



UUSIOPUU JA RAUTAPITOISTEN SULKEUMIEN VAARA: MIKSI PELASTETTU, LATO- JA TEOLLISUUSUUSIOPUU EI MAGNEETTISESTI KELPAA AUDIOTUKIMATERIAALIKSI



Uusiopuu ja rautapitoisten sulkeumien vaara: miksi pelastettu, lato- ja teollisuus uusiopuu ei magneettisesti kelpaa audiotukimateriaaliksi

A. Bosque, M. Ferro, R. Flux

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Tiivistelmä

Uusiopuusta maksetaan sen alkuperään perustuvaa markkinointilisää: vuosisadan säiden patinoimaa latotammea, puretusta varastosta nostettua pihkaista mäntyä, käytöstä poistetusta miinanraivaajasta tai vanhasta laboratoriopöydästä pelastettua tiikkiä. Romantiikka on todellista eikä kestävyysperuste ole vähäpätöinen. Tukimateriaali valitaan kuitenkin sen perusteella, mitä se tekee päällään lepäävälle kaapelille, ei elämäkertansa perusteella, ja uusiopuussa on vika, jonka alkuperä pikemminkin takaa kuin vain sallii: puuhun jäänyttä ferromagneettista metallia. Leikkonaulat, ruuvit, sinkilät, aitasinkilät, pultit, piikkilangan palat, upotetut lyijy- ja teräshaulit sekä vanne- ja pyörösaahan lastut kuuluvat tavanomaiseen kalustoon puussa, joka on elänyt työelämän. Kontaminaatio ei ole harvinainen tapahtuma; juuri siksi sahat käyttävät teollisia rautailmaisimia ennen pääsahaa ja uusiopuuliikkeen ylipäänsä mainostavat varastoaan "metallintarkastettuna".

Raportoimme seulontatutkimuksen 96 uusiopuuihiosta neljässä alkuperäluokassa -- latotammi, teollisuusvarastojen mänty ja kuusi, meri- ja laboratoriolähteistä uusiokäytetty tiikki sekä viinitynnyritammi -- jotka tutkittiin fluxgate-gradiometrillä ja jokaisen positiivisen löydöksen jälkeen röntgentietokonetomografialla sulkeumien kartoittamiseksi. Ferromagneettisia sulkeumia havaittiin 71 aihiossa 96:sta (74 prosenttia), ja latotammesta hylättiin 19 ahiota 20:stä. Yksi puuhun jäänyt teräsnaula on pysyvä suuren permeabiliteetin sulkeuma: kun pehmeän teräksen mu_r on sadoista muutamaan tuhanteen, naula muodostaa johtimesta millimetrien päässä olevan paikallisen kenttäepäjatkuvuuden, jota ympäröivän puun dielektrinen puhtaus ei millään määrällä kumoa. Karakterisoimme lisäksi korroosiohalon -- hajanaisen paramagneettisen rautatannaattitahran, jonka puuhun jäänyt rautaesine vuotaa tammeen vuosikymmenten aikana ja joka muodostaa itse metalliin verrattuna kertaluokkia suuremman kontaminoituneen tilavuuden -- ja osoitamme, miksi edes "metallintarkastettu" puu täyttää vain karkean teollisen kynnsarvon eikä Bosquen, Ferron, Parkin ja Tanakan (2026) määrittelemää alle milligramman audioluokkaa. Equatorial Elevation Block -tuotet jyrksitään yksinomaan ensimmäisen käyttökerran viljelmäpuusta eikä koskaan uusiopuusta; vastaamme uusiokäytön kestävyysperusteeseen sen sijaan suoraan hallitulla ekvatoriaalisella viljelyllä.

