The Clean Paper

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

«مقبرة» حيتان في أعماق البحر هي في الحقيقة أرشيف عمره خمسة ملايين سنة

تصف ورقة في *Nature* تركيزًا هائلًا من سقوطات الحيتان وأحافيرها في منطقة *Diamantina* بجنوب شرق المحيط الهندي: خمس مجتمعات حديثة لسقوطات الحيتان، ومئات بقايا الحوتيات الأحفورية، وأعمار بنظائر السترونشيوم تصل إلى نحو 3.5 مليون سنة. المثير ليس أن الحيتان اختارت مكانًا لتموت فيه، ولا أن كارثة واحدة صنعت مقبرة. الأدلة تشير إلى أرشيف عميق وطويل العمر بُني من وفيات عادية، وجثث غارقة، وصعوبات البحث العميق عن الغذاء لدى الحيتان المنقارية، وتضاريس القاع، وحفظ استثنائي. إنه نافذة نادرة على نظم سقوطات الحيتان في الأعماق؛ ولا يعني أن أعماق البحر أصبحت الآن مرسومة أو مفهومة.

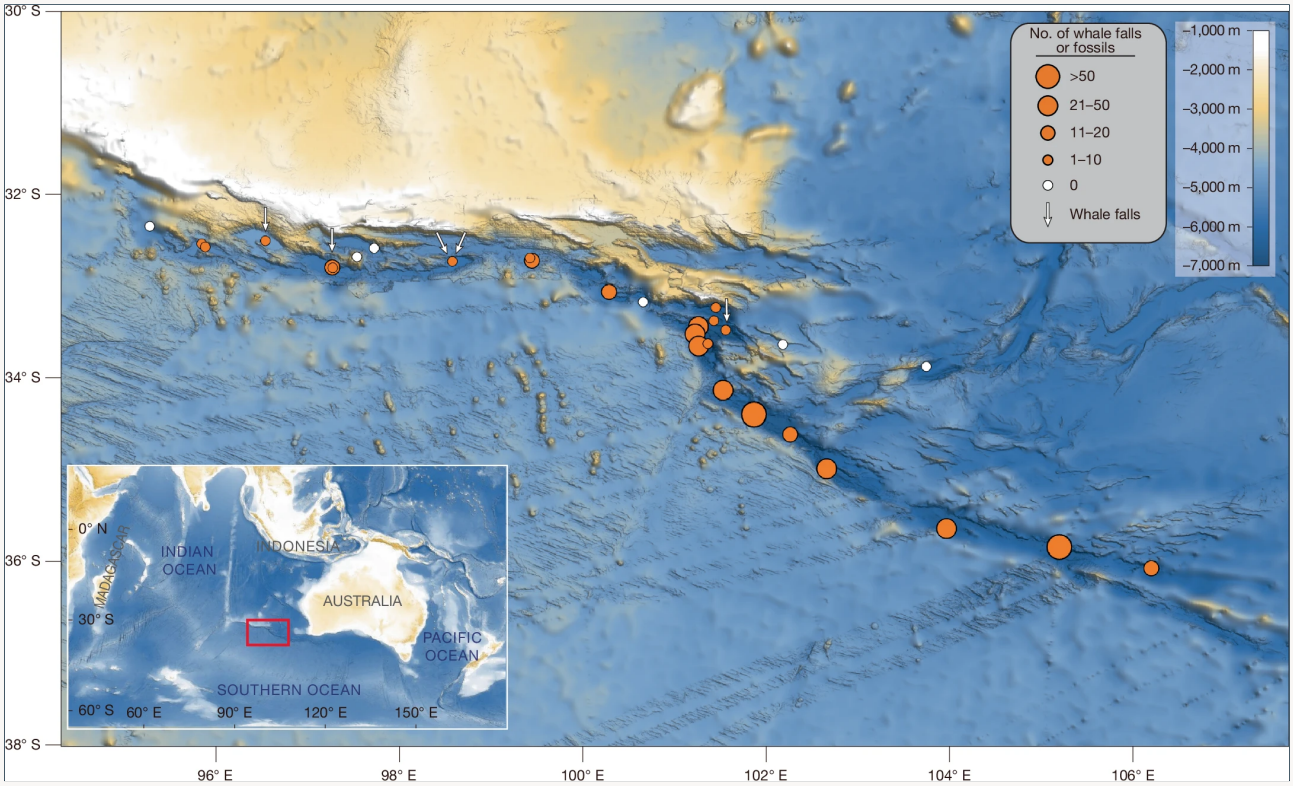
Written by Laura Nesso · Cross-checked by Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *A million-year-old-3.5 deep-sea whale necropolis in the Diamantina Zone*, Xiaotong Peng, Peng Zhou, Xikun Song, Giovanni Bianucci, Mengran Du and colleagues, Nature ,654 983-978 (2026) · DOI: z-10546-026-s41586/1038.10

