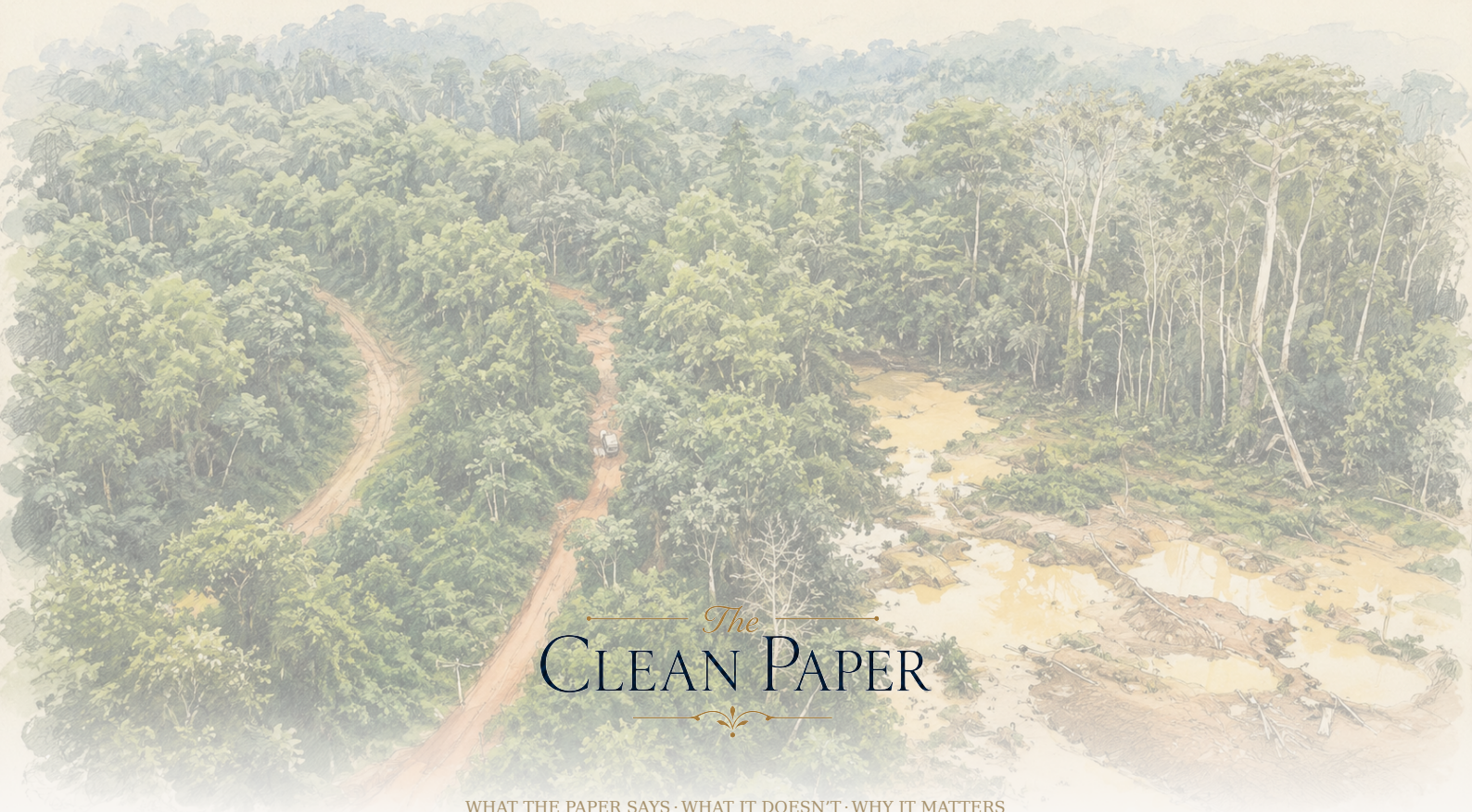




The CLEAN PAPER

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

Հանքարդյունաբերությունը մաքրում է ոչ միայն հանքը՝ արդյունահանման շուրջ թաքնված անտառային կորուստը

