجوية الكيميائية حين تتفاعل مكونات الصخور مع الأملاح الذائبة فى مياه البحر، والثانية : عن طريق التجوية الميكانيكية حين تتجمع مياه البحر داخل مسام الصخور وحينما تجف المياه، تتبقى الأملاح ليزداد حجمها وتؤدى الى تفتيت الصخور ميكانيكياً.

- **عمليات النحت البيولوجي** Biological Erosion : تلعب الكائنات الحية البحرية بمياه البحر دوراً مهما فى نحت الفجوات ويعد الأكسجين المذاب فى مياه البحر الأحمر من الخصائص الكيميائية الهامة المؤثرة فى نمو هذه الكائنات ولذا فإن كمية الأكسجين المذاب عادة تصبح مؤشراً جيداً على مدى صحة البيئة البحرية، وقد بلغ متوسط نسبة الأكسجين فى منطقة شرم الشيخ بخليج العقبة ٥,٠ مليجرام/لتر (Ali, 1999, pp. 83-90) ومن المعروف أن كمية الأكسجين المذابة التى تمثل الحد الأدنى اللازم من أجل استمرار الحياة البحرية ٤ مليجرام/لتر – وهو ما يعنى غنى مياه المنطقة بكائناتها البحرية المتنوعة، حيث تقوم بعض هذه الكائنات خاصة الحفارة منها بالحياة بالقطاعات السفلى من الواجهات الجُرفية سواء الواقعة أسفل مستوى المد أو الواقعة بين نطاقي المد والجزر وتتسبب في نوع من التجوية البيولوجية أو النحت البيولوجى لقواعد هذه الجروف، وتشكل مجموعات من الفجوات تعرف بفجوات النحت البيولوجي (Trudgill, 1976).

ويمكن القول أن العمليات البحرية الثلاثة السابقة المصاحبة لحركة المد والجزر بالمنطقة هى المسئولة عن تشكيل غالبية فجوات المنطقة خاصة الأنواع المدية Tidal Notches والتى عادة ما تكون مرتبطة فى منسوبها بمستوى أعلى مد وأدنى جزر خاصة بالقطاعات الساحلية المحمية من عمل الأمواج البحرية نسبياً.

٢) الأمواج البحرية :

تعد الأمواج من أهم عوامل نحت الفجوات البحرية خاصة بقطاعات الساحل الجُرفي المكشوف كمناطق الرؤوس شديدة التوغل فى مياه البحر، كالرأس الشمالية أكثر رؤوس المنطقة توغلاً فى مياه البحر صوب الشرق والرأس الجنوبية (رأس محمد)، أكثر رؤوس المنطقة توغلاً فى مياه البحر صوب الجنوب. والحقيقة أنه عند مهاجمة الأمواج لقواعد الجروف البحرية تبدأ فى ممارسة عملها النحاتى وتقويض قواعد هذه الجروف عبر مواضع الضعف الجيولوجية بها ونحت وتشكيل ظاهرة الفجوات وهو ما يترتب عليه تساقط نتاج عملية التقويض فى صورة رواسب شاطئية تتراكم فوق سطح الرصيف الشاطئي لتأتى الأمواج مجدداً وتستخدم هذه الرواسب مرة أخرى فى تفعيل عملية تعميق وتوسيع هذه الفجوات، فيما يطلق عليه التغذية الاسترجاعية الموجبة للفجوات Positive Feed Back.

ويتوقف مدى نحت الأمواج البحرية لقواعد الجرُوف البحرية وتكوين ظاهرة الفجوات على المعادلة التي اقترحها (Sunamura, 1973, p. 6)، هي كالتالي :

ن. ف = O (م.ع ، ز) م.ع = (ق.ن / ق.ق)

حيث إن :

ن.ف = نحت الفجوة.

م.ع = محصلة العلاقة بين قوتين رئيسيتين.

ق.ن = قوة نحت الأمواج لقاعدة الجُرف البحري.

ق.ق = قوة مقاومة صخور الجُرف البحرى.

ز = الفترة الزمنية لعمل الأمواج البحرية.

- فإذا ما كانت قوة نحت الأمواج > قوة مقاومة الصخور ، فإن هذا يعنى أن قوة النحت > ١ ومن ثم يحدث النحت الموجي، وتنشأ الفجوات.
- أما إذا قوة نحت الأمواج ≥ قوة مقاومة الصخور، فإن هذا يعنى أن قوة النحت ≥ ١ ومن ثم تختفى الفجوات.

