Journal of Human and Social Sciences (JHSS) • Vol 9, Issue 9 (2025) • P: 49 - 15
https://journals.ajsrp.com/index.php/jhss
ISSN: 2522-3380 (Online) • ISSN: 2522-3380 (Print)

The geomorphology of coastal features between South Sharm and Yanbu in the north to Ras Al-Breika in the south - the western coast of the Kingdom of Saudi Arabia using remote sensing technology

Ms. Maram Hilal Al-Haisuni

College of Languages and Humanities | Qassim University | KSA

Received: 13/07/2025

Revised: 25/07/2025

Accepted: 10/08/2025

Published: 30/09/2025

* Corresponding author: mr0o0o@hotmail.com

Citation: Al-Haisuni, M. H. (2025). The geomorphology of coastal features between South Sharm and Yanbu in the north to Ras Al-Breika in the south - the western coast of the Kingdom of Saudi Arabia using remote sensing technology. *Journal of Humanities & Social Sciences, 9*(9), 15 – 49. https://doi.org/10.26389/AJSRP.H150725

2025 © AISRP • Arab Institute for Sciences & Research Publishing (AISRP), United States, all rights reserved.

• **Open Access**

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license

Abstract: The research examined the geomorphological study of coastal phenomena between south of Sharm Yanbu in the north and up to Ras al-Brika to the south, the study gained importance from the diversity of the region by geomorphological phenomena affected by coastal nudity. The study aimed to highlight the study of coastal phenomena, natural factors affecting the formation of the coast, as well as to determine the degrees of human interventions and their impact on the geomorphology of the coast of the study area. To achieve these objectives, the study relied in its methodology on the objective approach by studying the subject of sculpture and anchoring in terms of characteristic, processes and distribution, as well as the analytical approach by analyzing the characteristics of the phenomenon studied, as well as on some methods such as surveying and field monitoring, in addition to the method of analyzing space visuals to monitor human interventions, and working a map of the degrees of this intervention. The study found the concentration of marine genealogy phenomena, in the Sector of Sharm Yanbu, and the Sector of Ras Al-Abbasi, as well as the human interventions and coastal squirts in the sector of the industrial port of Yanbu, and the sector of the industrial city of Yanbu, comes the sector of a miracle marina, the sector of Khor al-Salja, and the sector of Ras al-Brikiya a fertile environment for the diversity of coastal geomorphological phenomena affected by sculpture and marine anchorage. The study also found human influence as a geomorphological agent through human interventions, where by comparing space visuals for the years (1972-2020) it was possible to indicate the extent of changes in the geomorphology of the Coastline by an increase of 4,891 km by a percentage increase of 40.48%. The study also found that the coast of the study area could be classified in terms of the intensity and degree of human interventions to (highly changing coasts, medium-changing coasts, low-change coasts) and each accounted for (50.14%, 4.43%, 45.42%) respectively.

Keywords: Marine erosion, Marine sedimentation, Human as a geomorphological agent., Applications of Geographic Information Systems and Remote Sensing.

جيومورفولوجية الظاهرات الساحلية فيما بين جنوب شرم ينبع شمالاً إلى رأس البريكة جنوباً - ساحل غربي المملكة العربية السعودية باستخدام تقنية الاستشعارعن بعد

أ. مرام هلال الحيسوني

كلية اللغات والعلوم الانسانية | جامعة القصيم | المملكة العربية السعودية

المستخلص: تناول البحث دراسة جيومورفولوجية الظاهرات الساحلية فيما بين جنوب شرم ينبع شمالاً وحتى رأس البريكة جنوباً. فقد اكتسبت الدراسة أهميتها من تنوع المنطقة بالظاهرات الجيومورفولوجية المتأثرة بالتعرية الساحلية. وهدفت الدراسة إلى دراسة الظاهرات الساحلية، والعوامل الطبيعية المؤثرة في تشكيل الساحل، إضافة إلى تحديد درجات التدخلات البشرية وتأثيرها على مورفولوجية ساحل منطقة الدراسة. واعتمدت الدراسة على المنهج الموضوعي من خلال دراسة موضوع النحت والإرساب من حيث السمة والعمليات والتوزيع، وكذلك المنهج التحليلي من خلال تحليل خصائص الظاهرة المدروسة، كما اعتمدت على بعض الأساليب كالمسح والرصد الميداني، بالإضافة إلى أسلوب تحليل المرئيات الفضائية لرصد التدخلات البشرية، وعمل خريطة لدرجات هذا التدخل. وتوصلت الدراسة إلى تركز ظاهرات الإرساب البحري، في قطاع شرم ينبع، وقطاع الرأس العباسي، كما تركزت التدخلات البشرية والسبخات الساحلية في قطاع ميناء ينبع الصناعي، وقطاع مدينة ينبع الصناعية، ويأتي قطاع مرسى معجز، وقطاع خور السلجة، وقطاع رأس البريكة بيئة خصبة لتنوع الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية المتأثر بفعل النحت والإرساب البحري، كما توصلت الدراسة إلى تأثير الإنسان كعامل جيومورفولوجي وذلك من خلال التدخلات البشرية، حيث أمكن من خلال المقارنة بين المرئيات الفضائية للسنوات (1972م – 2020م) بيان مدى التغيرات في مورفولوجية خط الساحل بزيادة مساحتها 4,891كم, وبنسبة مئوية زيادة 40,48% من طول خط الساحل. كما أظهرت نتائج الدراسة إلى امكانية تصنيف ساحل منطقة الدراسة من حيث كثافة ودرجة التدخلات البشرية إلى (سواحل شديدة التغير، سواحل متوسطة التغير، سواحل قليلة التغير)، وشكلت نسبة كل منها (50,14% , 4,43% , 45,42%) لكل منها على التوالي.

الكلمات المفتاحية: النحت البحري- الإرساب البحري- الإنسان كعامل جيومورفولوجي- تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد.

المقدمة:

تعد السواحل ضمن النطاقات الهامشية التي تتأثر مورفولوجيتها بمؤثرات قارية أو بحرية، وهي في تطور مستمر استجابة للعمليات الطبيعية المرتبطة بكل من العوامل الباطنية الجوفية، وعوامل التعرية نحتاً وترسيباً مثل الأمواج وتيارات المد والجزر والتيارات البحرية. كما تعد المناطق الساحلية نطاق تداخلي بين العوامل الطبيعية والبشرية على حد سواء، وتتباين تأثيراتها من منطقة إلى أخرى تبعاً لدرجة تأثير كلاً منهما في الأشكال الساحلية وما يرتبط بها من ظاهرات وأخطار جيومورفولوجية.

تنوع ساحل البحر الأحمر في شواطئه الغربية والشرقية بالظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية كما تنوعت أشكالها وأعدادها، ويتميز خط الساحل بمنطقة الدراسة بكثرة التعاريج على هيئة خلجان أو شروم، لذا أولت هذه الدراسة، بدراسة جيومورفولوجية الظاهرات الساحلية فيما بين جنوب شرم ينبع شمالاً إلى رأس البريكة جنوباً للساحل الغربي للمملكة العربية السعودية.

مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة البحث في أن منطقة الدراسة تحوي العديد من الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية التي تأثرت بتدخل العامل البشري لدرجة كبيرة غيرت من المظهر الطبيعي لهذه الظاهرات، وكان هذا التغير متفاوت من منطقة إلى أخرى، ورغم أهمية هذه الظاهرات وتسارع التدخل البشري إلا أنها لم تحظ بدراسات جيومورفولوجية تفصيلية.

أولت هذه الدراسة إلى دراسة جيومورفولوجية الظاهرات الساحلية، والعوامل المؤثرة في تشكيل الساحل، وتأثير التدخل البشري على مورفولوجية البيئة الساحلية، ووضع خريطة لدرجات هذا التدخل. لذا تسعى الدراسة للإجابة على التساؤلات التالية:

1- ما هي العوامل الطبيعية المؤثرة في تشكيل الساحل؟
2- ما مدى تأثير الإنسان بوصفه عاملاً جيومورفولوجياً؟
3- ما هي الظاهرات الساحلية في منطقة الدراسة؟

أهداف الدراسة: يهدف البحث إلى دراسة كلاً من:

1- الخصائص الطبيعية المؤثرة في تشكيل ساحل منطقة الدراسة.
2- تحديد التدخلات البشرية وتأثيرها في مورفولوجية ساحل منطقة الدراسة.
3- جيومورفولوجية الظاهرات الساحلية في منطقة الدراسة وتوقيعها بخريطة جيومورفولوجية.

أهمية الدراسة: تتجلى أهمية الموضوع في الآتي:

أ- قلة وجود دراسات جيومورفولوجية تناولت الظاهرات الساحلية بمنطقة الدراسة؛ سواء من حيث النشأة أو من حيث الأخطار المرتبطة بها.
ب- وضوح دور التدخل البشري وتأثيره على البيئة المورفولوجية في منطقة الدراسة.
ج- بيان الدور التكاملي لنظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بُعد في رصد الظاهرات الجيومورفولوجية، ورسم خارطة جيومورفولوجية في توزيع الظاهرات على منطقة الدراسة.

منهجية الدراسة وأساليبها:

لتحقيق الأهداف المرجوة لهذا البحث اعتمدت الدراسة على عدة مناهج وهي على النحو التالي:

1- المنهج الموضوعي: تناول بالدراسة موضوع النحت والإرساب البحري من حيث السمة، والعمليات، والتوزيع.
2- المنهج التحليلي: يهتم المنهج التحليلي بتحليل خصائص الظاهرة الجغرافية أو العنصر الجغرافي المدروس، ومحاولة تطبيق النظريات العلمية أو الجغرافية عليها، ويعرف هذا المنهج باسم (التحليل المكاني). (التركماني, 2011, ص21)

أ- اساليب الدراسة:

1- الدراسة الميدانية:

يعد الرصد الميداني مصدر أساسي للمعلومات في الدراسات الجيومورفولوجية، كما تمثل الدراسة الميدانية وسيلة من وسائل البحث التي يمكننا من خلالها الحصول على البيانات التي لا يمكن أن تظهر من خلال الخرائط والمرئيات الفضائية وكذلك البيانات الإحصائية عن منطقة الدراسة، ورغم أنها لا تعد منهج بحث إلا أنها تعد وسيلة وأسلوباً مهماً وأصيلاً، تغطي نقص البيانات؛ لتحقيق أهداف الدراسة.

وقد قامت الباحثة خلال الفترة 20-1442/8/21هـ بالدراسة الميدانية، وقد غطت الدراسة السواحل الشمالية والجنوبية لمنطقة الدراسة، لتأثرها بعوامل التعرية الساحلية الطبيعية.

كما استعملت الباحثة عدد من الوسائل التي ساعدة في جمع المادة العلمية منها شريط قياس 20متر، إبليكشن Slope, مسطرة إلى جانب دفتر الحقل لتسجيل البيانات، وإلى جانب كاميرا التصوير، صور فضائية وخرائط طبوغرافية لمنطقة الدراسة، كما غطت الدراسة المواقع الشمالية والجنوبية الساحلية بهدف دراسة عدد من الظاهرات الجيومورفولوجية المميزة مثل الجروف والارصفة البحرية، وبقية الظاهرات الجيومورفولوجية المتأثرة بالنحت والإرساب البحري.

2- الأسلوب الكارتوغرافي:

- تحليل الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية لمنطقة الدراسة؛ لتحديد طبيعة خط الساحل (تعرجه، وتوجهه).

3- تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية - الاستشعار عن بعد:

- تعتمد الدراسة على تطبيقات GIS – RS خلال مرحلتي تحليل البيانات وإخراج الخرائط، نظراً لإمكاناتها في إجراء التحليلات المكانية Spatial analysis وإخراج نتائج هذه التحليلات خرائطياً بصورة دقيقة، لذا تم استخدم برنامج Arc GIS 10.5,
- أسلوب تحليل المرئيات الفضائية SPOT7 / Landsat1 mss؛ جدول (1) لرصد التدخلات البشرية في منطقة الدراسة وعمل خريطة لدرجات هذا التدخل.

جدول (1) خصائص المرئية الفضائية المستخدمة في الدراسة

م	نوع القمر	الدقة المكانية (م)	تاريخ الالتقاط
1	Landsat1 mss	57	1972-12-29
2	SPOT7	1.38	2020-07-17

4- الأسلوب الكمي:

تحليل البيانات الإحصائية في برنامج Microsoft Excel واستخراج المتوسطات، والأشكال البيانية، واستخدام برنامج Geo Rose لأشكال وردة اتجاهات الانكسارات والسواحل.

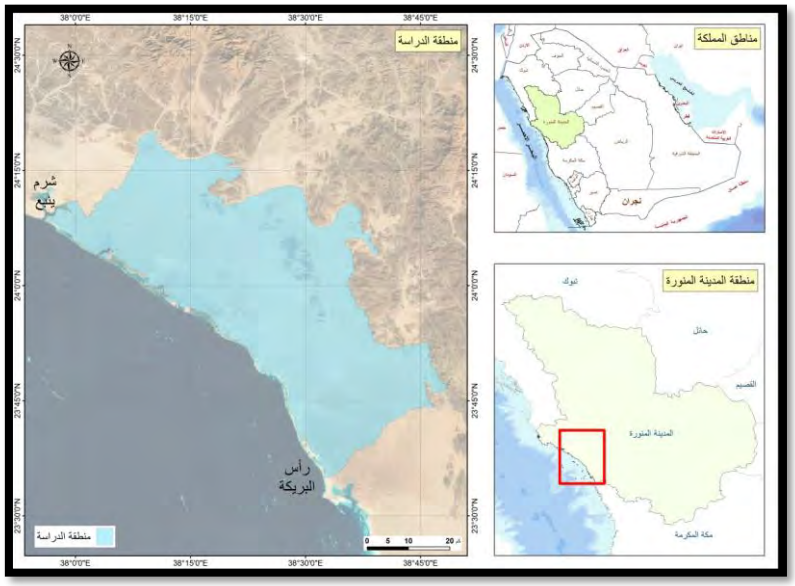
ب- مصادر البحث:

- الخرائط الجيولوجية بمقياس رسم1:250000، رقم اللوحة (23-24).
- الخرائط الطبوغرافية بمقياس رسم1:50000، رقم اللوحة (13-14-22-23-32-33-41-44).
- المرئيات الفضائية (Spot7, Landsat1 1972 mss .2020).
- نموذج الارتفاعات الرقمية DME 30 متر.

حدود الدراسة:

1- الحدود المكانية:

الموقع الفلكي والجغرافي تقع منطقة الدراسة في الجزء الغربي للمملكة العربية السعودية على السهل الساحلي الشرقي للبحر الأحمر، بين دائرتي عرض(´05 37 °23 و ´33 08 °24) شمالاً، وخطي طول (´18 31 °38 و ´28 56 °37) شرقاً، ويبلغ طول ساحل منطقة الدراسة حوالي 87 كيلومتر, يحدها البحر الأحمر من الغرب، كما يحدها تلال يليها جبال غير متصلة موازية لجبال الحجاز من الشرق، وهي منطقة ساحلية محصورة بين شرم ينبع شمالاً, ورأس البريكة جنوباً، وفي شكل (1) تحديد منطقة الدراسة على خط الساحل، وتحديدها بالنسبة للمناطق الإدارية للمملكة ومنطقة المدينة المنورة على وجه الخصوص.



شكل (1) موقع منطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحثة، اعتماداً على برنامج Arc GIS 10.5

2- الحدود الزمنية:

لاشك أنه من الأفضل أن تغطي الدراسة الجيومورفولوجية أطول فترة زمنية ممكنة للحصول على تفاصيل الظاهرة الجيومورفولوجية، إلا أنه لاعتماد هذه الدراسة على تقنيات الجيوماتكس، ونظراً لعدم توفر المرئيات الفضائية في منطقة الدراسة وغيرها قبل عام 1972م، فإن هذه الدراسة ستغطي فترة بداية ظهور وإنتاج المرئيات 1972م حتى 2020م؛ لرصد التدخلات البشرية ولضمان توفر البيانات المطلوبة والمرئيات إلى حد هذا التاريخ، حيث إنها تساهم في دقة نتائج الدراسة بشكل مفصل، ولدراسة الظاهرات الجيومورفولوجية اعتمدت الدراسة على سنة 2020م.

