The Clean Paper

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

التعدين يزيل أكثر من مساحة المنجم — فقدان الغابات المخفي حول الاستخراج

تجد دراسة في *Nature* شملت 16,627 تجمعًا منجمياً في أفريقيا جنوب الصحراء أن التعدين في الغابات الكثيفة تسبب بنحو 187,000 هكتار من إزالة الغابات المباشرة بين 2001 و2020، لكن القصة الأكبر تقع خارج الموقع. مقارنةً بالمناطق غير المستغلة، كانت إزالة الغابات أعلى بـ8 نقاط على مقياس من 0 إلى 100 داخل 1 كم من المنجم بعد عشر سنوات، واستمرت الآثار حتى 20 كم. وفي المتوسط، ارتبط كل هكتار أزيل مباشرةً بسبب منجم بـ9.33 هكتاراً إضافياً من فقدان الغابات خارج الموقع خلال خمس سنوات. هذا لا يعني أن الانتقال الطاقي سيئ. بل يعني أن لسلاسل توريد المعادن جغرافيا، وأن تكلفتها على الغابات غالباً أكبر من الحفرة نفسها.

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

Paper: *Mining triggers extensive additional deforestation in sub-Saharan Africa*, Oscar Morton, Christopher G. Bousfield, Prince Dégny Valé, Ieuan Lamb, Victor Maus, Robert G. Bryant, and David P. Edwards, Nature (2026) · DOI: 2-10551-026-s41586/1038.10

الأثر لا يقتصر على الحفرة داخل الغابة

للمنجم شكل واضح. حفرة، وحوض نفايات، وكومة مخلفات، وطريق يشق الغابة. هذه هي العلامات التي يستطيع القمر الصناعي رؤيتها ويستطيع المنظم رسم حدود حولها.

لكن الاستخراج يغير أيضًا الأرض المحيطة به. يصل الناس. تجعل الطرق الغابة أسهل وصولًا. تنمو المستوطنات. وتتوسع الزراعة. المنجم ليس مجرد ندبة على الخريطة؛ فقد يصبح مركز جذب جديدًا.

تضع دراسة في Nature أرقامًا لهذا الفرق عبر أفريقيا جنوب الصحراء. يقدّر الباحثون إزالة الغابات الكثيفة التي يقودها التعدين مباشرةً بين 2001 و2020، ثم يسألون كم من فقدان الغابات الإضافي يظهر حول المناجم مقارنةً بأماكن مشابهة لم تكن قد استُغلت بعد. استنتاجهم بسيط وغير مريح: البصمة المباشرة للمنجم ليست سوى الجزء المرئي.

تُظهر صورة Landsat بألوان طبيعية آثار تعدين الذهب واسع النطاق والحرفي في حزام Ashanti للذهب في غانا. تسأل الدراسة التي نناقشها إلى أي مدى يمتد فقدان الغابات المرتبط بالتعدين خارج بصمة المنجم نفسه.

NASA Earth Observatory / Lauren Dauphin Public domain

هذه نتيجة مفيدة لسياسات المناخ والتنوع الحيوي لأنها تحتفظ بفكرتين في الإطار نفسه. البنية التحتية الحديثة والانتقال الطاقي يحتاجان إلى المعادن. لكن المعادن لا تأتي من فراغ. السؤال الأدق ليس هل التعدين «جيد» أو «سيئ» كشعار، بل هل تُقاس كلفة الغابات الكاملة بصدق.

ما الذي فعله الباحثون؟

تجمع الدراسة بيانات على مستوى القارة عن الغابات واستخدام الأرض مع تصميم للاستدلال السببي. رسم الباحثون **16,627 تجمعًا منجميًا** في المناطق الحرجية بأفريقيا جنوب الصحراء بين 2001 و2020. وفصلوا بين نوعين من فقدان الغابات.

الأول هو **إزالة الغابات المباشرة بسبب التعدين**: القطع داخل بصمة المنجم نفسها، بما في ذلك الحفر وأحواض المخلفات وأكوام النفايات والآبار والبنى الأخرى المرتبطة مباشرةً بعمليات التعدين.

والثاني هو **إزالة الغابات خارج الموقع**: فقدان الغابات حول المنجم الذي لا يقع في الحفرة نفسها، لكنه قد ينشأ بسبب إنشاء المنجم عبر نشاطات مصاحبة — الزراعة والمستوطنات والطرق ووسائل الوصول الأخرى.

