



**PINTAKÄSITTELYONGELMA:
METALLIKUIVIKKEET
NEUTRAALIUSLUOKITELLUN
PUUN PINTAAN SUHTEUTETTUNA
PARAMAGNEETTISENA
UUDELLEENKONTAMINAATIONA**



Pintakäsittelyongelma: metallikuivikkeet neutraaliusluokitellun puun pintaan suhteutettuna paramagneettisena uudelleenkontaminaationa

A. Bosque, M. Ferro, L. Solder, H. Park

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Tiivistelmä

Rinnakkaistutkimuksessa rakennuspuulle määriteltiin neutraaliusluokka jäljellä olevan paramagneettisen pitoisuuden perusteella ja ilmoitettiin se raudan ja mangaanin yhteenlaskettuna massaosuutena suhteessa diamagneettiseen perustasoon. Luokka on raaka-aihion ominaisuus. Tässä artikkelissa tarkastellaan, mitä sille tapahtuu aihion pintakäsittelyssä. Lähes jokainen puulle käytettävä öljy, vernissa ja lakka on hapettumalla kovettuva pinnoite: se ei kovetu haihtumalla vaan kuivuvan öljyn metallikatalysoidulla autooksidatiivisella ristisilloittumisella, ja katalyytti on paramagneettinen siirtymämetalli -- useimmiten koboltti tai mangaani -- joka kerrostetaan karboksylaattisuolana metallin prosentin murto-osan pitoisuutena märkään kalvoon. Koska kalvo on ulkopinnalla, katalyytti kerrostuu täsmälleen kohtaan, jossa tuki koskettaa kaapelia. Mittasimme 5N-tiikkikoekappaleiden pintaan suhteutetun magneettisen tilavuussuskeptibiliteetin ennen kuutta pintakäsittelyä ja niiden jälkeen (käsitlemätön verrokki, puhdas tungöly ilman kuiviketta, keitetty pellavaöljy Co-oktoaatilla, alkydipohjainen venelakka Co + Mn + Zr -kuivikepaketilla, vesiohenteinen akryyli ja kovavahaöljy) värähtelevän näytteen magnetometrialla ja SQUID-magnetometrialla sekä paikansimme metallin hehkupurkaussyvyysprofiloinnilla. Hapettumalla kovettuvat pintakäsittelyt nostivat ylimmän 50 mikrometrin kerroksen susceptibiliteetin diamagneettiselta perustasolta, jonka lähellä $\chi_v = -6 \times 10^{-6}$, positiiviseksi nettoarvoksi ja luokittelivat jokaisen katalysoidun koekappaleen uudelleen 5N:stä alle 4N:n; metalli rajoittui kaikissa tapauksissa ylipään 50-100 mikrometriin. Viimeaikainen suuntaus koboltittomiin kuivikkeisiin (Mn-, Fe- ja vanadiinikorvaajat) poistaa toksikologisen ongelman mutta ei magneettista ongelmaa, koska korvaajat ovat itsekin paramagneettisia. Päättelämme, että neutraaliusluokan säilyttää vain pintakäsittelyn puuttuminen ja että alkuainepohjainen pintapatina -- puun hiilirungon hapettuminen, joka ei lisää metallia -- on ainoa luokan kanssa yhteensopiva kosmeettinen vanhenemisreitti.

1. JOHDANTO

Neutraaliusluokiteltu aihio ansaitsee luokkansa mittauksilla: rautapitoisten sulkeumien skannaus, kokonaissuskeptibiliteetin määrittäminen ja hivenmetallianalyysi osoittavat yhtäpitävästi, ettei puussa ole määriteltäviä miljoonasosarajaa enempää rautaa ja mangaania ja että sen nettotilavuussuskeptibiliteetti pysyy diamagneettisena. Ekvatoriaalinen viljelmätiikki saavuttaa toimitustilassa 5N-luokan (Fe + Mn <= 10 ppm) ja yksittäisen aihion valinnalla 6N-luokan. Luokka on todellinen, se todistetaan yksikkökohtaisesti, ja se on kokonaan puun ominaisuus siinä tilassa, jossa puu lähtee sahalta.

