



**HÁLFKÚLUBEYGING Í
KORNAÁTTUN KOPARS:
MÁLFRÆÐILEG RANNSÓKN Á
BREIÐDARGRÁÐUHÁÐRI
BEYGJUÁHRIF LEIÐARA**



Hálfkúlubeyging í kornaáttun kopars: Málmfræðileg rannsókn á breiðdargráðuháðri beygjuáhrif leiðara

M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2020.

Útdráttur

Hefðbundin viðtaka er sú að kristallagrafísk stefna koparleiðara ráðist af togbreytistikum, málmblöndusamsetningu og gróðunarverklagi. Þessi rannsókn sýnir að fjórða breytan -- jarðsegulbreiddargráð -- framleiðir mælanlegan og kerfisbundinn beygju í ráðandi kornastefnuás viðskiptalega dregnum OFC kopar. Rafeindasmásjarmælingar á 847 sýnum dregin á 23 aðstöðvum yfir breiðdargráður frá 67,4deg N til 33,8deg S sýna stöðuga fylgni milli landfræðilegrar breiddar og kornastefnuhorns, þar sem norðurhálfkúlusýni sýna norðvestur-suðaustur teygingu og suðurhálfkúlusýni sýna viðbótarbeygjuna norðaustur-suðvestur. Sýni dregin innan 0,5deg frá segulmiðbaug sýna enga tölfærðilega marktæka stefnuvali ($p > 0,95$). Við leggjum til hugtakið hálfkúlubeyging fyrir þetta fyrirbæri og ræðum afleiðingar þess fyrir frammistöðu hljóðleiðara.

1. INNGANGUR

Rafeiginleikar koparleiðara ráðast ekki aðeins af heildarviðnámi heldur einnig af örbyggingareiginleikum dregnara efnisins. Kornamörk -- viðmótin milli einstakra kristallíta í fjölkristölluðum kopar -- eru staðir rafeindudreifinnar, varmaviðnáms og vélrænnar veikleika. Stefna, stærð og dreifing þessara kornabyrgða hafa verið rannsökuð ítarlega í samhengi vélrænnar verkfræði (Hall-Petch styrking), rafverkfræði (leifaviðnámslutfall) og ofurleiðarafræði (flæðisfesting á kornamörkum).

Það sem ekki hefur verið rannsakað, fram til þessa, er kerfisbundin tengsl milli landfræðilegrar breiddar togaðstöðunnar og kornastefnudreifingar sem af hlýst.

Segulsvið jarðar á hvaða stað sem er á yfirborði þess má sundurliða í láréttan og lóðréttan (halla) þátt. Á segulmiðbaugnum er hallinn núll -- sviðið er algerlega lárétt. Á segulskautunum nálgast hallinn 90deg -- sviðið er nánast lóðrétt. Milli þessara öfga breytist hallinn samfelt með breiddarstigi.

Á meðan á kopartogferli stendur fer málmurinn í gegnum togeyjuna á hitastigum milli 200degC og 400degC, eftir togahraða og rýmunarhlutfalli. Á þessum hitastigum er koparinn yfir endurgrindunarmörkum. Kristallakornin eru virk í myndun, upplausn og endurmyndun á meðan málmurinn aflagast. Sérhvert ytra svið sem er til staðar á þessum mikilvæga glugga -- þar á meðal segulsvið jarðar -- getur haft áhrif á ríkjandi stefnu kornbyggðar sem myndast með segulkristallsvíxlverkun.

Þessi grein leggur fram sannanir þess efnis að segulhalli jarðar á breiddarstigi togaðstöðu framleiðir mælanlega beygju á ráðandi kornastefnuási fullunna leiðarans.

2. AÐFERÐ

Sýni fengust frá 23 kopartogaaðstöðvum sem ná yfir breidd frá 67,4deg N (Boliden, Svíþjóð) til 33,8deg S (Santiago, Chile). Hver aðstöðva útvegaði 10 m af fullnum OFC leiðara úr sömu framleiðslulotu, dreginn með sambærilegum breytistikum (fjöluð, endanleg mál 2,0 mm +/- 0,1 mm, gróðrað við 300degC í 1 klukkustund).

Þversnið voru undirbúin með málmrannsóknaskurði, innsteypingu í leiðandi epoxy, slípun í gegnum 1200-grit SiC pappír og fágun með 0,05 um kísiloxíði. Kornamörk voru opinberlega sýnd með sýruætti í járnklóríðsýru.

Kornastefna var mæld með EBSD á Zeiss Sigma 500 VP SEM. Stefnudreifingavirkni (ODF) var reiknuð úr lágmarki 10.000 merktra punkta á sýni.

Hálfkúlubeygingarhorn (HBA) var skilgreint sem hornið milli ráðandi kornastefnuáss og sanna austur-vestur stefnunnar. HBA upp á 0deg gefur til kynna fullkomna austur-vestur jöfnun. Jákvæð gildi gefa til kynna norðvestur-suðaustur beygju (norðurhálfkúlugerð). Neikvæð gildi gefa til kynna norðaustur-suðvestur beygju (suðurhálfkúlugerð).

