The Clean Paper

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

Kaevandamine raiub rohkem kui kaevanduse enda ala — varjatud metsakadu ümberkaudsel maastikul

Nature'i uuring 16 627 kaevandusklastri kohta Sahara-taguses Aafrikas leidis, et kaevandamine põhjustas tihedates metsades aastatel 2001–2020 umbes 187 000 hektarit otsest raadamist, kuid suurem lugu on väljaspool kaevandust. Võrreldes kaevandamata aladega oli kümne aasta järel raadamine 1 km raadiuses kaevandusest 8 punkti kõrgem skaalal 0–100 ning mõju ulatus kuni 20 km kaugusele. Keskmiselt seostus ühe otseselt raadatud hektariga viie aasta jooksul 33,9 hektarit täiendavat metsakadu väljaspool kaevandust. See ei tähenda, et energiapööre on halb. See tähendab, et mineraalide tarneahelatel on geograafia ja nende metsakulud on sageli suuremad kui karjäär ise.

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

Jälg pole ainult auk metsas

Kaevandusel on ilmne kuju. Karjäär, rikastusjäätmete tiik, aherainemägi, metsa lõigatud tee. Need on jäljed, mida satelliit näeb ja mille ümber regulaator saab piiri tõmmata.

Kuid kaevandamine muudab ka ümbritsevat maad. Inimesed saabuvad. Teed teevad metsa kättesaadavamaks. Asulad kasvavad. Põllumajandus laieneb. Kaevandus ei ole lihtsalt arm kaardil; sellest võib saada uus tõmbekeskus.

Nature'i artikkel paneb sellele erinevusele numbrid kogu Sahara-taguses Aafrikas. Autorid hindavad tihedates metsades 2001.–2020. aastal kaevandamisest otseselt põhjustatud raadamist ning küsivad seejärel, kui palju lisametsakadu ilmub kaevanduste ümber võrreldes sarnaste paikadega, mida polnud veel kaevandama hakatud. Järeldus on lihtne ja ebamugav: otsene kaevanduse jalajälg on ainult nähtav osa.

Landsati loomulikes värvides satelliidipilt näitab Ghana Ashanti kullavööndis suur- ja väikesemahulise kullakaevandamise arme. Siin käsitletav uuring küsib, kui kaugele ulatub kaevandamisega seotud metsakadu kaevanduse enda jalajäljest.

NASA Earth Observatory / Lauren Dauphin Public domain

See on kliima- ja elurikkuse poliitika jaoks kasulik tulemus, sest hoiab ühes kaadris kaht mõtet. Kaasaegne infrastruktuur ja energiapööre vajavad maavarasid. Kuid maavarad ei tule eikusagilt. Puhas küsimus pole loosunglik „kas kaevandamine on hea või halb“, vaid kas kogu metsakulu mõõdetakse ausalt.

Mida autorid tegid

Uuring ühendab kogu kontinenti katvad metsa- ja maakasutusandmed põhjusliku järeldamise meetodiga. Autorid kaardistasid Sahara-taguse Aafrika metsaaladel aastatel 2001–2020 **16 627 kaevandusklastrit**. Nad eristasid kahte liiki metsakadu.

Esimene on **otsene kaevandamisest tingitud raadamine**: metsa eemaldamine kaevanduse enda jalajälje sees, sealhulgas karjäärid, jäätmetiigid, aherainemäed, šahtid ja muud vahetult kaevandamisega seotud rajatised.

Teine on **kaevandusest väljaspool toimuv raadamine**: metsa kadu kaevanduse ümber, mis pole ise karjäär, kuid mille võib kaevanduse rajamine käivitada kõrvaltegevuste kaudu — põllumajandus, asulad, teed ja muu ligipääs.

Teise osa hindamiseks kasutasid autorid *difference-in-differences* ehk erinevuste erinevuse raamistikku. Lihtsas keeles võrdlesid nad metsakadu kaevanduste ümber enne ja pärast kaevandamise algust metsakaoga sarnastes paikades, mida polnud veel kaevandatud. Seejärel vaadati kontsentrilisi kaugusvööndeid kaevanduse keskpunktist: kuni 1 km, 1–5 km, 5–10 km ja 10–20 km.

See uurimisdisain on oluline, sest artikkel ei loenda lihtsalt metsakadu kaevanduste lähedal. See püüab hinnata lisakadu, mida saab seostada kaevanduse rajamisega võrreldes vastandstsenaariumi trendiga kaevandamata aladel.

Mida nad leidsid

Otsene kaevanduskadu oli suur. Sahara-taguse Aafrika tihedates metsades hindavad autorid aastatel 2001–2020 otseselt kaevandamisest põhjustatud raadamiseks **187 070 hektarit**. Kongo Demokraatlik Vabariik, Ghana ja Côte d'Ivoire andsid kokku **45%** sellest otsesest kaost.

