البحوث والدراسات

الآثار البيئية للاستخراج المنجمي للرمال البحرية في مملكة البحرين

أسماء علي أباحسين*، أنور شيخ الدين عبده**
نادر عبدالحميد موسى***، علي جاسم الحسابي****

الملخص:

نظراً لمحدودية مساحة مملكة البحرين وقلة الموارد المعدنية فيها، فقد واجه قطاع البناء والتشييد مشكلة توافر الرمال اللازمة لعمليات التنمية الحضرية السريعة التي واكبت الطفرة الاقتصادية والاجتماعية التي شهدتها المملكة خلال العقود الثلاثة الماضية. وقد تغلب على هذه المشكلة من خلال سحب الرمال البحرية أو تجريفها (Dredging) من المياه الإقليمية الضحلة التي تتوافر فيها، لا لتلبية متطلبات قطاع البناء والتشييد فحسب، بل بشكل أوسع لعمليات ردم المناطق الساحلية الضحلة وإنشاء الموانئ والجسور الحديثة. ويقدر المتوسط السنوي للكميات المستخرجة من الرمال بنحو ٢,٥ مليون طن.

ويصاحب عملية تعدين الرمال البحرية في مملكة البحرين عدد من المشكلات البيئية على المديين القصير والبعيد. ورصدت في هذه الدراسة الآثار البيئية المترتبة على استخراج وتعدين الرمال من البيئات البحرية

سلّم البحث في سبتمبر ٢٠٠٣م، وأجيز للنشر في فبراير ٢٠٠٤م.

* دكتوراه فلسفة في علم الأرض، جامعة بغداد ١٩٨٧م، وأستاذ الجيوكيمياء المشارك، مديرة برنامج علوم الصحراء والأراضي القاحلة، كلية الدراسات العليا، جامعة الخليج العربي، مملكة البحرين.

** أستاذ الجغرافيا المساعد، برنامج علوم الصحراء والأراضي القاحلة، كلية الدراسات العليا، جامعة الخليج العربي، مملكة البحرين.

*** بكالوريوس علوم، علوم الأرض، جامعة الموصل، العراق، برنامج علوم الصحراء والأراضي القاحلة، كلية الدراسات العليا – جامعة الخليج العربي، مملكة البحرين.

**** رئيس قسم التقويم البيئي بالإنابة، الهيئة العامة لحماية البيئة والحياة الفطرية، مملكة البحرين.

عامة و لاسيما تلك ذات الأهمية البيئية كخليج توبلي وذلك بتطبيق نموذج المؤشرات (DPSIR) المستخدم عالمياً في تقييم الأثر البيئي الذي يربط بين القوة الدافعة (Driving Force)، والضغوط (Pressure)، وحالة البيئة (State)، وآثار تلك الضغوط (Impacts)، والاستجابة (Response). وقد خلصت الدراسة بعد تحليل هذه المؤشرات إلى أن استخدام الرمال البحرية لعمليات التنمية الاقتصادية في مملكة البحرين صاحبه تدهور البيئات البحرية خلال عمليات استخراج الرمال ونقلها وغسلها وما ينتج عن ذلك من طرح للطمي (الرمال الناعمة والغرين والطين) إلى البيئة البحرية الذي يقدر بنحو ٧٪ من الكميات المغسولة، وأثر ذلك على البيئات الحساسة والتنوع البيولوجي.

وخرجت الدراسة بمصفوفة تهدف إلى تبني سياسات بيئية لاحتواء التأثيرات السلبية لتعدين الرمال البحرية في مملكة البحرين وطرح بدائل أقل ضرراً على البيئة، منها اللجوء إلى تقنيات حديثة أنظف بيئياً للحد من هذه التأثيرات خلال عمليات التجريف البحري للرمال، والشروع في نقل المواقع الخاصة بمصانع غسيل الرمال إلى خارج خليج توبلي، وبعيداً عن المناطق ذات الأهمية الإيكولوجية، بناء على الدراسات العلمية المدعمة بالتقنيات الحديثة، ومنها نظم المعلومات الجغرافية، كذلك زيادة حجم استيراد الرمال من خارج مملكة البحرين.

وأكدت الدراسة أهمية إجراء دراسات تقييم الأثر البيئي (EIA) لمشاريع الاستخراج المنجمي قبل الشروع في تنفيذها و لاسيما تلك الخاصة بالبيئات الهشة، والجافة، ذات الأهمية البيئية والاقتصادية كالمناطق الساحلية. وبينت أهمية الرصد وتغيير السياسات مع وضوح وتزايد الضرر للأنشطة حفاظاً على استدامة التنمية.

المقدمة:

شهدت مملكة البحرين تنمية متسارعة، وذلك بسبب اكتشاف النفط وزيادة مداخيل المملكة، مما أدى إلى توسع القاعدة الاقتصادية وارتفاع مستوى المعيشة، وخلال العقود الخمسة الماضية، تضاعف عدد السكان من نحو ٧٠ ألف نسمة في بداية الثلاثينيات إلى ٦٥٠,٦٠٤ نسمة بحسب تعداد عام ٢٠٠١م، بمعدل نمو سكاني مرتفع يصل إلى نحو ٣٪. ولقد أدت الزيادة المطردة في عدد السكان، وما

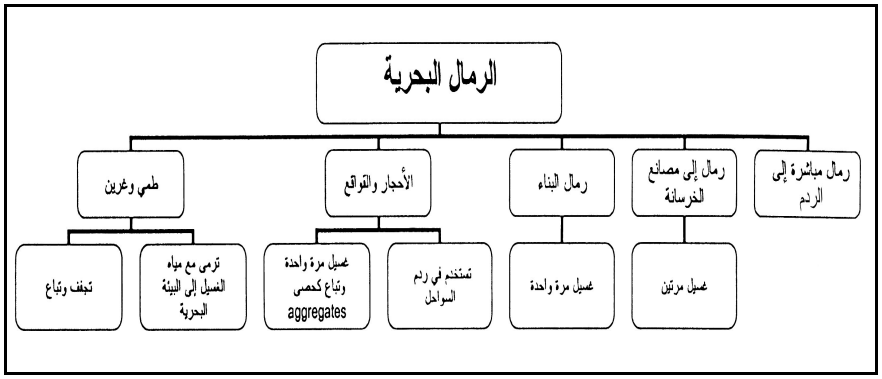
صاحبها من تنمية اقتصادية واجتماعية إلى زيادة الطلب على مواد البناء ومنها الرمال. ونظراً لمحدودية الرمال القارية في مملكة البحرين فقد تم اللجوء إلى الرمال البحرية بوصفها مورداً طبيعياً لا لتلبية متطلبات قطاع البناء والتشييد فحسب، بل بشكل أوسع لردم المناطق الساحلية الضحلة وإنشاء الموانئ والجسور الحديثة، الأمر الذي أدى إلى زيادة مساحة البحرين من ٦٧٣,٩٨كم^{٢} عام ١٩٧٦ إلى أكثر من ٧١٢كم^{٢} عام ٢٠٠١م، وبمعدل سنوي يصل إلى ١,٤ – ١,٥كم^{٢}/سنة (الجهاز المركزي للإحصاء، ٢٠٠١).

ولقد صاحب عمليات استخراج الرمال ومعالجتها (غسلها) لجعلها ملائمة للاستخدامات المختلفة كثير من الآثار البيئية الآنية والبعيدة المدى، ولاسيما على البيئات المهمة كبيئة الحشائش البحرية، وبيئة الشعاب المرجانية والبيئات الأخرى في المناطق التي يزاول بها هذا النشاط. حيث تشير دراسة (SOGREAH, 2001) إلى أن أثر التجريف وما يثيره من حبيبات ناعمة يصل إلى أكثر من ١٠٠كم^{٢} على امتداد المناطق المجاورة لعمليات التجريف، كما ينتج عن غسل الرمال تصريف كميات كبيرة من المياه المحملة بالطمي إلى البيئة البحرية المحيطة بها. وتعمل هذه المواد العالقة على رفع معدل عكارة مياه البحر مما يضر بالكائنات التي تتخذ من هذه المواقع موائل لها وحضائن لبيوضها وصغارها، ويهدد التنوع البيولوجي لهذه المناطق.