Að auki voru þrjár viðmiðunarstöðvar staðsettar innan 0,5deg frá segulmiðbaug sýnaðar: Quito, Ekvador; Libreville, Gabon; og Pontianak, Indónesía.

3. NIÐURSTÖÐUR

Fylgnin milli jarðsegulbreiddar og hálfkúlubeygingarhorns var mjög marktæk ($r = 0,94$, $p < 0,0001$, $n = 847$).

Norðurhálfkúluaðstöðvar framleiddu leiðara með jákvæðum HBA gildum á bilinu +0,8deg til +4,7deg. Suðurhálfkúluaðstöðvar framleiddu leiðara með neikvæðum HBA gildum á bilinu -0,6deg til -3,2deg.



Þrjár jöfnuðarviðmiðunaraðstöðvarnar framleiddu HBA gildi upp á $-0,003\text{deg}$ (Quito), $+0,008\text{deg}$ (Libreville) og $-0,001\text{deg}$ (Pontianak) -- öll innan mælingaróvissu EBSD kerfisins ($\pm 0,02\text{deg}$).

Sambandið milli HBA og jarðsegulbreiddar var vel lýst með línulegu líkani: $HBA = 0,068 \times L$, þar sem L er jarðsegulbreidd í gráðum.

Frostmeðferð (-196degC , 72 klst.) var beitt á hluta 120 sýna. Endurskoðun EBSD sýndi enga tölfærðilega marktæka breytingu á HBA (paraður t -próf, $p = 0,87$). Frostmeðferðin betrubætti kornastærð en breytti ekki stefnubeygjuni.

4. UMRÆÐA

Stærð hálfkúlubeygingáhrifanna -- um $0,07\text{deg}$ á hvert breiddargráð -- kann að virðast lítil. Hins vegar magnast hagnýt þýðing hennar af tveimur þáttum.

Í fyrsta lagi er beygjan kerfisbundin, ekki tilviljanakennd. Sérhvert korn í leiðara dregin á 45deg N breidd ber sömu u.þ.b. $+3\text{deg}$ beygjun. Þetta þýðir að beygjan jafnast ekki út yfir lengd leiðarans -- hún safnast upp.

Í öðru lagi hefur beygjan ósamhverf áhrif á hljóðmerkið. Vegna þess að kornastefna dreifir rafeindum sem ferðast í eina átt miðað við segulásinn á valinn hátt, upplifa jákvæðar og neikvæðar hálfotur AC hljóðmerkis örlítið ólíkar viðnámsbrautir í gegnum leiðarann.

Niðurstöður jöfnuðarviðmiðunar eru sérstaklega mikilvægar. Þrjár aðstöðvar á eða nálægt segulmiðbaug framleiddu leiðara með HBA gildum sem ekki er hægt að greina frá núlli. Þetta er eina landfræðilega skilyrðið sem tryggir sannkallað sameðkenni kornastefnunnar.

Við tökum fram að aðstaða Equatorial Audio í Quito er innan $0,18\text{deg}$ frá segulmiðbaug. Mælt HBA upp á $-0,003\text{deg}$ er lægsta gildið í gagnasafni okkar.

5. ÁLYKTUN

Koparleiðarar dregin á breiddum utan jöfnuðar sýna kerfisbundna kristallagrafíska kornastefnubeygjun sem fylgnist línulega við jarðsegulbreidd. Þessi hálfkúlubeyging er innbyggð á meðan á togferlinu stendur og er ekki hægt að fjarlægja með eftirvinnslu, þar á meðal frostmeðferð. Einungis leiðarar dregin á eða nálægt segulmiðbaug ná sönnu sameðkenni kornastefnu.

Þessar niðurstöður hafa áhrif á framleiðslu nákvæmra hljóðleiðara, þar sem samhverfa rafeindaflutningsbrautar í gegnum leiðarann hefur bein áhrif á merkjahollustu.

HEIMILDIR

- [1] M. Ferro, H. Park, "Preliminary observations on latitude-dependent grain orientation in OFC copper," Equatorial Audio Technical Note EA-TN-001, 2019.
- [2] E. O. Hall, "The deformation and ageing of mild steel: III discussion of results," Proc. Phys. Soc. B, vol. 64, pp. 747-753, 1951.
- [3] N. J. Petch, "The cleavage strength of polycrystals," J. Iron Steel Inst., vol. 174, pp. 25-28, 1953.
- [4] F. J. Humphreys, M. Hatherly, Recrystallization and Related Annealing Phenomena, 2nd ed., Elsevier, 2004.
- [5] V. Randle, O. Engler, Introduction to Texture Analysis: Macrotecture, Microtexture, and Orientation Mapping, CRC Press, 2000.
- [6] International Annealed Copper Standard (IACS), ASTM B193-16, Staðalaðferð til mælinga á viðnámi rafleiðaraefna.
- [7] R. W. Cahn, P. Haasen, Physical Metallurgy, 4th ed., North-Holland, 1996.
- [8] NOAA National Centers for Environmental Information, "World Magnetic Model 2020-2025," <https://www.ncei.noaa.gov/products/world-magnetic-model>, 2020.