وعلى الرغم من أهمية الأمواج البحرية فى نحت فجوات المنطقة إلا أنها تأتى فى مرتبة ثانية بعد المد والجزر، نظراً لما تتميز به من ضعف نسبي حيث لم يزد متوسط ارتفاعها عن ٠,٥ متر فى ساحل خليج العقبة ككل فى الفترة من ١٩٥٨-١٩٦١ (Friedman, 1985, p. 53) ومعنى ذلك أن أمواج ساحل خليج العقبة ككل والساحل الشرقي لمنطقة رأس محمد يمكن تصنيفها حسب تصنيف (Pethick, 1984, p. 195) الى سواحل البحار منخفضة الطاقة لا يزيد ارتفاع أمواجها عن نصف متر، وهو ما قلل من أهمية الأمواج فى المنطقة فى نحت وتشكيل فجوات المنطقة مقارنة بحركة المد والجزر باستثناء القطاعات الساحلية المتعامدة على عمل الأمواج البحرية خاصة خلال شهرى يناير وفبراير حيث يتعاظم ارتفاع الأمواج خلالهما (Friedman, 1985, p. 53). ويمكن القول أن أمواج منطقة رأس محمد هى المسئولة عن تكوين ما يعرف بفجوات النحت والبرى الموجى Abrasion Notches خاصة بالقطاعات الجُرفية المكشوفة لعمل الأمواج المهاجمة، ويمكن الاستدلال عليها من خلال توفر الرواسب الرملية والجصى أمام قواعدها وهى تلك المواد التى تستخدمها الأمواج كمعاول لنحت هذه النوعية من الفجوات، ناهيك عن قوة الاندفاع الهيدروليكى للأمواج ذاتها.

٣) التيارات البحرية :

على الرغم من عدم الأهمية المباشرة للتيارات الشاطئية فى نحت وتشكيل الفجوات بالمنطقة إلا أن أهميتها تكمن فى قيامها بتمشيط أرضيات الفجوات من الرواسب والمفتتات المتراكمة أمامها ونقلها بعيداً عن هذه الفجوات، ومن ثم تساعد الأمواج المهاجمة فى الوصول لقواعد هذه الفجوات مباشرة، وممارسة عملها النحتى بقيعان هذه الفجوات والحيلولة دون استقبال فجوات المنطقة تغذية استرجاعية سالبة Negative Feed Back.

ثامناً – الخصائص الجيومورفومترية للفجوات البحرية :

تتمثل فى الأشكال السائدة للفجوات وأنماطها المورفولوجية وأبعادها المورفومترية ثم مراحل تطورها الجيومورفولوجي، وفيما يلى دراسة لهذه الخصائص بالتفصيل.

١) الأشكال السائدة لفجوات قواعد الجروف :

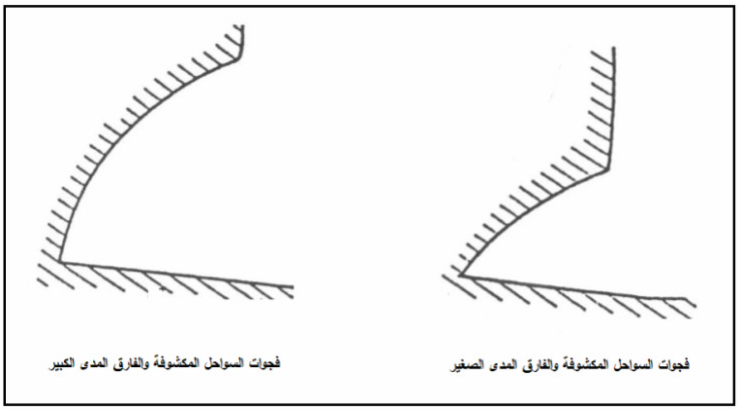
يتوقف شكل الفجوات السائدة على ما يعرف بمعامل الشكل Shape Ratio وهو النسبة بين عمق الفجوة وارتفاعها، فاذا كان الناتج أقل من "١" الصحيح دل ذلك على اقتراب الفجوة كثيراً من الشكل "V" وإذا زاد الناتج عن "١" الصحيح دل ذلك على الشكل "U" وقد تراوح معامل الشكل لفجوات المنطقة بين ٠,٤–٤,٠، بمتوسط عام ١,٤ للفجوة الواحدة، وفيما يلى دراسة لأهم أشكال الفجوات بالمنطقة حسب معامل الشكل.