Päätutkimuksessa (Bosque, Ferro, Park & Tanaka, 2026) todettiin yhdessä loppujaksossa, että puun pintakäsittely tuhoaa luokan, ja asian osoittamiseksi raportoitiin yksi ennen ja jälkeen tehty mittaustulos keitettyä pellavaöljyllä käsitellystä koekappaleesta. Havainto ansaitsee enemmän kuin yhden kappaleen. Tämä on arkijärjen vastainen väite: jokainen puutyöntekijä ymmärtää pintakäsittelyn suojaksi, ja ajatus siitä, että suojaava kalvo on magneettisesti tuhoisin mahdollinen toimenpide tukimateriaalille, on vastoin vuosisataista pajakäytäntöä. Jos väitteen on kannettava tuotepäätöksen paino -- tuet toimitetaan käsittelemättöminä vastoin asiakkaan kaikkia odotuksia korkealuokkaisesta puuesineestä -- se on osoitettava määrällisesti eri pintakäsittelykemioilla ja paikantamalla kontaminoiva metalli syvyys suunnassa.

Se on tämän artikkelin tarkoitus. Emme käsittele pintakäsittelyä pinnan estetiikkana vaan ohuena, tarkoituksellisesti kerrostettuna katalyyttimetallikerroksena ja kysymme täsmälleen, kuinka paljon paramagneettista massaa se lisää ja mihin. Vastaus on pintakäsittelyille yleisesti epäsuotuisa ja hienopuusepäntöytöä hallitsevien hapettumalla kovettuvien öljyjen ja lakkojen koko luokalle kohtalokas syystä, joka ei liity puuhun mitenkään vaan yksinomaan kalvon kovettavaan kemiaan.

2. KUIVIKEKEMIA JA METALLIMÄÄRÄT

Kuivuva öljy -- pellavaöljy, tungöly ja niiden alkydijohdannaiset -- kovettuu autooksidatiivisella: ilman happi irrottaa vetyä tydyttymättömien rasvahappoketjujen bis-allyylisistä kohdista, jolloin muodostuu hydroperoksiedeja, jotka hajoavat radikaaleiksi ja ristisilloittavat öljyn kiinteäksi kalvoksi. Reaktio on sellaisenaan hidas ja kestää viikkoja. Sitä nopeutetaan kuivikkeilla eli sikkatiiveilla: siirtymämetallikarboksylaateilla, jotka katalysoivat sekä peroksidin muodostumista -- että hajoamisvaihetta kahden hapetustilan välisen redox-syklin kautta. Perinteinen ensisijainen kuivike on koboltti, joka kiertää tilojen Co(II) ja Co(III) välillä; mangaani (Mn(II)/Mn(III)) toimii samankaltaisesti. Nämä metallit toimivat läpi- ja pintakuivikkeina. Zirkoniumia, kalsiumia ja sinkkiä lisätään toissijaisiksi kuivikkeiksi tai apukuivikkeiksi -- ne eivät katalysoi redox-vaihetta vaan koordinoivat kalvoa, parantavat läpikovuutta ja ehkäisevät puhtaan koboltin aiheuttamaa pinnan kalvottumista.

Metalli lisätään pitkäketjuisen orgaanisen hapon suolana -- ennen nafteenihapon suolana eli naftenaattina, nykyään tavallisemmin 2-etyyliheksaanihapon suolana eli oktoaatina -- joka on valittu öljyliukoisuuden eikä metalli-ionin minkään muun ominaisuuden kuin redox-kemian perusteella. Suola myydään metallipitoisuuden mukaan: "6 prosentin koboltti" -naftenaatin nestemäisestä kuivikkeesta 6 prosenttia massasta on kobolttia. Valmiissa pinnoitteessa ensisijaisen kuivikemetallin annos on tyypillisesti 0.02-0.1 prosenttia metallia suhteessa öljyn kiintoaineeseen; koboltti on tehonsa vuoksi alueen alapäässä ja mangaani jonkin verran



korkeammalla.

Nämä osuudet kuulostavat vähäpätöisiltä, ja suhteessa pintakäsittelyn massaan ne ovatkin sitä. Ongelmana on pintatiheys, ei pitoisuus. Yksi sivelletty öljykäsittelykerros kerrosta tyypillisesti 20-40 g kiintoainetta neliömetrille; kun kobolttia on 0.05 prosenttia, pinnan neliömetrille kertyy 10-20 mg kobolttia. Kun 5N-tiikkiaihiossa on 10 ppm Fe + Mn, edustava 200 x 60 x 45 mm:n kokoinen ja tiheydeltään 650 kg/m³:n lohko sisältää koko tilavuudessaan noin 35 mikrogrammaa luokiteltavaa epäpuhtausmetallia. Pelkkä pintakäsittely yläpinnalla kerrosta useita satoja mikrogrammoja paramagneettista metallia -- kertaluokkaa enemmän epäpuhtautta kuin koko aihiossa sallittiin -- ja asettaa sen mikrometrien paksuiseen kerrokseen pinnalle, jolla kaapeli lepää. Luokka määriteltiin hallitsemaan paramagneettisia miljoonasosia; pintakäsittely ei kumoa sitä muutamalla prosentilla vaan moninkertaisesti.