1. JOHDANTO

Tämän julkaisun rinnakaistutkimuksessa (Bosque, Ferro, Park & Tanaka, 2026) rakennuspuulle määriteltiin jäljellä olevaan paramagneettiseen pitoisuuteen ja sen synnyttämään magneettiseen tilavuussuskeptibiliteettiin perustuva N-neutraaliusluokka-asteikko ja osoitettiin, että ekvatoriaalinen viljelmätiikki saavuttaa toimitustilassa 5N-luokan. Tutkimuksessa luokiteltiin puhdasta ensimmäisen käyttökerran puuta. Uusiopuu mainittiin vain ohimennen -- ryhmänä, joka epäonnistuu rautapitoisten sulkeumien skannauksessa "säännönmukaisesti" -- ja aihe sivuutettiin. Tämä artikkeli laajentaa tuon sivulauseen täyteen ja hylkäävään yksityiskohtaisuuteensa, sillä uusiopuukysymys ei ole ostajille alaviite. Se on yleisin meille esitetty vastaväite: jos hoidettu ekvatoriaalinen tiikki on niukkaa ja kallista ja jos ladot sekä vanhat varastot ovat täynnä kaunista, tiheää ja mittapysyvää vanhaa puuta, joka muuten poltettaisiin, miksei tukia jyrksittäisi siitä?

Vastaus on metallurginen eikä lainkaan täpärä. Uusiopuun määritelmä on, että se on palvellut aiemmin rakenteena, ja rakenteellinen käyttö tarkoittaa kiinnikkeitä. Ladon palkki on naulattu, piikitetty, pultattu ja sinkiloitu; varaston lattiapalkki läpipultattu ja kiinnitetty kansiruuveilla; laivan puu kiinnitetty rautaisilla ajopulteilla ja puutapeilla, jotka on varmistettu raudalla; laboratorion työpöydässä on ollut teräskannattimia ja leikkonaulattuja reunoja vuosisadan ajan. Suurin osa metallista poistetaan puuta talteen otettaessa. Osa jää, koska se katkesi pinnan alle, lyötiin liian syvälle ja upotettiin, syöpyi tunnistamattomaksi paakuksi tai ei alun perinkään näkynyt ulospäin. Uusiopuun käsittelijä poistaa metallin, jonka hän näkee. Gradiometri löytää metallin, jota hän ei näe.

Emme käsittele puuhun jäänyttä kiinnikettä täytettävänä ja peitettävänä kosmeettisena vikana vaan sellaisena kuin se sähkömagneettisesti on: pysyvänä suuren permeabiliteetin sulkeumana, joka kaapelituen geometrian vuoksi sijaitsee millimetrien päässä signaalihoitimesta. Tukimateriaalin tehtävä on pitää luokiteltua kaapelia hallitussa lähikenttäympäristössä. Tukimateriaali, jossa on teräsnaula, on kaapelia kannatteleva magneettinen vika.

2. YHDEN NAULAN ARGUMENTTI

Tarkastellaan vähiten dramaattista kuviteltavissa olevaa kontaminaatiota: yhtä leikkonaulaa, joka on katkennut pinnan tasalle, jäänyt näkymättömäksi ja hautautunut muutoin virheettömään uusiotammiaihiioon. Tapaus kannattaa käydä kokonaan läpi, sillä jos vähiten dramaattinen tapaus johtaa hylkäykseen, jäljempänä esitettävät kartoitustilastot ovat vain kirjanpitoa.

Puhdas, kuiva puu asettuu lähelle magneettisen tilavuussuskeptibiliteetin arvoa $\chi_v = -6 \times 10^{-6}$ (SI) -- se on heikosti ja tasaisesti diamagneettista, mikä on toivottava tila materiaalille, jonka pitää olla staattisessa kentässä sitä häiritsemättä. Pehmeästä teräksestä valmistetun naulan suhteellinen permeabiliteetti μ_r on sadoista muutamaan tuhanteen. Permeabiliteettien suhde puun ja teräksen rajalla ei siis ole muutama prosenti vaan kolmesta kuuteen kertaluokkaa. Raja on kenttäepäjatkuvuus: diamagneettisen puun läpi tasaisesti kulkevat staattiset ja kvasistaattiset vuoviivat kerääntyvät sulkeumaan, keskittyvät siinä ja säteilevät siitä



uudelleen. Näin syntyy suoraan sulkeuman yläpuoliselle pinnalle kymmenien tai satojen nT:n paikallinen kenttägradientti -- täsmälleen kohtaan, jossa kaapelituen ura ja kaapeli sijaitsevat.