أ- الفجوات على شكل حرف "U" :

هى عبارة عن فجوات تتميز بقلة ارتفاعها مقارنة بأعماقها، وفى بعض الحالات قد يتساوى ارتفاعاتها مع أعماقها، وهى الحالات التى يزيد فيها معامل الشكل إلى "١" الصحيح وتتميز تلك المجموعة من أشكال الفجوات بقلة انحدار أسقفها الصخرية، وأرضياتها وفى بعض الأحيان قد تكون أفقية تماماً. ويبلغ عدد هذه الفجوات بالمنطقة ١٨ فجوة بنسبة ٧٢% من مجموع الفجوات المقاسة وهو ما يعنى أن غالبية فجوات المنطقة تنتمى لهذه المجموعة من الأشكال، وقد تركز العديد من هذه الفجوات بالقطاعات المحمية من ساحل المنطقة التى يقل فيها نسبياً أهمية دور الأمواج كعامل نحت ويتعاظم فيها دور المد والجزر، تلك الفجوات التى غالباً ما يطلق عليها اسم الفجوات المدية وعادة ما تتواجد فى البيئات الساحلية المحمية من عمل الأمواج القوية وتكون ذات ارتفاعات كبيرة حيث يزيد الفارق المدى وذات ارتفاعات قليلة حيث يقل مقدار الفارق المدى.

ب- الفجوات على شكل حرف "V" :

هى تلك الفجوات التى يزداد فيها ارتفاعاتها عن أعماقها، وهو ما يجعل أسقف وأرضيات هذه الفجوات شديدة الانحدار (صورة ٥) وقد بلغ عدد هذه الفجوات بالمنطقة ٧ فجوات، بنسبة ٢٨% من مجموع فجوات المنطقة تواجدت على وجه الخصوص بقطاعات ساحل المنطقة المتعامد على الأمواج البحرية، وعادة ما تنتشر هذه النوعية من الفجوات فى البيئات الساحلية المكشوفة لعمل الأمواج وتكون أكثر ارتفاعاً حين يزداد مدى المد والعكس حين يقل مدى المد (شكل ١٦).



شكل (١٦) : الأشكال السائدة لفجوات السواحل المكشوفة.
After, Higgins, 1980.

صورة (٥) : فجوة بالساحل الجنوبي على شكل حرف "V".

٢) الأشكال السائدة لفجوات واجهات الجروف :

بجانب الشكلين التقليدين السابقين لأشكال للفجوات عند قواعد الجروف البحرية فى منطقة رأس محمد وهما الفجوات على حرف "U" والفجوات على "V" فهناك أشكال أخرى تنتج عن تجاور أحد هذين الشكلين أو كلاهما على طول الواجهة الرأسية للجرف البحرى (Wziatek, 2011, pp. 856-858) والتى يمكن دراستها فى منطقة الدراسة على النحو التالى :

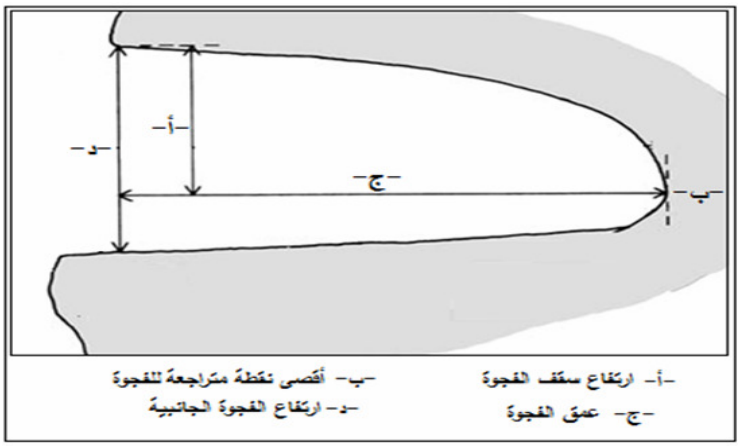
أ- **فجوات حرف** W : عندما يتجاور رأسياً على طول الواجهة الجرفية اثنين من الفجوات الهولوسينية الحديثة على شكل حرف "V" فان الشكل الناتج هو فجوات على شكل حرف "W" وقد تم تسجيل هذا النمط من الفجوات بالواجهة الجُرفية لرأس عطار الأولى : على منسوب متر من مستوى سطح البحر والثانية: على منسوب خمسة أمتار ومن المرجح أن تكون الفجوة الأولى السفلية قد تشكلت بفعل أمواج البحر العادية فى حين تشكلت الثانية العلوية نتيجة عمليات التجوية الملحية الناتجة عن تطاير رَّذاذُ الأمواج .