وتهدف هذه الدراسة إلى تحليل الآثار البيئية لاستخراج الرمال البحرية وتجريفها وغسلها في مملكة البحرين، وذلك باستخدام نموذج لبيان علاقة القوة المحركة وحالة البيئة والآثار البيئية واستجابة المجتمع، ثم التوصل إلى مصفوفة للسياسات البيئية الهادفة إلى حماية البيئة البحرية من آثار الاستخراج المنجمي للرمال البحرية في مملكة البحرين، وإحدى هذه السياسات مقترح نقل بعض مصانع غسيل الرمال المتمركزة في خليج توبلي إلى مناطق أقل حساسية، وأقرب إلى مواقع توافر الرمال البحرية وطرق المواصلات، وأكثر قدرة على استيعاب ضرر استخراجها، وذلك باستخدام الخرائط الرقمية لهذه المتغيرات وربطها بتقنية نظم المعلومات الجغرافية.

مشكلة الدراسة:

نظراً لمحدودية مساحة مملكة البحرين، وقلة الموارد المعدنية الطبيعية فيها، فقد واجه قطاع البناء والإنشاءات مشكلة توفير الرمال اللازمة لعمليات البناء والتنمية. ولمواجهة هذه المشكلة قامت إدارة الثروة السمكية بالسماح لعدد من الشركات الوطنية بمزاولة أعمال سحب الرمال البحرية (Dredging) من المياه الإقليمية للمملكة. حيث يسحب الرمل من عمق ٦ – ٨ أمتار تحت مستوى سطح البحر ثم ينقل الجزء الأكبر منها إلى مواقع الاستخدام المباشر (الردم Reclamation)، فيما ينقل الجزء الآخر إلى مصانع خاصة لغسل الرمال بغية تخليصها من الشوائب (أحجار وقواقع)، وما تحتويه من دقائق ناعمة، وتقليل محتواها من الأملاح لاستخدامها في عمليات البناء (شكل–١).



شكل رقم (١) أوجه الاستخدامات المختلفة للرمال البحرية في مملكة البحرين

ويرافق عملية استخراج الرمال البحرية كثير من المشكلات البيئية؛ فهي من نوع الملوثات ذات المصدر غير النقطي (Non-point Source) التي تعد الأخطر لصعوبة السيطرة عليها نظراً لانتشارها في مساحات واسعة، ولعل أهم تلك الآثار ما تسببه من عكارة لعمود الماء في أثناء الاستخراج. أضف إلى ذلك أن طرح الطمي مرة أخرى إلى البيئة البحرية إثر غسل الرمال في المصانع التي تمثل مصادر تلوث نقطية (Point Source) يؤدي إلى كثير من المشكلات البيئية،

أوضحها ما تعرضت له بيئة خليج توبلي الغنية بالتنوع البيولوجي وذات الأهمية الكبيرة للثروة السمكية من تدهور جراء تركز مصانع غسيل الرمال على السواحل الجنوبية للخليج.

منهج البحث ومصادر المعلومات:

- استخدام منهج البحث الكمي والاستدلالي لمعالجة المعلومات والبيانات المتوافرة من المصادر المختلفة التي تشمل التقارير العلمية الحكومية والدولية عن الاستخراج المنجمي للرمال من المناطق الساحلية.
- رصد طرق استخراج الرمال من المناطق البحرية، ونقلها لمواقع الردم ومصانع غسيل الرمال، والقيام بزيارات لبعض هذه المصانع في منطقة خليج توبلي. والوقوف على أوجه الاستخدام المختلفة للرمال البحرية في مملكة البحرين.
- تقديم نبذة عن جيولوجية مملكة البحرين، وتتابع طبقاتها وطبيعة تضاريسها.
- إعداد مصفوفة بنموذج المؤشرات (DPSIR) لتقييم العلاقات بين القوى الدافعة، الضغوط، حالة البيئة والتأثيرات والاستجابات لرصد وتحديد وتقييم الآثار البيئية المترتبة على الاستخراج المنجمي للرمال البحرية.
- إعداد مصفوفة لبيان السياسات التي يجب أن تتبعها المؤسسات المعنية بالتعدين في مملكة البحرين، وذلك للحد من المشكلات البيئية المصاحبة للاستخراج المنجمي للرمال البحرية.
- اقتراح مواقع جديدة لنقل مصانع غسيل الرمال الموجودة في خليج توبلي إلى أماكن أقل إضراراً بالبيئة، وذلك بالاستعانة بتقنية نظم المعلومات الجغرافية، وباستخدام خرائط توزيع الرمال البحرية وأعماقها، والأماكن ذات الأهمية الاقتصادية والبيئية، وخريطة شبكة الطرق بمملكة البحرين.

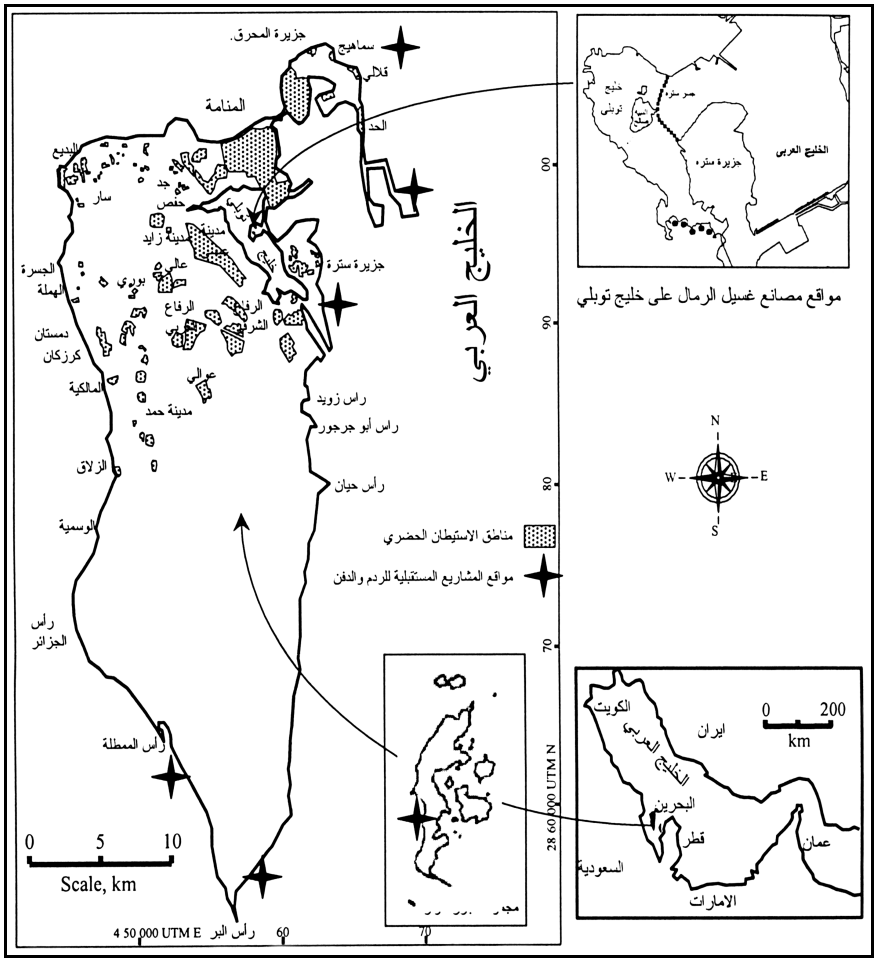
الموقع والتضاريس:

مملكة البحرين أرخبيل* (Bahrain Archipelago) يشتمل على ٣٦ جزيرة وعدد من الفشوت (Shoals) تقع في حوض الخليج العربي الضحل، بين خطي عرض ′32 °25 و ′20 °26 شمالاً، وخطي طول ′16 °50 و ′00 °51 شرقاً (شكل-٢). تبعد عن الساحل الشرقي للمملكة العربية السعودية نحو ٢٢ كيلومتراً، وأكثر من ذلك قليلاً عن الساحل الغربي لشبه جزيرة قطر. تبلغ مساحة مملكة البحرين ٧١٢كم^{٢} يابسة، وتصل إلى ٨٢٦٩ كم^{٢} مع المياه الإقليمية، ويبلغ طول سواحلها نحو ١٦١ كم. وتعد جزيرة البحرين أهم جزر المملكة، وتشكل ٨٣٪ من المساحة الكلية، وتضم العاصمة المنامة، تليها جزر المحرق، فسترة، فأم النعسان، ومجموعة جزر حوار (المساحة، ٢٠٠١).