الدراسات السابقة:

تعد دراسة جيومورفولوجية السواحل إحدى الرؤى الهامة في علم الجيومورفولوجيا، فمنذُ بداية التسعينات تناول الباحثون دراسة الساحل وما عليه من ظواهر طبيعية وبشرية، وتفيد الدراسات السابقة في إضافة وطرح فكر وآراء علمية ونتائج واضحة للظواهر الجيومورفولوجية على البيئة الساحلية، ومن أهم هذه الدراسات المتعلقة بموضوع البحث ومنطقة الدراسة ما يلي:

1- الدراسات العربية:

تناولت دراسة سامية عبدالغفار (2003) الساحل الشرقي للبحر الأحمر من شرم أبحر إلى رأس مستورة بعدين أساسيين؛ أولهما: تحديد أنماط الظاهرات الجيومورفولوجية، وخصائصها الشكلية والتركيبية، وتوزيعها على طول خط الساحل، بينما اختص البعد الثاني: بمعرفة مدى حساسية واستجابة هذه الظاهرات الجيومورفولوجية للأنشطة البشرية، واهتمت الدراسة - أيضاً - بالتعرض للعوامل والعمليات المؤثرة في تشكيل الظاهرات الجيومورفولوجية؛ تمثلت في العوامل القارية والبحرية وخصائص خط الساحل، وكذلك بأهم الاجراءات التي تحد من الآثار السلبية للأنشطة البشرية؛ وتمثلت في المحافظة على البيئة البحرية وحماية مواردها وحماية الشاطئ وتفادي المخاطر الطبيعية الساحلية وكيفية الاستغلال الاقتصادي الامثل لهذه المنطقة الساحلية.

وقد بينت دراسة شحاتة طلبة (2003) المقومات الطبيعية للسياحة بمحافظة ينبع، والأهمية التي تحظى بها منطقة ينبع؛ نظراً لوقوعها على الساحل الشرقي للبحر الأحمر، وتمتعها بواجهة ساحلية (302) كم، وتنوع الساحل بالظاهرات الجيومورفولوجية التي تعتبر من أهم عناصر الجذب والمقومات الطبيعية للسياحة القابلة للاستغلال.

كما تناولت دراسة إبراهيم بدوي (2007) ساحل عفال السعودي السهل الساحلي من الشرق عند خليج الخريبة للغرب عند رأس الشيخ حميد، وهو عبارة عن ثلاث نطاقات، تنتشر به الظاهرات القارية والبحرية والمشتركة التحاتية والرسوبية، عبارة عن ظاهرات حفرية بليو- بلستوسينية تكونت في ظل ظروف مغايرة للحالية في عدة مراحل عمرية، وقد تمت معرفة محددات التنمية الاقتصادية لرأس البحر الأحمر، واقتراح جسر دولي يربط الساحل السعودي شرقاً بالمصري غرباً.

في حين أشارت دراسة هيفاء البلاع (2008) إلى السياحة في محافظة ينبع للإمكانات الطبيعية لمحافظة ينبع؛ إذ تعطي إجازة أن تكون موقعاً سياحياً متميزاً على خريطة المملكة السياحية، كما أن الظهير الخلفي الطبيعي للمحافظة يمكن أن يقدم امتداداً وظهيراً طيباً للمنطقة الساحلية السياحة الشاطئية التي تمثل الأساس والعنصر السياحي الأول في المحافظة.

وأشارت دراسة إيناس فرغلي (2017) لدور الأمواج في تشكيل خط الساحل فيما بين رأسي الضبعة والحكمة بالساحل الشمالي الغربي لمصر، وتناولت الدراسة الخصائص المورفولوجية للساحل من حيث التكوينات السطحية ودرجة الانحدار ومعدل التعرج، ودراسة مدى تأثير التعرية البحرية في تحديد خط الساحل وتشكيل ظاهراته الجيومورفولوجية، ثم تحديد الأخطار الطبيعية المحتملة في منطقة الدراسة، والمساهمة في كيفية الاستفادة من المناطق الساحلية.

كما ناقشت دراسة منى الحبيشي (2018) استخدام الاستشعار عن بعد في رصد التغيرات الجيومورفولوجية في المنطقة الساحلية فيما بين ينبع وأملج، حيث هدفت الدراسة إلى تحديد مناطق التغير من خلال سلسلة من المرئيات، وتحديد درجات التغير على طول خط الساحل، وتوصلت الدراسة إلى وجود تباين واضح في الرؤوس البحرية والشروم والسبخات والجزر والشعاب المرجانية باختلاف الظروف التي شكلتها من نحت وإرساب، والتي ما زالت مستمرة.

في حين تناولت دراسة جابر والحافظي (2019) التنوع الجيومورفولوجي بجزيرة جبل حسان شمال غرب المملكة، ودوره في تنمية السياحة المستدامة بمشروع البحر الأحمر وتميز منطقة الدراسة بتنوع جيومورفولوجي من جبال وجروف صخرية وشاطئية مع امتداد شواطئ على طول سواحل الجزيرة، ووجود وديان داخلية وتلال صخرية تتميز بتنوع صخري جذاب مع انتشار أشكال جيومورفولوجية ناتجة عن فعل عوامل وعمليات التشكيل المختلفة.

بينما بينت دراسة العبيدي وحسن (2023) "التغيرات الشاطئية على الساحل الغربي لخليج العقبة: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية" أن هناك تراجعاً ملحوظاً في خط الشاطئ الغربي لخليج العقبة خلال الفترة من 1848 إلى 2022، حيث بلغ معدل التآكل السنوي 0.62 متر/سنة. تشير النتائج إلى تأثير العوامل الطبيعية والبشرية على التغيرات الساحلية. توصي الدراسة بضرورة تنفيذ استراتيجيات لحماية الشواطئ، بما في ذلك إنشاء مناطق عازلة وتحسين إدارة الموارد الساحلية.

أوضحت دراسة الزيني وعبد الرحمن (2023) "دور الإنسان في التغيير الجيومورفولوجي للبحيرات الشمالية: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية " أن الأنشطة البشرية قد أدت إلى تغييرات ملحوظة في الغطاء الأرضي للبحيرات الشمالية المصرية، مما أثر سلبًا على الأنظمة البيئية الساحلية. استخدمت الدراسة تحليل المرئيات الفضائية من Landsat خلال الفترة من 1984 إلى 2021. توصي الدراسة بتبني سياسات مستدامة لتحسين إدارة الموارد المائية والحفاظ على التنوع البيولوجي.

كما تناولت دراسة بن صالح (2023) تأثير الأنشطة البشرية على استقرار الكثبان الرملية الساحلية في تونس تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف تأثير الأنشطة الزراعية والبناء على استقرار الكثبان الرملية الساحلية في تونس، وكيف تؤثر هذه الأنشطة على تآكل السواحل. أظهرت النتائج أن الأنشطة البشرية تؤدي إلى تدهور الكثبان الرملية وزيادة معدلات التآكل، مما يهدد البيئات الساحلية ويقلل من قدرتها على التكيف مع التغيرات المناخية. وتوصي الدراسة بتنفيذ استراتيجيات إدارة مستدامة تتضمن تقييد الأنشطة البشرية في المناطق الحساسة، وتعزيز الوعي المجتمعي بأهمية حماية الكثبان الرملية.

في حين أوضحت دراسة السعيد والكيلاني (2024) تأثير الجيومورفولوجية الأنثربوجينية لتغيرات خط ساحل دلتا النيل في عصر الأنثربوسين باستخدام الاستشعار عن بُعد وبيئة نظم المعلومات الجغرافية. هدف الدراسة إلى تحليل تأثير المنشآت المائية مثل السدود والقناطر على كمية الرواسب الواردة إلى فرعي دمياط ورشيد، بالإضافة إلى تقييم تغيرات ساحل الدلتا بين عامي 1879 و2023. أظهرت الدراسة أن بناء السد العالي قد أدى إلى تقليل كمية الرواسب المتدفقة نحو السواحل، مما ساهم في زيادة معدلات النحت والإرساب. توصي الدراسة بضرورة تنفيذ استراتيجيات للحفاظ على السواحل، بما في ذلك إدارة فعالة للموارد المائية وتخطيط حضري يراعي الجوانب البيئية.

2- الدراسات الاجنبية:

تناولت دراسة شميدت (Schmidt, 1923) الشروم في سواحل البحر الأحمر ودرس (20) شرماً في سواحل الحجاز، وأرجع نشأتها إلى النحت النهري والانكسارات العرضية، وتعد دراسة شميدت أولى الدراسات التي أشارت إلى ظاهرة الشروم على سواحل البحر الأحمر.

كما تناولت دراسة بالاسوبر أمانيان (Balasuramanian, 2013) جيومورفولوجية السواحل، إذ تتأثر التضاريس الساحلية الموجودة وشكلها وطبيعة المواد السطحية بمؤثرات بحرية، وتعد الأمواج والمد والجزر والتيارات عوامل شكلية قوية جدًا، يمكن أن تؤدي أعمال التعرية والترسبية لأمواج البحر إلى إنشاء العديد من المناظر الطبيعية الخلابة على طول حدود السواحل، إذ تعتبر دراسة التضاريس الساحلية جوانب مثيرة للاهتمام في الجيومورفولوجيا.

في حين قدمت دراسة فكتور، Victor, 2016,) وآخرون) تحليلاً للتضاريس الساحلية الناتجة عن النحت والإرساب على طول خط الساحل للبحر الكاريبي، ومعرفة الجيولوجية للمنطقة، كما ذكرت البحرية المتزايدة النشاط في المنطقة، والسكان في المناطق الساحلية، وتطوير

السياحة، فضلاً عن سلسلة من العمليات الجيولوجية التطورية التي تنعكس في مورفولوجيا الساحل، ونوّه إلى أن التضاريس الساحلية هي موارد بيئية وجمالية وترفيهية قيمة تخضع للعمليات الطبيعية.

أوضحت دراسة Hariharan وآخرون (2023) "تأثيرات التعديلات البشرية على نقل المواد في الدلتا" أن الأنشطة البشرية مثل الحفر وبناء السدود تؤثر سلبًا على نقل الرواسب والاتصال الهيدرولوجي في الأنظمة الدلتاوية. توصي الدراسة بضرورة إدارة الأنشطة البشرية بعناية لتقليل تأثيرها على النظام البيئي.

أولاً: الخصائص الطبيعية المؤثرة في تشكيل ساحل منطقة الدراسة:

الخصائص الجيولوجية: تمثلت في التكوينات الجيولوجية، والبنية الجيولوجية التي تعد اللبنة الأساسية في تحديد الأشكال الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة، وما لها من دور في تشكيل بنيوية الساحل، لذا نسلط الضوء عليها فيما يلي:

1. التكوينات الجيولوجية: تنتمي تكوينات منطقة الدراسة إلى رسوبيات صخور ما قبل الكمبري، وتكوينات الزمن الثالث والرابع، إذ تبلغ المساحة الكلية للتكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة (2742كم2)، ومن دراسة الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة في شكل (2)، وتحليل جدول (2) أمكن التعرف على التكوينات الجيولوجية وتوزيعها في منطقة الدراسة على النحو التالي:

التوزيع الجغرافي للتكوينات السطحية:

أ- صخور ما قبل الكمبري: تمثلت في صخور عصر بروتيروزوي، كما تظهر تكوينات هذا العصر عند الحافات الجبلية وتشغل نسبة (20%) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، تتكون صخور هذا الزمن من مكون أباثر، ومكون بدر، وعضو نعاق، ومكون نباقات، ومكون سقام، كما تتكون من صخور جراندیورایت – كوارتز – حجر التوف – ربوليت – بريشيا – أداميلايت – ديورايت – أنديسايت – حجر رملي بحري ومارل.

ب- تكوينات الزمن الثالث:

- تكوينات الميوسين: تشغل هذا التكوينات نسبة (0,639%) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، وتضم هذه التكوينات مكون رغمة الأوسط ويشمل صخور من كونجلوميريت وحجر رملي، وحجر جيري من الشعاب المرجانية.
- تكوينات البليوسين: تشكل هذه التكوينات المساحة الأكبر من تكوينات الزمن الثالث، إذ تشغل (2,9%) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، وتتكون من مكون الرغمة الأعلى، ويحتوي على صخور مارل – ورمل- وحجر رملي وجيري، إضافة إلى رمل بحري أخضر، وكذلك حجر جيري من الشعاب المرجانية.

ج- تكوينات الزمن الرابع: هي تكوينات سطحية موجودة في شكل رواسب متماسكة قديمة، ممثلة في تكوينات العصر البليستوسيني، وفي شكل رواسب مفككة حديثة ترجع إلى عصر الهولوسين، إذ تحتل رواسب الهولوسين مساحات كبيرة في منطقة الدراسة، ويمكن إيضاحها على النحو التالي:

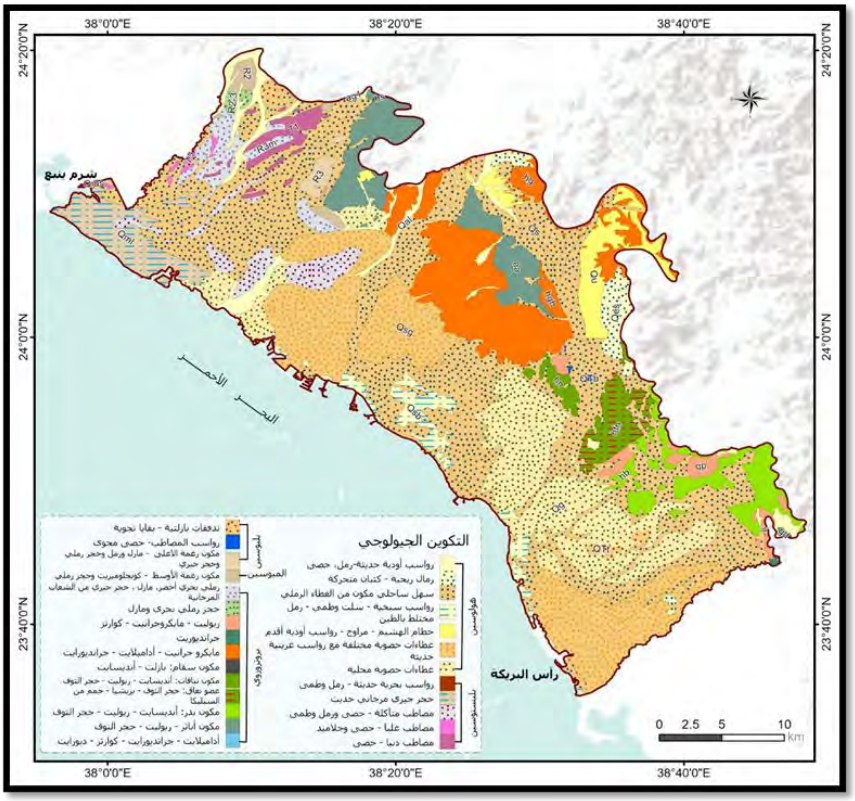
- رواسب البليستوسين: تشكل رواسب البليستوسين نسبة (7%) من مساحة منطقة الدراسة، وتتمثل في رواسب بحرية حديثة، وحجر جيري مرجاني، وتغطي أجزاء من المنطقة الساحلية من مصاطب دنيا تتكون من حصى، ومصاطب عليا تتكون من حصى وجلاميد، بالإضافة إلى مصاطب متآكلة تتكون من حصى ورمل وطمي.
- رواسب الهولوسين: تمثل رواسب عصر الهولوسين أغلب مساحة منطقة الدراسة، إذ تبلغ نسبة مساحتها (68%) من إجمالي التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة، وتتوزع على ساحل المنطقة بأشكال مختلفة، وذلك يرجع بحسب طبيعة الإرساب؛ سواء كانت إرسابات ريحية أو بحرية، تغطي المنطقة أجزاء واسعة من سهل ساحلي مكون من الغطاء الرملي، إضافة إلى رواسب أودية قديمة وحديثة من رمل وحصى، ورواسب سبخية من سلت وطمي ورمل مختلط بالطين، وكذلك تغطي مواضع من الساحل غطاءات حصوية محلية وتدفقات بازلتية.