ب- **الفجوات الدرجية** Two Step Notches : عندما يتجاور اثنين من الفجوات على طول الواجهة الجُرفية الرأسية، الأولى : تقع عند المستوى الحالى لسطح البحر وتتشكل إما بفعل أمواج البحر أو حركة المد والجزر Tidal Notch والثانية : تقع على منسوب تصله أمواج العواصف القوية فان النمط الناتج لهذه الفجوات هو الفجوات الدرجية وقد تم تسجيل هذا النمط بالواجهة الجُرفية عند رأس محمد حيث تم تسجيل فجوة عند منسوب +١,٥ مترا وأخرى على منسوب أربعة أمتار وهو المنسوب الذى يمكن أن تصله أمواج العواصف بالمنطقة وعادة ما تتميز فجوات نحت أمواج العواصف عن فجوات الرَّذاذُ المائي السابقة من حيث طبيعة أشكالها التى تأخذ شكل الخطاف Hook-shape Surf Notches.

ج- **الفجوات المزدوجة** Double Notches : أشار (Antonioli, et al., 2006, pp. 19-29) إلى أنه فى بعض الأحيان قد يتجاور رأسياً على طول الواجهة الجُرفية اثنين من الفجوات، الأولى هولوسينية حديثة تقع عند المستوى الحالى لسطح البحر، والثانية بلايستوسينية قديمة تقع على منسوب أعلى من ذلك بكثير Emerged Notches وهو ما يعرف بالفجوات المزدوجة وقد تم تسجيل هذا النمط بالواجهة الجُرفية للجانب الشرقي للخليج المسحور، أولى هذه الفجوات تقع على منسوب متر من مستوى سطح البحر والثانية على منسوب نحو ٨ أمتار.

٣) الخصائص الموفومترية للفجوات البحرية :

يبلغ عدد الفجوات الحديثة "الهولوسينية" المسجلة ميدانياً وخرائطياً عند قواعد الجروف البحرية النشطة "٣٥" فجوة تم القياس الميدانى لعدد "٢٥" فجوة بنسبة ٧٠% من مجموع هذه الفجوات ويتضح من الشكل (١٧) مجموعة الأبعاد المورفومترية التى تم قياسها من حيث العمق والارتفاع والامتداد الجانبي، كما تم تطبيق معامل عدم التماثل لهذه الفجوات.



شكل (١٧) : الأبعاد المورفومترية التى تم قياسها ميدانياً.
Carobene, 2014 (Modified)

أ- **العمق** Depth :

يقصد بعمق الفجوة هو الخط الواصل بين أقصى نقطة متراجعة للفجوة من جهة اليابس، حتى تقاطعه مع الخط الرأسي الذى يمثل ارتفاع الفجوة من جهة البحر وقد تراوحت أعماق هذه الفجوت بين ١٨-٢٩٠ سم بمتوسط يبلغ ١٢٨ سم ويمكن تقسيم فجوات المنطقة حسب أعماقها إلى فجوات قليلة العمق (أقل من ١٠٠ سم) ويبلغ عددها ٧ فجوات بنسبة ٢٨% من مجموع الفجوات المقاسة، خمسة منهم من النوع الجنيني، وقد أطلق (Higgins, 1980, pp. 17-18) على هذه النوعية من الفجوات الضحلة ذات الأسقف الصخرية شديدة الانحدار اسم فجوات "Nip"، وفجوات متوسطة العمق (١٠٠-١٥٠ سم) يبلغ عددها ٩ فجوات بنسبة ٣٦% من مجمل الفجوات، وغالبيتها من الأنواع التى تمر بمرحلة الشباب، وأخيراً الفجوات العميقة (أكثر من ١٥٠ سم) ويبلغ عددها ٩ فجوة بنسبة ٣٦% من مجمل الفجوات وغالبيتها من الأنواع التى تمر بمرحلتى النضج والكهولة.