Ümbritsev metsakadu oli suurem kui jalajälg ise. Kümme aastat pärast kaevanduse rajamist oli kumulatiivne raadamine 1 km raadiuses võrreldes kaevandamata aladega **8 punkti kõrgem skaalal 0–100**. See on raadamismäära absoluutne vahe, mitte 8% suhteline kasv. Mõju nõrgenes kaugusega, kuid ei kadunud: kümne aasta järel hindab uuring lisavaheks 3,6 punkti kaugusel 1–5 km, 1,9 punkti 5–10 km ja 1,1 punkti 10–20 km.

Need arvud on ajaspetsiifilised. Need on kümne aasta mõjud, mitte vahetu metsakadu.

Kaevandusest väljaspool toimuva ja otsese kao suhe oli silmatorkav. Eraldi arvutuses hindavad autorid, et iga kaevanduse jalajälje sees otseselt raadatud hektari kohta kadus viie aasta jooksul kaevandusest väljaspool veel **33,9 hektarit** tihedat metsa. Suurem osa sellest lisakaost seostati kaevanduse rajamisest käivitunud põllumajanduse laienemisega; oluline oli ka asulate kasv ning teed moodustasid nende jaotuses väiksema osa.

Ka see arv on ajaspetsiifiline: tegemist on viie aasta kaevandusest-väljas/otsese kao suhtega. Seda ei tohi segada kümne aasta 0–100 skaala efektidega.

Mõju ei olnud kõikjal sama. Uuring tõstab eriti esile Kongo Demokraatliku Vabariigi, sest seal kombineerusid suur otsene kaevandusjalajälg ja suur lisakadu väljaspool kaevandusi. Mõnes teises riigis olid suhtelised välismõjud suured, kuid otsene jalajälg väiksem. Kaevandatavate ainete järgi põhjustasid uuringu hinnangutes kõige suurema kogu lisaraadamise koobalti- ja vasekaevandused — metallid, mis on keskse tähtsusega akudes, elektritaristus ja energiapöördes.

Miks kaevandusest väljaspool toimuv osa oluline on

Keskkonnamõju hindamine algab sageli projekti otsesest piirist. See on arusaadav. Karjäär on nähtav, loal on perimeeter ja ettevõte saab kirjeldada infrastruktuuri, mida ta plaanib ehitada.

Kuid metsad ei reageeri ainult juriidilistele piiridele. Nad reageerivad ligipääsule ja stiimulitele. Kaevandus võib tuua teid, töötajaid, raha, asulaid ja toidunõudlust. See võib muuta lähedal asuva metsa lihtsamaks, kasumlikumaks või vajalikumaks raadada.

Seetõttu pole artikli tugevaim idee üksainus number. See on eristus **otsese** ja **käivitatud** kao vahel.

Kui tarneahel loendab ainult kaevanduse jalajälge, võib see kaevandamise põhjustatud maakasutuse muutust tugevalt alahinnata. Kui keskkonnamõju hindamine lõpeb rendiala piiril, võib see jätta märkamata metsakao, mida projekt aitab tõenäoliseks teha. Ja kui toodet turustatakse „puhtana“, sest see toetab taastuvenergiat, ei muuda see selle materjalset tarneahelat automaatselt puhtaks.

Mida see *ei* tõesta

- See **ei** näita, et energiapööre on halb. See näitab, et kaasaegses infrastruktuuris, sealhulgas energiapöördes kasutatavate mineraalide tootmisel võivad olla suured maakasutuskulud.
- See **ei** tähenda, et iga kaevandus põhjustab täpselt 33,9 hektarit välismetsakadu ühe otseselt raadatud hektari kohta. See on suure kaevandusklastrite hulga keskmine hinnang, mitte prognoos konkreetsele projektile.
- See **ei** tõesta, et iga kaevanduse lähedal kaotatud puu raiuti selle kaevanduse tõttu. Uuring kasutab kvaasieksperimentaalset disaini, et hinnata lisakadu populatsiooni tasandil.
- See **ei** määra vastutust üksikutele ettevõtetele, lubadele või ostjatele. Selleks oleks vaja projektitasandi jälitamist, mida see artikkel ei tee.
- See **ei** kata kõiki kaevandamise mõjusid. Veereostus, töötingimused, elupaikade killustumine, õiguste konfliktid ja inimeste ümberasustamine jäävad põhifookusest välja.
- See **ei** hõlma kogu maailma. Analüüs keskendub Sahara-taguse Aafrika tihedatele metsadele.

Kui tugev on tõendus?

Otsese raadamise hinnangu kohta on tõendus kontinendi mõõtkavas tugev. Uuring kasutab avaldatud maakasutuse ja metsakatte andmestikke, et tuvastada kaevandusrajatistega vahetult seotud metsakadu.

Ka täiendava välismetsakao tõendus on märkimisväärne, kuid mudelipõhine. Difference-in-differences on mõeldud põhjuslike mõjude hindamiseks vaatlusandmetest, eriti siis, kui juhuslikustatud katsed pole võimalikud. Autorid kasutavad tänapäevaseid heterogeensuse suhtes robustseid meetodeid ja kontrollivad tulemusi alternatiivsete hindajatega. See on hea praktika.

Tulemust tuleb siiski lugeda õigel skaalal. Artikkel annab tugevat tõendust, et kaevanduse rajamisega seostub kogu uuritud süsteemis täiendav raadamine väljaspool kaevanduse jalajälge. See pole satelliidilt saadud ülestunnistus iga üksiku puu kohta.