جدول (2) التكوينات الجيولوجية ومساحتها ونسبتها المئوية في منطقة الدراسة.

الرمز	التكوين	المساحة (كم2)	النسبة (%)
Qal	رواسب أودية حديثة-رمل، حصى	87.64	3.197
Qes	رمال ريحية - كثبان متحركة	40.03	1.460
Qs	سهل ساحلي مكون من الغطاء الرملي	912.36	33.277
Qsb	رواسب سبخية - سلت وطمي - رمل مختلط بالطين	58.64	2.139
Qu	حطام الهشيم - مراوح - رواسب أودية أقدم	71.87	2.621
Qsg	غطاءات حصوية مختلفة مع رواسب غرينية حديثة	398.89	14.549

الرمز	التكوين	المساحة (كم2)	النسبة (%)
Qg	غطاءات حصوية محلية	330.84	12.067
QTt	تدفقات بازلتية - بقايا تجوية	6.65	0.242
QTb	رواسب المصاطب- حصى مجوى	0.71	0.026
Qms	رواسب بحرية حديثة - رمل وطمى	1.65	0.060
Qml	حجر جيري مرجاني حديث	84.18	3.070
T	مصاطب متآكلة - حصى ورمل وطمى	62.27	2.271
T2	مصاطب عليا - حصى وجلاميد	4.80	0.175
T1	مصاطب دنيا – حصى	30.83	1.125
R3	مكون رغمة الاعلى - مارل ورمل وحجر رملي وحجر جيري	13.91	0.507
R3m	رملي بحري أخضر، مارل، حجر جيري من الشعاب المرجانية	51.89	1.892
R2-3	حجر رملي بحري ومارل	6.50	0.237
R2	مكون رغمة الأوسط - كونجلوميريت وحجر رملي	17.51	0.639
Ir	ريوليت - مايكروجر انيت – كوارتز	11.41	0.416
Qp	ريوليت - مايكروجر انيت – كوارتز (مختلطة)	19.38	0.707
Gd	جر انديوريت	2.16	0.079
Hg	مايكرو جر انيت - أداميلايت – جر انديورايت	226.95	8.278
Hs	مكون سقام: بازلت – أنديسايت	0.71	0.026
Hn	مكون نباقات: أنديسايت - ريوليت - حجر التوف	15.65	0.571
Hfn	عضو نعاق: حجر التوف - بريشيا - حمم من السيليكا	53.17	1.939
Hb	مكون بدر: أنديسايت - ريوليت - حجر التوف	86.47	3.154
Aa	مكون أباثر- ريوليت - حجر التوف	121.43	4.429
ag1	أداميلايت - جر انديورايت - كوارتز – ديورايت	0.23	0.008
Hgh	مايكرو جر انيت - أداميلايت – جر انديورايت	22.96	0.838

المصدر: من حساب الطالبة اعتماداً على الخريطة الجيولوجية مقياس 250000:1



شكل (2) توزيع التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة.

المصدر: الخريطة الجيولوجية مقياس 250000:1، لوحة رقم (23-24)

- البنية الجيولوجية:

الانكسارات: يوضح الجدول (3) أعداد الانكسارات وأطوالها ونسبها المئوية في منطقة الدراسة، إذ بلغت عدد الانكسارات بمنطقة الدراسة (58)، وتبلغ إجمالي أطوالها (1,19) كم، بنسبة (43,61%) من جملة أطوال التراكيب الجيولوجية الخطية في منطقة الدراسة، وتتركز في الإقليم الذي يفصل بين الحافات الجبلية والتكوينات الجيولوجية للزمن الثالث والرابع، في حين تأخذ الانكسارات اتجاهات متنوعة، الا ان الاتجاه الشمالي الغربي/ الجنوبي الشرقي السائد فيها؛ مما يشير إلى تأثرها في انفصال الدرع العربي عن الدرع النوبي، كما يوضح شكل (4) اتجاه الانكسارات في منطقة الدراسة.

ويشير الجدول (4) إلى وجود قواطع في منطقة الدراسة، والتي يبلغ عددها (75)، وإجمالي أطوالها (1,69) كم، بنسبة (56,39%) من جملة أطوال التراكيب الجيولوجية الخطية في منطقة الدراسة، كما يوضح شكل (4) البنية الجيولوجية في منطقة الدراسة.

جدول (3) أعداد وأطوال الانكسارات ونسبها المئوية في منطقة الدراسة

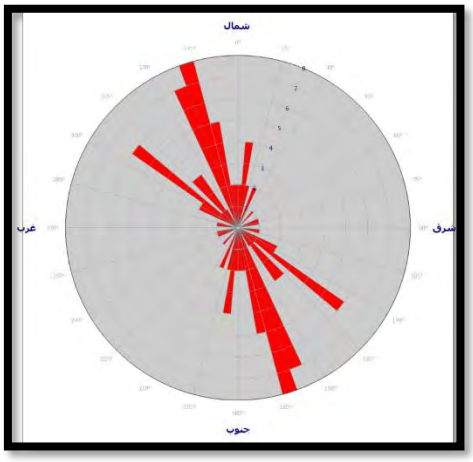
الاتجاه	العدد	الطول (كم)	النسبة (%)
شمال	9	9.27	13.40
شمال شرق	2	3.60	5.20
شرق	1	5.48	7.92
جنوب شرق	2	5.00	7.22
جنوب	2	3.48	5.03
جنوب غرب	11	10.56	15.26
غرب	8	9.46	13.66
شمال غرب	23	22.36	32.31
الإجمالي	58	69.20	100.00

المصدر: من حساب الطالبة اعتماداً على الخريطة الجيولوجية مقياس 250000:1

جدول (4) أعداد وأطوال القواطع ونسبتها المئوية في منطقة الدراسة

العدد	النسبة (%)	إجمالي الطول (كم)	النسبة (%)
75	100.00	1.69	14.04

المصدر: من حساب الطالبة اعتماداً على الخريطة الجيولوجية مقياس 250000:1



شكل (3) وردة اتجاه الانكسارات بمنطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على بيانات جدول (3)، وبرنامج Geo Rose

شكل (4) البنية الجيولوجية في منطقة الدراسة.

المصدر: الخريطة الجيولوجية مقياس 250000:1

ثانياً: خصائص خط الساحل:

1-2 توجيه خط الساحل:

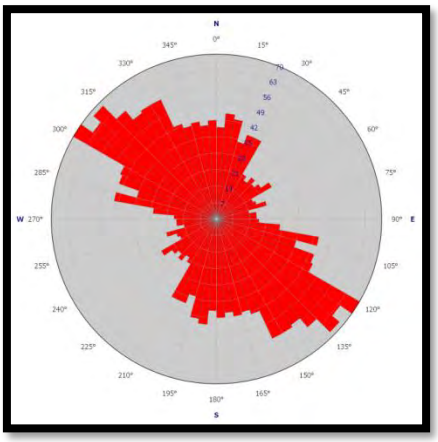
جدول (5) اتجاهات خط الساحل في منطقة الدراسة

اتجاه خط الساحل	الطول (كم)	النسبة المئوية
شمال	16.06	8.84
شمال شرق	17.33	9.55
شرق	12.52	6.90

اتجاه خط الساحل	الطول (كم)	النسبة المئوية
جنوب شرق	12.49	6.88
جنوب	19.68	10.84
جنوب غرب	44.74	24.65
غرب	34.71	19.12
شمال غرب	24.01	13.23

المصدر: من حساب الباحثة اعتماداً على برنامج Google Earth Pro، والخرائط الطبوغرافية مقياس رسم 50000:1

يتخذ الساحل من جنوب شرم ينبع إلى رأس البريكة، الاتجاه العام جنوب غرب- غرب، ويختلف اتجاه خط الساحل لكل قطاع على حدة, تبعاً لاختلاف نوع الصخور المكونة لخط الساحل, ومن تحليل جدول (5) وشكل (5)، يتضح أنه تسود السواحل التي تتميز بالاتجاه جنوب غرب بنسبة 24.65% من جملة اتجاهات خط الساحل، تليها السواحل ذات الاتجاه غرباً بنسبة 19.12%، ثم تأتي السواحل ذات الاتجاه شمال غرب بنسبة 13.23%، تليها سواحل ذات الاتجاه جنوباً بنسبة 10.84% , تلي ذلك السواحل ذات الاتجاه شمال شرق بنسبة 9.55% ، تليها سواحل ذات الاتجاه شمالاً بنسبة 8.84%، يأتي بعد ذلك السواحل ذات الاتجاه شرقاً بنسبة 6.90%، تلي ذلك السواحل ذات الاتجاه جنوباً شرق بنسبة 6.88%.



شكل (5) وردة اتجاهات خط الساحل في منطقة الدراسة

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على بيانات جدول (5)، وبرنامج Geo Rose

2-2 تعرج خط الساحل:

تم تقسيم خط الساحل إلى سبع أقسام وذلك وفقاً لطوله، ومن تحليل جدول (6)، يتضح أن طول ساحل منطقة الدراسة يبلغ حوالي (181) كيلو متر، بمعدل تعرج (2,06كم²)، ويختلف معدل التعرج من منطقة إلى أخرى؛ حيث بلغ أعلى معدل تعرج في منطقة ينبع الصناعية، حيث يقدر معدل التعرج (3,076كم²)، ويرجع ذلك إلى وجود أنشطة الهيئة الملكية السياحية من الواجهة البحرية، وجزيرة النورس، وجزيرة المحار وغيرها من الأنشطة، ويأتي بعد ذلك - في المركز الثاني- منطقة ميناء ينبع الصناعي بمعدل تعرج (2,433كم²)؛ لوجود وبناء السقالات والأرصفة البحرية على الساحل؛ للأغراض الصناعية والتجارية, يلي ذلك في المركز الثالث منطقة رأس البريكة بمعدل تعرج (2,370كم²)، ويرجع ذلك إلى كثرة البروز الأرضية وإلى الخلجان بها، ثم يأتي بعد ذلك في المركز الرابع منطقة الرأس العباسي بمعدل تعرج (1,944كم²)، لبروز الرأس في البحر وقربه من الاستخدامات البشرية التجارية وهو ميناء ينبع التجاري، يلي ذلك في المركز الخامس منطقة مرسى معجز، بمعدل تعرج (1,452كم²)؛ يرجع ذلك للأغراض السياحية مثل وجود الأرصفة البحرية لأغراض الصيد وغيرها، وكذلك للأغراض التجارية في المنطقة، تلي ذلك بالمركز السادس خور السلجة، بمعدل تعرج (1,443)، ثم يأتي أخراً منطقة جنوب شرم ينبع بمعدل تعرج (1,027كم²)، كما يوضح شكل (6) تعرج خط الساحل في منطقة الدراسة.

جدول (6) تعرج خط الساحل بمنطقة الدراسة.

المنطقة	الطول الفعلي (كم)	الطول المستقيم (كم)	معدل التعرج (كم)
جنوب شرم ينبع	7.692	7.490	1.027
الرأس العباسي	27.955	14.378	1.944
ميناء ينبع الصناعي	37.046	15.228	2.433

المنطقة	الطول الفعلي (كم)	الطول المستقيم (كم)	معدل التعرج (كم)
مدينة ينبع الصناعية	47.539	15.456	3.076
مرسى المعجز	22.079	15.206	1.452
خورالسلجة	24.686	17.112	1.443
رأس البريكة	14.486	6.111	2.370
خط الساحل	181.54	87.95	2.06

المصدر: من حساب الطالبة اعتماداً على Google Earth Pro

شكل (6) تعرج خط الساحل في منطقة الدراسة.

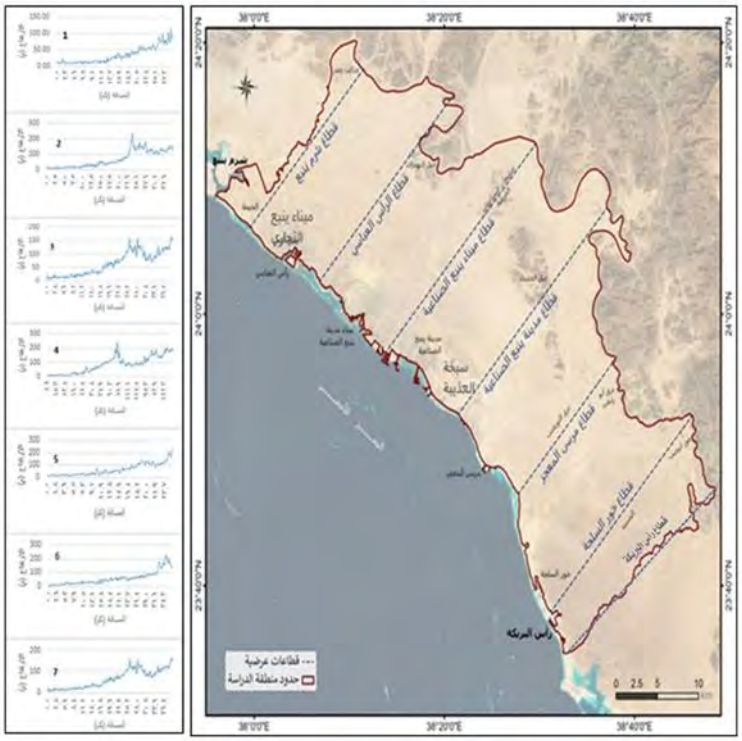
المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على برنامج Google Earth Pro

3-2 القطاعات التضاريسية الكارتوجرافية: لتوضيح ملامح التضاريس العامة في منطقة الدراسة، تم إنشاء سبعة قطاعات تضاريسية لكامل الساحل في منطقة الدراسة، كما يوضح شكل (7) مواقع كل قطاع وأشكالها، حيث بلغ مجموع أطوال هذه القطاعات ((181.54 كم، إذ يعد قطاع مدينة ينبع الصناعية أطولها، فقد بلغ ((47.539 كم، في حين يعد قطاع شرم ينبع أقصرها، إذ بلغ طوله (7.692) كم، ويوضح جدول (7) أهم خصائص القطاعات التضاريسية في ساحل منطقة الدراسة. وتتقاطع القطاعات بشكل عمودي على خط الساحل، وبمتوسط طول 25كم، ومعدل متوسط الانحدار 6.35 درجة.

جدول (7) خصائص القطاعات التضاريسية في ساحل منطقة الدراسة

م	اسم القطاع	القطاع – من	القطاع - إلى	الطول (كم)	معدل الانحدار
1	شرم ينبع	بداية الساحل شمالاً	نهاية القطاع 1	7.692	5.10
2	الرأس العباسي	نهاية القطاع 1	نهاية القطاع 2	27.955	6.74
3	ميناء ينبع الصناعي	نهاية القطاع 2	نهاية القطاع 3	37.046	5.87
4	مدينة ينبع الصناعية	نهاية القطاع 3	نهاية القطاع 4	47.539	6.87
5	مرسى المعجز	نهاية القطاع 4	نهاية القطاع 5	22.079	7.27
6	خورالسلجة	نهاية القطاع 5	نهاية القطاع 6	24.686	6.25
7	رأس البريكة	نهاية القطاع 6	نهاية الساحل جنوباً	14.486	6.36
المتوسط	-	-	-	25	6.35

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM، الخرائط الطبوغرافية مقياس رسم 50000:1



شكل (7) القطاعات التضاريسية لمنطقة الدراسة.