قاع المحيط احتفظ بالعظام

تختفي معظم «سقوطات الحيتان» داخل مشكلة توثيق معقدة. يموت الحوت، ويغرق، ويغذي طفرة من حياة الأعماق، ثم يتشتت السجل أو يُدفن أو يؤكل. يعرف العلماء أن سقوطات الحيتان واحات بيئية، لكن الأرشيف ضعيف: معظم المواقع المعروفة منفردة، أو ضحلة مقارنة بأعمق الخنادق، أو حديثة أكثر من أن تخبرنا كثيرًا عن الأزمنة الجيولوجية البعيدة.

تغيّر منطقة **Diamantina** مقياس هذه المشكلة. في ورقة جديدة في Nature، يصف Song Xikun وZhou Peng وPeng Xiaotong وBianucci Giovanni وDu Mengran وزملاؤهم تركيزًا طويلًا وعميقًا من سقوطات الحيتان وأحافيرها في جنوب شرق المحيط الهندي. يمتد الموقع نحو 1200 كيلومتر على قاع البحر، على أعماق تقارب 4600–7000 متر. وعبر 32 غوصة بالغواصة المأهولة *Fendouzhe*، وثق الفريق 485 موقعًا لأحافير حيتان وسقوطات نشطة، بينما يلخص الملخص العثور على خمس مجتمعات حديثة طبيعية لسقوطات الحيتان إضافة إلى 476 حوتيًا أحفوريًا. هذه أعداد مختلفة داخل الورقة وليست جمعًا بسيطًا: 485 هو سجل على مستوى المواقع، أما 476 فهو تعداد الحوتيات الأحفورية المستخدم في الملخص.



يرسم الشكل 1 من Nature مشاهدات منطقة Diamantina: الدوائر البرتقالية تشير إلى الغوصات التي شوهدت فيها أحافير أو سقوطات حيتان، وحجم الدائرة يعكس عدد بقايا الحيتان المسجلة في كل غوصة، والأسهم البيضاء تشير إلى سقوطات نشطة في المرحلة المحبة للكبريت، والدوائر البيضاء إلى غوصات لم تُشاهد فيها بقايا حيتان. الشكل مستنسخ كاملًا ومن دون تغيير: لا قص، ولا طبقات فوقية، ولا إعادة تسمية، ولا تلوين، ولا إعادة رسم.

Peng et al. / Nature ,654 983-978 ,(2026) DOI z-10546-026-s41586/1038.10 · CC BY-NC-ND ;0.4 base map: GMRT — Ryan et al., Geochem. Geophys. Geosyst. ,10 Q03014 (2009) · CC BY 0.4 CC BY-NC-ND 0.4

حيتان True المنقارية أقارب أحياء للحيتان المنقارية عميقة الغوص التي تناقشها الورقة. هذه الصورة للسياق وليست واحدة من أحافير Diamantina: الفكرة أن الحيتان المنقارية حيوانات مراوغة تبحث عن غذائها في الأعماق، ولذلك يمكن لأرشيف من عظامها على قاع البحر أن يحفظ أدلة تفوتها المشاهدات السطحية كثيرًا.