ب- الارتفاع Height :

يقصد بارتفاع الفجوة هو ذلك الخط الذى يصل بين أعلى نقطة للفجوة حتى نقطة تقاطعها مع أرضية الفجوة. وقد تراوحت ارتفاعات فجوات المنطقة بين ٣٠-٢٠٦ سم بمتوسط عام يبلغ ٩٠ سم. ويمكن تقسيم فجوات المنطقة حسب ارتفاعاتها إلى فجوات قليلة الارتفاع (أقل من ٥٠ سم) يبلغ عددها ٤ فجوات بنسبة ١٦% من مجموع الفجوات المقاسة وجميعها من الأنواع الصغيرة التى تمر بالمرحلة الجنينية، ثم فجوات متوسطة الارتفاع (٥٠-٩٠ سم) يبلغ عددها ٩ فجوات بنسبة ٣٦%، وأخيراً فجوات شديدة الارتفاع (أكثر من ٩٠ سم) يبلغ عددها ١٢ فجوات بنسبة ٤٨% من مجموع الفجوات وجميعها إما فجوات ناضجة أو كاهلة. ويتضح من خلال دراسة أعماق وارتفاعات الفجوات فى منطقة البحث أن أعماق هذه الفجوات تزيد كثيراً عن ارتفاعاتها بمقدار يزيد عن الثلث، وبصفة عامة يمكن القول أن تباين الأبعاد المورفومترية للفجوات بالمنطقة يرجع إلى ثلاثة عوامل رئيسية :

- المرحلة التطورية التى تمر بها هذه الفجوات.
- بنية وليثولوجية الصخور التى نشأت بها هذه الفجوات.
- طبيعة العوامل والعمليات البحرية المشكلة للفجوات.

ج- معامل عدم التماثل Asymmetry Ratio :

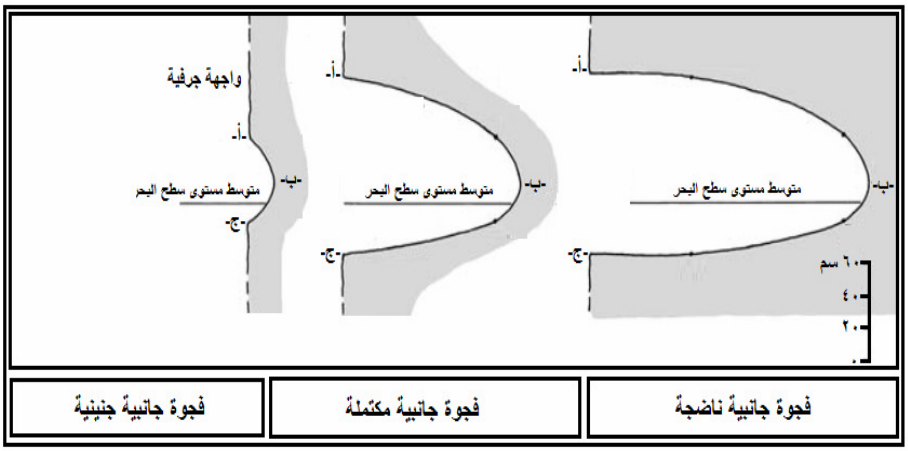
للتعرف على مدى تماثل الفجوات فى منطقة الدراسة تم استخدام ما يعرف بمعامل عدم التماثل وهو النسبة بين ارتفاع سقف الفجوة وارتفاع اقصى نقطة متراجعة للفجوة فكلما اقترب الناتج من "١" الصحيح كانت الفجوة متماثلة وكلما ابتعد الناتج عن "١" الصحيح كانت الفجوة غير متماثلة، وقد تراوح قيم هذا المعامل بين ١,١-٧,٢ بمتوسط عام بلغ ٣,٥ وهو ما يعنى بعد فجوات المنطقة على وجه العموم غير متماثلة حيث بلغ عدد الفجوات التى زاد معاملها عن "٢" ٨٤% من مجموع فجوات المنطقة، وتعد الفجوات الجنينية هى الأكثر تماثلاً مما يعنى أن فجوات المنطقة تبدأ دورة حياتها متماثلة ثم يحدث لها تطوراً نحتياً خلال المراحل التالية.

٤) مراحل التطور الجيومورفولوجى للفجوات البحرية :