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM، الخرائط الطبوغرافية مقياس رسم 50000:1

ثالثاً: خصائص مياه البحر الأحمر:

1-3 الأمواج:

تعد الأمواج من أهم العوامل في تشكيل الساحل، حيث تلعب دوراً رئيسياً في تغيير مورفولوجية القطاعات الساحلية، سواء كان ذلك بالنحت أو الإرساب، وتعد الرياح هي السبب الرئيسي في دفع الأمواج تجاه خط الشاطئ، وذلك بانتقال الطاقة من الرياح أثناء هبوبها إلى كتلة المياه بالاحتكاك، وتمثل ذلك في صورة أمواج وترتبط قوتها بقوة الرياح وسرعتها (عقل وآخرون، 2016, ص10).

كما يمكن القول أن الأمواج ذات التأثير الواضح في البحر الأحمر هي الأمواج التي تتولد عن طريق الرياح، وتساعد الرياح على زيادة قوتها وتحديد اتجاهها ومعدلات انحدارها وغيرها من الخصائص المميزة لها، لذا يمكن القول أن معظم الأمواج في البحر الأحمر من الأمواج المتقدمة أما الأمواج الثابتة فهي تتشكل في الخلجان والشروم على طول خط الشاطئ، وبالتالي فإن الأمواج المتقدمة تعد المسئولة عن أهم العمليات الجيومورفولوجية السائدة، وقد يصعب ملاحظتها احياناً لانخفاضها حيث يتراوح ارتفاعها ما بين 0,75 - 2 متر (جابر، 2004, ص25).

وتسود الرياح الغربية في منطقة الدراسة، حيث بلغت نسبة الرياح التي تهب في هذا الاتجاه 88,3% (الحافظي، 2017, ص14)، والجدير بالذكر أن كل موجة لها ارتفاع يقاس من أسفلها إلى أعلى وطول يُعبر عنه بالمسافة بين أعلى قمة وأعلى قمة الموجة التالية، أما بالنسبة لمدة الموجة، تعني الفترة الزمنية بين لحظات مرور قمتين متتاليتين عند نقطة محدده, وتشير البيانات الخاصة بمنطقة الدراسة أنه بلغ ارتفاع أعلى موجة في نطاق منطقة الدراسة 1,094متر، باتجاه 308 درجة أي باتجاه غرب والشمال الغربي، وبلغت فترة الموجة الأعلى 5,078 ثانية، وقد بلغت فترة الذروة الطيفية للأمواج 5,46 ثانية، كما بلغ متوسط أعلى ارتفاع للأمواج في منطقة الدراسة 1,36متر، ومتوسط فترة الأمواج الأعلى 5,57 ثانية (الهيئة العامة للمساحة)، مما يشير إلى دور الامواج وتأثيرها في نحت وتشكيل الساحل في منطقة الدراسة.

2-3 المد والجزر:

يتحرك سطح البحر بين ارتفاع وانخفاض مرة كل نصف يوم تقريباً، وتكون هذه الظاهرة واضحة على وجه الخصوص بالقرب من الساحل، كما يُعرف أقصى ارتفاع يبلغه سطح البحر بالمد، وأدنى انخفاض باسم الجزر، وبالتالي يقدر مدى الحركة بالمسافة الرأسية بين مستوى المياه في أقصى المد، وكذلك مستواها في أدنى الجزر. (جودة، 2008, ص145)

وتتمثل أهمية المد والجزر في تشكيل الساحل، وذلك من خلال تأثير التعاقب بين عملية البلل التي تأتي من حركة المد، ومن ثم عملية الجفاف التي تأتي من حركة الجزر، وكذلك حدوث نوع من التجوية مع حدوث البلل والجفاف، وكثير ما تعمل مياه المد العالي خاصة في حالة المد الاستثنائي المرتبط بعواصف بحرية على ازالة ما يتراكم من رواسب الخلجان باتجاه البحر وذلك عند حدوث حالة الجزر التالية.

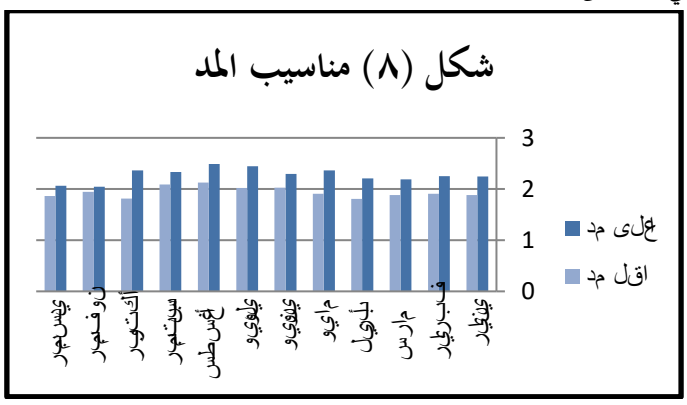
وتؤدي الذبذبات المدية Tidal Oscillons أمام خط الشاطئ إلى ظهور تيارات تمتد موازرة الشاطئ تحدث بدورها حركة للمواد المفتتة على طول الشاطئ ويعمل على أعادة ترسيبها، وتعمل حركة المد والجزر كذلك على ظهور الكثير من الأشكال الجيومورفولوجية الدقيقة فوق سطح المد. (عبد الغفار, 2003, ص154)

جدول (8) مناسيب المد والجزر (بالمتر) لعام 2017 محطة ينبع

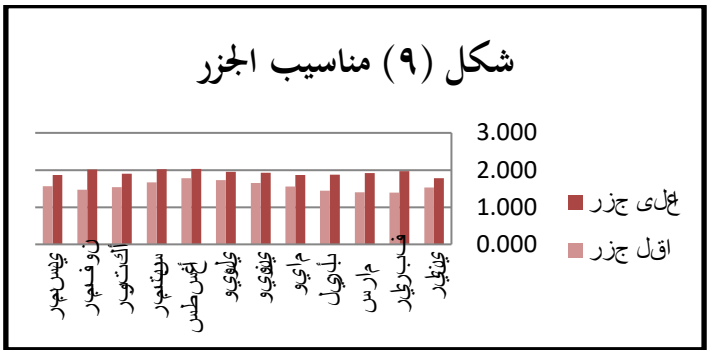
	مناسيب المد				مناسيب الجزر		
الشهر	المتوسط الشهري	اعلى مد	اقل مد	متوسط المد	اعلى جزر	اقل جزر	متوسط الجزر
يناير	1.849	2.243	1.884	2.067	1.783	1.530	1.653
فبراير	1.872	2.251	1.905	2.075	1.966	1.397	1.676
مارس	1.833	2.188	1.882	2.042	1.917	1.401	1.632
أبريل	1.835	2.208	1.810	2.036	1.872	1.447	1.645
مايو	1.894	2.366	1.909	2.099	1.864	1.560	1.706
يونيو	1.978	2.296	2.023	2.180	1.929	1.647	1.786
يوليو	2.023	2.445	2.020	2.219	1.951	1.727	1.836
أغسطس	2.082	2.488	2.128	2.273	2.030	1.785	1.889
سبتمبر	2.040	2.332	2.087	2.237	2.022	1.671	1.855
أكتوبر	1.969	2.364	1.811	2.173	1.901	1.537	1.783
نوفمبر	1.767	2.046	1.944	2.005	2.013	1.466	1.577
ديسمبر	1.854	2.062	1.864	2.043	1.865	1.564	1.536
المتوسط	1.922	2.293	1.946	2.128	1.932	1.561	1.731

المصدر: الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية

من بيانات جدول (8) نجد أنه سجل متوسط مناسيب المد بالصورة العامة 2.128 متراً، كما سجل متوسط مناسيب المد الأعلى في شهر يوليو - أغسطس، وانخفض المتوسط خلال نوفمبر - ديسمبر، أما بالنسبة للمد المنخفض فبلغ متوسطة العام 1.946متراً، كما أنه بلغ أقل متوسط له في أبريل- أكتوبر. كما سجل المتوسط العام للجزر 1.731 متراً، فقد بلغ متوسط أعلى مناسيب الجزر 1.932 متراً، وارتفع المتوسط خلال أغسطس، إذ سجل 2.030 متراً، وسجل أقل متوسط لأعلى مناسيب الجزر خلال يناير فقد بلغ 1.783متراً، وبلغ أعلى متوسط شهري لارتفاع المد 2.082 متراً، في أغسطس.



المصدر: الاعتماد على بيانات جدول (8)



المصدر: الاعتماد على بيانات جدول (8)

3-3 التيارات البحرية:

تتميز التيارات في البحر الأحمر بعدم انتظامها بسبب ضيق البحر الأحمر، واختلاف الظروف الجغرافية على طول امتداده، يمكن التمييز بين ثلاثة أنواع من التيارات المائية في البحر الأحمر:

تيارات المد والجزر: وتنقسم إلى نوعين، تيارات عرضية تتجه نحو الساحل والعكس، وهي تيارات محلية غير منتظمة، وتيارات طولية تظهر بوضوح في الجزء الشمالي من الساحل.

التيارات الطولية: وتعتمد بشكل أساسي على اتجاه الرياح، في الصيف يتجه التيار من البحر الأبيض المتوسط إلى البحر الأحمر، وفي الشتاء (نوفمبر - مارس) تدفع الرياح الموسمية التيارات من خليج عدن إلى البحر الأحمر، وهذه التيارات تؤدي إلى دفع المياه وارتفاعها، وتتراوح سرعتها بين 32-48 كم/ يومياً.

التيارات العرضية: وترجع هذه الأنواع من التيارات إلى حدوث دوامات غير منتظمة قد تكون بسبب هبوب الرياح، وهي دوامات عمودية تدور في اتجاه عقارب الساعة حيث تتحرك المياه السطحية في حركة عرضية باتجاه الساحل الغربي ثم تتجه نحو الساحل الشرقي في شكل تيارات منخفضة تزيد سرعة بالاقتراب من الشعاب المرجانية. (محسوب، 2002، ص194)

وتشير البيانات الصادرة من الهيئة العامة للمساحة، إلى أن سرعة التيارات البحرية في منطقة الدراسة، الواقعة بين خط عرض (N"25.38'59°23) وخط طول (E"45.24'58°37)، قد بلغت 521 متراً لكل ثانية عند عمق 2 متر، وباتجاه الجنوب والجنوب الشرقي، وبالتالي: يتضح سرعة هذه التيارات البحرية ودورها في التأثير على تشكيل ساحل المنطقة وذلك من خلال نقل المواد المفتتة والرواسب وتوزيعها على امتداد الساحل.

ثانيًا: التدخلات البشرية وتأثيرها في جيومورفولوجية ساحل منطقة الدراسة:

تبين من المرئيات الفضائية 1972م-2020م، أن أكثر المناطق تأثراً بالأنشطة البشرية في ساحل منطقة الدراسة السواحل الوسطى تحديداً قطاع ميناء ينبع الصناعي، وقطاع مدينة ينبع الصناعية، وحتى يتم تسليط الضوء على تأثير التدخلات البشرية في تعديل وتغيير مورفولوجية خط ساحل منطقة الدراسة، وتحديد درجات هذا التدخل، سيتم طرح نبذة مُبسطة عن الأنشطة البشرية الموجودة في منطقة الدراسة:

1- النشاط السياحي: تأتي المشاريع السياحية بالأخص الواجهة البحرية في منطقة مدينة ينبع الصناعية، على امتداد 11 كيلو متر، كما احتوت على مجموعة من الجزر منها: جزيرة النورس، جزيرة المحار، جزيرة الكروان، جزيرة الجار، إضافة إلى محمية المانجروف، وحولها قناة مائية للزوارق، كما احتوت على منطقة للتخييم وهي جزء من الأنشطة السياحية الترفيهية، كما توضح ذلك صورة (1). ووفق تلك الرؤية، فقد شهد ساحل منطقة مدينة ينبع الصناعية كثيراً من الأنشطة السياحية الترفيهية، تم مراعاة للمعايير والضوابط البيئية في بعضها، ولم يتم مراعاة ذلك في عدد منها، وتأتي انعكاسات تلك الأنشطة، على كثير من الضغوط البيئية، كما أن وجود بعض المسننات الشاطئية، والمنشآت، تمثل إخلالاً بديناميكية الإرساب البحري، يأتي ذلك جلياً عند جزر المحار، والكروان، والجار, كما يأتي تأثير هذه الأنشطة بالتغيرات المورفولوجية في الساحل, وتلك التغيرات أثرت سلباً وإيجاباً في جيومورفولوجية واتزان المنطقة الساحلية.

صورة (1) المشاريع السياحية التي غيرت التشكيل المورفولوجي لخط الساحل

المصدر: Google Earth Pro

2- النشاط التجاري والصناعي: تقيم في منطقة الدراسة نوعان من الموانئ، وهي:

1. ميناء ينبع التجاري: يقع ميناء ينبع التجاري على الساحل الشرقي للبحر الأحمر بين ميناء ضبا شمالًا، وميناء الملك فهد الصناعي وميناء جدة الإسلامي جنوبًا. ويبعد عن جنوب قناة السويس بمسافة 460 ميلًا بحريًّا، وعن ميناء جدة الإسلامي بحوالي 168 ميلًا بحريًّا؛ حيث يعتبر الميناء السعودي الأقرب إلى دول أوروبا وأمريكا الشمالية، ويشتمل الميناء حاليًّا على (12) رصيفاً بطول إجمالي (2926م)؛ لاستقبال الأنواع المختلفة من السفن. (الهيئة العامة للموانئ)
2. ميناء الملك فهد الصناعي: يقع ميناء الملك فهد الصناعي بينبع على ساحل البحر الأحمر شمال ميناء جدة الإسلامي بحوالي 300 كم، ويمثل الميناء - الذي يمتد 15 كيلو متراً على خط الساحل - أكبر مجمع لتصدير النفط والبتروكيماويات على سواحل البحر الأحمر، وقد بُني من قبل الهيئة الملكية عام (1982م)، وبعد ذلك تولت مهام تشغيله المؤسسة العامة للموانئ في عام (1984م)، كما يحتوي الميناء على 34 رصيفاً بها (25) مرسى ومرفأ للخدمات، ويقوم الميناء بمناولة الزيت الخام، وخلال السنوات الماضية تم شحن بلايين من براميل النفط من رصيف الزيت الخام إلى الأسواق في سائر أنحاء العالم. (البلاع، 2008, ص107)

صورة (2) الموانئ التجارية والصناعية

المصدر: Google Earth Pro

وتوضح صورة (2) التغيرات المورفولوجية في شكل وملامح وهيئة خط الساحل، وما لها من تأثيرات وذلك من عمليات الحفر والردم للأرصفة البحرية، ناهيك عن الملوثات من المواد الصناعية وغيرها التي تلقى في مياه البحر، فضلاً عن تأثير هذه التغيرات المورفولوجية في عمليتي النحت والإرساب البحري، إضافة إلى أن الأثر في تغير اتجاه التيارات البحرية يصل في إجزاء من المنطقة، كما يوضح شكل (10) موقع الموانئ التجارية والصناعية في منطقة الدراسة.

شكل (10) موقع الموانئ التجارية والصناعية في منطقة الدراسة

ثالثاً: التدخلات البشرية على خط ساحل منطقة الدراسة:

ليس هناك شك في أن الربط بين الإنسان كعامل جيومورفولوجي والعمليات الجيومورفولوجية أصبح محط اهتمام جديد يمكن لباحثي الجغرافيا الطبيعية وضع بصمتهم ومبادرتهم فيه، وذلك باستخدام مهاراتهم المكتسبة بالتحليل والتعليل والتفسير للظاهرات البيئية المختلفة (كليو، 1985, ص57).