Sulkeuma on lisäksi rakenteellinen pistelähde, toisin kuin koko tilavuuteen tasaisesti jakautunut paramagneettinen hivenmetallikuorma. Sillä on remanenssi: Maan kentässä vuosikymmeniä ollut teräskiinnike saa pysyvän magneettisen momentin, joten sulkeuma ei ole pelkkä passiivinen permeabiliteettihäiriö vaan pieni kestopagneetti, jolla on oma kiinteä dipoliakselinsa ja joka ei piittaa muun asennuksen tavoittelemasta ekvatoriaalisesta suuntauksesta. Mikään ympäröivän puun ominaisuus -- ei 7N-suskeptibiliteetti, ennätysellisen pieni dielektrinen vakio eikä täydellinen jyräntä päättyy ylöspäin -- kumoa kuormitusreitissä olevaa pysyvää dipolia. Aihion luokka määräytyy sen huonoimman pisteen eikä keskiarvon mukaan, ja huonoin piste on naula.

3. KARTOITUS: ALKUPERÄLUOKAT JA LÖYDÖSOSUUDET

Hankimme vakiintuneilta uusiopuuliikkeiltä Pohjois-Amerikasta ja Euroopasta yhdeksänkymmentäkuusi uusiopuuaihiota neljästä alkuperäluokasta, 20-28 kappaletta kustakin. Kaikki myytiin kiinnikkeet poistettuina ja kolmessa luokassa "metallintarkastettuina". Jokainen aihio kuljetettiin kolmiakselisen fluxgate-gradiometrin (Bartington Grad-13, erotuskyky 1 nT) ohi moottoroidulla alustalla nopeudella 20 mm/s käyttäen samaa laitetta ja protokollaa kuin rinnakaistutkimuksen tuotantotiikkiseulonnassa. Jokainen aihio, joka antoi diamagneettiseen taustaansa nähden yli 5 nT:n erillisen poikkeaman, merkittiin ja lähetettiin röntgentietokonetomografiaan (225 kV:n mikrofokuslähde, 90 um:n vokseli) sulkeuman paikantamista ja tunnistamista varten.

Kokonaislöydös oli 71 aihiota 96:sta eli 74 prosenttia. Luokittain latotammi menestyi heikoimmin: 19 aihiota 20:stä hylättiin, sulkeumina enimmäkseen leikkonauvoja, lankanauvoja ja aitasinkilöitä, ja hylätyssä aihiossa oli mediaanina kolme erillistä sulkeumaa. Teollisuusvarastojen männystä ja kuusesta hylättiin 22 aihiota 28:sta; niissä oli kansiruuvien varsia, konepultteja ja -- neljässä aihiossa -- lyijy- ja teräshaulia aiemmasta käyttötarkoituksesta, jota emme tutkineet. Meri- ja laboratoriolähteistä uusiokäytetystä tiikistä hylättiin 21 aihiota 25:stä: laivapuussa oli rautaisten ajopulttien sirpaleita ja peräsinsaranan tappeja, ja laboratoriopöytien tiikissä oli upotettuja teräspuuruuveja sekä kahdessa tapauksessa messinkiä, jonka gradiometri hyväksyi mutta joka hylätään muilla perusteilla. Viinitynnyritammi oli neljästä paras ja silti 9 aihiota 23:sta hylättiin, pääasiassa vanneniittien palojen ja purettujen vanteiden sinkilälangan vuoksi.

TT-kartoista on syytä korostaa kahta havaintoa. Ensinnäkin suurin osa havaituista sulkeumista oli pinnan alla eikä näkynyt valmiilla pinnalla -- juuri tätä ryhmää silmämääräinen kiinnikkeiden poisto ei löydä. Toiseksi useissa aihioissa, jotka uusiopuuliikkeen käsikäyttöinen ilmainen olisi hyväksynyt, oli useita pieniä sulkeumia (aiemman vannesahauksen jättämiä lastujälkiä ja sinkilöiden lankakruunuja), joista jokainen jäi yksin karkean ilmaisukynnyksen alle mutta jotka yhdessä muodostivat jakautuneen rautakuorman. Teollinen ilmainen vastaa kysymykseen "onko puussa niin suuri naula, että se rikkoo sahanteräni"; se ei vastaa kysymykseen "onko tämä aihio magneettisesti puhdas", eikä sitä koskaan rakennettu vastaamaan.