وجزر البحرين بصورة عامة منخفضة السطح، قليلة التضاريس لا يتعدى ارتفاعها ١٣٤م فوق مستوى سطح البحر. وأغلب أرض جزيرة البحرين صخرية جيرية تغطيها الكثبان الرملية الجافة والمالحة. وتسيطر على بنية الجزيرة الجيولوجية وطوبوغرافيتها قبة البحرين (Bahrain Dome) التي تمثل تحدباً واسعاً غير متناظر يمتد باتجاه شمال – جنوب. وقد تعرض هذا التحدب للتآكل مما أدى إلى تكوين حوض داخلي تشكلت أرضيته من صخور الأيوسين الأسفل لتكوين الروس (Rus Formation) تحيط به منحدرات صخرية من صخور الأيوسين الأوسط لتكوين الدمام (Dammam Formation) الجيري لتشكل ما يعرف بصخور الحافة (Cap Rock) (براندسون وآخرون، ١٩٧٩). ويحيك بجزيرة البحرين شريط ساحلي من الرواسب الغرينية غير المتماسكة تنتظم في سلسلة من السهول والسبخات والنتوءات الصخرية الشاطئية (Beach Ridges) والكثبان الرملية الحديثة التي لا يزيد ارتفاعها على ١٠م.

(*) الأرخبيل (طبقاً للقانون الدولي للبحار) هو: مجموعة من الجزر أو أجزاء الجزر والمياه الواصلة بينها والتضاريس الطبيعية الأخرى التي تكون وثيقة الارتباط فيما بينها، بحيث تشكل كياناً سياسياً واقتصادياً وجغرافياً وتاريخياً قائماً بذاته.

وتفتقر مملكة البحرين إلى تكوينات جيولوجية تصلح للاستخراج المنجمي للرمال ضمن عمودها الجيولوجي المنكشف على السطح أو بالقرب منه لتلبية حاجة المملكة من هذا المورد للقطاعات المختلفة. من هنا كان الحل في الالتجاء إلى الرمال البحرية لتلبية مجموعة من الحاجات الموضحة في الشكل (١).



شكل رقم (٢) خريطة موقعية لمملكة البحرين توضح مناطق الاستيطان في جزيرة البحرين الرئيسية (▨)، ومصانع غسيل الرمال في خليج توبلي (●)، ومواقع المشاريع المستقبلية للردم والدفن (✦)

طرق استخراج الرمال البحرية:

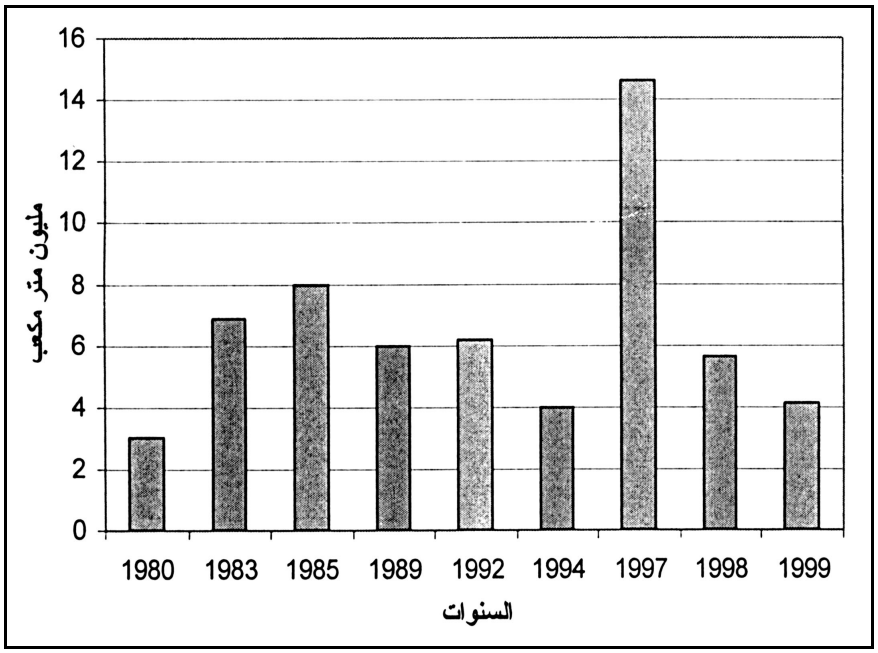
هناك كثير من أنواع الحفارات المستخدمة في سحب الرمال البحرية أو شفطها، مثل طريقة الشفط القاطع، أو باستخدام حفار ذي وعاء، أو طريقة المغرفة (Dipper)، وطريقة النزع (Grab) والتجريف (Hoe) (SOGREAH, 2001). وتعد طريقة الشفط القاطع أو المخلخل (فقدان خاصية التماسك) للرمال (Cutter Suction) من الطرق الشائعة الاستخدام في عمليات سحب الرمال البحرية، حيث يستخدم فيها:

- عوامة وجسر للمراقبة (Pontoon and Control Bridge).
- سلم قطع (Cutter Ladder) وأنابيب شفط، ومضخة مغمورة تحت الماء (Submersible Pump) وأخرى فوق السطح.
- أنابيب لتفريغ الرمال المسحوبة (Discharge Pipes).
- ذراع حفر وقطع (Spud Poles).
- خطوط أنابيب طافية (Floating Pipes).
- نظام تحميل الرمال المسحوبة (Barge Loading System).

عند عملية سحب الرمال يرسى (Anchoring) الجزء الخلفي من الحفار أو يثبت، ويستخدم ذراع صلب (Stem Spuc) أو أكثر يسمح للحفار بالتقدم في خطوات تصل إلى حد مترين أمام واجهة الحفار، كما يمكن للحفار الدوران حول الذراع الخلفي. ويثبت رأس قاطع (Rotating Cutter-head) في نهاية سلم القطع يمتد من الحفار إلى قاع البحر مدعوماً بأنبوب السحب (الشفط)، حيث تسحب الرواسب القاعية (نحو ٢٠٪ من كمية المواد المسحوبة) والمياه المصاحبة لها وتضخ من خلال أنبوب الشفط، ثم تنقل خلال أنابيب عائمة إلى مواقع الردم مباشرة، أو إلى مواقع تحميلها إلى آليات مخصصة لنقلها إلى مواقع أخرى للردم، أو لمصانع غسيل الرمال.

والطريقة الأخرى لسحب الرمال هي طريقة السحب المتحرك باستخدام حفار ذي وعاء (Trailing Suction Hopper Dredger) يعمل بطريقة مشابهة لعمل المكنسة الكهربائية، ولكن بشكل عائم (Floating Vacuum Cleaner). حيث يبحر الحفار ببطء إلى المنطقة المراد سحب الرمال منها ويملأ الوعاء (Hopper)، ثم يفرغه في مواقع الردم أو التجميع.

هذا ويوضح الجدول (١) والشكل (٢) المشاريع المستقبلية للردم والدفن في مملكة البحرين، فيما يبين الشكل (٣) كمية الرمال المجروفة لعمليات الردم والدفان في مملكة البحرين للفترة من ١٩٨٠-١٩٩٩.



شكل رقم (٣) كمية الرمال المجروفة لعمليات الردم في مملكة البحرين للفترة من ١٩٨٠ – ١٩٩٩

المصدر: (SOGREAH, 2001)

جدول رقم (١) المشاريع المستقبلية للردم والدفن في مملكة البحرين

اسم المشروع	الموقع	النوع	المساحة (هكتار)	حجم مواد مليون متر مكعب
الحد الصناعية	الحد – شرق الحوض الجاف	صناعي	٦١٤	٥٤,٤
مصفاة النفط الجديدة	شرق سترة – قرب المصفاة الحالية	صناعي	٣١٣	١٤,٤
درة الخليج	جنوب شرق ساحل البحرين	سياحي	٧٣٠	٣٠,٥
جزيرة أمواج	شمال شرق جزيرة المحرق	سياحي	٢٨٠	٧,١
التطوير السياحي (FTD)	جنوب غرب ساحل البحرين	سياحي	١٠٠٠	١٣٨
تطوير جزر حوار	الساحل الجنوبي الغربي لجزر حوار	سياحي	–	–
جسر البحرين – قطر	فشت العظم	أخرى	–	–

المصدر: (SOGREAH, 2001).

عملية غسل الرمال:

تسهم مصانع غسل الرمال بإمداد المشروعات التنموية في مملكة البحرين بما تحتاج إليه من رمال صالحة لأنشطة البناء. حيث تعمل على معالجة الرمال المجروفة من البحر وذلك لخفض نسبة الملوحة فيها ولا سيما نسبة الكلوريد والكبريتات حتى تصبح صالحة للاستخدام في قطاع البناء. وتتمركز مصانع غسل الرمال في المحافظة الوسطى (٦)، والجنوبية (٢)، ومحافظة المحرق (٢) (أكسيل وآخرون، ٢٠٠٢). وتصب خمسة من هذه المصانع مخلفات غسيل الرمال الحاوية للطمي في خليج توبلي.