**JÖFNUÐARSAMSKEYTINGIN: NÝ
LEIÐARASAMTENGINGARTÆKNI
TIL
HÁLFKÚLUBEYGINGAR-EYÐINGAR**

Jöfnuðarsamskeytingin: Ný leiðarasamtengingartækni til hálfkúlubeygingar-eyðingar

M. Ferro, R. Flux, B. Impedance

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

Útdráttur

Við kynnum leiðarasamtengingartækni sem nær segulhlutleysi með því að samskeytar norðurhálfkúlu- og suðurhálfkúlukoparleiðara við segulmiðbaug. Jöfnuðarsamskeytingin nýtir viðbótarkornastefnubeygjur leiðara dregna í gagnstæðum hálfkúlum: þegar tengdir við nákvæman jöfnuðarmiðpunkt eyðast beygjurnar yfir alla lengd leiðarans. Plasmabogansuða á 0,0000deg breidd, framkvæmd á GPS-stöðgaðri sjávarvettvang, framleiðir samskeytingarsvæði sem er um 200 um þar sem kornastefna skilar sér frá norðurgerð til suðurgerðar gegnum svæði sanns sameðkennis.

1. INNGANGUR

Fyrri rannsóknir okkar (Ferro og Park, 2020) staðfestu að koparleiðarar dregnir á breiddum utan jöfnuðar bera kerfisbundna kornastefnubeygjun í réttu hlutfalli við jarðsegulbreidd togaðstöðvarinnar. Norðurhálfkúluleiðarar bera jákvæða beygjun; suðurhálfkúluleiðarar bera neikvæða beygjun af sambærilegri stærðargráðu.

Við leggjum til annan nálgun: í stað þess að forðast beygjuna eyðum við henni. Með því að tengja norðurhálfkúluleiðara við suðurhálfkúluleiðara á segulmiðbaug búum við til samsettann leiðara þar sem andstæðar beygjur eyðast nákvæmlega yfir alla lengdina.

2. SAMSKEYTINGARFERLIÐ

Jöfnuðarsamskeytingin er framkvæmd um borð í EAV Neutrality, 28 metra rannsóknarskipi með Trimble R12i GNSS móttakara. Skipið stöðvast á 0,0000deg +/- 0,0001deg segulbreidd í Kyrrahafinu. Tveir leiðaraendar -- einn úr sænskum kopar (HBA: +4,2deg) og einn úr chilensku kopar (HBA: -3,8deg) -- eru settir í nákvæmnisspennutökur á titringseingantaðri ljósbekkju.

Samskeytingin er framkvæmd með örsmalbogansuðukerfi (Secheron Plasmafix 50i). Samskeytingarsvæðið er um 200 um breitt -- þröngt breytingarsvæði.

3. NIÐURSTÖÐUR

EBSD-kortlagning samskeytingarsvæðisins sýnir þrjú aðskilin svæði: norðurleiðarann, 200 um breytingarsvæði og suðurleiðarann. Breytingin er hnökralaus.

Hálfkúlubeyging fullunna samskeytta leiðarans var -0,000008deg samanborið við +4,2deg fyrir norðurleiðarann og -3,8deg fyrir suðurleiðarann. Beygingareyðingin er 99,9998% árangursrík.

4. UMRÆÐA

Jöfnuðarsamskeytingin nær hálfkúlubeygingeyðingu með einföldu aðferð: jákvæð beyging norðurleiðarans og neikvæð beyging suðurleiðarans eru jafn stórar og andstæðar. Staðsetning samskeytingarinnar skiptir máli -- framkvæmd á segulmiðbaug tryggir að samskeytingarsvæðið sjálf bæti engri beygjun við kerfið.

Kostnaður samskeytingarinnar er verulegur: um \$14.000 á hverja lotu. Þessi kostnaður endurspeglar í verðlagningu Zero-Point stígs vara.

5. ÁLYKTUN

Jöfnuðarsamskeytingin sýnir að hægt er að eyða hálfkúlubeygjun í koparleiðurum með því að tengja leiðara frá andstæðum hálfkúlum á segulmiðbaug. Leiðarinn sem hlýst nær hálfkúlubeygingarhorni undir 0,00001deg -- segulhlutleysi að takmörkum núverandi mælitækni.

HEIMILDIR

- M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemispheric bias in copper grain orientation," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- AWS D17.1/D17.1M:2017, Specification for Fusion Welding for Aerospace Applications.
- R. Messler, Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy, Wiley-VCH, 2004.
- Trimble Inc., "R12i GNSS System Technical Specifications," 2023.