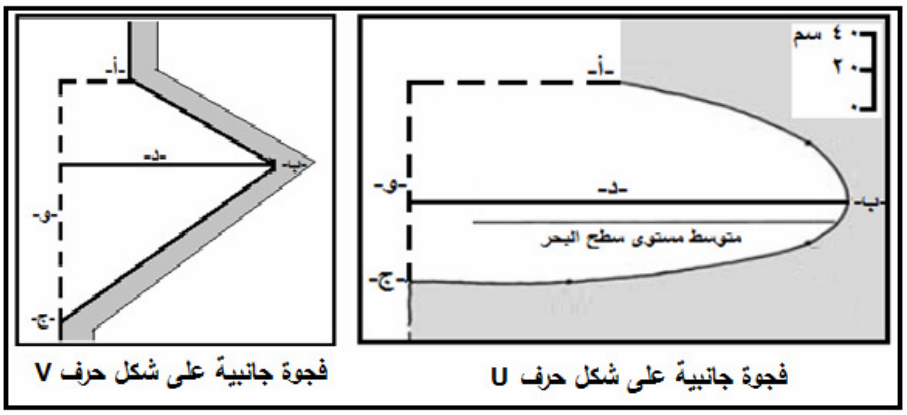
تتباين مراحل التطور الجيومورفولوجى لفجوات قواعد الجروف البحرية سواء تلك التى تأخذ شكل حرف (U أو V) فى انعكاس لطبيعة وخصائص العمليات البحرية المشكلة وبنية وليثولوجية صخور هذه الفجوات وقد أوضح (Carobene, 2014) كما فى الشكل (١٨) وجود ثلاثة مراحل رئيسية لتطور الفجوات رابطاً هذه المراحل بالأبعاد المورفومترية لهذه الفجوات سواء من حيث ارتفاعاتها أو أعماقها وذلك على النحو التالى :

- **مرحلة الميلاد (الجنينية)** Embryonic Stage : هى بداية ميلاد الفجوات بمناطق الضعف الجيولوجية بصخور الجروف البحرية وبمساعدة عوامل البحر المهاجمة وتبدو فجوات هذه المرحلة على شكل حفر محدودة الأبعاد المورفومترية، ارتفاعها يتراوح بين "٣٠-٥٠" سم وأعماقها بين "١٥-٢٠" سم ويتضح خلال هذه المرحلة أن الفجوات تبدأ دورة حياتها وأرتفاعاتها تتفوق كثيراً عن أعماقها بنحو "الضعف" تقريباً وقد بلغ عدد فجوات المنطقة التى تمر بهذه المرحلة ٥ فجوات بنسبة ٢٠% من مجموع الفجوات التى خضعت للقياس الميدانى وعددها (٢٥) فجوة فقط مع ملاحظة أن إحدى الفجوات فى مرحلة الكهولة بالمنطقة قد تميزت بتماثل ارتفاعها مع عمقها وأخرى تميزت بزيادة عمقها عن ارتفاعها.
- **مرحلة الاكتمال** Complete Notches : هى بمثابة مرحلة الشباب للفجوة لتصبح ذات وحدات جيومورفولوجية ثلاث واضحة المعالم ومكتملة العناصر "سقف-أرضية-قاع" وتصبح أكثر تميزاً عن بقية أشكال التجويفات الساحلية الأخرى ويحدث خلال هذه المرحلة نشاط واضح لمعدلات نحت وتعميق هذه الفجوات وهو ما انعكس على طبيعة الأبعاد المورفومترية لفجوات المرحلة الشابة حيث يتراوح ارتفاعاتها بين "٧٠-١٠٠" سم وأعماقها أكثر من "١٠٠" سم وقد بلغ مجموع فجوات المنطقة التى تمر بمرحلة الشباب ١١ فجوة بنسبة ٤٤% من مجموع فجوات المنطقة وقد لوحظ من خلال الدراسة الميدانية أن اثنين من الفجوات الشابة بالمنطقة قد تميزا فى أمرين، الأول : زيادة ارتفاعهما قليلاً مقارنة بالعمق، والثانى : زيادة ارتفاعهما عن المتر وقلة العمق فى نفس الوقت عن المتر.
- **مرحلة النضج** Mature Stage : يستمر نشاط معدلات التعميق البحرى للفجوات خلال هذه المرحلة استمراراً للحال فى المرحلة السابقة، فى حين يتوقف تماما زيادة الارتفاع حيث تبقى ارتفاعات فجوات هذه المرحلة كما هى ودون زيادة تذكر، فى حين تستمر معدلات تعميقها لتتراوح بين ٢٠٠-٣٠٠ سم وهو ما يشير إلى ان ظاهرة الفجوات تبدأ دورة حياتها الجيومورفولوجية أكثر ارتفاعاً وأقل عمقاً ثم يتغير الحال فى المرحلة الثانية حيث تكاد تتساوى ارتفاعاتها مع أعماقها وخلال مرحلة النضج ينقلب الحال تماماً وتصبح هذه الفجوات أكثر عمقاً وأقل ارتفاعاً وقد بلغ عدد فجوات المنطقة التى تمر بمرحلة النضج ٤ فجوات بنسبة ١٦% من مجموع فجوات المنطقة وقد لوحظ ميدانياً أن إحدى الفجوات الناضجة بالمنطقة قد زاد ارتفاعها كثيراً عن عمقها وقل عمقها فى نفس الوقت عن ٢٠٠ سم.
- **مرحلة الكهولة** : أمكن للباحث من خلال الدراسة الميدانية تسجيل مرحلة رابعة من مراحل تطور الفجوات بمنطقة رأس محمد وهى مرحلة الكهولة والتى تبدأ فيها الفجوات فى التآكل تدريجياً حتى تتلاشى تماماً وقد بلغ مجموع فجوات مرحلة الكهولة بالمنطقة ٥ فجوات بنسبة