وتؤخذ معظم الرمال البحرية من عمق ٦–٨م شرق مملكة البحرين بالطرق المذكورة سابقاً، وتجمع وتنقل إلى مصانع غسيل الرمال لتوضع في صوامع لغسلها، ثم تنقل بواسطة حزام يتحرك ميكانيكياً لفصل القواقع والأحجار وأي شوائب أخرى وغسل الرمل في آن واحد. ثم ينقل الرمل النظيف المغسول عبر

قابلات ترفعه إلى حزام هزاز بغية تقليل نسبة الماء فيه ثم إلى حزام آخر لجمعه ونقله. هذا ويستهلك ٢,٧٥م^{٢} ماء لغسل ١م^{٣} رمال، مرة واحدة، و٥,٥م^{٣} للغسل مرتين. حيث تستخدم المياه الجوفية لغسل رمال البناء، أما الرمال الخاصة بالخرسانة أو الخلطات الخرسانية للطابوق فتغسل باستخدام مياه جوفية ٢,٧٥م^{٣} ماء لكل متر رمال أولاً، ثم يستخدم مياه شبكة التوزيع (٠,٥م^{٣} ماء/ ١م^{٣} من الرمل) لغسلها مرة ثانية، حتى يصل تركيز الأملاح فيها إلى نحو ٧٠٠٠ مليجرام/لتر. ويبلغ سعر طن الرمال البحرية غير المغسولة نحو ٢,٤ دينار بحريني (الدولار = ٠,٣٨٧ دينار بحريني)، في حين يبلغ سعر طن رمال البناء المغسولة ٣ إلى ٤ دنانير بحرينية، ولغرض عمل الخرسانة المسلحة ٥ دنانير بحرينية للطن نظراً لغسله بمياه قليلة الملوحة، وينتج عن عمليات غسيل الرمال البحري نحو ٢٠,٠٠٠ طن سنوياً من مادة الطمي التي تطرح في خليج توبلي. وقد بينت دراسة (Abdulaziz, 1994) أن هذه العمليات أدت إلى تناقص عمق الخليج من ٠,٧٥م عام ١٩٨٤ إلى ٠,٦٩ عام ١٩٩٤.

البيئة البحرية وآثار استخراج الرمال:

تمتاز المياه الإقليمية لمملكة البحرين بتنوع كبير في أنظمتها البيئية؛ فهناك بيئة الأعشاب والحشائش البحرية التي تعمل على توفير الغذاء وتلطيف أجواء البحر بالأكسجين، وتغطي الشعاب المرجانية مساحات واسعة من المياه الإقليمية لمملكة البحرين وتعد مصدر غذاء واحتماء لكثير من أنواع الأسماك، وبخاصة في أثناء فترات التكاثر (فريق الدراسات البيئية، ٢٠٠٢)، وبيئة الطحالب والمسطحات الطينية والصخرية، وبيئة أشجار القرم وغيرها، التي تعد أيضاً محطة للطيور المهاجرة. هذا التنوع في البيئات، ومن ثم الموائل جعلها غنية بالموارد البحرية المهمة كالأسماك والقشريات والرخويات، ومركزاً لحضانة هذه الكائنات البحرية التجارية وتفريخها وتغذيتها (Vousden, 1985)، وجزءاً مهماً في السلسلة الغذائية، ودعم المخزون البحري والمخزون الجيني الفريد والثروة السمكية في مملكة البحرين. إضافة إلى أهميته من النواحي البيئية

والاقتصادية والاجتماعية والسياحية، علماً بأن البيئة البحرية المحلية توفر اكتفاء ذاتياً من الأسماك المحلية يصل إلى نحو ٩٨٪ من الاستهلاك السنوي من الأسماك في مملكة البحرين (إدارة الثروة السمكية، ٢٠٠١). هذه العوامل مجتمعة دفعت بالجهات المسؤولة عن البيئة إلى اعتبار أجزاء من المياه الإقليمية محميات بحرية كمحمية خليج توبلي، وسند، وحماية منطقة جزر حوار وبحرها الإقليمي (المدني واليد، ٢٠٠٠).

إلا أن هذه البيئات المهمة من الناحية الإيكولوجية تتعرض إلى تدهور كبير نتيجة لأنشطة الجرف الرملي وما ينتج عن ذلك من آثار سلبية، منها إزالة رقع واسعة من بيئة الحشائش البحرية، وإعادة الرواسب المعلقة مرة أخرى إلى عمود الماء (Resuspension) وما يليها من زيادة العكارة (Turbidity) التي قد تستمر لساعات بل لأيام، وربما لأشهر، حتى تترسب مرة أخرى (Madany et al., 1991). حيث تشير الدراسات إلى أن جميع عمليات التجريف يصاحبها زيادة العكارة قرب الحفارات بنسبة ١–٥٪ من حجم المواد المجروفة (SOGREAH, 2001)، ومن ثم خفض تسرب أشعة الشمس إلى الأسفل أو حجبها، محدداً التمثيل الكلوروفيلي لتلك النباتات مما يضعف بقية حلقات السلسلة الغذائية (Al-Ghadban and Price, 2002)، ومن ثم يؤدي إلى خفض إنتاجية هذه البيئة المهمة التي تعد موئلاً لحضانة الأسماك والأحياء القاعية (Benthic species) كالقشريات ومحار اللؤلؤ وبعض الأنواع المهددة بالانقراض، كبقر البحر والسلاحف البحرية الخضراء، كما يغطي الطمي الصخور ويمنع يرقات الأحياء التي تعيش فترة حياتها الأولى هائمة في المياه، من الالتصاق بالصخور لإكمال دورة حياتها. هذا وتسبب حركة التيارات والأمواج البحرية إلى اختلاط المياه بعضها ببعض، ومن ثم نقل الطمي إلى أماكن بعيدة عن مواقع نشاط جرف الرمال مما يوسع من بقعة التأثير السلبي لهذه الأتربة الخانقة.

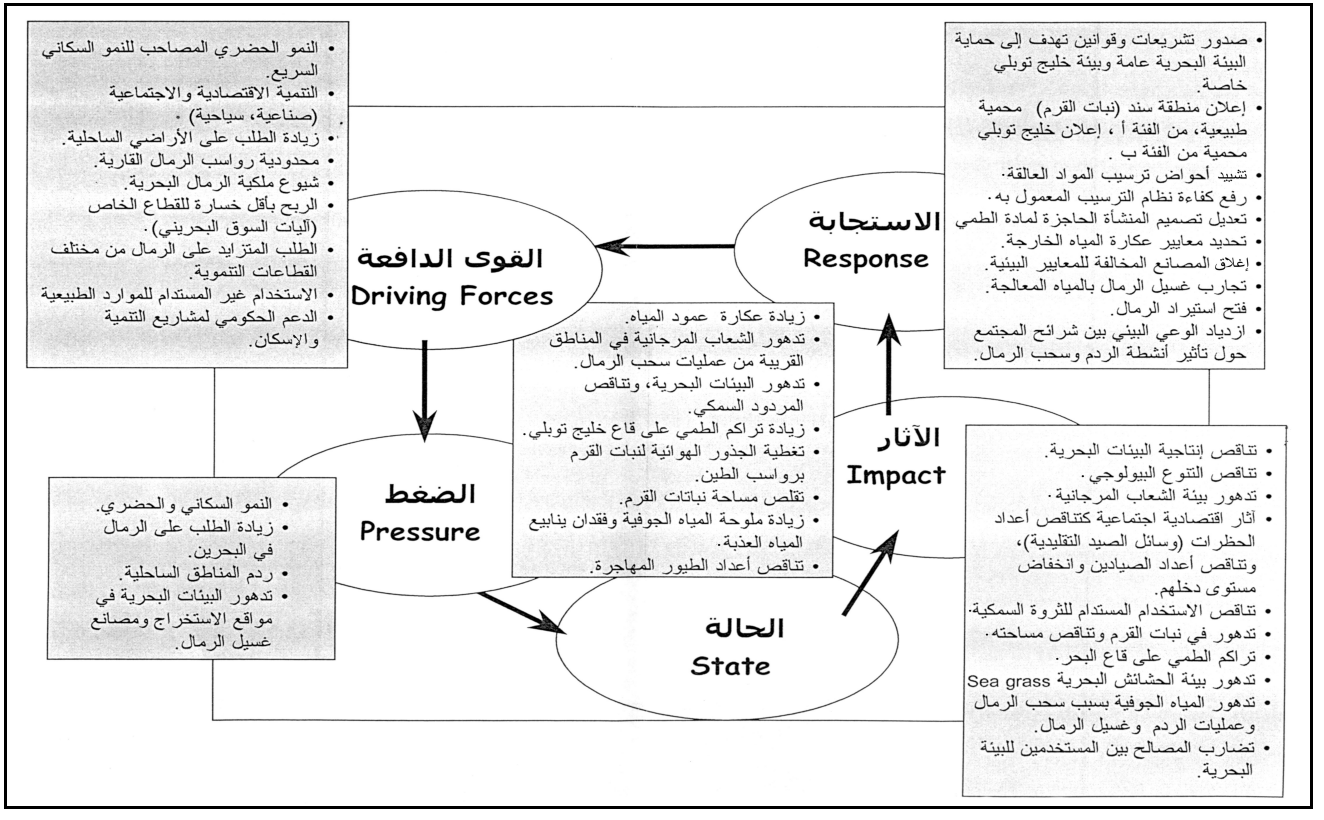
وتؤثر عملية التجريف على بيئة الشعاب المرجانية، وتسبب في فقدها، حيث تشير دراسة بلجر وآخرون (Pilcher et al., 2000) إلى أن عملية التجريف