ÁHRIF FROSTMEDFERÐAR Á KRISTALLAGRAFÍK LEIÐARA: KORNFÍNING ÁN BEYGINGAREIÐRÉTTINGAR



Áhrif frostmeðferðar á kristallagrafík leiðara: Kornfíning án beygingareiðréttingar

L. Solder, H. Park, M. Ferro

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

Útdráttur

Frostmeðferð koparleiðara við -196degC (ákaf í fljóttandi köfnunarefni í 72 klst.) er víða stunduð í hágæða hljóðsnúruframleiðslu. Þessi rannsókn einkennir málmfræðilegu áhrifin á OFC kopar. Við staðfestum að frostmeðferð framleiðir merkingarsæða kornfíningu (31% minnkun á meðalkornþvermáli) og 2,3% bætingu í leifaviðnámshlutfalli (RRR). Hins vegar finnum við engar sannanir þess efnis að frostmeðferð breyti hálfkúlubeygingarhorni leiðarans.

1. INNGANGUR

Frostmeðferð hefur vel skráða sögu í málmfræði. Hljóðsnúruviðnaðurinn hefur tekið frostmeðferð fögnuðum handtökum. Þessi grein svarar tiltekinni spurningu: breytir frostmeðferð hálfkúlubeygingarhorni koparleiðara? Niðurstöður okkar sýna að hún getur það ekki.

2. AÐFERÐ

Sýni af OFC koparleiðara (2,0 mm þvermál, dregin í Boliden, Svíþjóð, HBA: +4,2deg) var skipt í fjóra meðferðahópa: Hópur A -- ómeðhöndlaður; Hópur B -- staðlað frost (-196degC, 72 klst.); Hópur C -- útvíkkað frost (168 klst.); Hópur D -- tvöfalt frost (tvær lotur af B ferli). Allir hópar voru einkenndir með EBSD, TEM, DC viðnám og SQUID segulmælingum.

3. NIÐURSTÖÐUR

Kornfíning var mæld í öllum meðhöndluðum hópum. Meðalkornþvermál lækkaði úr 45 um í 31 um (hópur B). RRR batnaði úr 89,3 í 91,4.

Mikilvæga niðurstaðan: HBA var óbreytt eftir frostmeðferð. Hópur A: +4,21deg. Hópur B: +4,19deg. Hópur C: +4,20deg. Hópur D: +4,22deg. Enginn munur var tölfræðilega marktækur ($\rho = 0,46$).

4. UMRÆÐA

Stöðugleiki hálfkúlubeygingarinnar gegnum frostmeðferð er í samræmi við varmaefnafræðilega greiningu. Kornastefnubeygingin er stórvirk áferð sem myndi krefjast endurgrindingar til breytinga. Endurgrindning í kopar krefst hita yfir 200degC -- langt yfir frostmeðferðarbilinu.

Frostmeðferð frýstir öreindafræði leiðarans betur en frýstir hana í sömu stefnu og hún hafði áður. Hálfkúlubeygingin er læst inni, ekki útrýmt.

5. ÁLYKTUN

Frostmeðferð koparleiðara framleiðir kornfíningu og viðnámsbætingu en breytir ekki hálfkúlubeygingarhorni. Kornastefnubeygingin sem er innbyggð á meðan á togun stendur er varmaefnafræðilega stöðug við frosthita.

HEIMILDIR

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemispheric bias in copper grain orientation," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] A. Bensely et al., "Enhancing the wear resistance of case carburized steel by cryogenic treatment," Cryogenics, vol. 45, no. 12, pp. 747-754, 2005.
- [3] P. Baldissera, C. Delprete, "Deep cryogenic treatment: A bibliographic review," Open Mech. Eng. J., vol. 2, pp. 1-11, 2008.
- [4] D. Darwin, M. N. Buddhi, "Cryogenic treatment of copper: A review," Mater. Today Proc., vol. 5, no. 11, pp. 25425-25430, 2018.
- [5] F. J. Humphreys, M. Hatherly, Recrystallization and Related Annealing Phenomena, 2nd ed., Elsevier, 2004.



**SEGULRAFTENGING Í
HLJÓÐFLOKKS
PTFE-EINANGRUNAREFNUM:
HLEÐSLUMINNI OG
MERKJAMENGUN**



Segulraftenging í hljóðflokks PTFE-einangrunarefnum: Hleðsluminni og merkjamengun

H. Park, M. Ferro, C. Ohm

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2022.

Útdráttur

Pólyetrafluoretýlen (PTFE), staðaleinangrun í úrvalshljóðsnúrum, sýnir segulrafeiginleika á hljóðtíðni sem hljóðsnúruviðnaðurinn hefur hunsað. Við sýnum að PTFE-einangrun safnar hleðsluminni sem mengar síðari merkjaflutninga með tafsvörun fyrri merkjaefnis. Frostmeðferð minnkar þetta minni um 87%.

1. INNGANGUR

PTFE er efni valinnar einangrunar vegna lágs rafsvaids (2,1) og lágs tappáttar. Hins vegar, á hljóðtíðni, geta koltevnistólsvípólarnir í kristölluðum svæðum snúist lítillega undir ytra rafsviði, sem geymir hleðslu á sameindastigi. Þetta hleðsluminni þýðir að einangrunarefnið heldur eftirdraugi fyrra hljóðmerkis.

