The Clean Paper

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

Uchimbaji hukata zaidi ya eneo la mgodi — upotevu wa msitu uliofichika karibu na extraction

Utafiti wa Nature wa mine clusters 16,627 katika Afrika Kusini mwa Sahara unaona kwamba mining katika misitu minene ilisababisha karibu hektari 187,000 za direct deforestation kutoka 2001 hadi 2020, lakini simulizi kubwa ni offsite. Ikilinganishwa na maeneo yasiyochimbwa, deforestation ilikuwa pointi 8 juu kwenye scale ya 0 hadi 100 ndani ya 1 km ya mgodi baada ya miaka kumi, na effects ziliendelea hadi 20 km. Kwa wastani, kila hektari iliyokatwa moja kwa moja na mgodi ilihusishwa na hektari 33.9 zaidi za offsite forest loss ndani ya miaka mitano. Hiyo haimaanishi energy transition ni mbaya. Inamaanisha mineral supply chains zina geography, na gharama zake za misitu mara nyingi ni kubwa kuliko shimo.

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: 10.1038/s41586-026-10551-2

Athari haishii kwenye shimo msituni

Mgodi una umbo linaloonekana. Shimo, bwawa la tailings, rundo la mabaki, barabara iliyokatwa msituni. Hizo ndizo alama ambazo satelaiti inaweza kuona na regulator inaweza kuchora mpaka kuzunguka.

Lakini uchimbaji hubadilisha pia ardhi inayouzunguka. Watu huja. Barabara hufanya msitu uwe rahisi kufikika. Makazi hukua. Kilimo hupanuka. Mgodi si kovu tu kwenye ramani; unaweza kuwa kituo kipya cha mvuto.

Makala ya Nature inaweka namba kwenye tofauti hiyo katika Afrika Kusini mwa Sahara. Waandishi wanakadiria ukataji wa misitu unaoendeshwa moja kwa moja na uchimbaji katika misitu minene kutoka 2001 hadi 2020, kisha wanauliza ni kiasi gani cha ziada cha upotevu wa misitu kinaonekana karibu na migodi ikilinganishwa na maeneo yanayofanana ambayo bado hayajachimbwa. Hitimisho lao ni rahisi na lisilopendeza: footprint ya moja kwa moja ya mgodi ni sehemu inayoonekana tu.

Picha ya Landsat yenye rangi asilia inaonyesha makovu ya uchimbaji wa dhahabu wa kiwango kikubwa na artisanal katika ukanda wa dhahabu wa Ashanti nchini Ghana. Utafiti unaojadiliwa hapa unauliza upotevu wa misitu unaohusishwa na uchimbaji unaenea umbali gani nje ya footprint ya mgodi wenyewe.

NASA Earth Observatory / Lauren Dauphin Public domain

Hilo ni matokeo muhimu kwa siasa za hali ya hewa na biodiversity, kwa sababu linaweka mawazo mawili katika frame moja. Miundombinu ya kisasa na energy transition vinahitaji madini. Lakini madini hayatoki mahali pasipo na athari. Swali safi si kama uchimbaji ni mzuri au mbaya katika slogan. Ni kama gharama kamili ya misitu inapimwa kwa uaminifu.

Walichofanya waandishi

Utafiti unaunganisha data za misitu na matumizi ya ardhi za kiwango cha bara na design ya causal inference. Waandishi waliramani **mine clusters 16,627** katika maeneo yenye misitu ya Afrika Kusini mwa Sahara kati ya 2001 na 2020. Walitenganisha aina mbili za upotevu wa misitu.

Ya kwanza ni **moja kwa moja mining-driven deforestation**: ukataji ndani ya footprint ya mgodi wenyewe, ikiwemo mashimo, tailings ponds, spoil heaps, shafts na features nyingine zinazohusishwa moja kwa moja na shughuli za mgodi.

Ya pili ni **offsite deforestation**: upotevu wa msitu karibu na mgodi ambao si shimo lenyewe, lakini unaweza kuchochewa na kuanzishwa kwa mgodi kupitia shughuli za pembeni — kilimo, makazi, barabara na access nyingine.