في منطقة المحرق أدت إلى إثارة الطمي وتراكمه على الشعاب المجاورة مسببة فقدان ١٨٢,٠٠٠م^{٢} منها بين الأعوام ١٩٨٥-١٩٩٢. ويؤدي الطمي المترسب في خليج توبلي أيضاً إلى منع تنفس نبات القرم ذي الجذور الهوائية المتمركز وجوده في هذا الخليج، حيث توجد معظم مصانع غسيل الرمال (خلف والمدني، ١٩٩٩)، نظراً لقرب الخليج من العاصمة مما جعله مركز جذب للمستثمرين، ومنهم أصحاب مصانع غسيل الرمال. كما أن هناك تكلفة أخرى غير محسوسة تتمثل في حرمان المجتمعات المحلية من استخدام موارد البحر في المناطق التي يمارس فيها النشاط التعديني، والتي تؤثر عليها هذه الممارسات سلباً.

نموذج المؤشرات (DPSIR):

يعد التقويم المتكامل للآثار البيئية (Integrated Encrionmental Assessment "IEA") لقطاع التعدين من الأمور الصعبة نظراً لتعقد هذه الآثار وتنوعها. ولتقييم الآثار البيئية فقد وصفت هذه الدراسة حالة البيئة (State of Environm,ent "SOE") في مواقع استخراج الرمال البحرية، وذلك باستخدام نموذج المؤشرات (DPSIR) الذي يسهل من خلاله تعرف الممارسات المتبعة إن كانت مستدامة أو العكس (شكل-٤). وتوجه الدراسة اهتمام أصحاب القرار نحو وضع الأولويات، وتمكينهم من تقييم انعكاسات سياساتهم وطرح الخيارات أو السيناريوهات المختلفة التي عليهم المفاضلة بينها في اتخاذ القرار (Abahussain, 2003). ويتضمن النموذج خمسة أنواع رئيسية من المؤشرات لتقييم الوضع البيئي، تندرج منها مؤشرات فرعية تبرز أهم التغيرات البيئية الناتجة عن المشكلة التي تعالج.

يبين الشكل (٤) العلاقات المتداخلة بين القوى الرئيسية الفاعلة في التعدين المنجمي للرمال البحرية أو الدافعة له (Driving Forces)، وتأثيراتها مع أخذ عامل الزمن بعين الاعتبار. وهذه التأثيرات تشمل النمو السكاني الناجم عن ارتفاع معدلات الولادات، والهجرة إلى البحرين، وسياسات التنمية الاقتصادية والاجتماعية وما تبع ذلك من تسارع وتيرة النمو الحضاري، والتغير في نمط



شكل رقم (٤) نموذج المؤشرات (DPSIR) للاستخراج المنجمي للرمال البحرية في مملكة البحرين

الاستهلاك، والسياسات التي استهدفت تحقيق معدلات عالية للتنمية البشرية والحضرية (توفير الموائل). هذه القوى المحركة أدت إلى ضغوط (Pressure) من قبل القطاع الإنشائي ومتطلبات الردم لتوفير الرمال. ونظراً لعدم توافر هذا المورد بكميات كافية على يابسة البحرين من جانب، وضرورة تأمينه بشكل مستمر بعيداً عن تقلبات السياسات وأثرها على سوق الاستيراد، فقد لجئ إلى الرمال البحرية من المياه الإقليمية لتلبية هذه الحاجة.

غير أن تعدين الرمال البحرية في مملكة البحرين صاحبه تدهور في حالة البيئة (State) البحرية سواء في مناطق الاستخراج أو المعالجة، نجم عنها عدد من الآثار البيئية (Impacts) المباشرة وغير المباشرة، وبعضها قصيرة الأمد والأخرى تراكمية أو بعيدة المدى، ألقت بظلالها على البيئة البحرية والتنوع البيولوجي، ولم تقتصر على قطاع النشاط التعديني فحسب بل امتدت لتشمل نواحي اقتصادية واجتماعية وتنموية أيضاً. الأمر الذي حدا بالجهات المسؤولة عن البيئة إلى اتخاذ جملة من ردود الفعل (استجابات Response) لتحسين حالة البيئة، منها جملة من التشريعات وبرامج الرصد والمراقبة الدورية والذاتية للبيئة البحرية، وإعلان بعض المناطق البحرية والساحلية محميات طبيعية، منها خليج توبلي ومجموعة جزر حوار ومحمية سند وغيرها، كما تنامى الوعي بأهمية البيئة البحرية لدى شرائح المجتمع، وتعالت أصوات المنظمات غير الحكومية (NGO) التي تنادي بحماية البيئة البحرية من التدهور والحفاظ على المخزون السمكي من خلال الحد من الاستخراج المنجمي للرمال من البيئة البحرية، وتحجيم عمليات الدفن والردم للمناطق الساحلية، ونقل مصانع غسيل الرمال من منطقة خليج توبلي.

سياسات لتحجيم الآثار البيئية لاستخراج الرمال البحرية:

ونحن نتناول السياسات المقترحة لتحجيم الآثار البيئية لاستخراج الرمال البحرية في مملكة البحرين لا بد لنا من التمعن في توصيات «ندوة الطرق الحديثة لحماية البيئة من التلوث الناتج عن الاستخراج المنجمي والصناعات

التعدينية» وما تضمنته من بنود تؤكد أهمية أخذ الظروف البيئية بنظر الاعتبار قبل مزاولة هذا النشاط وفي أثنائه وبعد الانتهاء منه (المنظمة العربية للتنمية الصناعية، ٢٠٠٢). والتعريج على ما كتبه أستاذنا الراحل أسامة الخولي في كتابه «**البيئة وقضايا التنمية والتصنيع**» **٢٠٠٢**، وإسقاطها على النشاط التعديني والاستخراج المنجمي للموارد الطبيعية، حيث يورد الآتي:

لا بد من إعادة النظر في النظام الاقتصادي السائد من حيث تعامله مع الموارد الطبيعية غير المتجددة وذلك بتبني تطبيق المبدأين الاقتصاديين القائلين إن:

١ – على من يتسبب في تلوث البيئة أن يتحمل تكلفة إعادة تأهيلها.

٢ – على من يستخدم الموارد الطبيعية أن يدفع قيمتها إلى المجتمع.

ويستدعي المبدأ الأول أن تعكس أسعار السوق للمنتجات التكاليف الكاملة لتدهور البيئة الناجم عن تلويثها بسبب النشاط الاقتصادي. بينما يستلزم المبدأ الثاني ضرورة أن تعكس أثمان المنتجات التكلفة الاجتماعية الكاملة لاستخدام الموارد الطبيعية أو استنزافها. وإلى جانب تطبيق هذين المبدأين فقد شدد الخولي (٢٠٠٢) على ضرورة التوقف عن الدعم المادي لأي أنشطة تؤدي إلى استنزاف الموارد الطبيعية ولا سيما غير المتجددة منها، وفرض رسوم متصاعدة أو ضرائب أو غرامات على استهلاك الموارد الطبيعية واستخدام عوائدها في إعادة تأهيل البيئة التي دمرت.

وعلى ضوء ما تقدم من ضرورة تطبيق السياسات الاقتصادية البيئية لبلوغ أهداف التنمية المستدامة، وبناء على ما تقدم في هذا البحث من عرض وتحليل الآثار البيئية الناجمة عن الاستخراج المنجمي للرمال البحرية في مملكة البحرين، وضعت مصفوفة مقترحة للسياسات (جدول–٢) التي يمكن الأخذ بها لمعالجة مشكلات التلوث والتدهور البيئي في مناطق مزاولة هذا النشاط، وتهدف المصفوفة إلى مساعدة متخذ القرار في بلورة إستراتيجية شاملة للاستخراج المنجمي للرمال البحرية في مملكة البحرين تأخذ بنظر الاعتبار استغلال موارد يتناقص رصيدنا منها مع الوقت، ويؤدي استغلالها إلى اختلال في التوازن

الإيكولوجي وتدهور التنوع البيولوجي وتراجع المنفعة الاقتصادية لموارد متجددة تمتلك صفة الاستدامة في حال المحافظة عليها، وضمان ألا تؤدي أنشطة الاستخراج والمعالجة إلى تدمير كبير للبيئة ولا سيما تلك البيئات الفريدة والحساسة مثل بيئة خليج توبلي.