4. KORROOSIOHALO

Puuhun jäänyt rautaesine ei ole vakaa, erillinen sulkeuma. Se syöpyy ja vie korroosiotuotteitaan ympäröivään kudokseen, ja tammessa prosessi etenee termodynaamisesti suotuisalla, vuosisatoja tunnetulla kemialla.

Tammen sydänpuussa on runsaasti hydrolysoituvia tanniineja. Kosteaan tammeen koskettava rauta hapettuu, ja syntyvät ferro- ja ferri-ionit kulkeutuvat kosteusgradienttia pitkin puuhun ja kompleksoituvat tanniinien kanssa rautatannaatiksi -- rautagallusmusteen sinimustaksi yhdisteeksi ja samaksi reaktioksi, joka tummentaa tammen sen sisään jätetyn teräskiinnikkeen ympäriltä. Latoon tai kellariin jäänyt naula ei siis pysy vuosikymmenten kuluessa naulan kokoisena ongelmana. Se vuotaa hajanaisen rautatannaatihalon puutilavuuteen, joka on TT- ja ICP-MS-mittausten mukaan yhdestä kahteen kertaluokkaa itse esinettä suurempi. Metallidyn on ferromagneettinen, sen ympärillä oleva halo paramagneettinen, ja suurena, epäsäännöllisenä ja kaapeliin päin olevan pinnan läpäisevänä halo on joiltakin osin pahempi epäpuhtaus: sitä ei voi vetää pihdeillä eikä metallinilmaisoin havaitse sitä lainkaan.

Leikkasimme neljä latotammiaihiota tunnettujen sulkeumien ympäriltä ja kartoitimme Fe-pitoisuuden ICP-MS:llä säteittäistä transektia pitkin. Rautapitoisuus laski metallirajan prosentitasolta 60-240 ppm:n paramagneettiselle tasanteelle halossa, joka ulottui 15-40 mm esineestä -- tahra ylitti 100 ppm:n 4N-rajan tilavuudessa, johon mahtuisi kokonainen kaapeliura. Tällä mekanismilla yksi historiallinen kiinnike ei kontaminoi pistettä vaan alueen, ja mekanismi on ominainen täsmälleen niille tanniiniaktiivisille lehtipuille -- ennen kaikkea tammelle -- joita uusiopuun markkinointi eniten ylistää. Latotammen romanttisen alkuperän muodostava historia -- vuosisata kosteassa rakennuskäytössä raudan vieressä -- on sama historia, joka takaa halon.

5. MIKSI "METALLINTARKASTETTU" EI OLE LUOKKA

Uusiopuuliikkeet, jotka mainostavat puunsa "metallintarkastettuna", kertovat rehellisesti todellisesta prosessista. On syytä ilmaista täsmällisesti, mitä prosessi tuottaa ja mitä se ei tuota, sillä ilmaisua luetaan tavallisesti puhtaaksi todistukseksi, jota se ei ole.

Teollinen puutavaran metallintarkastus on tarkoitettu koneiden suojaamiseen. Uudelleensahausrinjan rautailmaisoin säädetään laukeamaan esineestä, joka on riittävän suuri lohkaisemaan kovametallihampaan tai särkemään vannesahanterän -- naulasta, ruuvista tai pultista. Kynnys asetetaan tarkoituksella korkeaksi: jos linja pysähtyisi jokaisen alle milligramman rautajäljen vuoksi, sillä



ei koskaan sahattaisi lauttaa. Kyseessä on työkaluvahingon yksiköissä kalibroitu tuotannon turvalukitus, joka päästää tarkoituksellisesti läpi juuri sen esineryhmän, jonka vuoksi aihio ei kelpaa audiokäyttöön: alle millimetrin lastut, sinkilälangan palat, haulit ja ennen kaikkea liuenneen paramagneettisen halon, jossa ei ole lainkaan ilmaisimen löydettävissä olevaa erillistä esinettä. Aihio voi läpäistä teollisen ilmaisimen puhtaasti ja silti sisältää 200 ppm:n rautatahran kaapeliin päin olevan pinnan läpi.