Ili kukadiria sehemu ya pili, waandishi walitumia difference-in-differences mfumo. Kwa lugha rahisi, walilinganisha upotevu wa msitu karibu na migodi kabla na baada ya uchimbaji kuanza na upotevu karibu na maeneo yanayofanana lakini ambayo bado hayajachimbwa. Kisha waliangalia distance bands zinazozunguka katikati ya mgodi: ndani ya 1 km, 1–5 km, 5–10 km na 10–20 km.

Design hii ni muhimu kwa sababu makala haihesabu tu msitu uliopotea karibu na migodi. Inajaribu kukadiria upotevu wa *ziada* unaoweza kuhusishwa na kuanzishwa kwa mgodi, ikilinganishwa na trend ya counterfactual katika maeneo yasiyochimbwa.

Walichogundua

Upotevu wa moja kwa moja kutoka mining ulikuwa mkubwa. Katika misitu minene ya Afrika Kusini mwa Sahara, waandishi wanakadiria **hektari 187,070** za moja kwa moja mining-induced deforestation kati ya 2001 na 2020. Jamhuri ya Kidemokrasia ya Kongo, Ghana na Côte d'Ivoire kwa pamoja zilihusika na **45%** ya upotevu huo wa moja kwa moja.

Upotevu unaozunguka mgodi ulikuwa mkubwa zaidi kuliko footprint. Baada ya mgodi kuanzishwa, cumulative deforestation ndani ya 1 km ilikuwa **pointi 8 juu kwenye scale ya 0 hadi 100** baada ya miaka kumi ikilinganishwa na maeneo yasiyochimbwa. Hii ni absolute pengo katika deforestation rate, si ongezeko la relative 8%. Athari ilipungua kwa umbali, lakini haikutoweka: baada ya miaka kumi utafiti unakadiria gaps za ziada za pointi 3.6 katika 1–5 km, 1.9 katika 5–10 km, na 1.1 katika 10–20 km.

Namba hizo ni maalum kwa muda. Ni athari za miaka kumi, si losses za mara moja.

Uwiano wa offsite/moja kwa moja ulikuwa mkubwa sana. Katika hesabu tofauti, waandishi wanakadiria kwamba kwa kila hektari iliyokatwa moja kwa moja na footprint ya mgodi, wastani wa **hektari 33.9** zaidi za msitu mnene ulipotea offsite ndani ya miaka mitano. Sehemu kubwa ya upotevu huo wa offsite ilihusishwa na upanuzi wa kilimo uliosababishwa na kuanzishwa kwa mgodi, makazi pia yakiwa muhimu na barabara zikichangia sehemu ndogo zaidi katika mgawanyo wao.

Namba hiyo pia ni maalum kwa muda: ni ratio ya offsite/moja kwa moja ya miaka mitano. Haipaswi kuchanganywa na athari za miaka kumi kwenye scale ya 0–100.

Athari haikuwa sawa kila mahali. Utafiti unaonyesha wasiwasi mkubwa kwa Jamhuri ya Kidemokrasia ya Kongo kwa sababu iliunganisha moja kwa moja mining footprint kubwa na offsite loss kubwa. Nchi nyingine zilikuwa na relative offsite impacts kubwa lakini footprints ndogo zaidi za moja kwa moja. Kwa commodities, migodi ya cobalt na copper — madini muhimu kwa betri, miundombinu ya umeme na energy transition — ilisababisha total additional deforestation kubwa zaidi katika makadirio ya utafiti.

Kwa nini sehemu ya offsite ni muhimu

Environmental assessment mara nyingi huanza na moja kwa moja project boundary. Hilo linaeleweka. Shimo linaonekana, permit ina perimeter, na kampuni inaweza kueleza miundombinu inayopanga kujenga.