وقد تغير وتطور خط الساحل في منطقة الدراسة خلال (1972م – 2020م)، ويتضح ذلك من خلال شكل (11)؛ إذ يتبين مدى التغيرات في جيومورفولوجية خط الساحل، الذي تأثر مكانه، لأسباب متعددة، أهمها: التأثيرات والتدخلات البشرية، ومن تحليل جدول (9), بلغت مساحة الزيادة في مقدار طول خط الساحل من التدخلات البشرية (83163,67م)

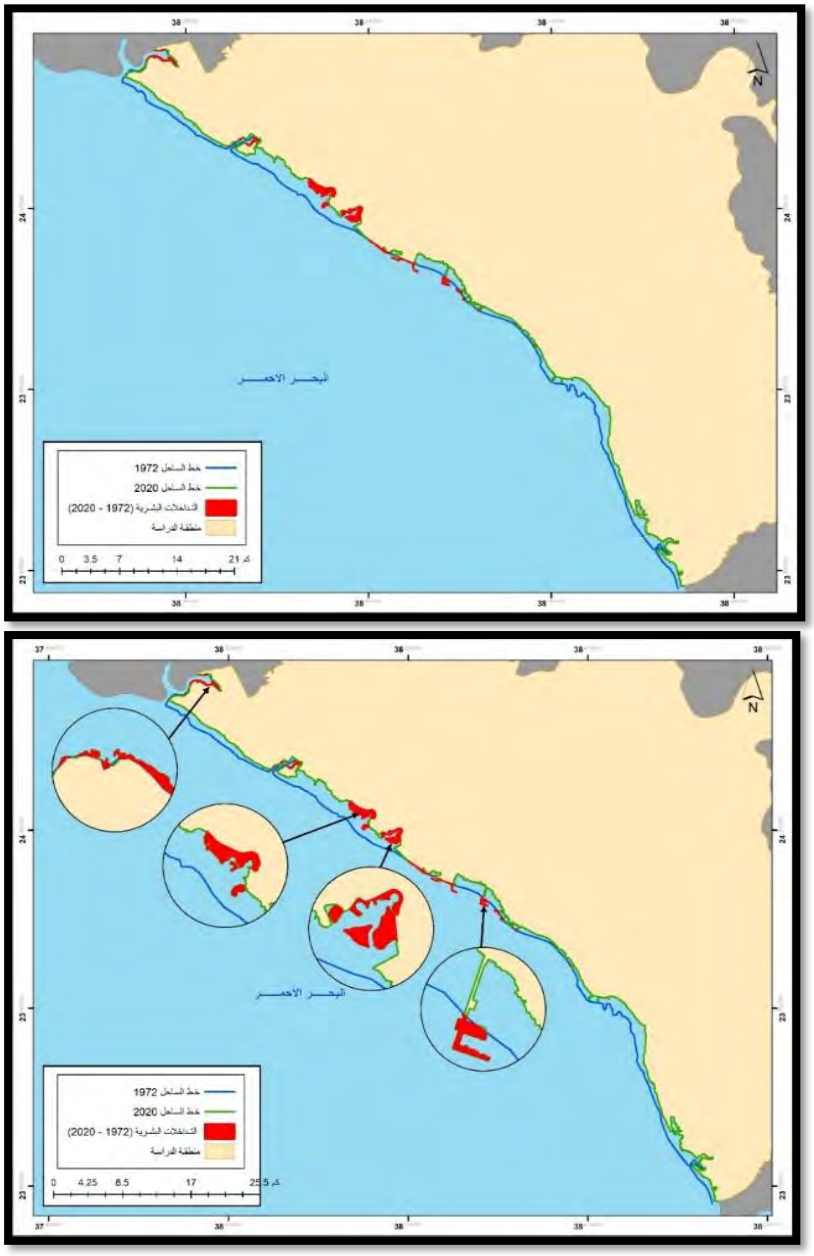
أي ما يعادل مساحة 4,891كم، بنسبة مئوية زيادة 40,48% من طول خط الساحل, وقد قلل هذا التغير والتطور من مساحة اليابس، حيث تراجع اليابس وتقدم البحر، وتعود أسباب هذا التراجع إلى وجود أنشطة لآبار النفط والغاز، حيث يؤدي هذا النوع من النشاط البشري إلى هبوط للأرض والبحر يتقدم عليها، إلى جانب وجود المشاريع السياحية من مشروعات الواجهة البحرية، والموانئ التجارية والصناعية، وما يحدث من أعمال حفر وردم لإنجازها، فهذه التدخلات البشرية لها آثار بيئية وخيمة من تغيرات في نشاط واتجاه التيارات البحرية والأمواج، وبالتالي تأثيرات بيئية جيومورفولوجية على البيئة البحرية الساحلية.

وقد قارن (Sherlock,1923) - في مقال له - بين التعرية الطبيعية والتعرية التي يصنعها الإنسان، وتوصل إلى أن البشر أقوى بكثير من جميع عوامل التعرية الجوية الطبيعية.

جدول (9) مساحة التدخلات البشرية في ساحل منطقة الدراسة من 1972م- 2020م

الفترة	المساحة (كم2)	مقدار الزيادة في طول خط الساحل (م)	الزيادة في الطول (%)
1972م - 2020م	4.891	83163.67	40.48

المصدر: قياسات من المرئيات الفضائية 1972م – 2020م.

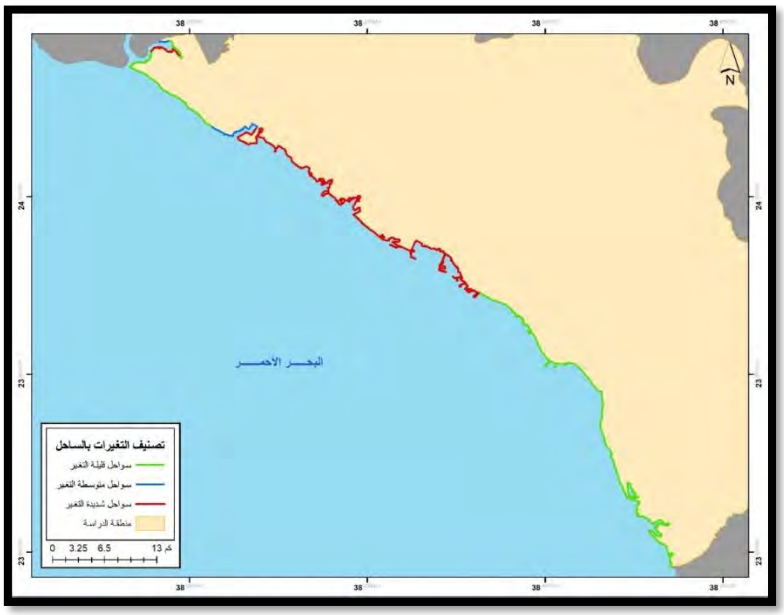


شكل (11) التدخلات البشرية في خط ساحل منطقة الدراسة

المصدر: إعداد الطالبة بالاعتماد على المرئيات الفضائية 1972م-2020م

رابعا: درجات تأثر السواحل بالتدخلات البشرية في منطقة الدراسة:

تختلف قابلية تأثر البيئة الساحلية البحرية للتغيرات الجيومورفولوجية وذلك وفقاً لأنماط سلوك الإنسان، وإلى أي مدى يغير البشر بتدخلاتهم وتدميرهم للبيئة الساحلية البحرية. قامت الدراسة برصد التدخلات البشرية، كما تم توضيح ذلك بإسهاب، وفي شكل (12) تم تقسيم الساحل وتصنيفه إلى: (سواحل شديدة التغير، سواحل متوسطة التغير، سواحل قليلة التغير) بناءً على كثرة التدخلات البشرية وكثافتها على خط الساحل، ويمكن توضيح هذا التصنيف على النحو التالي:

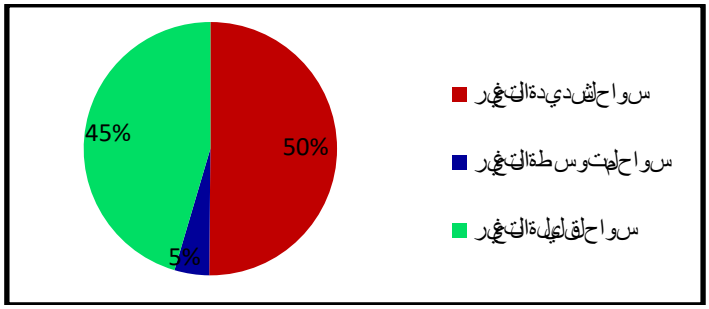


شكل (12) درجات التغييرات المورفولوجية في خط ساحل منطقة الدراسة

المصدر: إعداد الطالبة بالاعتماد على المرئيات الفضائية 1972 - 2020

ومن خلال تحليل جدول (10) وشكل (13) يتضح لنا درجات تأثر خط ساحل منطقة الدراسة بالتدخلات البشرية، وذلك على النحو التالي:

- سواحل شديدة التغير: تمثلت في سواحل اللون الأحمر، وهي تتوزع في أجزاء من قطاع شرم ينبع، حيث وجود الشاليهات والمنتجعات الفندقية، وكذلك قطاع الرأس العباسي وقطاع ميناء ينبع الصناعي وقطاع مدينة ينبع الصناعية، حيث وجود مشروعات الواجهة البحرية والموانئ الصناعية في مدينة ينبع الصناعية، وتمثل هذه السواحل نسبة 50.14% من إجمالي مساحة خط الساحل في منطقة الدراسة.
- سواحل متوسطة التغير: تتمثل في سواحل اللون الأزرق، تمتد على أجزاء من قطاع شرم ينبع، وكذلك أجزاء من قطاع ميناء ينبع الصناعي، وتبلغ إجمالي نسبتها 4.43% من إجمالي مساحة خط الساحل في منطقة الدراسة.
- سواحل قليلة التغير: تمثل سواحل اللون الأخضر، تتوزع في منطقة الدراسة من اجزاء من قطاع شرم ينبع إلى قطاع الرأس العباسي، وكذلك من سبخة العذيبة وقطاع مرسى معجز وقطاع خور السلجة إلى قطاع رأس البريكة جنوباً، حيث تبلغ نسبتها 45.42% من إجمالي مساحة خط الساحل في منطقة الدراسة، ويوضح شكل (3-4) نسب درجات تغير السواحل في منطقة الدراسة.



شكل (13) نسب درجات تغير السواحل في منطقة الدراسة

جدول (10) درجات تأثر خط ساحل منطقة الدراسة بالتدخلات البشرية

الفئة	مناطق شديدة التغير 50.14%	مناطق متوسطة التغير 4.43%	مناطق قليلة التغير 45.42%
المواقع	1- أجزاء من قطاع شرم ينبع	1- أجزاء من قطاع شرم ينبع	1 - أجزاء من قطاع شرم ينبع
	2- أجزاء من قطاع الرأس العباسي	2- أجزاء من قطاع ميناء ينبع الصناعي	2 - أجزاء من قطاع الرأس العباسي
	3- قطاع ميناء ينبع الصناعي	-	3 - قطاع مرسى معجز
	4- قطاع مديمة ينبع الصناعية	-	4 - قطاع خور السلجة
	-	-	5- قطاع رأس البريكة

المصدر: إعداد الباحثة.

التعرية الساحلية بمنطقة الدراسة:

تنوعت منطقة الدراسة في الظاهرات الجيومورفولوجية المتأثرة بالتعرية الساحلية، ومن خلال تحليل الخريطة الجيومورفولوجية لساحل منطقة الدراسة شكل (14)، يتضح لنا تنوع وانتشار العديد من ظاهرات النحت والإرساب البحري بمنطقة الدراسة، ويمكن شرحها على النحو التالي:

أولاً: ظاهرات النحت البحري:

1-1 الجروف البحرية:

تعد الجروف البحرية من الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية الهامة، يرتبط تكوينها بفعل البحر، وتتفاوت هذه الجروف في تكوينها وتفاصيل أشكالها تفاوتاً كبيراً، ويتوقف هذا على طبيعة الصخر ونظام بنائه. (جودة، 2003, ص339)، كما ارتبط وجودها في الشواطئ الصخرية.

ويؤثر البحر في المظهر الجيومورفولوجي العام للجروف البحرية، حيث تستطيع الأمواج العاتية تعرية الجرف البحري عن طريق اكتشاف مناطق الضعف الجيولوجية، ثم توسيع الشقوق والفواصل بها، وعندما تتآكل الصخور اللينة السفلى تتسع الفجوات الجانبية فيها تبعاً لاتساع الشقوق بفعل التقويض السفلي، ويختل توازن الطبقات الصخرية العليا، وتتعرض لعمليات السقوط.

كما أثرت ذلك في أجزاء من السواحل التي غطتها الدراسة الميدانية حيث أثرت التكوين الجيولوجي من الغطاءات الحصوية المختلفة، والرواسب الغرينية الحديثة، والحجر الجيري المرجاني، من التأثير وتشكيل الساحل بفعل الامواج وتيارات المد والجزر التي تصل الى أكثر من 2متر على الساحل، وهي جروف نشطة تطل على البحر مباشرة وتخضع للتعرية البحرية.

كما توزعت أجزاء من الجروف البحرية في منطقة الدراسة، وذلك في السواحل الجنوبية لمنطقة الدراسة قطاع رأس البريكة، وكذلك في أجزاء من شرم ينبع الشرقي، تحديداً قطاع شرم ينبع، وفي صورة (3) أحد الجروف البحرية في منطقة الدراسة، ومن خلال قياسات الدراسة الميدانية، تراوحت ارتفاعات الجروف البحرية ما بين (1,30م - 2 م)، كما تراوحت درجات الانحدار فيها من (20 – 25)

صورة (3) جروف بحرية في السواحل الجنوبية من منطقة الدراسة

المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/20هـ

ومن عمليات الإذابة التي ارتبط وجودها في قواعد الجروف البحرية وتطورها:

- عملية التقويض السفلي:

وهي إحدى تأثيرات الفعل الهيدرولكي للمياه بالصخور الجيرية، إلى جانب عمليات النحت المائي الذي تقوم به الأمواج مع ما تحمله من مفتتات صخرية تستخدمها كأدوات للنحت والبرى في صخور الشاطئ.(محسوب, 2007, ص122), حيث تعمل الأمواج ومياه المد على إذابة الصخور السفلية وتشكيل حفر إذابة صغيرة, وبزيادة اتساعها تتصل ببعضها وتشكل فجوات أكبر, ويساعد على ذلك تزايد معدلات الإذابة ليلاً, نظراً لتزايد كميات ثاني أكسيد الكربون في الماء نتيجة لانخفاض درجة الحرارة وتوقف عملية التمثيل الضوئي للنباتات البحرية.(محسوب, 1991, ص38), كما يتضح لنا من صورة (4)، حفر عمليات الاذابة في قواعد جروف بحرية في قطاع رأس البريكة.

صورة (4) حفر الإذابة في قواعد جروف بحرية في قطاع رأس البريكة

المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/20هـ

2-1 الأرصفة البحرية:

يرتبط تشكيل الرصيف البحري بتراجع الجروف صوب اليابس نتيجة عمليات النحت البحري بالأمواج، والتقويض السفلي لقواعد الجروف البحرية، وتتميز الأرصفة البحرية باستوائها وصقلها نتيجة احتكاك الأمواج بأسطحها وتنحدر بصفة عامة نحو البحر انحداراً هيناً (تراب، 2011، ص177).

تتعرض الأرصفة في الساحل الجنوبي بمنطقة الدراسة إلى الرطوبة والجفاف، بسبب توالي عمليات غمر الصخور بمياه البحر ثم انحسارها عنها وجفافها، كما يساعد ارتفاع الأمواج على تحديد مساحة المنطقة المتأثرة بفعل المياه الكيميائي.