Audioneutraaliusluokka on eri mittausta, joka vastaa eri kysymykseen. Rajana ei ole työkaluriski vaan Bosquen, Ferron, Parkin ja Tanakan (2026) Fe + Mn -asteikko: 100 ppm (4N), 10 ppm (5N) ja 1 ppm (6N). Erilliset sulkeumat varmennetaan fluxgate-gradiometrialla sekä kokonais- ja halosuskeptibiliteetti VSM:llä ja ICP-MS:llä. Kynnysarvot eroavat toisistaan kertaluokittain. "Metallintarkastettu" tarkoittaa "ei niin suurta esinettä, että se rikkoisi sahan". "5N-neutraali" tarkoittaa "Fe + Mn enintään 10 ppm kaikkialla, sekä erillisenä että liuenneena". Uusiopuun toimittaja voi rehellisesti toimittaa ensimmäisen mutta ei lainkaan toista, sillä toinen edellyttää yksikkökohtaista magnetometriä ja hivenmetallianalyysiä, joita yksikään uusiopuuliike ei tee ja jotka useimmat uusiopuuaihiot huolellisuudesta riippumatta hylkäisivät pelkän historiansa vuoksi.

6. KESTÄVYYSKYSYMYKSEEN VASTATAAN TOISIN

Uusiopuun vahvin peruste ei ole akustinen vaan ympäristöön liittyvä. Satavuotiaan puun käyttäminen uudelleen välttää uuden hakkuun, pitää terveen materiaalin poissa polttokasasta ja kunnioittaa alkuperäiseen kasvuun sitoutunutta työtä. Suhtaudumme perusteeseen vakavasti emmekä vastaa siihen kiistämällä sitä vaan tarjoamalla raaka-aineen, johon ei liity rautavaaraa eikä ympäristökustannusta.

Equatorial Elevation Block -tuet jyrksitään hoidetuilla, sertifioituilla ja vuokratuilla viljelmillä enintään 5 deg:n etäisyydellä geomagneettisesta päiväntasaajasta kasvatetusta tiikistä, jota koskee kaadon jälkeinen uudelleenistutusjärjestelmä. Merkityksellinen kestävyysvertailu ei ole uusiopuu vastaan vanhan metsän hakkuu -- se on väärä vastakkainasettelu -- vaan uusiopuu vastaan hoidettu viljelmä, jonka puut istutetaan nimenomaan hakattaviksi, sitovat hiiltä seistessään ja korvataan kiinteässä kierrossa. Hoidettu ekvatoriaalinen viljelmä tuottaa uusiopuun arvostetun ympäristöhyödyn (ei painetta vanhoihin metsiin, uusiutuva kierto) ja lisäksi ainoan asian, jota uusiokäyttö ei rakenteellisesti voi tuottaa: neitseellisen kiinnikehistorian. Ensimmäisen käyttökerran viljelmäpuussa ei ole koskaan ollut naulaa, siitä ei ole koskaan vuotanut rautatannaattihaloa eikä se ole koskaan kulkenut uudelleensahan läpi, joka kylvi siihen lastuja. Se saapuu magneettisesti puhtaalta pöydältä, ja vain tästä alkutilasta 5N-luokka on ylipäänsä saavutettavissa.