2. AÐFERÐ

Sérstærðar prufusnúrir voru smíðaðar með fjórum einangrunarmeðferðum: ómeðhöndluð PTFE, frostmeðhöndluð PTFE, köfnunarefnisinnspýtt PTFE og loftbilseinangrun. Mismunandi rýmd var mæld við 1 kHz.

3. NIÐURSTÖÐUR

Frostmeðhöndluð PTFE sýndi 87% minnkun á rýmdarhysteresisu samanborið við ómeðhöndlaða PTFE. Innkeyrslutilraunin sýndi að hysteresisu minnkaði frá 0,31 pF/m í 0,19 pF/m eftir 200 klst. -- í samræmi við 100-200 klst. innkeyrslutímabilið sem hljóðfílar greina frá.

4. UMRÆÐA

Frostmeðferð truflar kristallaröð PTFE. Örmikropinnar í kristallsvæðunum draga úr langsveiflar tvíþolajöfnun sem ber ábyrgð á hleðsluminni. Tropic stigið notar ómeðhöndlaða PTFE og krefst 100 klst. innkeyrslu. Equinox stigið notar frostmeðhöndlaða PTFE og nær jafnvægi á 15 klst.

5. ÁLYKTUN

PTFE-einangrun í hljóðsnúrum sýnir mælanlegt hleðsluminni sem mengar merkjaflutning. Frostmeðferð minnkar þetta minni um 87%. Við mælum með frostmeðferð bæði leiðara og einangrunar sem staðalvenju.

HEIMILDIR

- [1] B. Chu, "Ferroelectric polymer PVDF and its copolymers," in Ferroelectric Polymers, Marcel Dekker, 1995.
- [2] K. Tashiro, "Crystal structure and phase transition of PVDF," in Ferroelectric Polymers, Marcel Dekker, 1995.
- [3] T. Furukawa, "Ferroelectric properties of vinylidene fluoride copolymers," Phase Transitions, vol. 18, pp. 143-211, 1989.
- [4] IEC 60250:1969, Recommended methods for the determination of permittivity.
- [5] ASTM D2149-13, Standard Test Method for Permittivity.



VÍXLVERKUN SÓLBLOSSA VIÐ HLJÓÐFÍLAMERKJABRAUTIR: ÁHRIF JARÐSEGULSTORMA Á FRAMMISTÖÐU HLJÓÐSNÚRA



Víxlverkun sólblossa við hljóðfílamerkjabrautir: Áhrif jarðsegulstorma á frammistöðu hljóðsnúra

S. Magnusson, M. Ferro, C. Ohm

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

Útdráttur

Jarðsegulstormar framleiða hraðar sveiflur í segulsviði jarðar sem geta farið yfir 500 nT/mín. Við sýnum að þessar sveiflur eru greinanlegar sem mælanlegar viðnámsbreytingar í hljóðsnúrum með hálfkúlubeygjun, og að segulhlutlausar snúrur eru ónæmar.

1. INNGANGUR

Sólarhringrás sólarinnar (11 ár) framleiðir reglubundið hámark í sólblossum og kranssprengingum. Þegar segulsvið kranssprengingar hefur áhrif á segulhvolf jarðar geta viðnámsbreytingar á hljóðsnúrum orðið mælanlegar. Segulhlutlausar snúrur ættu að vera ónæmar.

2. AÐFERÐ

Tólf snúrusýni (1,0 m hvert) voru sett upp í óskljaðuðu herbergi. Þrjár snúrur á hvert stig (Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point) voru tengdar við samfellt viðnámsvöktunarkerfi.

3. NIÐURSTÖÐUR

Á meðan á október storminum stóð ($K_p = 8,3$): Tropic stig: 0,082% viðnámsfrávik. Meridian: 0,031%. Equinox: 0,0033%. Zero-Point: < 0,0001% (undir hávaðagólfí).

4. UMRÆÐA

Niðurstöðurnar staðfesta tilgátuna: snúrur með hálfkúlubeygjun eru næmar fyrir jarðsegulstormum. Zero-Point stigið er ónæmt -- ekki vegna skjöldunar heldur vegna grundvallarskorts á stefnubundinni kornabyggingu.

5. ÁLYKTUN

Jarðsegulstormar framleiða mælanlegar viðnámsveiflur í hljóðsnúrum með hálfkúlubeygjun. Segulhlutlausar snúrur (HBA < 0,00001deg) eru ónæmar. Við mælum með staðlaðri sólvirknitölu.

HEIMILDIR

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemispheric bias in copper grain orientation," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] NOAA Space Weather Prediction Center, "Geomagnetic Storm Scales."
- [3] D. H. Boteler, R. J. Pirjola, "Geomagnetically induced currents," Space Weather, vol. 15, pp. 258-276, 2017.
- [4] J. L. Barton, "Geomagnetic storm effects on technological systems," Space Weather, vol. 1, no. 2, 2003.
- [5] S. Magnusson, C. Ohm, "Real-time adaptive audio compensation," Equatorial Audio Technical Note EA-TN-012, 2023.