3. KOE: PINTAAN SUHTEUTETTU SUSKEPTIBILITEETTI ENNEN PINTAKÄSITTELYÄ JA S

Valmistimme yhdestä 5N-luokitellusta ekvatoriaalisesta tiikkiaihiossa 36 koekappaleta (60 x 60 x 8 mm); ICP-MS varmisti pitoisuudeksi 7 ppm Fe + Mn, joten kaikilla koekappaleilla oli sama alusta ja kaikki pintakäsittelyn jälkeiset erot johtuivat yksinomaan pinnoitteesta. Koekappaleet jaettiin kuuden kappaleen ryhmissä kuuteen käsittelyyn: (A) käsittelemätön verrokki; (B) puhdas, kuivikkeeton tungöly, kovettumisaika 21 päivää; (C) keitetty pellavaöljy kobolttioktoaatilla (0.05 prosenttia Co); (D) alkydipohjainen venelakka Co + Mn + Zr -kuivikepaketilla (0.04 prosenttia Co, 0.06 prosenttia Mn, 0.20 prosenttia Zr); (E) vesiohenteinen akryylidispersio (ei hapettavaa kuiviketta); ja (F) kaupallinen kovavahaöljy (pellavaöljy ja karnaubavaha, kobolttikatalysoitu). Kaikki kalvon muodostavat käsittelyt levitettiin kahtena kerroksena hallitulla määrällä 30 g/m² kerrosta kohti ja kovetettiin käsittelylujuuteen.

Koska kontaminaatio on pintakerros ja koekappale on massiivinen esine, koko näytteen susceptibiliteettimittaus laimentaa signaalin 8 mm:iin diamagneettista puuta ja aliarvioi sen. Siksi ilmoitamme pintaan suhteutetun susceptibiliteetin kahdella tavalla. Ensimmäinen mitataan koko koekappaleen nettotilavuussusceptibiliteetti värähtelevän näytteen magnetometrillä (Lake Shore 8600, 300 K), mikä tallentaa integroidun muutoksen. Toiseksi mitataan pintakerroksen arvo valmiista pinnasta mikrometrillä leikatusta ja uudelleen kiinnitetyistä 200 mikrometrin pinnansuuntaisesta viipaleesta SQUID-magnetometrillä (Quantum Design MPMS3), jonka herkkyyttä ohut viipale edellyttää. Pintaan suhteutettu arvo on merkityksellinen suure, koska kaapeli koskettaa juuri tätä puuta.

Tulokset ovat yksiselitteiset. Käsittelemätön verrokki (A) säilytti diamagneettisen perustason: koko koekappaleen $\chi_v = -5.9 \times 10^{-6}$ ja pintaviipaleen -6.1×10^{-6} . Kuivikkeettomat käsittelyt (B, puhdas tungöly; E, akryyli) eivät eronneet tilastollisesti verrokista kummallakaan mitta-asteikolla -- permissiivisyys sivuuttaen ne eivät lisää paramagneettista metallia eivätkä muuta luokkaa. Kolme katalysoitua, hapettumalla kovettuvaa pintakäsittelyä (C, D, F) nostivat kaikki pintaviipaleen nettoarvon positiiviseksi: keitetty pellavaöljy arvoon $+2.3 \times 10^{-6}$, kovavahaöljy arvoon $+1.9 \times 10^{-6}$ ja Co + Mn + Zr -venelakka pisimmälle, arvoon $+4.8 \times 10^{-6}$. Kaapelin koskettamaan pintakerrokseen suhteutettuna jokainen katalysoitu koekappale siirtyi diamagneettisesta paramagneettiseksi ja luokiteltiin uudelleen 5N:stä alle 4N:n. Koko koekappaleen VSM-arvot liikkuivat samaan suuntaan, mutta massan aiheuttama laimentuminen vaimensi niitä -- juuri siksi valmiin tuen kokonaismittaus imartelee pintakäsittelyä ja pintaan suhteutettu mittaus tuomitsee sen.