كما تتميز الارصفة البحرية المرصودة في الدراسة الميدانية بتنوع مستوياتها، وتنوع تكوينها من حجر جيري مختلط بالمرجان، ورصيف صخري، ومن خلال تحليل جدول (11) رصدت الدراسة الميدانية في السواحل الجنوبية قطاع رأس البريكة، ثلاثة مستويات من الأرصفة البحرية تراوحت ارتفاعاتها (7سم – 40 سم – 1,50م)، ويتبين من صورة (5) الأرصفة البحرية التي تم رصدها في منطقة الدراسة.

جدول (11) أنواع ومستويات الأرصفة البحرية

م	نوع الرصيف البحري	الارتفاع (م)	القطاع
1	حجر جيري مختلط بطبقة من المرجان	0,7	رأس البريكة
2	حجر جيري مختلط بطبقة من المرجان	0,40	رأس البريكة
3	رصيف صخري	1,50	رأس البريكة

المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/20هـ

صورة (5) أرصفة بحرية في قطاع رأس البريكة

المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/20هـ

3-1 الرؤوس الأرضية:

تعرف الرؤوس بأنها امتدادات تبرز داخل البحر ويرجع إلى ذلك أنها تتمتع بدرجة من الصلابة مكنتها من الصمود ومقاومة عمليات التعرية البحرية، وتنتج عن اختلاف الخصائص الليثولوجية والبنيوية للصخور، حيث تنشأ من تعاقب التكوينات الصخرية الصلبة واللينة في نظام أفقي وعندما تتآكل الصخور اللينة تنشأ الخلجان البحرية وما يتبقى من الصخور الصلبة يمثل الرؤوس الأرضية، وتبرز الرؤوس داخل البحر بسبب عدة عوامل أهمها:

- صلابة التكوينات الصخرية أمام عوامل النحت البحري
- وجود بعض التراكيب البنيوية والالتواء وحيدة الجانب
- ضعف عوامل النحت البحري نتيجة ضحالة المياه الشاطئية أو نظم الرياح السائدة أو مسارات التيارات البحرية وعلاقتها بتوجيه خط الساحل. (تراب, 1997, ص67)

ويتضح لنا من التحليل المورفومتري للرؤوس الأرضية في منطقة الدراسة جدول (12)، أنه يعد الرأس العباسي من أكبر الرؤوس في منطقة الدراسة، حيث يتواجد في قطاع الرأس العباسي، إذ بلغت مساحته 2722985م أي ما يعادل 2.723كم، وبلغ طول الرأس 7905م، كما بلغ عرض الرأس 450م، ومعدل توغل 2415م، يأتي بعده رأس البريكة في السواحل الجنوبية من منطقة الدراسة قطاع رأس البريكة، إذ بلغت مساحته 278825م، وبلغ طول الرأس 2789م، كما بلغ عرض الرأس 2789م وبمعدل توغل 1315م.

ثم توزعت بقيت الرؤوس الارضية في قطاع خور السلجة، وقطاع رأس البريكة، بمساحة تراوحت بين 102939م-737559م، كما تراوحت أطوال الرؤوس بين 2312م – 907م، بالإضافة تراوح عرض الرؤوس بين 1381م – 680م، وبمعدلات توغل بين 765م – 200م.

جدول (12) التحليل المورفومتري للرؤوس الأرضية في منطقة الدراسة

الرؤوس	المساحة (م2)	طول الرأس (م)	عرض الرأس (م)	معدل التوغل (م)	أسم القطاع
الرأس العباسي	2722985	7905	450	2415	قطاع الرأس العباسي
رأس البريكة	278825	2789	348	1315	قطاع رأس البريكة
3	47114	589	375	200	قطاع خور السلجة
4	70227	764	475	255	قطاع خور السلجة
5	102939	907	680	288	قطاع رأس البريكة
6	737559	2312	1381	765	قطاع رأس البريكة

المصدر: من حساب الباحثة اعتماداً على المرئية الفضائية Spot7 2020

تعد الخلجان البحرية ظاهرة جيومورفولوجية مرتبطة بعمل الأمواج، وتأثيرها على خط الساحل، كما تتشكل في غالب الأحيان في المناطق التي تكون محمية من تأثير وفعل الأمواج. وبالنظر إلى توزيع الخلجان البحرية في منطقة الدراسة، نجد تركزها في السواحل الجنوبية قطاع مرسى معجز، وقطاع خور السلجة، وقطاع رأس البريكة، ومن خلال تحليل جدول (13)، تراوحت مساحة الخلجان بين 636887م-107212م، وبلغت أطوالها فيما بين 2315م- 1179م، وبلغ عرضها فيما بين 884م- 796م، في حين بلغ معدل توغل الخلجان باليابس فيما بين 1830م- 1200م.

جدول (13) التحليل المورفومتري للخلجان البحرية في منطقة الدراسة

الخلجان	المساحة (م2)	الطول (م)	العرض (م)	معدل التوغل باليابس (م)	أسم القطاع
1	107212	1004	796	283	قطاع مرسى معجز
2	68177	702	412	1830	قطاع خور السلجة
3	43987	620	552	360	قطاع رأس البريكة
4	103306	1179	183	590	قطاع رأس البريكة
5	636887	2315	884	1200	قطاع رأس البريكة

المصدر: من حساب الباحثة اعتماداً على المرئية الفضائية Spot7 2020

ثانياً: ظاهرات الإرساب البحري:

1-2 الشواطئ:

وهي الأراضي التي تمتد وراء الجروف البحرية Marine Cliffs التي تشرف على الساحل، والشواطئ ماهي إلا نتاج التطور الذي حدث وما زال يحدث نتيجة لتقدم البحر أو تقهقره عن الأرض المجاورة له. (أبو العينين، 1995, ص521)، ومن خلال تحليل الخرائط الطبوغرافية لمنطقة الدراسة، ومن الدراسة الميدانية، أمكن تصنيفها وتقسيم الشواطئ في منطقة الدراسة إلى ثلاثة أنواع وفق طبيعة رواسبها إلى (شواطئ صخرية، شواطئ رملية، شواطئ طينية)

أ- الشواطئ الصخرية:

هي أشكال ناتجة عن التعرية، تمتد في شكل حواف صخرية ضيقة ومتضرسة. (طروب، 2007، ص12) تمتد الشواطئ الصخرية في أجزاء قليلة ومتفرقة في منطقة الدراسة، حيث توزعت عند شاطئ رأس البريكة في السواحل الجنوبية من منطقة الدراسة، وكذلك أجزاء عند شواطئ شرم ينبع الشرقي، وفي صورة (6) جانب من الشواطئ الصخرية في منطقة الدراسة تحديداً عند شاطئ رأس البريكة، تم رصده خلال الدراسة الميدانية.

صورة (6) الشواطئ الصخرية في منطقة الدراسة

المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/20هـ

ب- الشواطئ الرملية:

تتكون الشواطئ الرملية من إرسابات دقيقة الحجم التي لا يتعدى حجم حبيباتها 1مم (تراب، 2011, ص206)، وتوزعت الشواطئ الرملية في معظم الشريط الساحلي وهي الأكثر شيوعاً في منطقة الدراسة، كما تتميز باتساعها وقلة انحدارها نسبياً، وغالباً ما تحدها النباك الرملية، وتظهر السبخات على أسطح بعضها، كما هو الحال في قطاع رأس البريكة في منطقة الدراسة، وفي صورة (7) جانب من الشواطئ الرملية الشمالية بمنطقة الدراسة.

صورة (7) الشواطئ الرملية في منطقة الدراسة
المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/21هـ

ج- الشواطئ الطينية:

تنتشر الشواطئ الطينية بأجزاء متفرقة على الشريط الساحلي من منطقة الدراسة، عند مصبات الأودية الغارقة كما في السواحل الجنوبية مصب وادي الصفراء (البارودي، 1990، ص79)، وفي اجزاء من شرم ينبع الشرقي في السواحل الشمالية، وفي صورة (8) رصدت الدراسة الميدانية جانب من الشواطئ الطينية الجنوبية، كما تتميز هذه الشواطئ بطبقات لينة، تتفاوت حجم رواسبها من الطمي وإلى خليط من الطمي والرمل، ونظراً لعدم وجود أمواج تؤثر على طبقاتها، تظل طبقتها مستقرة نسبياً.

صورة (8) الشواطئ الطينية في منطقة الدراسة
المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/21هـ

2-2 الألسنة البحرية:

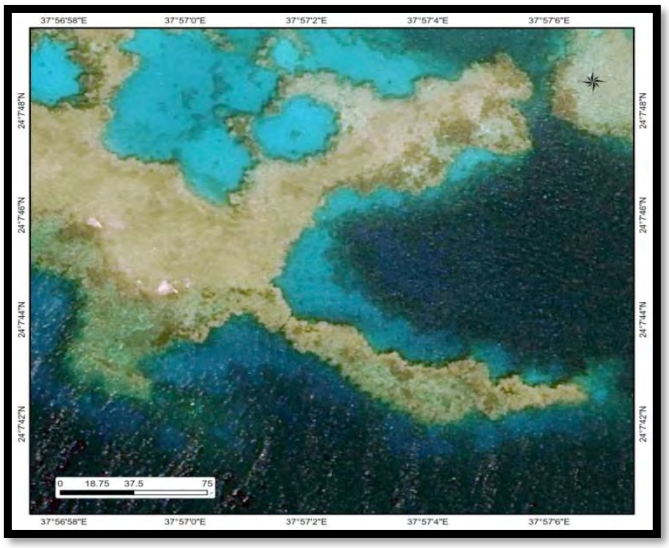
الألسنة البحرية عبارة عن تجمعات إرسابية طولية الشكل تتكون من الرمال أو الحصى، وتتصل باليابس من أحد طرفيها ويمتد الأخر في البحر، وكثيراً ما تتعرض أطراف الألسنة الخارجية للانثناء في اتجاه اليابس بما يشبه الخطاف Hook. (تراب، 2011، ص300)

ظهر لسان بحري وحيد في السواحل الشمالية من منطقة الدراسة في قطاع شرم ينبع، صورة (9)، ويحصر حوله بحيرة ساحلية، وبحسب القياسات المورفومترية اللسان البحري جدول (14)، بلغ طول اللسان البحري 5140م، كما بلغ عرضه 25م، في حين تراوحت مساحة البحيرة الساحلية المحصورة 25091م، وطول خط ساحل البحيرة 492م.

جدول (14) تحليل مورفومتري للسان بحري في الساحل الشمالي من منطقة الدراسة

القياسات	لسان بحري
الطول (م)	5140
العرض (م)	25
مساحة البحيرة (م)	25091
طول خط ساحل البحيرة (م)	492

المصدر: من حساب الباحثة اعتماداً على المرئية الفضائية Spot7 2020



صورة (9) لسان بحري في السواحل الشمالية من منطقة الدراسة

3-2 المسننات الشاطئية:

تعرف المسننات بأنها عبارة عن بروزات مثلثة الشكل تمتد رؤوسها في اتجاه البحر ويمثل اليابس قواعدها، وتتكون من تصنيف المواد الرسوبية بمحاذاة الشاطئ الأمامي، بتأثير اندفاع الأمواج المتقدمة Swash، والرجعية Back Swash، وتظهر هذه القرون عادة خلال فترات المد العالي Spring Tide. (تراب، 1997, ص64)

كما تعد المسننات من الظاهرات الشاطئية المؤقتة وظاهرة شديدة التغير، يرجع ذلك إلى أن أي إرساب رملي ممكن أن يزول بسهولة بالأخص إلى عدم تواجد غطاء نباتي يساعد على تثبيتها (Russell & Mclntire,1965, p. 312)، وفي صورة (10) ومن تحليل جدول (15) تم رصد إحدى هذه المسننات الشاطئية في الشواطئ الرملية الشمالية من منطقة الدراسة قطاع شرم ينبع، إذ بلغ امتداد قمته في البحر 51سم، وانحدار جانبية بين 23-31سم، وبلغ عرض الخليج بين قرنين المسننات 1,2متر، وتراوح انحدار سطحه ما بين صفر- 0,2.

جدول (15) أبعاد أحد المسننات الشاطئية في منطقة الدراسة

الظاهرة	امتداد قمة المسنن	انحدار جانبية	عرض الخليج بين قرنين المسننات	انحدار سطحه (درجة)	أسم القطاع
مسننات شاطئية	51سم	بين23-31سم	1,2م	ما بين صفر-0,2	شرم ينبع

المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/21هـ

صورة (10) مسننات شاطئية في الشاطئ الرملي الشمالي من منطقة الدراسة

المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/21هـ

4-2 البحيرات الساحلية:

إحدى الظاهرات الناتجة عن فعل الإرساب البحري، وهي مسطح مائي طولي موازي لخط الساحل وتنفصل عنه بحاجز أو لسان بحري. (تراب، 2006, ص287)، ومن انواع البحيرات الساحلية المرصودة في سواحل منطقة الدراسة:

أ- بحيرات ساحلية مفتوحة:

يتصل هذا النوع من البحيرات بالمسطح البحري المجاور عن طريق فتحات أو مداخل، يتم عن طريقها تجديد مائية البحيرة والحفاظ على نسبة ملوحتها، وتعويض نقص المياه الناجم عن البخر والتسرب، وعادة ما تقع هذه الفتحات في نطاقات محمية من الأمواج في خط الساحل، حيث تكون الأمواج ضعيفة مع وجود تيارات متبادلة بين البحر ومسطح البحيرة، مما يعمل على حماية هذه الفتحات من الإطماء والانسداد التام. (تراب، 2006, ص288)

وتوزعت البحيرات الساحلية في منطقة الدراسة إلى: (بحيرة في قطاع الرأس العباسي، وبحيرة في قطاع خور السلجة)، ومن جدول (16)، تم تحليل قياساتها المورفومترية، إذ بلغت مساحة بحيرة قطاع الرأس العباسي 2301941م، وبطول 13645م، وعرض 169م، في حين تراوح بعدها عن خط الساحل 600م، في حين بحيرة قطاع خور السلجة بلغت مساحتها 939571م، وطول 4693، وبعرض 200م، في حين تراوح بعدها عن خط الساحل 1820م.

جدول (16) التحليل المورفومتري للبحيرات الساحلية في منطقة الدراسة

البحيرة الساحلية	المساحة (كم2)	البعد عن خط الساحل (م)	الطول (م)	العرض (م)	أسم القطاع
1	2.301941	600	13645	169	الرأس العباسي
2	9.39571	1820	4693	200	خور السلجة

المصدر: من حساب الباحثة اعتماداً على المرئية الفضائية Spot7 2020

ب- بحيرة ساحلية موسمية:

وهي بحيرة تنشأ في فترات هبوب النوات على سواحل منطقة الدراسة، حيث يحدث تغير مورفولوجي للساحل أثناء فترة هبوب النوات وتتكون بحيرات ساحلية موسمية في منطقة السهل الساحلي في المناطق المحصورة بين خط الساحل والكثبان الرملية الساحلية. (تراب، 2006، ص289)

تعد من الظاهرات الجيومورفولوجية المؤقتة، ويرجع سبب تكونها اتساع السهل الساحلي واستوائه وارتفاع الأمواج خلال فترة النوة. ومن تحليل جدول (17) تم رصد أبعاد بحيرة موسمية تتضح في صورة (11) في قطاع رأس البريكة من منطقة الدراسة، حيث بلغ طولها (7) متر، وبلغ عرضها (5.32) متر، وعمق المياه فيها (17) سم.