لتقدير الجزء الثاني، استخدم الباحثون إطار الفرق في الفروق .(dffierence-in-dffierences) ببساطة، قارنوا فقدان الغابات حول المناجم قبل بدء التعدين وبعده بفقدان الغابات حول أماكن مشابهة لم تكن قد استُغلت بعد. ثم نظروا إلى مسافات متحدة المركز من مركز المنجم: داخل 1 كم، ومن 1–5 كم، ومن 5–10 كم، ومن 10–20 كم.

هذا التصميم مهم لأن الدراسة لا تكتفي بعدّ الأشجار المفقودة قرب المناجم. بل تحاول تقدير الخسارة الإضافية المنسوبة إلى إنشاء المنجم مقارنةً بالاتجاه المضاد للواقع في المناطق غير المستغلة.

ماذا وجدوا؟

كان الفقد المباشر بسبب التعدين كبيرًا. عبر الغابات الكثيفة في أفريقيا جنوب الصحراء، يقدّر الباحثون **187,070 هكتارًا** من إزالة الغابات المباشرة بسبب التعدين بين 2001 و2020. وشكلت جمهورية الكونغو الديمقراطية وغانا وكوت ديفوار معًا **45%** من تلك الخسارة المباشرة.

كان الفقد المحيط أكبر من البصمة نفسها. بعد إنشاء منجم، كانت إزالة الغابات التراكمية داخل 1 كم **أعلى بـ8 نقاط على مقياس من 0 إلى 100** بعد عشر سنوات مقارنةً بالمناطق غير المستغلة. هذه فجوة مطلقة في معدل إزالة الغابات، وليست زيادة نسبية قدرها 8%. يضعف الأثر مع المسافة لكنه لا يختفي: بعد عشر سنوات، تقدّر الدراسة فجوات إضافية تبلغ 6.3 نقطة عند 1–5 كم، و9.1 نقطة عند 5–10 كم، و1.1 نقطة عند 10–20 كم.

هذه الأرقام مرتبطة بالزمن تحديدًا. إنها آثار عشر سنوات، لا خسائر فورية.

كانت نسبة الفقد خارج الموقع إلى الفقد المباشر لافتة. في حساب منفصل، يقدّر الباحثون أنه مقابل كل هكتار أزيل مباشرةً داخل بصمة المنجم، فُقد في المتوسط **9.33 هكتارًا إضافيًا** من الغابات الكثيفة خارج الموقع خلال خمس سنوات. وارتبط معظم هذا الفقد الإضافي

بتوسع الزراعة الذي حفزه إنشاء المنجم، مع دور مهم أيضًا لتوسع المستوطنات ودور أصغر للطرق في تقسيم الباحثين.

وهذا الرقم أيضًا مرتبط بالزمن: إنه نسبة خارج الموقع/مباشر على مدى خمس سنوات. ولا ينبغي خلطه مع آثار العشر سنوات المقاسة على مقياس 0–100.

لم يكن الأثر متساويًا في كل مكان. تشير الدراسة إلى قلق شديد في جمهورية الكونغو الديمقراطية لأنها جمعت بين بصمة تعدين مباشرة كبيرة وخسارة إضافية كبيرة خارج الموقع. وأظهرت دول أخرى آثارًا نسبية مرتفعة خارج الموقع، لكن مع بصمات مباشرة أصغر. وعلى مستوى السلعة، كانت المناجم التي تستخرج الكوبالت والنحاس — وهما معدنان مركزيان للبطاريات والبنية التحتية الكهربائية والانتقال الطاقي — مسؤولة عن أكبر إجمالي من إزالة الغابات الإضافية في تقديرات الدراسة.

لماذا يهم الجزء خارج الموقع؟

يبدأ تقييم الأثر البيئي غالبًا من الحدود المباشرة للمشروع. وهذا مفهوم. الحفرة مرئية، والتصريح له محيط، ويمكن للشركة وصف البنية التحتية التي تخطط لبنائها.

لكن الغابات لا تستجيب للحدود القانونية فقط. بل تستجيب لإمكان الوصول والحوافز. قد يجلب المنجم طرقًا وعمالًا وأموالًا ومستوطنات وطلبًا على الغذاء. وهذا يمكن أن يحول الغابة القريبة إلى أرض أسهل أو أكثر ربحًا أو أكثر ضرورة للقطع.

لهذا فإن أقوى فكرة في الدراسة ليست رقمًا واحدًا. إنها التمييز بين الخسارة **المباشرة** والخسارة **المحفَّزة**.

