

الحفاظ على موانئ يسهل الوصول إليها: البرازيل توفر "الملايين" في تكاليف التجريف بفضل التقنيات النووية

بقلم رودولفو كوفينكو

ولقد نُقل موقع إلقاء الرواسب مرات عديدة من أجل التقليل إلى الحد الأدنى من عودة تدفق الرواسب في نظام الخليج. وتمكّن مهندسو الميناء بفضل استخدام المقتنيات الإشعاعية من إيجاد أماكن مثلى قريبة من الميناء بقدر الإمكان.

وقال باندييرا "في الدراسات التي أُجريت في السبعينات في خليج سيبيتيا في ولاية ريو دي جانيرو لتشييد مرفأ إيلها دا ماديرا، من المرجح أن نكون قد 'اقتصدنا' أكثر من ١٠٠٠٠٠ كيلومتر من مسافة مسار التجريف." وأضاف أن ذلك أسفر عن تحقيق وفورات تبلغ ملايين الدولارات لسلطات الموانئ البرازيلية.

من الميناء إلى البحر: نمذجة الرواسب وتنقل المياه باستخدام المقتنيات الإشعاعية

بعد سنوات من الاستقصاءات بالمقتنيات الإشعاعية في ميناء سانتوس وغيره من الموانئ في البرازيل، اكتسب فريق باندييرا خبرة واسعة في مجال ديناميكيات نقل الرواسب ونماذج تنقلها في الظروف المتغيرة. وخلال هذه العملية، استطاع الفريق استخدام نماذج رياضية ومجموعات من البيانات الدقيقة عن نقل الرواسب ونماذج تدفقها، ويجري باستمرار استخدامها في أنشطة الهندسة الساحلية.

وقال باندييرا وهو يصف العمل الذي يقوم به هو وزملاؤه "إننا كالجراحين والأخصائيين". وأضاف "فمثلما يستطيع جراح القلب أن يستكشف الأوعية الدموية الرئيسية أو يستطيع أخصائي التصوير الإشعاعي أن يتتبع الوظائف العضوية للأيض البشري باستخدام المقتنيات الطبية، فإن المقتنيات الإشعاعية تسمح لنا بتقييم السلوك الهيروديناميكي والمسارات الرئيسية لتنقل الرواسب في المناطق الساحلية."

وقد وظّفت هذه المعارف الدقيقة خير توظيف عدة مرات. وعلى سبيل المثال، أثبتت الدراسات التي أُجريت بشأن الرواسب على طول الشاطئ الساحلي، الذي أصبح يعرف بميناء سواي، أنَّ الوسم بالمقتنيات الإشعاعية كشف عن انخفاض معدلات نقل الرواسب القاعية في فصل الصيف وكذلك فصل الشتاء. ولقد كانت هذه المعلومات أساسية في تحديد

وجود شريط ساحلي يبلغ أكثر من ٨٥٠٠ كيلومتر، فإنَّ ٩٠ في المائة من مجموع صادرات البرازيل ووارداتها تمر عبر موانئها.

وقد شُيّد العديد من الموانئ والمرافئ الرئيسية في البلد منذ أكثر من ١٠٠ سنة مضت. وإبقاء ممرات الشحن مفتوحة وتمكين هذه الموانئ من استيعاب سفن أكبر محمّلة بشحنات أكبر وأكبر مسألة تتطلب عمليات تجريف متواصلة وبتكاليف عالية في الكثير من الأحيان.

وقال جيفرسون فيانا باندييرا، كبير الباحثين في إدارة البيئة التابعة للهيئة الوطنية للطاقة النووية في البرازيل، إنَّ استخدام التقنيات النووية لدراسة تراكم الرواسب ونقلها عبر الموانئ والمرافئ الرئيسية (انظر الإطار) قد أدى، على مر السنين، إلى تمكين البرازيل من تحقيق وفورات بملايين الدولارات في تكاليف التجريف.

وبفضل المساعدة التي تقدّمها الوكالة، دأب باندييرا وفريق من العلماء على استخدام مقتنيات إشعاعية لرسم خريطة تنقلات الرواسب التي تؤثر في الموانئ الرئيسية في البرازيل منذ الستينات.



وقد كان التركيز الرئيسي في البداية على تقييم سلوك الرواسب المجروفة من منطقة المرفأ في ميناء سانتوس بعد تفرغها. وميناء سانتوس الموجود بالقرب من ساو باولو هو أحد أكبر موانئ أمريكا اللاتينية وأكثرها ازدحامًا، وهو يقدّم حالياً خدمات للكثير من الولايات البرازيلية ويعالج ٢٨ في المائة من التجارة الخارجية للبلد.

"مثلما يستطيع جراح القلب أن يستكشف الأوعية الدموية الرئيسية أو يستطيع أخصائي التصوير الإشعاعي أن يتتبع الوظائف العضوية للأيض البشري باستخدام المقتنيات الطبية، فإن المقتنيات الإشعاعية تسمح لنا بتقييم السلوك الهيروديناميكي والمسارات الرئيسية لتنقل الرواسب في المناطق الساحلية."