Kõige kasulikum avalik tõlgendus pole seega paanika ega mahakandmine. See on mõõtmisdistsipliin: kui kaevandus avab maastiku, peab mõjuhinnang vaatama aiast kaugemale.

Miks see oluline on

Väljend „puhas energia“ võib peita väga materiaalse maailma. Päikesepaneelid, akud, elektrivõrgud, elektriautod ja andmekeskused vajavad kõik kaevandatud materjale. Osa neist materjalidest tuleb paikadest, kus asuvad globaalselt tähtsad metsad ja elurikkus.

See ei tee süsinikuheite vähendamist veaks. Alternatiiv — fossiilkütustesõltuvuse jätkamine — kannab oma tohutuid maa-, õhu-, vee- ja kliimakulusid. Kuid see tähendab, et üleminek võib olla fossiilsüsteemist puhtam ja samas mitte automaatselt „puhas“.

Selle artikli väärtus on, et see muudab varjatud geograafia raskemini eiratavaks. Sõnum on: ärge loendage ainult karjääri. Loendage ka metsa muutused selle ümber. Loendage teed, põllud ja asulad, mis kaevandamisele järgnevad. Lisage kaevandusest väljaspool toimuv raadamine keskkonnamõju hindamisse, netokao-vabaduse väidetesse ja raadamisvabadesse tarneahelatesse.

See on täiskasvanulikum lugu kui „rohelised mineraalid on head“ või „rohelised mineraalid on halvad“. See on: ülemineku materiaalne alus toob tagajärgi ning need tagajärjed peavad olema nähtavad enne, kui tarneahel end puhtaks nimetab.

Lühidalt

Nature’i uuring analüüsis 16 627 kaevandusklastrit Sahara-taguse Aafrika tihedates metsades aastatel 2001–2020. Autorid hindavad kaevandusrajatiste — näiteks karjääride, jäätmetiikide ja aherainemägede — otseseks raadamismõjuks **187 070 hektarit**. Difference-in-differences raamistikuga

hindasid nad ka täiendavat metsakadu kaevanduste ümber võrreldes kaevandamata aladega: kümne aasta pärast oli kumulatiivne raadamine 1 km raadiuses **8 punkti kõrgem skaalal 0–100** ja mõju püsis kuni 20 km kaugusel. Eraldi viie aasta arvutuses seostus iga otseselt kaevandamise tõttu raadatud hektariga keskmiselt **33,9 hektarit** täiendavat tiheda metsa kadu kaevandusest väljaspool, peamiselt põllumajanduse ja asulate laienemise kaudu. Koobalti ja vase kaevandused andsid uuringus suurima kogu lisaraadamise. Tulemus ei näita, et energiapööre on halb. See näitab, et mineraalide tarneahelatel on maakasutuskulud, mis ulatuvad kaevanduse jalajäljest palju kaugemale.

Ilma liialdusteta

Mida artikkel näitab: Kaevandamine põhjustas Sahara-taguse Aafrika tihedates metsades aastatel 2001–2020 märkimisväärset otsest metsakadu; kaevanduse rajamisele järgnes lisaraadamine kaevanduste ümber võrreldes kaevandamata aladega; välismetsakadu võib otsest kaevandusjalajälge tugevalt ületada; ning mõned energiapöördemineraalid seostuvad selles andmestikus suure kogu lisaraadamisega.

Mis on usutav, kuid tõestamata: Et paljudel üksikutel kaevandustel on suuremad välismõjud, kui nende loapiirid näitavad; et rangemad mõjuhinnangud ja tarneahelareeglid võiksid osa sellest kaost vähendada; et sarnased varjatud välismõjud võivad olla tähtsad ka teistes troopilistes kaevanduspiirkondades.

Mida see ei näita: Et kogu kaevandamine on võrdselt kahjustav; et iga lähedal toimunud metsakadu põhjustas konkreetne kaevandus; et energiapööre on halb; et konkreetne ettevõte või ostja vastutab konkreetse kao eest ilma projektitasandi jälituseta; või et metsakadu on ainus oluline keskkonna- või sotsiaalkulu.

Peamised piirangud: Vaatlusandmetel põhinev põhjuslik järeldamine, mitte juhuslikustatud tõendus; kontinendi tasandi hinnangud, mitte projektipõhine omistamine; fookus Sahara-taguse Aafrika tihedatel metsadel; otsesed ja välismõjud sõltuvad andmete kvaliteedist, kaevanduste tuvastamisest ja mudelieeldustest.

Kui kindel võib tavalugeja olla? Kõrge kindlus, et otsene kaevandusraadamine uuritud piirkonnas on märkimisväärne. Hea kindlus, et kaevanduste rajamisega seostub populatsiooni tasandil täiendav metsakadu väljaspool jalajälge. Madalam kindlus 33,9:1 keskmise suhte rakendamisel üksikule kaevandusele. Sobiv hoiak: mineraalide tarneahelad võivad olla vajalikud ja vajada ikkagi ausat arvestust karjäärist kaugemal.

Allikad

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