Lakini misitu haiitikii mipaka ya kisheria pekee. Inaitikia access na incentives. Mgodi unaweza kuleta barabara, wafanyakazi, pesa, makazi na mahitaji ya chakula. Hilo linaweza kufanya msitu wa karibu kuwa ardhi rahisi zaidi, yenye faida zaidi au inayohitajika zaidi kukatwa.

Ndiyo sababu wazo lenye nguvu zaidi katika makala si namba moja. Ni tofauti kati ya upotevu **wa moja kwa moja** na **uliochochewa**.

Kama supply chain inahesabu footprint ya mgodi pekee, inaweza kuhesabu chini land-use change iliyosababishwa na extraction. Kama environmental impact assessment inaishia kwenye mpaka wa lease, inaweza kukosa forest loss ambayo project inasaidia kuifanya iwezekane. Na kama bidhaa inauzwa kama clean kwa sababu inaunga mkono renewable energy, hilo halifanyi material chain yake kuwa clean moja kwa moja.

Hili halithibitishi nini

- **Halionyeshi kwamba energy transition ni mbaya.** Linaonyesha kwamba madini yanayotumika katika miundombinu ya kisasa, ikiwemo energy-transition minerals, yanaweza kuwa na gharama kubwa za matumizi ya ardhi.
- **Haimaanishi kila mgodi unasababisha hektari 33.9 za offsite loss kwa kila moja kwa moja hectare.** Huo ni average estimate katika seti kubwa ya mine clusters, si prediction kwa project moja maalum.
- **Halithibitishi kwamba kila mti uliopotea karibu na mgodi ulikatwa kwa sababu ya mgodi huo.** Utafiti unatumia quasi-muundo wa majaribio kukadiria additional loss kwa population scale.
- **Haligawi responsibility kwa kampuni, permits au buyers binafsi.** Hilo lingehitaji project-level tracing nje ya makala hii.
- **Halijumuishi athari zote za mining.** Water pollution, labor conditions, biodiversity fragmenta-

tion, rights conflicts na social displacement ziko nje ya kipimo kikuu cha forest loss hapa.
- **Halijumuishi dunia nzima.** Uchambuzi unalenga misitu minene katika Afrika Kusini mwa Sahara.

Ushahidi una nguvu kiasi gani?

Kwa estimate ya moja kwa moja deforestation, ushahidi ni wenye nguvu kwa scale ya bara. Utafiti unatumia hifadhidata zilizochapishwa za land use na forest cover kutambua forest loss inayohusishwa moja kwa moja na mining features.

Kwa additional offsite loss, ushahidi pia una uzito, lakini ni modeli-based. Difference-in-differences imeundwa kukadiria causal athari kutoka observational data, hasa pale randomized experiments haziwezekani. Waandishi wanatumia mbinu mpya zinazostahimili heterogeneity na kujaribu robustness kwa estimators mbadala. Hiyo ni good practice.

Bado, matokeo yasomwe kwa scale sahihi. Makala ni ushahidi wenye nguvu kwamba kuanzishwa kwa mining kunahusishwa na deforestation ya ziada nje ya footprint katika mfumo uliosomwa. Si "confession ya satellite" kutoka kila mti mmoja.

Usomaji bora wa umma si panic wala dismissal. Ni kipimo discipline: mining ikifungua landscape, impact assessment inapaswa kuangalia nje ya fence.

Kwa nini ni muhimu

Kauli "clean energy" inaweza kuficha dunia ya material. Solar panels, batteries, transmission lines, electric vehicles na data centers zote zinahitaji materials zilizochimbwa. Baadhi ya materials hizo hutoka maeneo yenye misitu na biodiversity muhimu kwa dunia.

Hilo halifanyi decarbonization kuwa kosa. Alternative — kuendelea kutegemea fossil fuels — ina gharama zake kubwa za land, air, water na climate. Lakini ina maana transition inaweza kuwa clean kuliko fossil mfumo bila kuwa clean by default.