إذا حسبت سلسلة توريد بصمة المنجم فقط، فقد تقلل من تقدير تغير استخدام الأرض الذي يسببه الاستخراج. وإذا توقف تقييم الأثر البيئي عند حدود الامتياز، فقد يفوّت فقدان الغابات الذي يجعل المشروع حدوثه أكثر ترجيحًا. وإذا سُوّق منتج على أنه «نظيف» لأنه يدعم الطاقة المتجددة، فهذا لا يجعل سلسلة مواده نظيفة تلقائيًا.

ما الذي لا تثبته الدراسة؟

- لا تُظهر أن الانتقال الطاقي سيئ. بل تُظهر أن المعادن المستخدمة في البنية التحتية الحديثة، ومنها معادن الانتقال الطاقي، قد تحمل كلفة كبيرة في استخدام الأرض.
- لا تعني أن كل منجم يسبب بالضبط 9.33 هكتارًا من الفقد خارج الموقع لكل هكتار مباشر. هذا تقدير متوسط عبر مجموعة كبيرة من تجمعات المناجم، لا تنبؤ لمشروع محدد.
- لا تثبت أن كل شجرة فُقدت قرب منجم قُطعت بسببه. تستخدم الدراسة تصميمًا شبه تجريبي لتقدير الخسارة الإضافية على مستوى السكان.
- لا تنسب المسؤولية إلى شركات أو تصاريح أو مشترين بعينهم. يتطلب ذلك تتبعًا على مستوى المشروع يتجاوز هذه الدراسة.
- لا تغطي كل آثار التعدين. تلوث المياه، وظروف العمل، وتجزؤ التنوع الحيوي، ونزاعات الحقوق، والتهجير الاجتماعي تقع خارج القياس الرئيسي لفقدان الغابات هنا.
- لا تغطي العالم كله. يركز التحليل على الغابات الكثيفة في أفريقيا جنوب الصحراء.

ما مدى قوة الأدلة؟

بالنسبة إلى تقدير إزالة الغابات المباشرة، فالأدلة قوية على مستوى القارة. تستخدم الدراسة مجموعات بيانات منشورة عن استخدام الأرض والغطاء الحرجي لتحديد فقدان الغابات المرتبط مباشرةً بسمات التعدين.

أما الخسارة الإضافية خارج الموقع، فالأدلة عليها كبيرة أيضًا، لكنها قائمة على نموذج. صُمم الفرق في الفروق لتقدير الآثار السببية من بيانات رصدية، خصوصًا عندما تكون التجارب العشوائية مستحيلة. ويستخدم الباحثون طرقًا حديثة متينة أمام عدم التجانس ويختبرون المتانة بمقدرات بديلة. وهذه ممارسة جيدة.

مع ذلك، ينبغي قراءة النتيجة على المقياس الصحيح. تقدم الدراسة دليلًا قويًا على أن إنشاء المناجم يرتبط بإزالة غابات إضافية تتجاوز بصمة المنجم عبر نظام الدراسة. لكنها ليست «اعترافًا من القمر الصناعي» لكل شجرة على حدة.

لذلك فإن القراءة العامة الأكثر فائدة ليست الذعر ولا الرفض، بل الانضباط في القياس: إذا فتح التعدين مشهدًا طبيعيًا أمام النشاط، فيجب أن ينظر تقييم الأثر أبعد من السياج.

لماذا يهم هذا؟

يمكن لعبارة «طاقة نظيفة» أن تخفي عالمًا ماديًا. الألواح الشمسية والبطاريات وخطوط النقل والمركبات الكهربائية ومراكز البيانات كلها تحتاج إلى مواد مستخرجة من الأرض. وبعض هذه المواد يأتي من مناطق ذات غابات وتنوع حيوي مهمين عالميًا.

هذا لا يجعل إزالة الكربون خطأ. فالبديل — استمرار الاعتماد على الوقود الأحفوري — له هو أيضًا تكاليف هائلة على الأرض والهواء والماء والمناخ. لكنه يعني أن الانتقال يمكن أن يكون أنظف من النظام الأحفوري من دون أن يكون نظيفًا تلقائيًا.

قيمة الدراسة أنها تجعل الجغرافيا المخفية أصعب تجاهلًا. تقول: لا تحسب الحفرة فقط. احسب تغيرات الغابات حولها. احسب الطرق والمزارع والمستوطنات التي تتبع الاستخراج. أدخل إزالة الغابات خارج الموقع في تقييمات الأثر البيئي، وادعاءات عدم الخسارة الصافية، وسلاسل التوريد الخالية من إزالة الغابات.