وتتكون المصفوفة من خمسة بنود رئيسية تشمل نوعية السياسة، التحليل والتخطيط، التشريع والنظام المؤسسي، والاعتبارات والأدوات الاقتصادية والمشاريع والبرامج المستقبلية. كما قسمت المصفوفة إلى إستراتيجية قصيرة المدى تشمل التحكم في تلوث مياه الخليج وتعكرها وحماية البيئة، ورفع كفاءة تحصيل ضرائب التلوث بالأخذ بمبدأ: الملوث يدفع، والتوسع في استيراد الرمال من الدول المجاورة. أما الإستراتيجية طويلة المدى فتشمل تحجيم استخراج الرمال البحرية، ومحاولة البدء بدراسة علمية لنقل مصانع غسيل الرمال إلى خارج خليج توبلي. على أن تختار المواقع الجديدة لمصانع غسيل الرمال وفق أسس علمية سليمة وباستخدام ما توفره التقنيات الحديثة، وبخاصة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد من إمكانية ربط المواقع الجغرافية بكثير من المعلومات الوصفية (Thematic) المهمة، كما هو مبين في الجزء التالي من الدراسة.

جدول رقم (٢) مصفوفة السياسات المقترحة لحماية البيئة من التلوث الناتج عن الاستخراج المنجمي للرمال البحرية بمملكة البحرين

المدى	السياسة	التحليل والتخطيط	التشريع والنظام المؤسسي	الاعتبارات والأدوات الاقتصادية	المشاريع والبرامج
إستراتيجية قصيرة المدى	التحكم في تلوث مياه الخليج وتعكرها وحماية البيئة.	– وضع معايير بيئية تختص بتعكر عمود المياه في مواقع الاستخراج. – تطوير أنظمة الرقابة والرصد المستمر لمواقع الاستخراج. – توفير الاعتمادات المالية اللازمة للدراسات الخاصة بالتحكم بالتلوث البحري. – التخطيط لاستخدام تقنيات حديثة لاستخراج الرمال تكون أقل تلويثاً للبيئة.	– تدريب العاملين في مجال الحفاظ على جودة المياه، والرقابة والرصد البيئي. – وضع قوانين صارمة لتلويث المياه والبيئة البحرية. – وضع دليل استرشادي لعمليات استخراج الرمال. – تقييد استخدام أجهزة استخراج الرمال المتقادمة أو التي تتجاوز ما تسببه من عكارة معايير التلوث المطلوبة.	– تحميل أصحاب مصانع الرمال التكاليف الخارجية للتلوث. – تطبيق مبدأ الملوث يجب أن يدفع. – دعوة شركات تعدين الرمال لتخصيص نسبة مئوية من أرباحها لدعم أنشطة البحث والتطوير في مجال الحفاظ على البيئة.	– زيادة محطات رصد البيئة البحرية. – إجراء دراسات تقييم للآثار البيئية. – وضع برامج توعية مستمرة بأهمية البيئة البحرية. – إعداد خطط شاملة ومتكاملة لإدارة المناطق الساحلية. – تكثيف برامج الرقابة والرصد على مواقع استخراج الرمال البحرية.
	رفع كفاءة تحصيل ضرائب التلوث.	– دراسة التكلفة الكاملة والصحيحة للتلوث الناتج عن الاستخراج المنجمي للرمال وغسلها. – إعداد الدراسات للتكلفة الحقيقية لإعادة تأهيل البيئات المتدهورة. – دراسة جدوى أفضل الأنظمة لتحصيل رسوم التلوث. – تحميل المنتج النهائي التكلفة الخارجية للاستخراج المنجمي.	– تسعير الموارد الطبيعية غير المتجددة. – قوانين وأنظمة للحد من الاستخدام غير المشروع للموارد المعدنية الطبيعية غير المتجددة. – تأسيس إدارة فاعلة لمراقبة ورصد الموارد الطبيعية.	– تحميل مستخدمي الرمال التكلفة الكاملة للاستخراج المنجمي للرمال. – وضع غرامات متشددة للاستخدام غير المستدام للموارد الطبيعية غير المتجددة، ومسببي تدهور البيئة.	– إعداد برامج في التوعية البيئية للعاملين في الاستخراج المنجمي. – زيادة وتعزيز فرق الرقابة الحالية على الأنشطة المنجمية.
	التوسع في استيراد الرمال.	– إجراء دراسات تقييم لأنواع الرمال المناسبة للصناعات الإنشائية في البحرين. – إجراء الدراسات للتكلفة الاقتصادية لاستيراد الرمال لتلبية حاجات القطاعات المختلفة.	– التشريعات المنظمة لعملية استيراد الرمال. – وضع معايير لجودة الرمال المستوردة.	– تحديد أسقف ربح مجزية لاستيراد الرمال من خارج البحرين. – حساب كلفة التلوث الناجم عن إدخال الرمال المستوردة.	– إعداد الدراسات الشاملة لتوقعات حجم الطلب على الرمال المستوردة. – إعداد تصور حول آليات استيراد الرمال من خارج مملكة البحرين.

تابع/ جدول رقم (٢) مصفوفة السياسات المقترحة لحماية البيئة من التلوث الناتج عن الاستخراج المنجمي للرمال البحرية بمملكة البحرين

المدى	السياسة	التحليل والتخطيط	التشريع والنظام المؤسسي	الاعتبارات والأدوات الاقتصادية	المشاريع والبرامج
إستراتيجية طويلة المدى	نقل مصانع غسيل الرمال خارج خليج توبلي.	– الأخذ بنتائج الدراسات البيئية للمواقع الحالية لمصانع غسيل الرمال. – عمل دراسات لتحديد أنسب المواقع لمصانع غسيل الرمال. – تقليل الطمي من مصبات مصانع غسيل الرمال. – إعادة تدوير مياه غسيل الرمال الحالية.	– إدخال معايير الإنتاج الأنظف للمصانع الحالية، والمقترحة مستقبلاً. – تطبيق المعايير البيئية الخاصة بتعكر عمود المياه في مواقع الاستخراج المنجمي للرمال.	– التشريع بعدم استخدام المياه الجوفية في عمليات غسيل الرمال. – محفزات للمصانع التي تبادر بالنقل من خليج توبلي إلى مواقع أقل ضرر بيئي. – إعطاء مزايا تشجيعية (إيجارات أراض مخفضة، إعفاءات من رسوم توصيل الكهرباء والماء، إعفاءات ضريبية) لنقل وإقامة هذه الخدمات بعيداً عن المدن.	– إجراء دراسات تقويم الأثر البيئي لمخططات استخدام الأراضي قبل اعتمادها. – إعداد دراسات لأفضل المواقع المقترحة لمصانع غسيل الرمال والتي تأخذ بالاعتبار ما يلي: * تجنب المناطق الحساسة بيئياً. * قريبة من مناطق الاستخدام. * عامل التكلفة. * دمج خطط نقل المصانع في برامج الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية.
	الحد من استخراج الرمال البحرية.	– تقييم ومراقبة سياسات العرض والطلب لقطاع الإنشاءات. – إعداد برامج ودراسات جدوى اقتصادية وبيئية لاستخدام الرمال البحرية في عملية الردم Reclamination. – التنبؤ بالوضع المستقبلي. – رصد التأثيرات الاقتصادية والاجتماعية للنمو المتزايد في استخراج الرمال.	– اتباع المعايير البيئية لاختيار مواقع استخراج الرمال البحرية والمعمول بها دولياً (البعد عن الساحل بما لا يقل عن ١كم، ومن أعماق لا تقل عن ٢٠م). – قوانين وتنظيمات تدعم خطط الحد من استخراج الرمال البحرية.	– تحميل مصانع استخراج الرمال البحرية تكلفة التدهور البيئي في مناطق الاستخراج. – منح أصحاب الشركات المستخرجة للرمال امتياز استيراد الرمال من خارج البحرين. – دراسة تكلفة الفرصة البديلة لاستخراج الرمال.	– إعداد برامج للاستخدام المستدام للرمال المتوافرة في مملكة البحرين. – رفع كفاءة استخدام الرمال بوصفها مورداً طبيعياً.