٢٠% من مجموع فجوات المنطقة وعادة ما يحدث تشوهاً كبيراً فى أشكال الفجوات خلال هذه المحلة من جهة ووحداتها المورفولوجية من جهة ثانية وخصائصها المورفومترية من جهة ثالثة. وأهم ما يميز هذه المرحلة هو انهيار أسقف الفجوات المعلقة بفعل الجاذبية الأرضية وافتقادها الدعامات الصخرية التى كانت ترتكز عليها (شكل ١٩).



شكل (١٨) : مراحل التطور الجيومورفولوجي للفجوات (Carobene, 2014).



شكل (١٩) : مرحلة الكهولة لفجوات المنطقة بنوعيها"U"– "V" .

المصدر: الدراسة الميدانية.

نتائج البحث

- تعد صخور الحجر الجيري بالمنطقة هى المثالية لنشأة فجوات الجروف البحرية فى منطقة رأس محمد.
- تشكلت غالبية فجوات المنطقة الحديثة بالقطاعات السفلى من الواجهات الجُرفية.
- تعد الفجوات القديمة بالمنطقة ذات أهمية تاريخية كبرى، فهى تعد دليلاً ومؤشراً على التذبذبات التى حدثت فى مياه البحر الأحمر بالمنطقة.
- تختفى الفجوات فى معظم قطاعات الساحل الغربي للمنطقة، مقارنة بالساحل الشرقي.
- ترتبط الفجوات فى نشأتها بالعديد من أشكال السطح الساحلية فى منطقة البحث مثل المصبات الخليجية، والرؤوس والخلجان البحرية، والجزر والقنوات المائية.
- تلعب بعض أشكال السطح الساحلية خاصة الارسابية منها دوراً مهما فى اختفاء الفجوات خاصة الشعاب المرجانية الهامشية، والألسنة والحواجز الرملية.
- تتميز غالبية فجوات المنطقة بأشكالها التى تأخذ حرف "U" ذات الأسقف شديدة الانحدار والارتفاع المحدود، وهى السمة التى تميز غالبية سواحل البحار المحمية من عمل الأمواج على مستوى العالم.
- تعد ظاهرة الفجوات بالمنطقة هى بداية حدوث التساقط الصخرى بالمنطقة بما يهدد المنشات السياحية المظاهرة لهذه الفجوات فى اتجاه اليابس، خاصة فى منطقة شرم الشيخ.

المراجـــع

أولاً – المراجع العربية :

١. جودة فتحى التركمانى (١٩٨٩): جيومورفولوجية الشروم البحرية فى منطقة رأس البحر الأحمر، نشرة البحوث الجغرافية، كلية البنات، جامعة عين شمس، العدد ٥.

٢. سمير سامي محمود (١٩٩٥): جيومورفولوجية محمية رأس محمد الوطنية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد ٢٧.

٣. طارق كامل فرج (٢٠٠٥): جيومورفولوجية الشعاب المرجانية فى البحر الأحمر – مصر، رسالة دكتوراة غير منشورة، جامعة حلوان – كلية الآداب – قسم الجغرافيا.