هذه قصة أنضج من «المعادن الخضراء جيدة» أو «المعادن الخضراء سيئة». بل: للأساس المادي للانتقال عواقب، ويجب أن تكون تلك العواقب مرئية قبل أن تصف سلسلة التوريد نفسها بأنها نظيفة.

الخلاصة الواضحة

حللت دراسة في Nature 16,627 تجمعًا منجميًا في الغابات الكثيفة بأفريقيا جنوب الصحراء بين 2001 و2020. وتقدّر **187,070 هكتارًا** من إزالة الغابات المباشرة بسبب سمات المناجم مثل الحفر وأحواض المخلفات وأكوام النفايات. وباستخدام إطار الفرق في الفروق، يقدّر الباحثون أيضًا إزالة غابات إضافية حول المناجم مقارنةً بالمناطق غير المستغلة: بعد عشر سنوات كانت إزالة الغابات التراكمية **أعلى بـ8 نقاط على مقياس من 0 إلى 100** داخل 1 كم، وبقيت مرتفعة حتى 20 كم. وفي حساب منفصل لخمس سنوات، ارتبط كل هكتار من إزالة الغابات المباشرة بسبب التعدين بمتوسط **9.33 هكتارًا** إضافيًا من فقدان الغابات الكثيفة خارج الموقع، في الغالب من خلال توسع الزراعة والمستوطنات. ساهمت مناجم الكوبالت والنحاس بأكبر إجمالي من إزالة الغابات الإضافية في الدراسة. لا تُظهر النتيجة أن الانتقال الطاقي

سيئ. بل تُظهر أن لسلاسل توريد المعادن تكاليف في استخدام الأرض تمتد إلى ما وراء بصمة المنجم.

مراجعة بلا تهويل

ما الذي تُظهره الدراسة: تسبب التعدين في الغابات الكثيفة بأفريقيا جنوب الصحراء في فقدان مباشر كبير للغابات بين 2001 و2020، وتبع إنشاء المناجم فقدان إضافي للغابات حولها مقارنةً بالمناطق غير المستغلة، ويمكن أن تتجاوز الخسارة خارج الموقع بكثير بصمة المنجم المباشرة، وترتبط بعض معادن الانتقال الطاقي بإجمالي مرتفع من إزالة الغابات الإضافية في هذه البيانات.

ما هو معقول لكنه غير مثبت: أن تكون آثار كثير من المناجم الفردية خارج الموقع أكبر مما توحي به حدود تصاريحها، وأن تقلل تقييمات أثر أكثر صرامة وقواعد أقوى لسلاسل التوريد جزءًا من هذه الخسارة، وأن تكون آثار مشابهة مخفية خارج الموقع مهمة في مناطق تعدين استوائية أخرى.

ما الذي لا تُظهره: أن كل التعدين ضار بالقدر نفسه، أو أن كل حادثة فقدان غابات قريبة سببها منجم محدد، أو أن الانتقال الطاقي سيئ، أو أن شركات أو مشترين بعينهم مسؤولون عن خسائر محددة من دون تتبع على مستوى المشروع، أو أن فقدان الغابات هو التكلفة البيئية أو الاجتماعية الوحيدة المهمة.

القيود الرئيسية: استدلال سببي رصدي لا دليل عشوائي، تقديرات على مستوى القارة لا إسناد على مستوى المشروع، تركيز على الغابات الكثيفة في أفريقيا جنوب الصحراء، واعتماد الآثار المباشرة وخارج الموقع على جودة البيانات وكشف المناجم وافتراضات النموذج.

ما مقدار الثقة المناسب للقارئ العام؟ ثقة عالية بأن إزالة الغابات المباشرة بسبب التعدين في منطقة الدراسة كبيرة. وثقة جيدة بأن إنشاء المناجم مرتبط بفقدان إضافي للغابات خارج الموقع على مستوى السكان. وثقة أقل عند تطبيق متوسط 9:1.33 على أي منجم بعينه. الموقف المناسب: قد تكون سلاسل توريد المعادن ضرورية، ومع ذلك تحتاج إلى محاسبة صادقة تتجاوز الحفرة.

المصادر

(2026) Nature
https://doi.org/10.1038/s41586-026-10551-2

version published — Online Research Rose White
https://eprints.whiterose.ac.uk/id/eprint/241799/

GitHub — code analysis and outputs Processed
https://github.com/OMorton/AFR_MiningForestLoss

Zenodo — dataset land-use Post-deforestation
https://doi.org/10.5281/zenodo.11065705