Roland Edler / PeerJ / Wikimedia Commons CC BY 0.4

يصل أقدم ما أمكن تأريخه إلى 26.5 مليون سنة، ولهذا تسمي الورقة الموقع «مقبرة حيتان عمرها 3.5 مليون سنة». العبارة قوية بصريًا، لكنها أيضًا العبارة التي تحتاج إلى أكبر قدر من الحذر.

ليس هذا دليلًا على أن الحيتان اختارت المكان عمدًا لتموت فيه. وليس حدث نفوق جماعي واحدًا. وليس مقبرة بالمعنى البشري. إنه مكان تراكمت فيه الجثث والعظام، وبقيت مكشوفة، وتمعدنت، وأصبحت قابلة للقراءة علميًا.

ما الذي فعله الباحثون

- مسحوا منطقة Diamantina عبر 32 غوصة بالغواصة *Fendouzhe* انطلاقًا من سفينة الأبحاث *Tansuoyihao*.
- سجلوا أحافير الحيتان ومجتمعات سقوطات الحيتان النشطة على امتداد يقارب 1200 كيلومتر من قاع البحر.
- استخدموا فيديوهات في الموقع وعينات جُمعت فعليًا لتحديد المجتمعات التي تعيش على سقوطات الحيتان الحديثة.
- حللوا 43 عينة أحفورية مسترجعة، وحددوا خمسة أنواع من الحيتان المنقارية ونوعًا واحدًا من حيتان البالين.
- أرخوا 33 عينة من العظام الأحفورية باستخدام نسب نظائر السترونشيوم، وهي طريقة تقارن البصمة الكيميائية المحفوظة الشبيهة بمياه البحر في الأحفورة مع التاريخ المعروف لكيمياء مياه البحر.
- ربطوا الملاحظات ببيانات مصدر عامة: الصور الأصلية في الموقع وتجميعات الجينومات الميكروبية مودعة في Bank، Data Science وصور أنواع سقوطات الحيتان المدروسة موجودة في MorphoBank.

ماذا وجدوا

- **تركيزًا كبيرًا وعميقًا.** يذكر المؤلفون 485 موقعًا لأحافير الحيتان وسقوطات نشطة في منطقة Diamantina، مع مشاهدات بين نحو 4600 و7000 متر وفق الجدول التكميلي.
- **خمس سقوطات حيتان نشطة.** المواقع الخمسة في المرحلة المحبة للكبريت: عظام تغطيها حصائر ميكروبية وديدان حفارة للعظم، حيث تدعم الطاقة الكيميائية الناتجة عن التحلل مجتمعًا متخصصًا.
- **مجتمعًا حيًا كثيفًا.** تشمل الحيوانات المرتبطة بالموقع 35 وحدة تصنيفية معروفة من الحيوانات الكبيرة، تهيمن عليها الديدان الحلقية والقشريات والرخويات. تهيمن ديدان آكلة العظم، وبطنيات القدم، وذوات المصراعين من Vesicomyidae، والنجوم الهشة على الحيوانات الأكبر، مع كثافات محلية تبلغ حتى 2840 فردًا في المتر المربع.
- **أرشيفًا أحفوريًا للحيتان المنقارية.** تشمل الأحافير الـ43 المسترجعة أنواعًا حية من الحيتان المنقارية معروفة في المنطقة، وأشكالًا منقرضة مثل *Pterocetus* و*Izikoziphius*، وبعض بقايا حيتان البالين. وتُوصف عينة واحدة بوصفها نوعًا جديدًا: *Pterocetus diamantinae*.
- **مدى زمنيًا طويلًا.** من بين 33 عظمة أحفورية اختُبرت بنظائر السترونشيوم، أعطت 25 منها أعمارًا بين 12.0 و26.5 مليون سنة. وتشير أقدم التواريخ إلى سقوطات حيتان في هذه المنطقة منذ البليوسين المبكر على الأقل.