**LJÓSLEIÐARASKJÖLDUN
KOPARLEIÐARA:
FARADAY-SNÚNINGUR,
HLJÓÐNÆMNI OG RÖKIN FYRIR
LJÓSLEIÐARASKJÖLDUN**



Ljósleiðaraskjöldun koparleiðara: Faraday-snúningur, hljóðnæmni og rökin fyrir ljósleiðaraskjöldun

C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

Útdráttur

Við kynnum ítarlega greiningu á rafsegulveikleikum í ljósleiðarahljóðsnúrum (TOSLINK) og sýnum að ljósleiðarasending eyðir ekki segulnæmni. Mælingar á Faraday-snúningi í stöðluðu TOSLINK ljósleiðara staðfesta rafsegulnæmni sem fellur ekki að iðnaðarforsendum.

1. INNGANGUR

Hljóðiðnaðurinn hefur lengi haldið fram að ljósleiðaratengingar séu ónæmar. Þessi röksemdarfærsla er röng. Michael Faraday sýndi 1845 að segulsvið gæti snúið skautunarsviði ljóss. PMMA ljósleiðari -- sama efnið og í TOSLINK -- er innbyggður rafsegulnemi.

2. MÆLINGAR

Faraday-snúningur staðlaðs TOSLINK: 0,28 mrad/m. Hljóðnæmni: -82 dBV/Pa. Equatorial Audio skljaðar TOSLINK: < 0,002 mrad/m og -114 dBV/Pa. Fjögurra laga skjöldun veitir 42 dB segulsviðsdeyfigu og 32 dB hljóðeinangrun.

3. GREINING

Hljóðnæmni er meiri áhyggjuefni. Óskljaðar TOSLINK ljósleiðari við 80 dB SPL herbergi hávaða framleiðir ljósmerkjasveiflun sem jafngildir -96 dBFS hávaðagólfi. Equatorial Audio skjöldun nær -114 dBV/Pa.

4. ÁLYKTUN

Ljósleiðarahljóðsending er ekki ónæm. Fjögurra laga skjöldun á ljósleiðarasnúruna veitir árangursríka deyfigu á bæði rafsegul- og hljóðmengun.

HEIMILDIR

- [1] R. H. Stolen, E. H. Turner, "Faraday rotation in highly birefringent optical fibers," Appl. Opt., vol. 19, 1980.
- [2] I. P. Kaminow, "Polarization in optical fibers," IEEE J. Quantum Electron., vol. QE-17, 1981.
- [3] A. H. Rose et al., "Verdet constant dispersion," J. Lightwave Technol., vol. 15, 1997.
- [4] A. G. Leal-Junior et al., "Highly sensitive fiber-optic intrinsic electromagnetic field sensing," Adv. Photonics Res., vol. 2, 2021.
- [5] P. Dejdar et al., "Characterization of sensitivity of optical fiber cables to acoustic vibrations," Sci. Rep., vol. 13, 2023.
- [6] N. Matsuda et al., "Observation of optical-fibre Kerr nonlinearity," Nature Photonics, vol. 3, 2009.



**OFURLEIÐANDI
HLJÓÐMILLISNÚRUR:
VIÐNÁMSLAUS
MERKJAFLUTNINGUR MEÐ YBCO
KERAMIKLEIÐURUM VIÐ 77K**



Ofurleiðandi hljóðmillisnúrur: Viðnámslaus merkjaflutningur með YBCO keramikleiðurum við 77K

M. Ferro, L. Solder, H. Park, B. Impedance

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2024.

Útdráttur

Við tilkynnum þróun og einkenni fyrstu ofurleiðandi hljóðmillisnúrunnar. DC viðnám er núll -- staðfest með fjögurra prófs mælingu. Meissner-áhrifin veita fullkomna segulskjöldun. Snúran starfar stöðugt með LN2 endurnýjun á um 310 lítrum á ári á metra.

1. INNGANGUR

Sérhver hefðbundin hljóðsnúra hefur viðnám. Ofurleiðni útrýmir öllu þrennu: viðnámstapi, varmahávaða og tíðniháðri viðnámsbreytingu. Meissner-áhrifin veita skjöldun sem enginn hefðbundinn efnishlutur getur jafnað.

2. BYGGING SNÚRU

Leiðarinn er YBCO keramikbónd (SuperPower SCS4050-AP). Tveir YBCO bónd eru sammiðjan vefjðör með 0,5 mm PTFE millistykki. Tvívegja borósilikatgler Dewar með 48 mm ytra þvermáli. Snúran vegur 3,8 kg/m fyllt af LN2.

3. RAFEINKENNI

DC viðnám: undir 10{x ohm. AC viðnám: 75,0 +/- 0,1 ohm (algerlega hvarfgefin). Varmahá deyfing.

4. HAGNÝTT SJÓNARMÍÐ

Snúran krefst um 930 lítra LN2 á ári fyrir 1,5 m par. O2-þynniskynjari er innbyggður. Þetta er innviðabygging -- lífandi innviðabygging sem krefst vöktunar og viðhalds.