Nature-ի ուսումնասիրությունը Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի 16,627 հանքային cluster-ների տվյալներով գտնում է, որ խիտ անտառներում հանքարդյունաբերությունը 2001-2020 թվականներին մոտ 187,000 hectare ուղիղ անտառահատում է առաջացրել, բայց ավելի մեծ պատմությունը footprint-ից դուրս է: Չհանքայնացված տարածքների համեմատ տասը տարի անց հանքի 1 km-ի ներսում անտառահատումը 0-100 սանդղակով 8 կետով ավելի բարձր էր, իսկ ազդեցությունը պահպանվում էր մինչև 20 km: Միջին հաշվով հանքի կողմից ուղղակիորեն մաքրված յուրաքանչյուր hectare-ի հետ հինգ տարվա ընթացքում կապվել է 33.9 լրացուցիչ hectare offsite անտառային կորուստ: Մա չի նշանակում, որ էներգետիկ անցումը վատ է: Դա նշանակում է, որ հանքանյութերի supply chain-ներն ունեն աշխարհագրություն, և դրանց անտառային արժեքը հաճախ շատ ավելի մեծ է, քան փոսը:

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 Dégný Valé, Ieuan Lamb, Victor Maus, Robert G. Bryant, and David P. Edwards, *Nature* (2026) · DOI: 10.1038/s41586-026-10551-2

Հետքը միայն անտառի մեջ փոքրված փոսը չէ

Հանքը տեսանելի ձև ունի. փոս, tailings pond, թափոնների կույտ, անտառի միջով անցկացված ճանապարհ: Սրանք այն հետքերն են, որոնք արբանյակը տեսնում է, իսկ կարգավորող մարմինը կարող է գծով սահմանել:

Բայց արդյունահանումը փոխում է նաև շրջակա հողը: Մարդիկ են գալիս: Ճանապարհները անտառը ավելի հասանելի են դարձնում: Բնակավայրերը մեծանում են: Գյուղատնտեսությունն ընդարձակվում է: Հանքը քարտեզի վրա պարզապես սպի չէ. այն կարող է դառնալ նոր ձգողական կենտրոն:

Nature-ում հրապարակված մի հոդված թվերով չափում է այս տարբերությունը Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի մասշտաբով: Հեղինակները գնահատում են 2001-2020 թվականներին խիտ անտառներում հանքարդյունաբերությամբ անմիջականորեն պայմանավորված անտառահատումը, ապա հարցնում՝ հանքերի շուրջ որքան լրացուցիչ անտառ է կորչում համեմատելի այն վայրերի հետ, որտեղ հանքարդյունաբերությունը դեռ չէր սկսվել: Եզրակացությունը պարզ է և անհարմար. հանքի ուղիղ footprint-ը միայն տեսանելի մասն է:



Բնական գույներով Landsat պատկերը ցույց է տալիս լայնածավալ և artisanal ոսկու արդյունահանման հետքերը Գանայի Ashanti gold belt-ում: Այստեղ քննարկվող ուսումնասիրությունը հարցնում է՝ հանքարդյունաբերության հետ կապված անտառային կորուստը որքան հեռու է տարածվում հենց հանքի footprint-ից դուրս:

NASA Earth Observatory / Lauren Dauphin Public domain

Մա օգտակար արդյունք է կլիմայական և կենսաբազմազանության քաղաքականության համար, որովհետև նույն շրջանակում պահում է երկու միտք: Ժամանակակից ենթակառուցվածքն ու էներգետիկ անցումը հանքանյութեր են պահանջում: Բայց հանքանյութերը ոչնչից չեն առաջանում: Մաքուր հարցը «հանքարդյունաբերությունը լավ է, թե վատ» կարգախոսը չէ: Հարցն այն է՝ անտառային ամբողջ արժեքը արդյո՞ք ազնվորեն չափվում է:

Ինչ արեցին հեղինակները

Ուսումնասիրությունը միավորում է մայրցամաքային մասշտաբի անտառային և հողօգտագործման տվյալները պատճառական եզրակացությունի դիզայնի հետ: Հեղինակները 2001-2020 թվականներին Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի անտառապատ տարածքներում քարտեզագրել են **16,627 հանքային կլաստեր**: Նրանք առանձնացրել են անտառային կորստի երկու տեսակ:

Առաջինը **հանքարդյունաբերությամբ անմիջականորեն պայմանավորված անտառահատումն** է՝ մաքրումը հենց հանքի footprint-ի ներսում, ներառյալ փոսերը, tailings pond-երը, թափոնների կույտերը, հորանները և հանքային գործունեության հետ ուղիղ կապված այլ կառույցներ:

Երկրորդը **հանքից դուրս անտառահատումն** է՝ հանքի շուրջ անտառային կորուստը, որը ինքնին հանքային փոս չէ, բայց կարող է հրահրվել հանքի ստեղծմամբ՝ գյուղատնտեսության, բնակավայրերի, ճանապարհների և այլ հասանելիության աճի միջոցով:

Երկրորդ մասը գնահատելու համար հեղինակներն օգտագործել են difference-in-differences շրջանակ: Պարզ ասած՝ նրանք համեմատել են հանքի շուրջ անտառային կորուստը հանքարդյունաբերության մեկնարկից առաջ և հետո՝ նման, բայց դեռ չհանքայնացված տարածքների միտումների հետ: Այնուհետև դիտել են հանքի կենտրոնից համակենտրոն հեռավորություններ՝ 1 km-ի ներսում, 1-5 km, 5-10 km և 10-20 km:

Այս դիզայնը կարևոր է, որովհետև հոդվածը պարզապես չի հաշվում հանքերի մոտ կորած անտառը: Այն փորձում է գնահատել **լրացուցիչ** կորուստը, որը կարող է վերագրվել հանքի ստեղծմանը՝ համեմատած չհանքայնացված տարածքների counterfactual միտման հետ:

Ինչ գտան

Ուղիղ հանքային կորուստը մեծ էր: Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի խիտ անտառներում հեղինակները 2001-2020 թվականներին գնահատում են **187,070 hectare** հանքարդյունաբերությամբ ուղղակիորեն պայմանավորված անտառահատում: Կոնգոյի Դեմոկրատական Հանրապետությունը, Գանան և Կոտ դ'Իվուարը միասին կազմել են այդ ուղիղ կորստի **45%-ը**:

Շրջակա կորուստը ավելի մեծ էր, քան footprint-ը: Հանքի ստեղծումից տասը տարի անց 1 km-ի ներսում կուտակային անտառահատումը չհանքայնացված տարածքների համեմատ **0-ից 100 սանդղակով 8 կետով ավելի բարձր** էր: Սա անտառահատման մակարդակի բացարձակ տարբերություն է, ոչ 8% հարաբերական աճ: Ազդեցությունը հեռավորության հետ թուլացել է, բայց չի վերացել. տասը տարի անց ուսումնասիրությունը գնահատում է լրացուցիչ 3.6 կետ՝ 1-5 km-ում, 1.9 կետ՝

5-10 km-ում և 1.1 կետ՝ 10-20 km-ում:

Այս թվերը ժամանակային են. դրանք **տասը տարվա ազդեցություններ** են, ոչ անմիջական կորուստներ:

Offsite/ուղղակի հարաբերակցությունը շատ մեծ է: Առանձին հաշվարկում հեղինակները գնահատել են, որ հանքի footprint-ով ուղղակիորեն մաքրված յուրաքանչյուր մեկ hectare-ի դիմաց հինգ տարվա ընթացքում հանքից դուրս կորել է լրացուցիչ **33.9 hectare** խիտ անտառ: Այդ լրացուցիչ offsite կորստի մեծ մասը կապվել է հանքի ստեղծմամբ հրահրված գյուղատնտեսական ընդլայնման հետ, բնակավայրերի աճը նույնպես կարևոր է եղել, իսկ ճանապարհները՝ համեմատաբար փոքր բաժին:

Այս թիվն էլ ժամանակային է. դա **հինգ տարվա offsite/ուղղակի հարաբերակցություն** է: Այն չպետք է խառնել տասը տարվա 0-100 սանդղակի ազդեցությունների հետ:

Ազդեցությունը ամենուր նույնը չէ: Հոդվածը հատկապես մտահոգիչ պատկեր է նկարագրում Կոնգոյի Դեմոկրատական Հանրապետության համար, քանի որ այնտեղ համադրվել են մեծ ուղիղ հանքային footprint-ը և մեծ լրացուցիչ offsite կորուստը: Մյուս երկրներում հարաբերական offsite ազդեցությունը բարձր է եղել, բայց ուղիղ footprint-ները ավելի փոքր: Հանքանյութերի մակարդակում կոբալտ և պղինձ արդյունահանող հանքերը՝ մարտկոցների, էլեկտրական ենթակառուցվածքի և էներգետիկ անցման համար առանցքային հանքանյութեր, ուսումնասիրության գնահատականներում առաջացրել են ամենամեծ ընդհանուր լրացուցիչ անտառահատումը:

Ինչու է հանքից դուրս մասը կարևոր

Բնապահպանական գնահատումը հաճախ սկսվում է ծրագրի ուղիղ սահմաններից: Դա հասկանալի է: Փոքր տեսանելի է, թույլտվությունն ունի perimeter, իսկ ընկերությունը կարող է նկարագրել իր կառուցելիք ենթակառուցվածքը:

Բայց անտառները իրավական սահմաններին չեն արձագանքում: Դրանք արձագանքում են հասանելիությանը և խթաններին: Հանքը կարող է բերել ճանապարհներ, աշխատողներ, փող, բնակավայրեր և սննդի պահանջարկ: Այդ ամենը կարող է շրջակա անտառը դարձնել ավելի հեշտ, ավելի շահավետ կամ ավելի անհրաժեշտ մաքրելու համար:

Հենց դրա համար հոդվածի ամենաուժեղ գաղափարը ոչ թե մեկ թիվ է, այլ **ուղիղ և հրահրված** կորստի տարբերակումը:

Եթե մատակարարման շղթան հաշվում է միայն հանքի footprint-ը, կարող է թերագնահատել արդյունահանմամբ պայմանավորված հոդօգտագործման փոփոխությունը: Եթե environmental հարված assessment-ը կանգ է առնում lease-ի սահմանին, կարող է բաց թողնել այն անտառային կորուստը, որը ծրագիրը ավելի հավանական է դարձնում: Եվ եթե որևէ արտադրանք «մաքուր» է ներկայացվում, որովհետև այն ծառայում է renewable էներգիային, դա ինքնաբերաբար չի դարձնում դրա նյութական մատակարարման շղթան մաքուր:

Ինչ սա չի ապացուցում

- Սա **չի ցույց տալիս, որ Էներգետիկ անցումը վատ է**: Այն ցույց է տալիս, որ ժամանակակից ենթակառուցվածքում, ներառյալ Էներգետիկ անցման մեջ, օգտագործվող հանքանյութերը կարող են մեծ հողօգտագործման արժեք ունենալ:
- Սա **չի նշանակում, որ յուրաքանչյուր հանք ուղիղ մաքրված մեկ hectare-ի դիմաց ճիշտ 33.9 hectare offsite կորուստ է առաջացնում**: Դա հանքային կլաստերների մեծ հավաքածուի միջին գնահատական է, ոչ մեկ կոնկրետ ծրագրի կանխատեսում:
- Սա **չի ապացուցում, որ հանքի մոտ կորած յուրաքանչյուր ծառ հենց այդ հանքի պատճառով է կտրվել**: Ուսումնասիրությունը quasi-փորձարարական դիզայնով գնահատում է լրացուցիչ կորուստը պոպուլյացիա սանդղակում:
- Սա **պատասխանատվություն չի վերագրում առանձին ընկերություններին, թույլտվություններին կամ գնորդներին**: Դրա համար պետք կլինեք project-մակարդակ tracing, որը այս հոդվածի շրջանակից դուրս է:
- Սա **չի ընդգրկում հանքարդյունաբերության բոլոր ազդեցությունները**: Ջրի աղտոտումը, աշխատանքային պայմանները, կենսաբազմազանության fragmentation-ը, իրավունքների հակամարտությունները և սոցիալական տեղահանումը այստեղի հիմնական անտառային չափումների շրջանակից դուրս են:
- Սա **ամբողջ աշխարհը չի ընդգրկում**: Վերլուծությունը կենտրոնացած է Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի խիտ անտառների վրա:

Որքանո՞վ է ուժեղ ապացույցը

Ուղիղ անտառահատման գնահատականի համար ապացույցը մայրցամաքային մասշտաբով ուժեղ է: Ուսումնասիրությունն օգտագործում է հրապարակված ցամաքօգտագործել և անտառ-cover տվյալների հավաքածուներ՝ հանքային հատկանիշների հետ ուղղակիորեն կապված անտառային կորուստը նույնականացնելու համար:

Լրացուցիչ offsite կորստի համար ապացույցը նույնպես ծանրակշիռ է, բայց մոդելի վրա հիմնված: Difference-in-differences-ը նախատեսված է դիտողական տվյալներից պատճառական ազդեցություններ գնահատելու համար, հատկապես երբ պատահականացված experiment անհնար է: Հեղինակներն օգտագործում են heterogeneity-կայուն նոր մեթոդներ և կայունությունը ստուգում այլ estimator-ներով: Սա լավ մեթոդական պրակտիկա է:

Այնուամենայնիվ արդյունքը պետք է կարդալ ճիշտ մասշտաբով: Հոդվածը ուժեղ ապացույց է, որ ուսումնասիրության համակարգում հանքի ստեղծումը պոպուլյացիա սանդղակում կապված է footprint-ից դուրս լրացուցիչ անտառահատման հետ: Այն յուրաքանչյուր առանձին ծառից ստացված «արբանյակային խոստովանություն» չէ:

Ուստի հանքային ամենաօգտակար ընթերցումը ոչ խուճապն է, ոչ անտեսումը: Դա չափման կարգապահությունն է. եթե հանքարդյունաբերությունը բացում է

լանդշաֆտը, ազդեցության գնահատումը պետք է նայի նաև ցանկապատից դուրս:

Ինչու է սա կարևոր

«Մաքուր Էներգիա» արտահայտությունը կարող է թաքցնել նյութական աշխարհը: Արևային վահանակները, մարտկոցները, փոխանցման գծերը, էլեկտրական մեքենաները և տվյալների center-ները բոլորն էլ արդյունահանվող նյութեր են պահանջում: Այդ նյութերի մի մասը գալիս է գլոբալ կարևոր անտառներով և կենսաբազմազանությամբ վայրերից:

Սա չի նշանակում, որ decarbonization-ը սխալ է: Այլընտրանքը՝ բրածո fuel-ներից շարունակական կախվածությունը, ունի իր հսկայական հողային, օդային, ջրային և կլիմայական արժեքները: Բայց սա նշանակում է, որ անցումը կարող է բրածո համակարգից ավելի մաքուր լինել և միևնույն ժամանակ ինքնաբերաբար «մաքուր» չլինել:

Այս հոդվածի արժեքն այն է, որ թաքնված աշխարհագրությունը ավելի դժվար է դարձնում անտեսելը: Այն ասում է՝ միայն փոքր մի հաշվեք: Հաշվեք նաև փոսի շուրջ անտառային փոփոխությունները: Հաշվեք ճանապարհները, գյուղատնտեսական տարածքները և բնակավայրերը, որոնք հետևում են արդյունահանմանը: Offsite անտառահատումը ներառեք environmental հարված assessment-ներում, no-net-կորուստ պնդումներում և zero-deforestation մատակարարում շղթաներում:

Սա ավելի հասուն պատմությունն է, քան «կանաչ հանքանյութերը լավ են» կամ «կանաչ հանքանյութերը վատ են»: Ավելի ճիշտ ձևակերպումն է՝ անցման նյութական հիմքը հետևանքներ ունի, և այդ հետևանքները պետք է տեսանելի լինեն մինչև մատակարարման շղթան իրեն «մաքուր» անվանի:

Կարճ ամփոփում

Nature-ի ուսումնասիրությունը 2001–2020 թվականներին վերլուծել է Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի խիտ անտառներում գտնվող 16,627 հանքային կլաստեր: Այն գնահատում է **187,070 hectare** հանքարդյունաբերությամբ ուղղակիորեն պայմանավորված անտառահատում՝ փոսերից, tailings pond-երից, թափոնների կույտերից և այլ հանքային կառույցներից: Difference-in-differences շրջանակով հեղինակները նաև գնահատել են հանքերի շուրջ լրացուցիչ անտառահատումը՝ չհանքայնացված տարածքների համեմատ. տասը տարի անց 1 km-ի ներսում կուտակային անտառահատումը **0-100 սանդղակով 8 կետով ավելի բարձր** էր և բարձր մնաց մինչև 20 km: Առանձին հինգ տարվա հաշվարկում ուղիղ հանքային անտառահատման յուրաքանչյուր hectare-ի դիմաց միջինում կապվել է լրացուցիչ **33.9 hectare** offsite խիտ անտառային կորուստ՝ հիմնականում գյուղատնտեսական և բնակավայրային ընդլայնման միջոցով: Կորալտ և պղինձ արդյունահանող

հանքերը ուսումնասիրությունում տվել են ամենամեծ ընդհանուր լրացուցիչ կորուստը: Արդյունքը չի ասում, որ էներգետիկ անցումը վատ է: Այն ասում է, որ հանքանյութերի մատակարարում շղթաները հողօգտագործման արժեք ունեն, որը հաճախ շատ ավելի հեռու է տարածվում, քան հանքի փոսը:

Առանց չափազանցության

Ինչ է ցույց տալիս հողվածք. Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի խիտ անտառներում հանքարդյունաբերությունը 2001-2020 թվականներին առաջացրել է զգալի ուղիղ անտառային կորուստ, հանքի ստեղծմանը հետևել է լրացուցիչ անտառահատում շրջակա տարածքներում՝ չհանքայնացված տարածքների համեմատ, offsite կորուստը կարող է շատ անգամ գերազանցել ուղիղ footprint-ը, իսկ որոշ էներգետիկ անցման հանքանյութեր այս տվյալների հավաքածուում կապված են մեծ ընդհանուր լրացուցիչ անտառահատման հետ:

Ինչն է հավանական, բայց ապացուցված չէ. որ բազմաթիվ առանձին հանքեր իրենց permit footprint-ից ավելի մեծ offsite ազդեցություն ունեն, որ խստացված ազդեցության գնահատումներն ու մատակարարումը շղթա կանոնները կարող են նվազեցնել այդ կորստի մի մասը, և որ նման թաքնված offsite ազդեցություններ կան նաև այլ արևադարձային հանքային տարածաշրջաններում:

Ինչ սա չի ցույց տալիս. որ բոլոր հանքերը հավասարապես վնասակար են, որ հանքի մոտ յուրաքանչյուր անտառային կորուստ առաջացել է հենց կոնկրետ հանքից, որ էներգետիկ անցումը վատ է, որ առանց project-մակարդակ tracing-ի կարելի է կոնկրետ կորուստը վերագրել առանձին ընկերության կամ գնորդի, կամ որ անտառային կորուստը միակ բնապահպանական ու սոցիալական արժեքն է:

Հիմնական սահմանափակումները. պատահականացված ապացույցների փոխարեն observational պատճառական եզրակացություն, մայրցամաքային գնահատականներ՝ ոչ project-մակարդակ attribution, կենտրոնացում Սահարայից հարավ ընկած Աֆրիկայի խիտ անտառների վրա, իսկ ուղիղ և offsite ազդեցությունները կախված են տվյալների որակից, հանքերի հայտնաբերումից և մոդելային ենթադրություններից:

Որքա՞ն վստահություն պետք է ունենա ընդհանուր ընթերցողը: Բարձր՝ որ ուսումնասիրության տարածաշրջանում հանքարդյունաբերությամբ ուղիղ անտառահատումը զգալի է: Լավ՝ որ հանքի ստեղծումը պոպուլյացիա սանդղակում կապված է լրացուցիչ offsite անտառահատման հետ: Ավելի ցածր՝ 33.9:1 միջին հարաբերակցությունը որևէ մեկ հանքի վրա կիրառելու համար: Ճիշտ դիրքորոշումը սա է. հանքանյութերի մատակարարում շղթաները կարող են անհրաժեշտ լինել և միաժամանակ պահանջել ազնիվ հաշվառում հանքային փոսից շատ ավելի հեռու:

Աղբյուրներ

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>