4. SYVYYSPROFILOINTI: METALLIN SIJAINTI

Susceptibiliteetin muutos kertoo metallin olevan läsnä mutta ei kerro sen sijaintia. Tukimateriaalissa syvyysjakauma ei ole sivuseikka, sillä kytkentä kaapeliin heikkenee jyrkästi etäisyyden kasvaessa ja 2 mm:n syvyyteen hautautunut epäpuhtaus on sähkömagneettisesti paljon vähemmän merkityksellinen kuin sama massa ensimmäisissä mikrometreissä. Profiloimme pintakäsittelyt koekappaleet radiotaajuisella hehkupurkaus-optisella emissiospektrometrillä (GD-OES, Horiba GD-Profilier 2), joka sputteroi pintaa noin 2-3 mikrometriä sekunnissa ja seuraa samalla alkuaineiden Co, Mn, Zr ja Fe emissioita; valittujen koekappaleiden tulokset ristivarmennettiin laserablaatio-ICP-MS-syvyysleikkauksella.

Jokaisessa hapettumalla kovettuvassa koekappaleessa katalyyttimetalli rajoittui pinnoitteeseen ja heti sen alla olevaan puuhun. Kobolttin ja mangaanin emissio oli suurimmillaan pinnalla, säilyi 30-70 mikrometrin kalvopaksuuden läpi ja laski sitten seuraavan 20-40 mikrometrin matkalla yli kertaluokan profiiliin edetessä läpäisemättömään puuhun. Pahimmassa tapauksessa -- matalaviskositeettinen keitetty pellavaöljy, joka imeytyy pinnan huokosiin -- pitoisuus saavutti alustan 7 ppm:n perustason noin 100 mikrometrin syvyydessä ja viskoosimmalla lakalla jo 60 mikrometrissä. Integroituna yli 90 prosenttia kerrostuneesta paramagneettisesta metallista oli ylimmän 100 mikrometrin sisällä ja suurin osa ylimmässä 50 mikrometrissä. Zirkonium seurasi syvyysuunnassa kobolttia ja mangaania mutta oli tässä koordinaatioympäristössä käytännössä ei-paramagneettinen, joten se vaikutti profiiliin vaikuttamatta susceptibiliteettiin -- hyödyllinen sisäinen tarkistus sille, että magneettinen signaali seuraa alkuaineita Co ja Mn eikä metallin kokonaismäärää.

Tämä on geometrisesti huonoin mahdollinen jakauma kaapelituolle. Neutraaliusluokka perustui oletukseen, että johtimeen koskettava puu on diamagneettista; pintakäsittely kääntää oletuksen pääläelleen kuormittamalla paramagneettista metallia juuri siihen 50-100 mikrometrin pintakerrokseen, joka muodostaa kosketusrajapinnan, samalla kun lohkon syvä, sähkömagneettisesti merkityksetön ydin pysyy yhtä puhtaana kuin ennenkin. Magneettisesti tarkasteltuna pintakäsittely tuki on neutraalin aihion ympärille kääritty ohut paramagneettinen levy, joka tarjotaan kaapelille metallipuoli ulospäin.



5. KOBOLTITTOMIEN KUIVIKKEIDEN SUUNTAUS EI AUTA

Kobolttioktoaatit on sääntelypaineessa. 2-etyyliheksaanihapon kobolttisuoloilla on yhdenmukaistettu luokitus syöpää mahdollisesti aiheuttavina ja lisääntymiselle vaarallisina aineina, ja pinnoiteteollisuus on investoinut viime vuosikymmenellä voimakkaasti kobolttittomiin kuivikkeisiin. Korvaajat jakautuvat kolmeen ryhmään: mangaanikompleksit (usein bipyridiini- tai aminometyyliiligandeilla, jotka nostavat Mn-aktiivisuuden kobolttin tasolle), rautakompleksit (erikoistuneisiin tyyppiä luovuttaviin ligandeihin sitoutunut rauta, jota markkinoidaan tehokkaana suoraan korvaavana ensisijaisena kuivikkeena) ja vanadiinipohjaiset järjestelmät. Kaikkia kolmea markkinoidaan turvallisempina, ja käyttötarkoituksessaan -- myrkyllisen katalyytin korvaamisessa vaarattomalla samalla kuivumisnopeudella -- useat niistä onnistuvat aidosti.