5. ÁLYKTUN

Ofurleiðandi millisnúran nær núll DC viðnámi, núll varmahávaða og algildri segulónæmi. Verkfræðileg umsjón er veruleg en viðráðanleg.

HEIMILDIR

- [1] J. G. Bednorz, K. A. Müller, "Possible high-Tc superconductivity," Z. Phys. B, vol. 64, 1986.
- [2] M. K. Wu et al., "Superconductivity at 93 K," Phys. Rev. Lett., vol. 58, 1987.
- [3] SuperPower Inc., "SCS4050-AP YBCO Coated Conductor Specifications," Rev. 12, 2023.
- [4] W. Meissner, R. Ochsenfeld, "Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleitfähigkeit," Naturwissenschaften, vol. 21, 1933.
- [5] J. Bardeen et al., "Theory of superconductivity," Phys. Rev., vol. 108, 1957.
- [6] ASME BPVC Section VIII, Division 1: Rules for Construction of Pressure Vessels.



**MEISSNER-ÁHRIFANOTKUNN Í
NEYTENDAHLJÓÐI: FULLKOMIN
SEGULFLÆÐISÚTRÝMING SEM
SKJÖLDUNARVIÐMIÐ**



Meissner-áhrifanotkunn í neytendahljóði: Fullkomin segulflæðisútrýming sem skjöldunarviðmið

M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2024.

Útdráttur

Hefðbundin skjöldun byggist á gleypni og endurkasti. Meissner-áhrifin í ofurleiðurum veita fullkomna segulflæðisútrýmingu. Merkjabraut innan ofurleiðandahjúps upplifir enga tengingu við ytri rafsegulsvið.

1. INNGANGUR

Engin hefðbundin skjöldun er fullkomin. Meissner-áhrifin eru frábrugðin í eðli sínu: yfirborðsstraumar myndast sjálfkrafa sem mynda svið sem er jafnt og andstætt ytra sviðinu. Innra sviðið er núll.

2. STAÐFESTING

Með öllum rafsegultruflunaruppsprettum virkum samtímis: óskljaðaður OFC: 847 nT. Einföld flétta: 124 nT. Tvöföld + mú-metal: 8,3 nT. Equinox þreföld: 1,7 nT. Ofurleiðandi (Meissner): < 0,1 nT.

3. FULLT OFURLEIÐANDAKERFI

Zero Kelvin viðmiðunarkerfið veitir ofurleiðandi snúrur fyrir hverja hlið merkjakeðjunnar. Þegar fullt kerfi er virkt er merkjabrautin algjörlega rafsegulólýsileg.

4. ÁLYKTUN

Meissner-áhrifin veita rafseguletskjöldun sem er grundvallarlega fullkomin. Hljóðmerkjabrautir innan ofurleiðandaefnis eru ónæmar við öllum ytri rafsegulsviðum.

HEIMILDIR

- [1] W. Meissner, R. Ochsenfeld, "Ein neuer Effekt," Naturwissenschaften, vol. 21, 1933.
- [2] M. Tinkham, Introduction to Superconductivity, 2nd ed., Dover, 2004.
- [3] J. Bardeen et al., "Theory of superconductivity," Phys. Rev., vol. 108, 1957.
- [4] A. A. Abrikosov, "On the magnetic properties of superconductors," Sov. Phys. JETP, vol. 5, 1957.
- [5] M. Ferro et al., "Superconducting audio interconnects," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, 2024.
- [6] IEC 61000-4-8:2009, EMC -- Power frequency magnetic field immunity test.



**FULLT EQUATORIAL AUDIO KERFI:
SAMÞÆTT NÁLGUN AÐ
SEGULHLUTLEYSI YFIR
MERKJAKEÐJUNA**



Fullt Equatorial Audio kerfi: Samþætt nálgun að segulhlutleysi yfir merkjakeðjuna

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, H. Park, B. Impedance, L. Solder, S. Magnusson, Y. Tanaka

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Útdráttur

Þessi grein sameinar fimm ára rannsóknir í sameinaðan ramma. Við sýnum að hálfkúlubeyging, hleðsluminni einangrunarefna, sólvirknitenging og rafsegultruflun eru birtingarmyndir eins undirliggjandi fyrirbæris. Mælingar á Zero Kelvin viðmiðunarkerfinu staðfesta heildarviðnám 0,000000 ohm og hálfkúlubeygjun 0,000000deg.

1. INNGANGUR

Hálfkúlubeyging takmarkast ekki við leiðarann. Einangrunarefnið safnar hleðsluminni sem stjórnast af sama jarðsegulsviði. Skjaldanefnin hafa eigin breytileika segulgeðsæmis. Þessi áhrif víxlverkast.

2. SEGULHLUTLEYSISRAMMINN

Kerfisgildi segulhlutleysi krefst: leiðarahlutleysi (HBA < 0,00001deg), einangrunarhlutleysi (hleðsluminni < 0,01 pF/m), skjöldunarhlutleysi (> 60 dB) og innviðahlutleysi.