Thamani ya makala hii ni kwamba inafanya geography iliyofichika kuwa ngumu kupuuza. Inasema: usihesabu shimo pekee. Hesabu mabadiliko ya misitu karibu na shimo. Hesabu barabara, mashamba na makazi yanayofuata extraction. Weka offsite deforestation ndani ya environmental impact assessments, no-net-loss madai na zero-deforestation supply chains.

Hiyo ni simulizi la watu wazima zaidi kuliko "green minerals ni nzuri" au "green minerals ni mbaya." Ni: msingi wa material wa transition una consequences, na consequences hizo zinahitaji kuonekana kabla supply chain haijijiita clean.

Muhtasari safi

Utafiti wa Nature ulichambua mine clusters 16,627 katika misitu minene kote Afrika Kusini mwa Sahara kutoka 2001 hadi 2020. Unakadiria **hektari 187,070** za moja kwa moja mining-driven deforestation kutoka features kama pits, tailings ponds na spoil heaps. Kwa kutumia difference-in-differences mfumo, waandishi pia wanakadiria additional deforestation karibu na migodi ikilinganishwa na maeneo yasiyochimbwa: baada ya miaka kumi, cumulative deforestation ilikuwa **pointi 8 juu kwenye scale ya 0 hadi 100** ndani ya 1 km na iliendelea kuwa juu hadi 20 km. Katika hesabu tofauti ya miaka mitano, kila hektari ya moja kwa moja mining deforestation ilihusishwa kwa wastani na **hektari 33.9** za additional offsite dense-forest loss, hasa kupitia agricultural expansion na settlements. Migodi ya cobalt na copper ilichangia total additional deforestation kubwa zaidi katika utafiti. Matokeo hayaonyeshi kwamba energy transition ni mbaya. Yanaonyesha kwamba mineral supply chains zina land-use gharama zinazoenda zaidi ya footprint ya mgodi.

Ukaguzi bila kupamba

Makala inaonyesha nini: Mining katika misitu minene ya Afrika Kusini mwa Sahara ilisababisha moja kwa moja forest loss kubwa kutoka 2001 hadi 2020; kuanzishwa kwa migodi kulifuatiwa na additional deforestation karibu na migodi ikilinganishwa na maeneo yasiyochimbwa; offsite loss inaweza kuzidi moja kwa moja mine footprint kwa kiwango kikubwa; na baadhi ya energy-transition minerals zinahusishwa na total additional deforestation kubwa katika hifadhidata hii.

Kinachowezekana lakini hakijathibitishwa: Kwamba migodi mingi binafsi ina offsite impacts kubwa kuliko permit footprints zake zinavyoonyesha; kwamba environmental impact assessments na supply-chain rules kali zaidi zinaweza kupunguza sehemu ya loss hii; kwamba hidden offsite athari zinazofanana zinaweza kuwa muhimu katika tropical mining regions nyingine.

Isichoonyeshwa: Kwamba mining yote ina damage sawa; kwamba kila forest-loss event ya karibu inasababishwa na mgodi maalum; kwamba energy transition ni mbaya; kwamba kampuni au buyers binafsi wanawajibika kwa losses maalum bila project-level tracing; au kwamba forest loss ndiyo environmental/social gharama pekee yenye maana.

Vikwazo vikuu: Observational causal inference badala ya randomized ushahidi; continent-scale estimates badala ya project-level attribution; focus kwenye dense forests za Afrika Kusini mwa Sahara; moja kwa moja na offsite athari hutegemea data quality, mine detection na modeli dhana.

Msomaji wa kawaida anapaswa kuwa na uhakika kiasi gani? Uhakika mkubwa kwamba moja kwa moja mining deforestation katika eneo la utafiti ni kubwa. Ushahidi mzuri kwamba kuanzishwa kwa mining kunahusishwa na additional offsite deforestation kwa population scale. Uhakika mdogo zaidi kwa kutumia average ratio ya 33.9:1 kwa mgodi mmoja. Msimamo unaofaa: mineral supply chains zinaweza kuwa muhimu na bado zikahitaji accounting ya uaminifu nje ya shimo.

Vyanzo

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

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

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

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