— جيفرسون فيانا باندييرا، كبير الباحثين في الهيئة الوطنية للطاقة النووية في البرازيل

تستطيع تقنيات المقتنيات الإشعاعية أن تساعد على الاقتصاد في عمليات التجريف التي تترك المرفأ عميقة بما فيه الكفاية لاستيعاب السفن الكبرى المحمّلة بشحنات أكبر.

(الصورة من: أ. هارداكري
(Flickr.com/CC BY 2.0).



إنَّ فهم ديناميكيات تنقل الرواسب يمكن أن يساعد على تحديد أفضل مكان لمواقع إلقاء الرواسب المجرّفة من أجل تجنب التلوث غير المرغوب فيه في الشواطئ المجاورة.

(الصورة من: ر. كوفينكو، الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

والفعالة لتقييم التآكل وتنقل الطمي والرواسب في المناطق الساحلية". "وقد كانت هذه التقنيات وما زالت تُستخدم في العديد من البلدان لأغراض الهندسة الساحلية، وهناك بلدان أكثر شرعت للتو في استخدام التكنولوجيا لدعم خططها الإنمائية".

وأوضح بريسيث بأنَّ العديد من العلماء البرازيليين قد حصلوا على التدريب من خلال برنامج الوكالة للتعاون التقني. وفي الوقت ذاته، توجّه العديد من خبراء الوكالة إلى البرازيل لإجراء دراسات حول نقل الرواسب وتعليم مختلف الأخصائيين التقنيين. ويقدم الخبراء البرازيليون اليوم المساعدة والدعم أيضاً إلى الدول الأعضاء الأخرى، بما في ذلك إلى فنزويلا وأوروغواي والنيجر، في مشاريع تشمل تطبيقات المقتنيات الإشعاعية لأغراض دراسات الرواسب.

الموقع المثالي للميناء وأشارت إلى أنه لن تكون هناك حاجة للقيام بأعمال صيانة كبيرة في التجريف بعيداً عن الشاطئ. وأجريت هذه الدراسات في وقت متزامن مع إجراء القياسات الأوقيانوغرافية قرب الشاطئ (الأمواج والرياح والتيارات والمد والجزر). وتطوّر ميناء سواي بعد ذلك ليصبح أهم مجمع موانئ في الشمال الشرقي للبرازيل.

مكافحة تآكل السواحل

إنَّ السواحل وقيعان البحر هي مناطق ديناميكية تحتوي على رواسب تمرُّ عبر فترات من التآكل والنقل والترسب والتجمع. وتشمل الأسباب الرئيسية لتآكل الشواطئ العواصف؛ ولكن الأنشطة البشرية، مثل تجريف أفواه التيارات وتشبيد الأسوار البحرية وأرصفة الموانئ، تعطل كذلك التدفق الطبيعي للرواسب.

وقال باتريك بريسيث، وهو خبير في التكنولوجيا الصناعية في الوكالة، "إنَّ التقنيات النووية هي أكثر الأساليب المفيدة

العلم

مزايا استخدام المقتنيات الإشعاعية لدراسة نقل الرواسب

وغالبًا ما تُستخدم تقنيات المقتنيات كذلك للتحقق من صحة نتائج التقنيات الأخرى المستخدمة لتقييم سلوك الرواسب، مثل الدراسات الاستقصائية السبرية أو النماذج الرياضية والفيزيائية. وهناك أيضًا اتجاه متزايد نحو تحليل تجارب المقتنيات الإشعاعية باستخدام الديناميكيات الحسابية للموائع، وهي فرع من فروع ديناميات السوائل التي تستخدم التحليل الرقمي والقواعد الرياضية لتحليل تدفقات السوائل. ويتوقع أن يؤدي ذلك إلى نماذج أكثر موثوقية وإلى التحقق بصورة أفضل من صحة النتائج.

يعيش معظم سكان العالم على السواحل أو المناطق الساحلية، لذلك فإنَّ فهم ديناميكيات نقل الرواسب في هذه المناطق مسألة ذات أهمية جوهرية بالنسبة للعديد من البلدان.

وتقنيات المقتنيات الإشعاعية وسيلة فعالة لدراسة ديناميكيات الرواسب، لأنها تستطيع تقديم تقييم آني ودقيق عن مكان تنقل الرواسب وكيفية وسبب تنقلها. وهناك إجراء مشترك يشمل إدراج كميات صغيرة من النظائر المشعة (كالذهب-١٩٨ أو الإيريديوم-١٩٢) في عينات الرواسب التي ستُقاس، وإلقاء تلك العينات في نقاط أخذ العينات الرئيسية، ثم رصد تنقلها بعد ذلك باستخدام كواشف وميضية تجرُّها الزوارق.