المواقع المقترحة لمصانع غسيل الرمال:

استفيد من تقنية نظم المعلومات الجغرافية في اقتراح مواقع جديدة لمصانع غسل الرمال خارج منطقة خليج توبلي وذلك من خلال:

أولاً: تحويل مجموعة الخرائط الورقية أدناه إلى خرائط رقمية (شكل – ٥) بواسطة برنامج ARC/Info، ثم إدخال المعلومات الوصفية الخاصة بكل منها.

- خريطة أماكن وجود ترسبات الرمال حول شواطئ مملكة البحرين.
- خريطة المناطق البيئية الهشة (Environmentally Sensitive).
- خريطة المناطق القابلة لعملية الجرف (ذات الأعماق الضحلة).
- خريطة الطرق الرئيسية والثانوية في مملكة البحرين.

ثانياً: استخدام برنامج ARC/Info لدمج (Overlay) الخرائط الثلاث الأولى لعمل خريطة الاحتمالات.

ثالثاً: استخدام برنامج ARC/View لتحديد واختيار المناطق البديلة المقترحة لمصانع الرمال التي تحقق المعايير التالية: وجود رواسب الرمال البحرية، وأعماق ملائمة للحفر، والبعد عن المناطق الهشة أو الحساسة بيئياً (شكل – ٦). وقد نتج عن ذلك تحديد (٢٣) منطقة على طول ساحل مملكة البحرين تنطبق عليها هذه الشروط في مساحة إجمالية نحو ٢٥ كيلومتراً مربعاً (جدول – ٣).

جدول رقم (٣) مساحات المناطق المقترحة

New_ID	Areas Km^2	New_ID	Areas Km^2	New_ID	Areas Km^2
1	3.733425	9	0.000529969	17	5.440102
2	0.1403387	10	0.003179852	18	0.1856035
3	0.6251478	11	0.04516709	19	0.02794099
4	0.03882333	12	0.1421039	20	0.3248363
5	0.00022302	13	4.561089	21	5.922201
6	0.01044302	14	0.004686602	22	2.964982
7	0.2226237	15	0.003790023	23	0.0464974
8	0.4511637	16	0.005056617	Sum	24.90005457

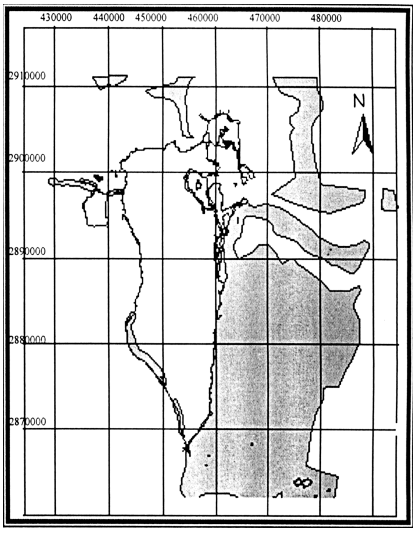
رابعاً: بعد ذلك عقدت مفاضلة بين هذه المواقع وفق معيار القرب من شبكة الطرق المعبدة. وتبين من ذلك أن هناك ثلاث مناطق رئيسية تصلح لنقل مصانع غسيل الرمال إليها (شكل – ٦، أ، ب، ج) مع أخذ الاعتبارات الأربعة المفترضة في البند أولاً بعين الاهتمام، وهذه المناطق هي:

أ – منطقة الزلاق غرب جزيرة البحرين، وتشمل الموقع ١٣.

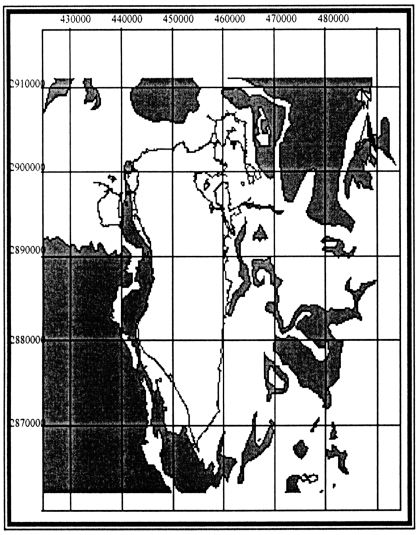
ب – الجزء الجنوبي الغربي من جزيرة البحرين، وتشمل المواقع من ١٧ إلى ٢٣.

ج – منطقة شرق جزيرة المحرق، وتشمل المواقع من ١ إلى ٤.

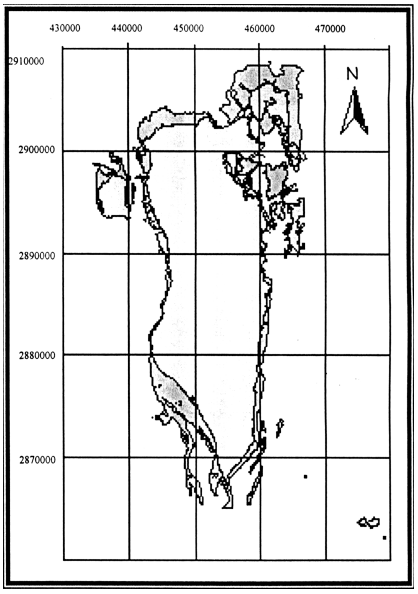
هذا ولم تدخل اعتبارات أخرى في المفاضلة بين المواقع المتاحة، التي يؤخذ بها في دول أخرى كالبعد عن خط الساحل (لا يقل عن مسافة ١ كم)، وأعماق الرواسب البحرية (لا تقل عن ٢٠ متراً). وعوامل ملكية الأرض، وحجم احتياطيات الرمال المطلوبة، والخصائص المعدنية والكيميائية لهذه الرمال، وعامل البعد عن المراكز الحضرية، ومن ثم كلفة النقل، وتوافر مصادر المياه اللازمة لعملية الغسل وملوحتها في تلك المواقع، وغير ذلك من العوامل التي يمكن أن تشملها دراسة مفصلة تخصص لهذا الغرض مستقبلاً.