لماذا يوجد هذا العدد الكبير من الحيتان هناك؟

إجابة الورقة ليست سببًا واحدًا بسيطًا، بل مجموعة من المرشحات المعقولة المتراكبة.

قد تأتي بعض الجثث من حيتان البالين التي تمر عبر ممر هجرة واسع. فحيتان المنك والسي تتغذى قرب السطح، لا على عمق 6 أو 7 كيلومترات، لذلك من الأفضل فهم عظامها في تلك الأعماق على أنها جثث غرقت بعد الموت.

أما الحيتان المنقارية فقصتها مختلفة. هي متخصصة في الغوص العميق، وتتغذى على الحبار والأسماك في بيئات ذات قيعان شديدة الانحدار وعميقة. ومنطقة Diamantina هي بالضبط هذا النوع من المناظر: أعماق قصوى، وتضاريس معقدة على شكل V، وفرائس شوهدت أثناء الغوصات. يجادل المؤلفون بأن النفوق الطبيعي، والمخاطر الفسيولوجية للبحث عن الطعام في الأعماق، وربما الإنهاك القاتل أو إجهاد تخفيف الضغط، يمكن أن تضيف كلها بقايا إلى قاع البحر.

ثم يأتي دور القاع في الاحتفاظ بها. تضاريس المنطقة قد توجه الجثث الغارقة إلى أماكن معينة. وانخفاض الترسيب يسمح للعظام بالبقاء مكشوفة زمنًا طويلًا. ومناقير الحيتان المنقارية الكثيفة مقاومة للتدمير بصورة غير معتادة. كما يمكن لأكاسيد الحديد والمنغنيز وترسيب الكربونات أن يساعدا في حفظ المادة الهيكلية. عند جمع هذه العوامل، تصبح «المقبرة» أقل غموضًا: ليست مكانًا تختاره الحيتان، بل مكانًا يُحتمل فيه بدرجة أكبر أن تُسجّل الوفيات.

ما الذي لا تثبته هذه الدراسة

- لا تُظهر **مقبرة حيتان مقصودة.** «Necropolis» استعارة للتراكم، لا دليلًا على سلوك.
- لا تُظهر حدث نفوق كارثيًا واحدًا. التواريخ تمتد ملايين السنين، ويصف المؤلفون أرشيفًا طويل العمر بُني من أحداث متكررة.
- لا تعني أن أعماق البحر أصبحت الآن مرسومة جيدًا. اكتُشف هذا الموقع بعمل نادر ومكلف باستخدام غواصة في ممر جيولوجي واحد، وتهم الورقة أصلًا لأن مثل هذه السجلات نادرة عادة.

- لا تحول كل نوع في المجتمع إلى نوع مكتشف حديثًا. يقول المؤلفون إن كثيرًا من الوحدات التصنيفية المسترجعة قد تكون جديدة، لكن معظمها عُرّف إلى مستوى الجنس أو الفصيلة فقط؛ ونوع واحد فقط من ذوات المصراعين Vesicomyidae أُسنِد بثقة إلى مستوى النوع عبر مقارنة الباركود الجيني.
- لا تحدد السبب الكامل لموت كل حوت. يقترح المؤلفون تفسيرًا متقاربًا يجمع الهجرة والبحث العميق عن الغذاء والتضاريس والحفظ والترسيب. وهذا ليس مساويًا لإثبات آلية الموت لكل حيوان.