Meidän tarkoituksessamme ne eivät onnistu missään. Mangaani, rauta ja vanadiini ovat kaikki paramagneettisia; rauta ja mangaani ovat juuri ne kaksi alkua, jotka neutraaliusluokka on määritelty sulkemaan pois. Kobolttioktoaatin vaihtaminen rauta- tai mangaanikuivikkeeseen ei poista paramagneettista metallia pintakalvosta -- se korvaa yhden paramagneettisen metallin toisella, ja raudan tapauksessa korvaa sen luokka-asteikon ankarimmin rankaisemalla epäpuhtaudella. Pintakäsittelimme vielä yhden tiikkikoekappalesarjan kaupallisella rauta-bipyridiini-kuivikkeella valmistajan suosittelemaa annostusta käyttäen ja mittasimme pintaviipaleesta arvon $+3.1 \times 10^{-6}$, joka vastaa koboltilla kuivatetun keitetyn pellavaöljyn tulosta ja on luultavasti sitä huonompi luokassa, jonka pääakseli on rautapitoisuus, koska metalli on kobolttin sijasta rautaa. Mangaanineodekanoaattikuivike antoi arvon $+2.6 \times 10^{-6}$.

Opetus on, että kobolttiton suuntaus optimoi toksikologista tavoitetta, joka on magneettiseen tavoitteeseen nähden riippumaton. Ei ole olemassa eikä näköpiirissä hapettumalla kovettuvaa kuivikekemiala, joka kovettaisi kuivuvan öljyn ilman redox-aktiivista siirtymämetallia, ja jokainen kuivikekäyttöön riittävän halpa ja yleinen redox-aktiivinen siirtymämetalli on paramagneettinen. Pintakäsittelyteollisuus ei ratkaise tätä ongelmaa, koska sen näkökulmasta ratkaistavaa ongelmaa ei ole: magneettisesti neutraali kuivike olisi ratkaisu, jonka koko markkina koostuu tällä hetkellä meistä.

6. POHDINTA: JÄLJELLE JÄÄVÄT VAIHTOEHDOT

Jos hapettumalla kovettuvat pintakäsittelyt suljetaan pois magneettisin perustein, muodollisesti metallittomia pinnoiteryhmiä jää kolme: kuivikkeettomat kuivuvat öljyt, fysikaalisesti kuivuvat ja koalesoivat vesiohenteiset kalvot sekä aidosti haihtumalla kuivuvat lakat. Kuivikkeeton tungölyjymme (käsittely B) ja akryylidispersio (käsittely E) vahvistivat, etteivät ne lisää paramagneettista metallia ja että ne säilyttävät luokan. Ne ovat silti huonoja pintakäsittelyjä juuri tälle esineelle. Kuivikkeeton öljy kovettuu viikkoja tuessa, jonka on kovettuttava täysin ennen kuin se voi kantaa kaapelia, ja pinta jää pysyvästi niin pehmeäksi, että siihen tarttuu metallia kaapelipidikkeestä ja tavallisesta käsittelystä -- tuki muuttuu juuri luokan poissulkemien epäpuhtauksien passiiviseksi kerääjäksi. Vesiohenteinen akryyli sulkee puun pinnan mutta nostaa sen pintapermittiivisyyden ja häviötangentin selvästi paljasta tiikkiä suuremmiksi, jolloin luokan kieltämä magneettinen ongelma vaihdetaan dielektriseksi ongelmaksi, jota rinnakkaistutkimus sekin rankaisee.

Toisin sanoen jokainen pintakäsittely joko lisää paramagneettista metallia (hapettumalla kovettuvat öljyt ja lakat eli koko perinteinen luokka), heikentää dielektristä pintaa (vesiohenteiset kalvot) tai ei kovetu riittävän kovaksi estääkseen uudelleenkontaminaation käytössä (kuivikkeettomat öljyt). Yksikään ei paranna luokiteltua pintaa, ja jokainen on vaihe, joka tehdään sen jälkeen, kun puu on jo läpäissyt kaikki luokan edellyttämät testit. Pintakäsittely voi vain vähentää raaka-aihon jo saavuttamaa luokkaa; mikään pinnoite ei voi parantaa sitä, koska luokiteltavana suureena on jonkin puuttuminen ja pinnoite on määritelmänsä mukaan lisäys.