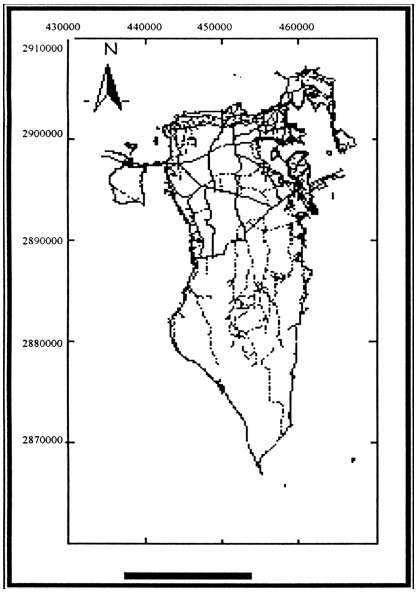
أ – مواقع المناطق البيئية الهشة



ب – مواقع المناطق ذات الأعماق الضحلة

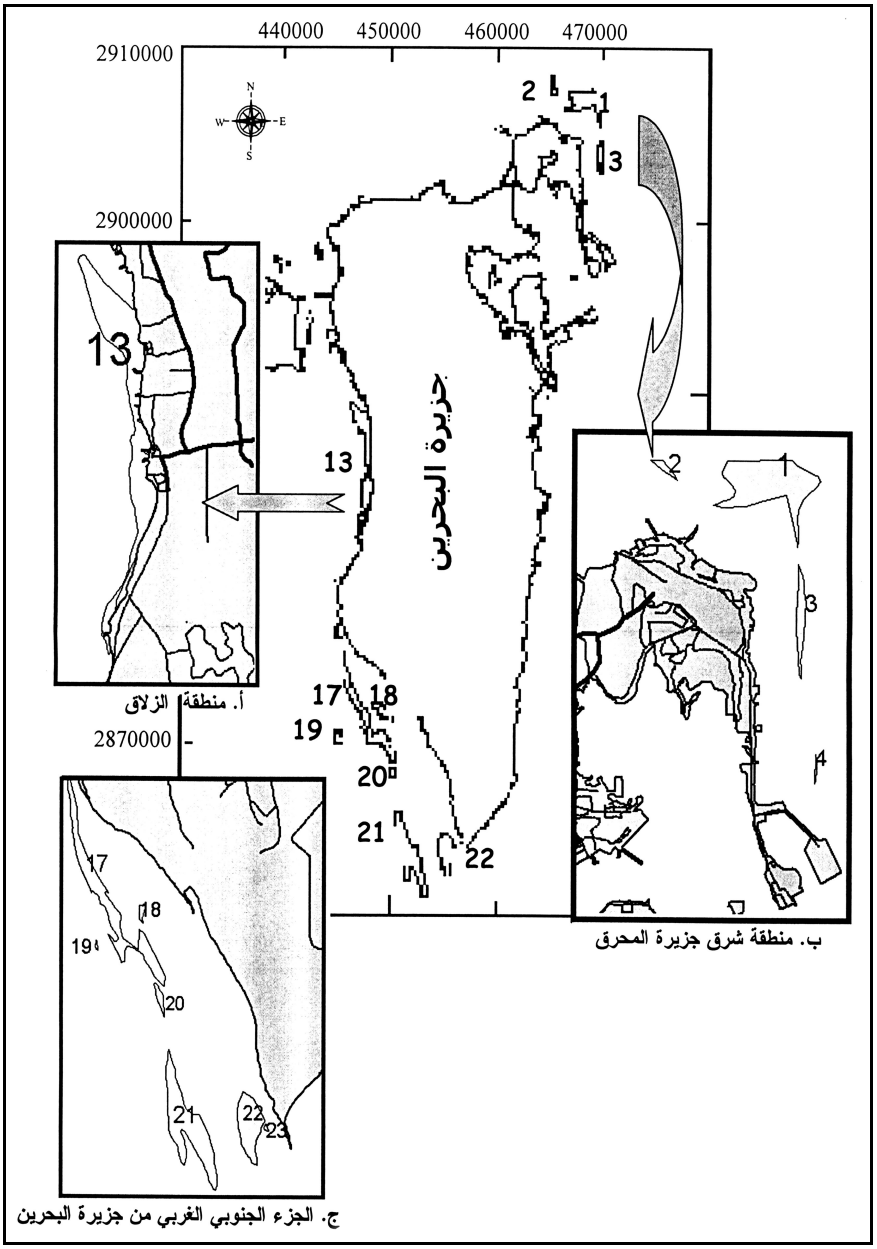


ج – مواقع ترسبات الرمال البحرية



د – شبكة الطرق بمملكة البحرين

شكل رقم (٥) الخرائط التي حولت إلى خرائط رقمية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية



شكل رقم (٦) المواقع المقترحة حول جزيرة البحرين الرئيسية لنقل مصانع غسيل الرمال إليها

الخاتمة:

توصلت دراسة وتحليل المعلومات في هذا البحث إلى أن عمليات تعدين وسحب الرمال من المناطق البحرية المحيطة بمملكة البحرين يصاحبها عدد من المشكلات البيئية، ولاسيما تلك التي يتم فيها الاستخراج والتعدين من المناطق البحرية الحساسة بيئياً. كما أكدت الدراسة أن عمليات غسيل الرمال البحرية التي تحدث في المصانع الواقعة جنوب خليج توبلي تسهم بشكل كبير في تدهور بيئة الخليج.

وقيّمت الآثار البيئية للاستخراج المنجمي للرمال البحرية في مملكة البحرين باستخدام نموذج المؤشرات (DPSIR) الذي حدد بوضوح القوى الدافعة والمحركة لعمليات التعدين، والضغوط الناجمة عن هذه القوى، وحالة البيئات التي تسحب منها الرمال وتعدن، والآثار المترتبة على ذلك النشاط، والاستجابات من قبل الجهات الحكومية والأهلية التي حاولت تحجيم التدهور، والعمل على إعادة تأهيل البيئات المتدهورة.

وقد خرجت الدراسة بمصفوفة شاملة تهدف إلى تبني سياسات بيئية واضحة لمعالجة الآثار السلبية لعمليات الاستخراج المنجمي للرمال. وتهدف هذه السياسات، على المدى القصير، إلى التحكم في تلوث المياه ورفع كفاءة تحصيل القوانين، وعلى المدى البعيد إلى التوسع في استيراد الرمال والعمل على الحد من استخراج الرمال البحرية، والشروع في تبني فكرة نقل مصانع غسيل الرمال من مواقعها الحالية إلى مواقع أخرى حفاظاً على بيئة خليج توبلي. ولتحقيق ذلك استخدمت تقنيات تنظيم المعلومات الجغرافية والاستعانة بعدد من المعايير البيئية للتوصل إلى مجموعة من الخرائط تبين المواقع التي يقترح نقل مصانع غسيل الرمال إليها.

المراجع

أولاً – المراجع العربية:

- دارة الثروة السمكية – التقرير الإحصائي السنوي لعام (٢٠٠٠)، وزارة الإسكان والزراعة، مملكة البحرين، (٢٠٠١).
- إكسيل، جميل وآخرون: تقرير موجز حول الوضع البيئي في مملكة البحرين، شؤون البيئة، الهيئة العامة لحماية الثروة البحرية والبيئة والحياة الفطرية، مملكة البحرين، (٢٠٠٢)، ١٤٤ صفحة.
- براندسون، د. ودور نكامب ج. س.، وجونز د. ك. مواد السطح في البحرين، مسح للمصادر وأهميته التطبيقية للتخطيط الإقليمي، ترجمة: أ. د. حسن طه نجم، إصدارات قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد الحادي عشر، (١٩٧٩)، ٥٣ صفحة.
- الجهاز المركزي للإحصاء: المجموعة الإحصائية السنوية، مملكة البحرين، (٢٠٠١).
- خلف، ابتسام وإسماعيل المدني: خليج توبلي، سلسلة كتب الحياة الفطرية، اللجنة الوطنية لحماية الحياة الفطرية، البحرين، (١٩٩٩)، ١٠٦ صفحات.
- الخولي، أسامة أمين: البيئة وقضايا التنمية والتصنيع، دراسات حول الواقع البيئي في الوطن العربي والدول النامية، عالم المعرفة، رقم ٢٨٥، دولة الكويت، (٢٠٠٢)، ص ٥٥–٨٦، وص ٨٧ إلى ٩٤.
- فريق الدراسات البيئية: واقع الشعاب المرجانية في المياه الإقليمية لمملكة البحرين، دراسة استشارية للهيئة العامة لحماية الثروة البحرية والبيئة والحياة الفطرية، إعداد برنامج علوم الصحراء والأراضي القاحلة، كلية الدراسات العليا، جامعة الخليج العربي، مملكة البحرين، (٢٠٠٢)، ٤٧ صفحة.
- المدني، إسماعيل محمد وهاشم أحمد السيد: بيئة البحرين البحرية، سلسلة كتب حول الحياة الفطرية، اللجنة الوطنية لحماية الحياة الفطرية، مملكة البحرين، (٢٠٠٠)، ١٨٩ صفحة.

- المنظمة العربية للتنمية الصناعية، وقائع ندوة الطرق الحديثة لحماية البيئة من الاستخراج المنجمي والصناعات التعدينية، الرباط ٨ – ١٠ أكتوبر ٢٠٠٢، المملكة المغربية.

ثانياً – المراجع الأجنبية:

- Abahussain, A. A.: Data Collection, Information Management and Development of Environmental Indicators. Regional Workshop on Integrated Environmental Assessments and Reporting, Arabian Gulf University, 6 - 9 Jan 2003, Bahrain Kingdom, 2003, 13p.
- Abdulaziz, A.: Rate of Siltation in Tubli Bay, Symposium "Tubli Bay - Problems and solutions. Background Papers. Manama, Bahrain, 1994. 24p.
- Al-Ghadban, A. N. and Price, A. R. G: Dredging and infilling. In: Khan, N, Y *et al., (eds)* The Gulf Ecosystem: Health and sustainability. Bachuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 2002, pp 207-217.
- Madany, I., Abdulla, M. and Abdu, A.: Coastal zone management in Bahrain: an analysis of social, economic, and environmental impacts of dredging and reclamation. J. Environmental Management, 32, 1991, PP. 335-348.
- Mining the sea sand, http://www.seafriends.org.nz/oceano/sea-sand.htm
- Pilcher, Nicolas J., Simon Wilson, Shaker H. Alhazeem and Mohammad Reza Shokri. Status of Coral Reefs in the ROPME Sea Area (Middle East). Prepared at the UNEP World Conservation Monitoring Center. U. of California Press, Berkeley, USA., 2000. http://www.reefbase.org/Summaries/pdf/ROPME2000.pdf
- SOGREAH:. Reclamation Level Study (Land Reclamation Levels and Borrows Areas), Final Report. Ministry of Housing and Agriculture: Reclamation Level Study. Bahrain, Dec. 2001. 65p.
- Vousden, D.: The Bahrain Marine Habitat Survey: A Study of the Marine Habitats in the waters of Bahrain and their Relationship to Physical, Chemical, Biological and Anthropogenic Influences. Vol. One, the Technical Report. Manama, Bahrain, 1985.