Uusiopuuaihiota ei lopulta voi kunnostaa luokan tasolle millään tavalla. Erilliset sulkeumat voidaan joskus kaivaa pois, mutta kaivaminen jättää aukon eikä yllä liuenneeseen haloon; halo voidaan poistaa vain leikkaamalla tahraisen tilavuus pois, mikä voimakkaasti tahrintuneessa ladon palkissa tarkoittaa suurinta osaa käyttökelpoisesta puusta. Talous ja fysiikka osoittavat samaan suuntaan. On halvempaa, puhtaampaa ja metrologisesti perusteltua aloittaa puhtaana kasvatetusta puusta kuin jahdata rautaa pois puusta, joka kasvoi ja sitten eli likaisena.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Uusiokäytetty, pelastettu, lato- ja teollisuus uusiopuu hylätään audiotukimateriaalina, ei esteettisen mieltymyksen tai puuaineen heikkouden vuoksi vaan kiinnikehistoriansa vuoksi. Rakenteellinen käyttö tarkoittaa puuhun jäänyttä rautaa, puuhun jäänyt rauta tarkoittaa pysyvää suuren permeabiliteetin sulkeumaa kaapelin kuormitusreitissä ja tanniiniaktiivisissa lehtipuissa hajanaista paramagneettista korroosiohaloa, joka on kertaluokkaa sen synnyttänyttä metallia suurempi. Seulontatutkimuksemme löysi ferromagneettisia sulkeumia 74 prosentista uusiopuuaihiota neljässä alkuperäluokassa; romantisoituin luokka eli latotammi hylättiin 19 tapauksessa 20:stä. Yhden naulan argumentti osoittaa, että yksikin tällainen sulkeuma riittää hylkäykseen, joten löydösosuuksipikemminkin aliarvioi kuin liioittelee ongelmaa.

Uusiopuumerkinnöinnin tarjoama "metallintarkastettu"-vakuutus on koneidensuojauksen kynnys, joka on kertaluokkaa karkeampi kuin audioneutraaliusluokka ja päästää tarkoituksellisesti läpi juuri sen alle milligramman ja liuenneen kontaminaation, jota Bosquen, Ferron, Parkin ja Tanakan (2026) luokka on tarkoitettu havaitsemaan. Se on todellinen ja hyödyllinen mittausta, joka vastaa muuhun kuin audiokysymykseen. Siksi Equatorial Elevation Block -tuet jyrksitään yksinomaan ensimmäisen käyttökerran viljelmäpuusta eikä koskaan minkään alkuperän uusiopuusta. Uusiokäytön ympäristöperuste on aito, ja siihen vastaa kokonaan hallittu ekvatoriaalinen viljelmä, joka kasvatetaan hakattavaksi ja uudelleenistutettavaksi -- puu, joka tarjoaa kestävyysyödyn ilman rautaa ja aloittaa jokaisen luokiteltavan aihion edellyttämällä tavalla magneettisesti puhtaalta pöydältä.

VIITTEET

- [1] Bosque, A., Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2026). Rakennuspuun magneettisen neutraaliuden luokitus: N-luokan puhtausluokitus audiotukimateriaaleille. Journal of Equatorial Audio Science, 7(3), 88-121.
- [2] Selwyn, L. S., Sirois, P. J., Argyropoulos, V. (1999). Esiin kaivetun arkeologisen raudan korroosio sekä yksityiskohtia nesteen tiikumisesta ja akaganeitista. Studies in Conservation, 44(4), 217-232.
- [3] Almkvist, G., Persson, I. (2008). Raudan ja rikin jakauma ja kemialliset muodot suhteessa puun hajoamisprosesseihin. New Journal of Chemistry, 32(12), 2208-2216.



- [4] Emery, J. A., Schroeder, H. A. (1974). Puun hiilihydraattien rautakatalysoitu hapettuminen. Wood Science and Technology, 8(2), 123-137.
- [5] Reclaimed Wood Council (2019). Hyvien käytäntöjen ohje rauta- ja ei-rautametallien tunnistamiseen pelastetusta rakennuspuusta. RWC Technical Bulletin TB-07, London.
- [6] Flux, R., Bosque, A. (2026). Fluxgate-gradiometria ja tietokonetomografia puuaihioiden ferromagneettisten sulkeumien seulonnassa. Journal of Equatorial Audio Science, 7(3), 122-140.