Tämä muuttaa käsittelemättömän tuen kustannussäästöä tai esteettisestä askeesista ainoaksi mittauksen kanssa johdonmukaiseksi valinnaksi. Aihio valitaan, skannataan, kairataan, hajotetaan, analysoidaan ja sertifioidaan paramagneettisena miljoonasosalukuna; kobolttikatalysoidun öljyn siveltäminen sen käyttöpinnoille merkitsisi koko prosessiin panostamista ja sen kumoamista viimeisessä vaiheessa, sähkömagneettisesti aktiivisimmassa paikassa, pelkän kiillon vuoksi.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Puun pintakäsittely kontaminoi sen uudelleen magneettisesti ja tekee sen pinnalla, koska perinteisen pintakäsittelyn kovettava kemia on metallikatalysoitua autooksidatiota ja katalyytti on kalvoon kerrostuva paramagneettinen siirtymämetalli. Mittasimme vaikutuksen suoraan: yhdellä 5N-tiikkialustalla jokainen hapettumalla kovettava pintakäsittely -- koboltilla kuivatettu keitetty pellavaöljy, Co + Mn + Zr -venelakka ja kobolttikatalysoitu kovavahaöljy -- nosti pintaan suhteutetun magneettisen tilavuussuskeptibiliteetin diamagneettiselta perustasolta lähellä arvoa -6×10^{-6} positiiviseksi nettoarvoksi, enimmillään arvoon $+4.8 \times 10^{-6}$. Näin luokiteltu pinta putosi 5N:stä alle 4N:n, ja yli 90 prosenttia kerrostuneesta paramagneettisesta metallista rajoittui ylimpään 100 mikrometriin suoraan kosketukseen kaapelin kanssa. Kuivikkeettomat öljyt ja vesiohenteiset kalvot eivät lisää metallia mutta hylätään esineeseen muilla perusteilla; kobolttittomien kuivikkeiden suuntaus korvaa kobolttin raudalla, mangaanilla tai vanadiinilla ja poistaa siten myrkyin poistamatta ainuttakaan yksikköä paramagneettista kontaminaatiota.

Johtopäätös on rajattu ja luja. Puun neutraaliusluokan säilyttää vain pintakäsittelyn puuttuminen. Käsittelemätön pinta hapettuu ja harmaantuu ajan myötä, mutta patina syntyy puun hiilirungon alkuaineellisesta hapettumisesta eikä lisää metallia; se on kosmeettinen muutos ja magneettinen ei-tapahtuma. Siksi Equatorial Elevation Block -tuet toimitetaan ja toimitetaan jatkossakin



käsitlemättöminä -- ei siksi, että työvaihe jätettäisiin pois säästön vuoksi, vaan koska sen tekeminen kuluttaisi koko luokan yhden kiillon ostamiseen.

VIITTEET

- [1] Soucek, M. D., Khattab, T., Wu, J. (2012). Katsaus autooksidaatioon ja kuivikkeisiin. *Progress in Organic Coatings*, 73(4), 435-454.
- [2] Erich, S. J. F., Laven, J., Pel, L., Huinink, H. P., Kopinga, K. (2006). Alkydipinnoitteiden metallisaippuajakauma ja katalyyttinen kuivuminen NMR-kuvantamisella tutkittuna. *Progress in Organic Coatings*, 55(2), 105-113.
- [3] Micciche, F., van Haveren, J., Oostveen, E., Ming, W., van der Linde, R. (2006). Öljypohjaiset pinnoitteet ja koboltikuivikkeiden korvaaminen mangaani- ja rautakomplekseilla. *Applied Catalysis A: General*, 297(2), 174-181.
- [4] van Gorkum, R., Bouwman, E. (2005). Metallikompleksien katalysoima alkydimaalin oksidatiivinen kuivuminen. *Coordination Chemistry Reviews*, 249(17-18), 1709-1728.
- [5] Bosque, A., Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2026). Rakennuspuun magneettisen neutraaliuden luokitus: N-luokan puhtausluokitus audiotukimateriaaleille. *Journal of Equatorial Audio Science*, 7(2), 44-71.
- [6] Solder, L., Bosque, A. (2026). Pintakäsittelyjen lehtipuukoekappaleiden pintaan suhteutetun paramagneettisen kontaminaation hehkupurkaussyvyysprofilointi. *Journal of Equatorial Audio Science*, 7(3), 88-104.