ثانياً – المراجع الأجنبية :

1. Ali, M.A., 1999. Biological Studies on coral reef Fishes of the Shram-el-sheikh area. Master of Science. Mar. Sci. Dep. Suez Canal University.
2. Antonioli, F.; Carulli, G.B.; Furlani, S.; Auriemma, R., and Marocco, R., 2004. The enigma of submerged marine notches in Northern Adriatic Sea. Quaternaria Nova, 8, 263–275.
3. Antonioli, F.; Ferranti, L., and Kershaw, S., 2006. A glacial isostatic adjustment origin for double MIS 5.5 and Holocene marine notches in the coastline of Italy. Quaternary International, 145–146, 19–29.
4. Benac, C.; Juracic, M., and Bakran-Petricioli, T., 2004. Submerged tidal notches in the Rijeka Bay NE Adriatic Sea: indicators of relative sea-level change and of recent tectonic movements. Marine Geology, 212(1–4), 21–33.
5. Benac, C.; Juracic, M., and Blaskovic, I, 2008. Tidal notches in Vinodol Channel and Bakar Bay, NE Adriatic Sea: indicators of recent tectonics. Marine Geology, 248(3–4), 151–160
6. Bird, E.C.F., 1969. Coasts. Cambridge, MA: M.I.T., 246p.
7. Carobene, L., 2014. Marine Notches and Sea-Cave Bioerosional Grooves in Microtidal Areas: Examples from the Tyrrhenian and Ligurian Coasts—Italy . Journal of Coastal Research, www.JCR online.org.
8. Evelpidou, N.; Kampolis, I.; Pirazzoli, P.A., and Vassilopoulos, A., 2012b. Global sea level rise and the disappearance of tidal notches. Global and Planetary Change, 92–93, 248–256.
9. Friedman, G.M, 1968. Geology and geochemistry of reefs, carbonate sediments, and waters, Gulf of Aqaba (Elat), Red Sea.Journal of Sedimentary Petrology. Vol. 38 (1968), No. 3. (September), pp. 895-919
10. Higgins, C., 1980. Nips, notches, and the solution of coastal limestone: an overview of the problem with examples from Greece. Estuarine and Coastal Science, 10(1), 15–30.
11. Pethick, J., 1984. An Introduction to Coastal Geomorphology. London: Edward Arnold, 260p.

12. Pirazzoli, P.A., 1986. Marine notches. In: van de Plassche, O. (ed.), Sea-Level Research: A Manual for the Collection End Evaluation of Data. Norwick, UK: Geo Books, pp. 361–400.
13. Pirazzoli, P.A. and Evelpidou, N., 2013. Tidal notches: a sea-level indicator of uncertain archival trustworthiness. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 369, 377–384.
14. Pirazzoli, P.A.; Laborel, J.; Sali`ege, J.F.; Erol, O.; Kayan, I., and Person, A., 1991. Holocene raised shorelines on the Hatay coasts (Turkey): palaeoecological and tectonic implications. Marine Geology, 96(1991), 295–311.
15. Reece, Mylroie and Jenson, 2006. Notches in Carbonate cliffs and Hillslopes: Origin and implications. The 12th Symposium on the geology of the Bahamas and other Carbonate Region. pp. 143-152.
16. Stiros, S.C. and Moschas, F., 2012. Submerged notches, coastal changes and tectonics in the Rijeka area, NW Croatia. Marine Geology, 329–331, 103–112.
17. Sunamura, T., 1977. A relationship between wave-induced cliff erosion and erosive force of waves. The Journal of Geology, 85(5), 613–618.
18. Sunamura, T., 1992, Geomorphology of Rocky Coasts. John Wiley, London.
19. Tjia, H.D., 1985. Notching by abrasion on a limestone coast. Zeitschrift fu¨r Geomorphologie N. F., 29(3), Berlin-Stuttgart, 367–372.
20. Trenhaile, A.S.1987. The Geomorphology of Rock Coasts, Oxford, University Press, Oxford.
21. Wziatek, D.; Vousdoukas, M.V., and P. Terefenko, P., 2011. Wave-cut notches along the Algarve coast, S. Portugal: characteristics and formation mechanisms. Journal of Coastal Research, 64, 855–859.

Notches of the Sea Cliffs in Ras Mohammed Area: A Geomorphological Study

ABSTRACT

This research aims to deal with the geomorphology of the notches in Ras Mohammed Area in the southern coast of Sinai Peninsula. These notches which usually take a shape similar to the letter "C" have been formed as a consequence of longstanding sea operations. The study is to touch on the topographic characteristics of the coastal plain of the Area, the geology of the coastline, the main directions of the coastline, the geographical distribution of the sea Cliffs, the distribution of the sea notches, the classification of these notches and the factors that are responsible for the formation of these notches in addition to studying the Geomorphological characteristics of these notches, especially those of the morphometric dimensions and the stages of their geomorphological development. Finally, the study presents the main findings of the research and provides a list of the main references.

Key Words: Abrasion Notches, Tidal Notches, Notches Migration, Positive Feed Back, Negative Feed Back