جدول (17) أبعاد إحدى البحيرات الموسمية في منطقة الدراسة

الظاهرة	الطول (م)	العرض (م)	عمق المياه (م)	اسم القطاع
بحيرة ساحلية موسمية	7	5,32	0,17	رأس البريكة

المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/20هـ

صورة (11) بحيرة موسمية في قطاع رأس البريكة

المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/20هـ

5-2 الحواجز الرملية:

يعرف الحاجز بأنه شريط ضيق من رواسب مشتقة من الشاطئ، يتميز بانخفاض سطحه. (محسوب، 2003، ص403) وتعد السواحل الشمالية من منطقة الدراسة، قطاع شرم ينبع، وقطاع الرأس العباسي، بيئة خصبة لتكون الحواجز الرملية، فهي تعد منطقة إرساب مثالية؛ يرجع لطبيعة رواسبها الرملية، ودور تيارات المد والجزر وحركة الأمواج فيها، أما عن نشأة تلك الحواجز فيبدو أنها تكونت بفعل الأمواج البناءة.(جودة, 1990, ص53) حيث تقوم الأمواج أثناء تغطية الشاطئ بمياه المد بترسيب ما تحمله من رواسب, خاصة الخشنة نتيجة ضعف طاقتها, وبالتالي عندما تتراجع المياه أثناء الجزر تظهر الرواسب على شكل حواجز, ومن تحليل الجدول (18) تراوحت مساحة الحواجز الرملية 43610 م 2 1011387م، 881397م بالترتيب على التوالي، وبلغت أطوالها 720م، 3010م، 3140م، على التوالي، وبعرض 40م، 336م، 281م على التوالي, في حين تم رصد حاجز رملي وحيد في السواحل الجنوبية قطاع خور السلجة، وقد تراوحت مساحة الحاجز الرملي 775040م، بطول 1662م، وعرض 466م.

جدول (18) التحليل المورفومتري للحواجز الرملية بمنطقة الدراسة

الحواجز الرملية	المساحة (م2)	الطول (م)	العرض (م)	أسم القطاع
1	43610	720	40	شرم ينبع
2	1011387	3010	336	شرم ينبع
3	881397	3140	281	الرأس العباسي
4	775040	1662	466	خور السلجة

المصدر: من حساب الباحثة اعتماداً على المرئية الفضائية Spot7 2020

6-2 السبخات الساحلية:

تنتج السبخة الساحلية من ترسبات بحرية وقارية، وذلك أثناء تراجع البحار وانحسارها عن اليابسة بسبب ظاهرة المد والجزر، وتتكون هذه الترسبات عادة من حبيبات رمل ناعمة وخشنة مع نسبة صغيرة من الطمي، وعادة ما تحاط السبخة الساحلية ببحيرة منفصلة من جهة البحر وبصحراء من الجهة الأخرى، والسبخة الساحلية مسطحة تقريباً وينحدر سطحها انحداراً بسيطاً باتجاه البحر، وتتكون تربة السبخة الساحلية من عدة معادن أهمها الأراجونايت، الكالسيت، والجبس، والدولومايت. (المهيدب، 2002, ص33-34)

تمتد السبخات الساحلية في منطقة الدراسة، من السواحل الوسطى تحديداً من قطاع منطقة ينبع الصناعية، وحتى السواحل الجنوبية قطاع رأس البريكة، وعددها 16 سبخة، تراوحت مساحاتها بين أكبر سبخة (32,4281كم²)، ومساحة أصغر سبخة (0,063987كم²).

يحدث دائما تبادل بين مياه البحر والسبخات المتصلة بالبحار, حيث تتدفق المياه من البحر إلى السبخة حامله معها كميات من الرواسب يتم إرسابها فوق سطح السبخة, ويتم ذلك اثناء المد العالي وتعود هذه المياه إدراجها مرة أخرى وتعود إلى البحر فإن ذلك يؤدي إلى تعرض قاع السبخة للتخفيض والنحت, بينما إذا كانت كمية الرواسب المنقولة إلى السبخة الساحلية أكبر من الرواسب المحمولة من قاع السبخة تجاه البحر تعرضت السبخة للإرساب, ورفع القاع وقد يعمل ذلك على اختفائها وتتحول إلى سهل ساحلي أميل لجفاف التربة, وتتميز الملامح المورفولوجية للسبخات الساحلية بوجود المضلعات والقشور الملحية والشقوق التي تفصل بين مظهر المضلعات, هذه المضلعات منها الصغيرة ومنها الكبيرة جداً وقد تكون رطبة أو جافة حسب أطوال المد وفصول السنة. (التركماني, 2011, ص203-202)

تم تطبيق المعاملات المورفومترية والشكلية التي تدرس أشكال أحواض الأودية على أشكال السبخات الساحلية في منطقة الدراسة، وأهمها معامل الاستدارة، ومعامل الاستطالة:

أ- معامل الاستدارة:

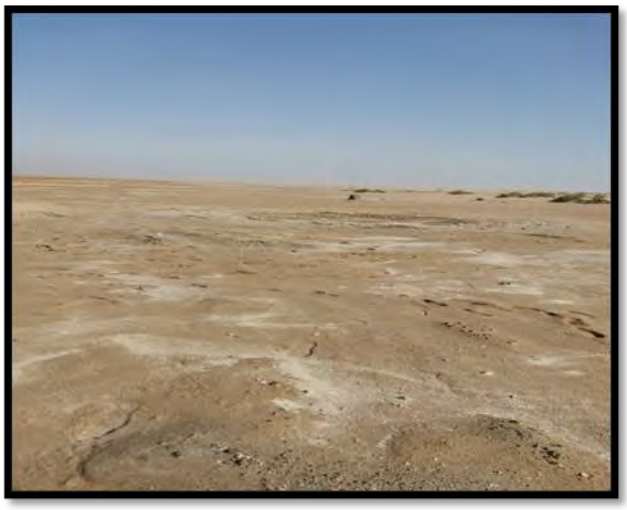
معامل الاستدارة= مساحة السبخة(كم²) ÷ مساحة دائرة لها نفس طول محيط السبخة (كم²)، فكلما كانت السبخة أقرب إلى الاستدارة اقتربت القيمة الناتجة من الرقم (واحد), وعلى العكس من ذلك فكلما اقتربت القيمة الناتجة من (الصفر) دل ذلك على قلة الاستدارة. (Miller, 1953).

وتشير نتائج قياس معامل الاستدارة التي عملت للسبخات الساحلية في منطقة الدراسة جدول (19)، إن أقل معامل استدارة بلغ (0,07 , 0,08) لسبخة رقم (4) وسبخة رقم (6), وهي قيم منخفضة بشكل كبير وتشير إلى بعد كبير عن الشكل الدائري لهتين السبختين, بينما تشير قيم سبخة رقم (3) وسبخة رقم (12) إلى (0,80, 0,79) على التوالي, بانها أعلى قيم معامل استدارة للسبخات في منطقة الدراسة, مما يشير إلى قرب هاتين السبختين من الشكل الدائري, كما تفاوتت قيم معامل الاستدارة لباقي السبخات في منطقة الدراسة.

ب- معامل الاستطالة:

معامل الاستطالة= قطر دائرة مساوية لمساحة السبخة (كم) ÷ أقصى طول للسبخة (كم)، وكلما اقترب معدل الاستطالة من الرقم (واحد) ابتعدت السبخة عن الشكل المستطيل، وكلما اقترب الناتج من الرقم (صفر) اقترب شكل السبخة من الشكل المستطيل.

ويتضح من جدول (11) ان نسبة الاستطالة في غالبية السبخات الساحلية في منطقة الدراسة، تقترب من القيمة صفر أي تقترب السبخات من الشكل المستطيل, ففي سبخة رقم (4) بلغت قيمة معدل الاستطالة (0,19) وهي أقل قيمة لمعدل الاستطالة في سبخات منطقة الدراسة مما تشير الى شكلها المستطيل, كما بلغت قيمة معدل الاستطالة (0,37) للسبخات رقم (3- 7 – 12- 16), إذ تعد اعلى قيم وصلت لها معدل الاستطالة وكذلك تشير إلى أشكالها المستطيلة لقربها من القيمة صفر, وتفاوتت بقية السبخات في معدلات الاستطالة بين هاتين القيمتين, كما تم رصد في الدراسة الميدانية إحدى السبخات الجنوبية صورة (12)، إذ يغطي سطحها رواسب بنية اللون وقشور ملحية، ارتبط وجودها من تبخر المعادن.



صورة (12) سبخة ملحية في ساحل جنوب رأس البريكة

المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/21هـ

جدول (19) التحليل المورفومتري للسبخات الساحلية بمنطقة الدراسة

سبخة	المساحة (م2)	طول السبخة (م)	عرض السبخة (م)	معامل الاستدارة	معامل الاستطالة	نسبة الطول إلى العرض
1	715906.8	1391.1	514.6	0.31	0.34	2.70
2	1239149.3	2331.2	531.6	0.26	0.27	4.39
3	412045.3	988.1	417.0	0.80	0.37	2.37
4	8150911.1	8372.6	973.5	0.07	0.19	8.60
5	494801.5	1747.4	283.2	0.18	0.23	6.17
6	32428054.5	13244.1	2448.5	0.08	0.24	5.41
7	1904648.0	2121.1	898.0	0.39	0.37	2.36
8	5973405.1	4072.5	1466.8	0.47	0.34	2.78
9	2804478.9	3108.2	902.3	0.50	0.30	3.44
10	1490255.7	1990.4	748.7	0.68	0.35	2.66
11	1284633.2	2717.6	472.7	0.42	0.24	5.75
12	63986.5	390.9	163.7	0.79	0.37	2.39
13	147902.1	958.8	154.3	0.31	0.23	6.22
14	643892.0	1852.5	347.6	0.48	0.24	5.33
15	93449.7	576.4	162.1	0.63	0.30	3.56
16	790348.0	1364.2	579.4	0.62	0.37	2.35

المصدر: من حساب الباحثة اعتماداً على المرئية الفضائية Spot7 2020

7-2 النباك الساحلية:

هي عبارة عن تراكمات رملية وليدة يندر أن يتجاوز ارتفاعا ثلاثة أمتار، وغالباً يقل عن نصف متر، وهي تتشكل عندما تعترض حركة الرياح المحملة بالرمال عقبة ما تتمثل في أغلب الأحيان بأحد النباتات السائدة في المنطقة الساحلية. (كليو، والشيخ، 1986، ص9)

وتمتد غالبية حقول النباك في منطقة الدراسة سواحل قطاع رأس البريكة، وأجزاء من ساحل قطاع الرأس العباسي، ورصدت الدراسة الميدانية أحجام مختلفة للنباك، إذ تميزت حقول النباك في سواحل قطاع رأس البريكة بالتقارب وأكبر حجماً، ومتفرقة وأصغر حجماً في ساحل قطاع الرأس العباسي.

ومن تحليل جدول (20) تراوحت أطوال النباك في ساحل قطاع الرأس العباسي (1.84-2.5) متر، والعرض ما بين (0.9-2.6) متر، بينما الارتفاع تراوح ما بين (0.26-0.64) متر، أما في ساحل قطاع رأس البريكة، تراوحت أطوال النباك (2.23-3.88) متر، والعرض ما بين (1.43-3.7) متر، بينما الارتفاع تراوح ما بين (0.46-1.3) متر، ومن خلال صورة (13) و(14) يتضح لنا أشكال النباك في ساحل جنوب رأس البريكة، وساحل شرق الرأس العباسي.

جدول (20) التحليل المورفومتري للنباك من مو اقع متفرقة لسواحل منطقة الدراسة

م	الطول (م)	العرض (م)	الارتفاع (م)	الموقع
1	1.9	0.9	0.4	قطاع الرأس العباسي
2	2.3	1.1	0.34	قطاع الرأس العباسي
3	2.4	1.4	0.53	قطاع الرأس العباسي
4	2.5	2.6	0.64	قطاع الرأس العباسي
5	2.43	1.9	0.45	قطاع الرأس العباسي
6	1.84	1.75	0.26	قطاع الرأس العباسي
7	3.88	3.7	1.3	قطاع رأس البريكة
8	3.28	2.87	0.95	قطاع رأس البريكة
9	3.52	3.22	1.2	قطاع رأس البريكة
10	3.51	1.57	0.87	قطاع رأس البريكة
11	2.54	1.43	0.46	قطاع رأس البريكة
12	3.35	2.47	0.93	قطاع رأس البريكة
13	2.23	1.95	0.78	قطاع رأس البريكة
14	2.63	1.84	0.82	قطاع رأس البريكة

المصدر: قياسات الدراسة الميدانية 1442/8/20هـ

صورة (13) نباك ساحل قطاع الرأس العباسي

المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/20هـ

صورة (14) امتداد حقول النباك في ساحل قطاع رأس البريكة
المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/20هـ

8-2 مسطحات المد والجزر:

هي عبارة عن أراضٍ شبة مستوية تمتد أمام الأجزاء الأمامية لبعض الشواطئ وتغطيها مياه المد، على حين تظهر أرض يابسة أثناء الجزر، ويميزها عن أرصفة الشاطئ أنها مغطاة بطبقة من الرواسب، كما تحدها غالباً شواطئ رملية بدلاً من الجروف البحرية، وامتدت مسطحات المد والجزر على أجزاء من سواحل منطقة الدراسة، كما اختلف وتفاوت اتساعها، واتصف سطحها بالاستواء، وخلو النباتات منه، وفي صورة (15) إحدى المسطحات في السواحل الجنوبية من منطقة الدراسة.

وترجع نشأة معظم المسطحات إلى وجود الأطر المرجانية وتعرض أسطحها لعمليات الترسيب بصفة مستمرة، مما أدى إلى ارتفاع تلك الأسطح نسبياً لتظهر يابسة في أوقات الجزر، وقد ساعد على نشأتها ونموها توفر مصادر وفيرة من الرواسب، حيث يعد ذلك عاملاً أساسياً في نشأتها ونموها. (السيد, 1988,ص54)، وتتمثل تلك المصادر في منطقة الدراسة فيما جلبته الأودية من رواسب، وما جلبته وما زالت تجلبه الأمواج والتيار الساحلي من رواسب.

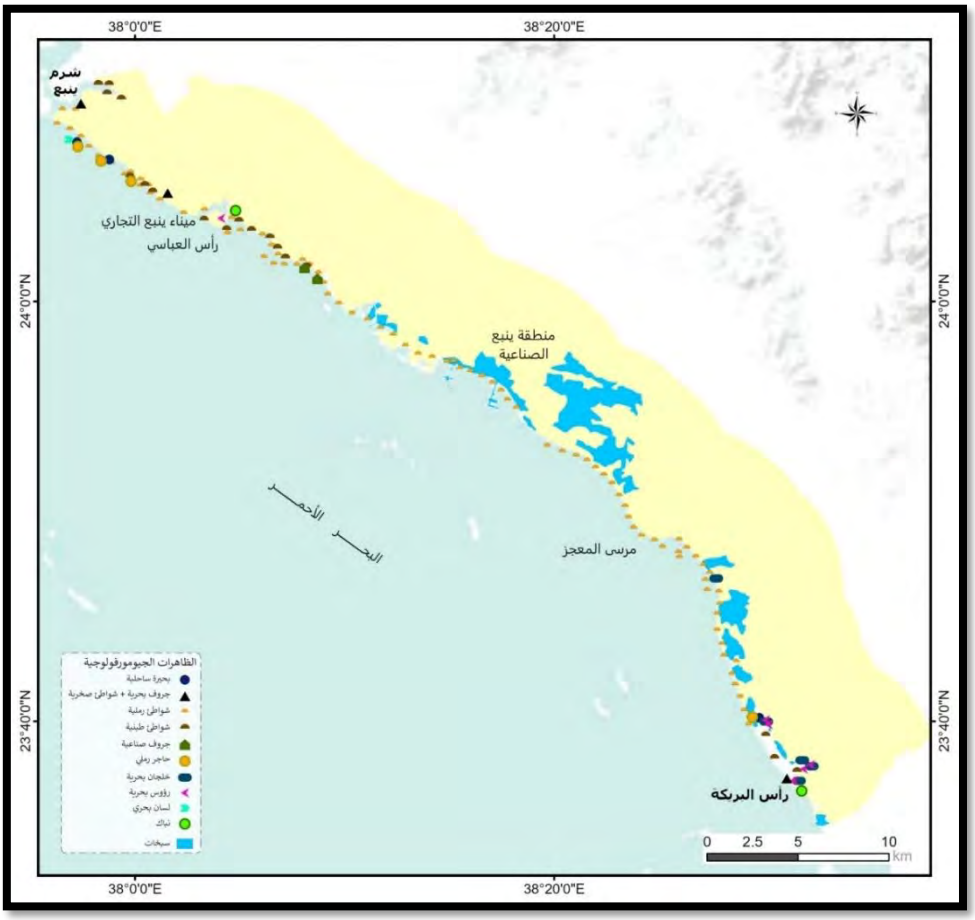
صورة (15) مسطح مد وجزر في ساحل منطقة الدراسة
المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/21هـ

كما رصدت الدراسة الميدانية ظاهرة علامات التموج الرملي في مسطح المد والجزر، إذ أنها امتدت باتجاهات وزوايا مختلفة، حيث يبدو أنها تنتج من تيارات القاع المرتبطة بأمواج الرياح المحلية أو المرتبطة بحركتي المد والجزر (محسوب، 1991, ص65)، ورصدت الدراسة

الميدانية أبعاد الظاهرة، إذ تراوحت أعماقها ما بين (1سم – 6سم)، وتراوح عرضها ما بين (2سم – 12سم)، تتضح الظاهرة في صورة (16)، إضافة إلى أن ظاهرة التموج الرملي تعتبر من الظاهرات المؤقتة وسريعة التغير.