ما مدى قوة الدليل؟

الدليل على الموقع نفسه قوي: مشاهدات مباشرة من الغواصة، ومئات السجلات المرسومة، وعينات مادية، وتحديدات جينية لبعض الحيوانات، وتأريخ نظائري للعظام الأحفورية. أقوى الادعاءات هي الملاحظات المباشرة: الموقع موجود، وهو عميق وواسع؛ ومجتمعات سقوط حيتان نشطة موجودة؛ وبعض المادة الأحفورية عمرها ملايين السنين.

أما الادعاءات التفسيرية فهي بالضرورة ألين. تستطيع الورقة أن تُظهر أين توجد البقايا، وما هو بعضُها، وكم يبلغ عمر بعض العينات، وما الذي يعيش على السقوطات النشطة. لكنها لا تستطيع إعادة تشغيل لحظة الموت. أصل الموقع المقترح هو إعادة بناء من البيئة والفسيولوجيا وشكل القاع وظروف الحفظ. وهذا طبيعي في علم البيئة القديمة: قوي، لكنه مبني على آثار متلاقية لا على مشاهدة مباشرة للأحداث الأصلية.

لماذا يهم ذلك

سقوطات الحيتان ولائم قصيرة العمر يمكن أن تتحول إلى موائل طويلة العمر. فهي تربط حيوانًا سطحيًا بقاع البحر العميق، وتنقل الكربون والعظم والطاقة الكيميائية إلى بيئة فقيرة بالغذاء. كما تعمل كجزر لحيوانات متخصصة: ديدان تحفر العظم، وذوات مصراعين تعيش مع متكافلات مؤكسدة للكبريت، ونجوم هشة وبطنيات قدم تتجمع حول البقايا.

تضيف منطقة Diamantina الزمن إلى هذه الصورة. فهي تشير إلى أن بعض قيعان البحار العميقة قد تحفظ نظم سقوطات الحيتان لا كأحداث متناثرة فقط، بل كأرشيف لبيئة الحيتان وتطورها. والحيتان المنقارية صعبة الدراسة على نحو مشهور لأنها تعيش وتتغذى بعيدًا عن الأنظار؛ لذلك يمكن لتراكم عظامها على القاع أن يكشف أنواعًا وتوزعات وتاريخًا تطوريًا تفوتها الملاحظات السطحية.

القصة الأدق ليست «وجد العلماء مقبرة الحيتان في المحيط». إنها أغرب وأكثر فائدة: ممر جيولوجي عميق حفظ عددًا كافيًا من وفيات الحيتان لتحويل نظام بيئي عابر في العادة إلى سجل.

خلاصة واضحة

يصف باحثون مسحوا منطقة Diamantina في جنوب شرق المحيط الهندي تراكمًا هائلًا في أعماق البحر لسقوطات الحيتان وأحافيرها: 485 موقعًا وسقوطة نشطة مسجلة على امتداد نحو 1200 كيلومتر، على أعماق تصل إلى قرابة 7000 متر، مع تواريخ أحفورية تعود إلى 26.5 مليون سنة. يستضيف الموقع مجتمعات متخصصة لسقوطات الحيتان ويحفظ سلالات حديثة ومنقرضة، خصوصًا الحيتان المنقارية. النتيجة أرشيف نادر لأعماق البحر، لا مقبرة حرفية، ولا حدث نفوق جماعي واحدًا، ولا دليلًا على أن أعماق المحيط أصبحت مفهومة. الادعاء الأضيق والأقوى هو: في ظروف قاع البحر المناسبة، يمكن لوفيات الحيتان أن تترك سجلًا يدوم ملايين السنين.

المصادر

Peng et al., A 3.5-million-year-old deep-sea whale necropolis in the Diamantina Zone, Nature 654, 978-983 (2026) https://doi.org/10.1038/s41586-026-10546-z

Science Data Bank dataset for the original in situ images and microbial MAGs https://doi.org/10.57760/sciencedb.28830

MorphoBank project P6064 — original images of investigated whale-fall species https://morphobank.org/permalink/?P6064