صورة (16) علامات التموج الرملي

المصدر: الدراسة الميدانية 1442/8/21هـ



شكل (14) خريطة جيومورفولوجية لساحل منطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على المرئية الفضائية، الخرائط الطبوغرافية، الدراسة الميدانية

الخلاصة:

تنوعت ظاهرات النحت والإرساب البحري في منطقة الدراسة، ومن خلال تحليل الخريطة الجيومورفولوجية لساحل منطقة الدراسة، تبين تركز ظاهرات الإرساب البحري المتمثلة في البحيرات الساحلية، الحواجز الرملية، اللسان البحري، المسننات الشاطئية، النباك، في قطاع شرم ينبع وقطاع الرأس العباسي. بينما يعد قطاع رأس البريكة وقطاع خور السلجة وقطاع مرسى معجز بيئة خصبة لظاهرات النحت والإرساب البحري معاً متمثلة في الرؤوس الأرضية، الخلجان البحرية، البحيرات الساحلية، الجروف والارصفة البحرية، الحواجز الرملية، النباك، السبخات الساحلية، كما امتدت السبخات في قطاع مدينة ينبع الصناعية، بالإضافة إلى إمكانية تقسيم الشريط الساحلي لمنطقة الدراسة إلى شواطئ صخرية، شواطئ رملية، شواطئ طينية، إذ تعد الشواطئ الرملية الأكثر شيوعاً في منطقة الدراسة.

مناقشة النتائج

يمكن حصر أهم نتائج الدراسة على النحو التالي:

1. تنتمي التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة إلى رسوبيات من الأقدم إلى الأحدث: صخور ما بعد الكمبري، تكوينات الزمن الثالث تمثلت في تكوينات الميوسين – البليوسين، فضلاً عن تكوينات الزمن الرابع التي تمثلت في رواسب عصر البليستوسين والهولوسين، التي تعد هشة ولينة في تشكيل الظاهرات الساحلية أو التعرض لأي تغير جيومورفولوجي.
2. تأخذ الانكسارات في منطقة الدراسة الاتجاه السائد فيها شمالي غربي/ جنوبي شرقي، مما يشير إلى تأثر المنطقة بانفصال الدرع العربي عن الدرع النوبي.
3. يتخذ الساحل من جنوب شرم ينبع إلى رأس البريكة، الاتجاه العام جنوب غرب- غرب.
4. قلة تعرجات خط الساحل إذ يميل الخط إلى الاستقامة، فقد بلغ متوسط معدل التعرج 2.06كم.
5. تعد خصائص مياه البحر الاحمر من ظاهرات الأمواج والمد والجزر والتيارات البحرية من أهم العوامل الديناميكية المؤثرة في تشكيل ساحل منطقة الدراسة.
6. أظهرت الدراسة تأثير الإنسان كعامل جيومورفولوجي، وذلك من خلال التدخلات البشرية على خط الساحل، حيث أمكن من خلال المقارنة بين المرئيات الفضائية للسنوات (1972م- 2020م)، تبين مدى التغيرات في جيومورفولوجية خط الساحل، إذ بلغت مساحة الزيادة في مقدار طول خط الساحل (83163.67م) أي ما يعادل مساحة 4.891كم، بنسبة مئوية زيادة 40,48% من طول خط الساحل.
7. يمكن تصنيف ساحل منطقة الدراسة من حيث كثافة ودرجة التدخلات البشرية إلى (سواحل شديدة التغير، سواحل متوسطة التغير، سواحل قليلة التغير) وشكلت نسبة كل منها (50,14% , 4,43% , 45,42%) لكل منها على التوالي.
8. أكثر السواحل تأثر بالأنشطة البشرية السواحل الوسطى من منطقة الدراسة تحديداً قطاع ميناء ينبع الصناعي, وقطاع مدينة ينبع الصناعية.
9. لم يتأثر الساحل الجنوبي من منطقة الدراسة بالتدخلات البشرية، فقد بدا تأثير التعرية الساحلية الطبيعية من ظاهرات النحت والإرساب البحري واضحة وجلية.
10. تنوعت منطقة الدراسة بالظاهرات الجيومورفولوجية المتأثرة بالتعرية الساحلية.
11. تركز ظاهرات الإرساب البحري المتمثلة في البحيرات الساحلية، الحواجز الرملية، اللسان البحري، المسننات الشاطئية، النباك، في قطاع شرم ينبع وقطاع الرأس العباسي
12. يعد قطاع رأس البريكة وقطاع خور السلجة وقطاع مرسى معجز بيئة خصبة لظاهرات النحت والإرساب البحري معاً متمثلة في الرؤوس الأرضية، الخلجان البحرية، البحيرات الساحلية، الجروف والارصفة البحرية، الحواجز الرملية، النباك، السبخات الساحلية.

التوصيات: بناءً على النتائج التي تم التوصل إليها توصي الدراسة بالتالي:

1- ضرورة حماية الشواطئ من فعل النحت والإرساب البحري، ويمكن ذلك بعدة طرق:

- الحوائط البحرية: وهي منشآت مساندة تهدف إلى تقليل عوامل التعرية على الشواطئ.
- كاسرات الأمواج: تتكون غالباً من الأحجار ذات المقاومة العالية للتعرية والتآكل، كما أنها توضع بنظام معين أمام التلال المنخفضة عند الشاطئ لوقايته، حيث تقلل من نحت الشاطئ نتيجة لحصر تقدم الأمواج وزيادة المواد المنقولة.

- الأرصفة: وهي حوائط تقام أحياناً على الاتجاه العام لخط الشاطئ، حيث تكمن أهميتها في أنها تقلل المواد الشاطئية المنقولة، وبالتالي تساعد على الترسيب، حيث تصنع من الكتل الخرسانية أو الحجارة الصلبة، كما أنها تبنى بارتفاع يقدر بحسب معرفة الحد الأعلى للمد والحد الادنى للجزر.

2- يمكن الاستفادة من طاقة الأمواج وذلك باعتبارها أحد أنواع الطاقة المتجددة مثل: الرياح وأشعة الشمس.

3- ضرورة إجراء دراسات لتربة السبخات هندسياً، خاصة أنها تمتد بأجزاء واسعة وفي مناطق العمران، وتأثير ذلك فيما بعد.

قائمة المراجع

أولاً- المراجع بالعربية

- أبو العينين، حسن سيد، (1995)، أصول الجيومورفولوجيا دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، ط11، الاسكندرية، مؤسسة الثقافة الجامعية.
- البارودي، محمد سعيد، (1990)، جيومورفولوجية الشروم على الساحل الشرقي للبحر الأحمر في المملكة العربية السعودية، الجمعية الجغرافية الكويتية، بحوث ومقالات.
- البلاع، هيفاء يحيى، (2008)، السياحة في محافظة ينبع دراسة جغرافية، (رسالة ماجستير منشورة)، جامعة طيبة.
- التركماني، جودة, 2011, أشكال سطح الأرض دراسة في أصول الجيومورفولوجيا، (ط3)، دار الثقافة العربية، القاهرة.
- تراب، محمد مجدي، (1997)، أشكال السواحل المصورة، منشأة المعارف، الإسكندرية.
- تراب، محمد مجدي، (2006)، أشكال سطح الأرض، منشأة المعارف، الإسكندرية.
- تراب، محمد مجدي، (2011)، الموسوعة الجيومورفولوجية، الجمعية المصرية للتغيرات البيئية، الإسكندرية.
- جابر، أحمد فوزي ضاحي، (2004)، الأشكال الإرسابية على ساحل البحر الأحمر فيما بين رأسي أبو سومة شمالاً وحنكراب جنوباً (دراسة جيومورفولوجية)، (رسالة دكتوراه منشورة)، جامعة جنوب الوادي كلية الآداب بسوهاج.
- جابر، أحمد فوزي، والحافظي، ايمان عواد، (2019)، التنوع الجيومورفولوجي بجزيرة جبل حسان (شمال غرب المملكة) ودوره في تنمية السياحة المستدامة بمشروع البحر الأحمر، ملتقى نظم المعلومات الجغرافية بالمملكة العربية السعودية، بحوث المؤتمرات.
- جودة، حسنين جودة، (2003)، الجيومورفولوجيا علم أشكال سطح الأرض، (ط2)، القاهرة، دار المعرفة الجامعية.
- جودة، حسنين جودة، (2008)، جغرافية البحار والمحيطات الطبيعية والحيوية، دار المعرفة الجغرافية.
- جودة، حسنين جودة، (1990)، جغرافية البحار والمحيطات، منشأة المعارف، الإسكندرية.
- الحافظي، ايمان عواد، (2017)، التحليل الجيومورفولوجي لبعض الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف المائي في المنطقة الممتدة بين ينبع جنوباً وأملج شمالاً، جامعة بني سويف، حولية كلية الآداب، بحوث ومقالات.
- الحبيشي، م. م. (2018). استخدام الاستشعار عن بعد في رصد التغيرات الجيومورفولوجية... (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة طيبة، السعودية.
- الدليمي، خلف حسين، (2007)، الاتجاهات الحديثة في البحث العلمي الجغرافي، (ط1)، عمان، دار صفاء للنشر والتوزيع.
- الزيدي، نجيب عبد الرحمن، والكبيسي، أحمد محمد، (2015)، الجيوماتكس والتنظيم المكاني، (د.م).
- طروب، حسن جابر، (2007)، الأخطار الساحلية في خليج عناية أسباب ونتائج، (رسالة ماجستير منشورة)، جامعة منتوري.
- عبد الغفار، سامية عواد، (2003)، الساحل الشرقي للبحر الأحمر من شرم أبحر إلى رأس مستورة، (رسالة دكتوراه منشورة)، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية.
- عقل، ممدوح تهامي عبد الحي، وآخرون، (2016)، تأثير العمليات البحرية والتغيرات المناخية في نطاق الطريق الساحلي الدولي بين دمياط ورفح شمالي مصر: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، جامعة الكويت – كلية العلوم الاجتماعية – قسم الجغرافيا، بحوث ومقالات.
- إيناس أحمد، فرغلي. (2017)، دور الأمواج في تشكيل خط الساحل بين رأسي الضبعة والحكمة بالساحل الشمالي الغربي لمصر، (رسالة ماجستير منشورة)، جامعة عين شمس.
- كليو، عبد الحميد أحمد، (1985)، الإنسان كعامل جيومورفولوجي دورة في العمليات الجيومورفولوجية النهرية، الجمعية الجغرافية الكويتية، بحوث ومقالات.
- كليو، عبد الحميد أحمد، الشيخ، محمد إسماعيل، (1986)، نباك الساحل الشمالي في دولة الكويت دراسة جيومورفولوجية، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت، الجمعية الجغرافية الكويتية.

- محسوب، محمد صبري، (1991)، جيومورفولوجية السواحل، (ط2)، دار الثقافة والنشر والتوزيع، القاهرة.
- محسوب، محمد صبري، (2002)، موضوعات في جغرافية البحار والمحيطات، كتب عربية.
- محسوب، محمد صبري، (2003)، القاموس الجغرافي الجوانب الطبيعية والبيئية، مطبعة الاسراء، القاهرة.
- محمود، سمير سامي، (2015)، الملامح الجيومورفولوجية لساحل منطقة الغردقة، جامعة القاهرة، مجلة كلية الآداب، بحوث ومقالات.
- بن صالح، م. (2023). دراسة تأثير الأنشطة البشرية على استقرار الكثبان الرملية الساحلية في تونس. المجلة التونسية للبيئة والتنمية المستدامة، 12(1)، 78-95.)
- العبيدي، ر.، حسن، م. (2023). التغيرات الشاطئية على الساحل الغربي لخليج العقبة: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية. المجلة العربية للجيومورفولوجيا، 10(2)، 34-50.)
- السعيد، ع.، الكيلاني، م. (2024). الجيومورفولوجية الأنثربوجينية لتغيرات خط ساحل دلتا النيل في عصر الأنثربوسين باستخدام الاستشعار عن بُعد وبيئة نظم المعلومات الجغرافية. مجلة مركز البحوث الجغرافية والخرائطية، 21(38)، 1-20.)
- الزيني، أ.، & عبد الرحمن، س. (2023). دور الإنسان في التغيير الجيومورفولوجي للبحيرات الشمالية: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة العلوم الجغرافية، 15(1)، 101-120.)
- المهيدب، عبد الله إبراهيم، (2002)، التربة السبخة في المملكة العربية السعودية: خواصها وطرق معالجتها، مجلة جامعة الملك عبد العزيز، بحوث ومقالات.
- مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والقنية (2020). المرئيات الفضائية (spot7, Landsat1972 mss .2020). الرياض، المملكة العربية السعودية.
- الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية. (2020). خصائص مياه البحر الأحمر: تقرير فني. الرياض، المملكة العربية السعودية.
- هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، الخرائط الجيولوجية بمقياس رسم1:250000، رقم اللوحة (23-24)
- هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، الخرائط الطبوغرافية بمقياس رسم1:50000، رقم اللوحة (13-14-22-23-32-33-41-44).

ثانياً- المراجع بالإنجليزية

- Balasubramanian, A. (2013). Geomorphology of Coasts. University of Mysore Press.
- Russell, R. McIntire, and M. (1965): Beach Cusps, Geological Society of America Bulletin, Vol. 76, March, and PP. 307-320.
- Schmidi, W., 1923, Die Scherms and der Rotmeckuste von el- Hedschas, pet. Mitt, 69, p. 118-121.
- Vargas-T., Víctor H., Uribe-P., Eliécer, Ríos-R., Carlos A., & Castellanos-A., Oscar M. (2016). Coastal landforms caused by deposition and erosion along the shoreline between Punta Brava and Punta Betín, Santa Marta, Colombian Caribbean. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40(157), 664-682.
- Miller, V.C. (1953): A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristic in the clinch, Mountain area, Virginia and Tennessee, ProJet NR Tech. Rept.3 Columbia University, Department of Geology, ONR, Geography branch, New York,pp389-342
- Hariharan, R., Wright, W., Moodie, A., Tull, M. & Passalacqua, P. (2023). Impacts of human modifications on material transport in deltas. Earth Surface Dynamics, 11(3), 405-417.)
- Britannica, T. Encyclopedia Editors (2020). Eat. Encyclopedia Britannica. https://www.britannica.com/science/erosion-geology