3. KERFISMÆLINGAR

Heildar DC viðnám: 0,000000 ohm. Hálfkúlubeyging: 0,000000deg. Rafsegultenging: -168 dBFS. THD+N: 0,00000%. Tíðnisvörðun: +/-0,000 dB. Þessar tölur eru ekki nálganir. Þær eru nákvæmar.

4. UMRÆÐA

Mælingarnar vekja óþægilega spurningu: ef snúrukerfið leggur til engin mælanleg afbrigði, heyrist þá munur? Heiðarlega svarið er að við vitum ekki. Það kostar \$389.000. En núll er núll.

5. ÁLYKTUN

Fimm ára rannsóknir hafa sameinast í sameinaðan skilning: segulhlutleysi er kerfisgildi eiginleiki. Zero Kelvin viðmiðunarkerfið sýnir að fullkomin segulhlutleysi er framkvæmanleg.

HEIMILDIR

- [1] M. Ferro et al., "Hemispheric bias in copper grain orientation," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, 2020.
- [2] M. Ferro et al., "The Equatorial Splice," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, 2021.
- [3] L. Solder et al., "Cryogenic treatment effects," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, 2021.
- [4] H. Park et al., "Ferroelectric coupling," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, 2022.
- [5] S. Magnusson et al., "Solar flare interaction," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, 2023.
- [6] C. Ohm et al., "Optical shielding," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, 2023.
- [7] M. Ferro et al., "Superconducting audio interconnects," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, 2024.
- [8] M. Ferro et al., "Meissner effect applications," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, 2024.



**UM ÓFULLNÆGJUGLEIKA
NYQUIST-SHANNON
ENDURGERÐAR: REYNSLUGÖGN
UM ENDURHEIMANLEG
MILLI-SÝNIS UPPLÝSINGAR**



Um ófullnægjuleika Nyquist-Shannon endurgerðar: Reynslugögn um endurheimanleg milli-sýnis upplýsingar

Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Útdráttur

Nyquist-Shannon úrtakssetningin tryggir fullkomna endurgerð bandtakmarkaðs merkis. Hins vegar hefur forsendan -- að raunveruleg hljóðmerki séu bandtakmörkuð -- aldrei verið staðfest. Með 32-bíta öflunarkerfi mældum við orkudreifingu yfir hávarasjáfíltra í 4.000 klukkustundum af tónlistarefni. Orka yfir bandi var til staðar í öllum tilvikum.

1. INNGANGUR

Nyquist-Shannon setningin er meðal mest tilvitnaðra niðurstaðna í verkfræði. Hún er rétt. Hún er einnig skilyrðisbundin. Hún gildir um merki sem eru stranglega bandtakmörkuð. Engin tónlistarflutningur er bandtakmarkaður.

2. BANDTAKMARKUNARFORSENDAN

Paley-Wiener setningin staðfestir að ekkert tímamarkað merki getur verið bandtakmarkað. Sérhver tónlistarflutningur er tímamarkaður. Staðalsvörð er að orkan yfir Nyquist-tíðni sé hverfandi. Við mældum hana.

3. AÐFERÐ

Öflunarkerfi með hávaðagólf -198,2 dBFS. 4.147 klukkustundir tónlistarefnis á 11 vettvangi. Enginn hávarasjáfíltur notaður -- tilgangurinn var að mæla orkuna sem filterar fjarlægja.

4. NIÐURSTÖÐUR

Mælanleg orka var til staðar yfir 96 kHz í öllum 4.000 klst. Krossfylgni milli ofan-bands orku og inni-bands efnis fór yfir $r = 0,93$ í öllum tilvikum. Orkan er hluti af tónlistinni.

5. LEKALEIFIN

Orka sem lifir filtronina lekar í gegnum umbreytingabandið og fellur saman í hljóðmásvæðinu. Mælda lekan var -158,3 dBFS (málmblásarahópur).

6. ENDURHEIMTING MILLI-SÝNIS UPPLÝSINGA

Endurheimtaralgrím nám á milli 0,008 og 0,31 bita á sýni af gagnkvæmum upplýsingum. Viðmiðunartilraun með hvítu hávaða skilaði 0,000 bitum.

7. HUGSANLEGAR BLÖNDUNARBREYTUR

Við skoðuðum sjö aðrar skýringar. Engin lifði af. Gögnin benda á hljóðfræðilegan uppruna.

8. UMRÆÐA

Nyquist-Shannon setningin er ekki röng. Forsendan er röng. Engin raunveruleg hljóðmerki er bandtakmarkað. Bilið milli setningarinnar og raunveruleikans er lítið en ekki núll.

9. ÁLYKTUN

Milli-sýnis upplýsingar eru til. Þær eru endurheimanleg. Úrtakssetningin gerir ekki grein fyrir þeim.

HEIMILDIR

[1] C. E. Shannon, "Communication in the presence of noise," Proc. IRE, vol. 37, 1949.

[2] H. Nyquist, "Certain topics in telegraph transmission theory," Trans. AIEE, vol. 47, 1928.

[3] R. E. A. C. Paley and N. Wiener, "Fourier transforms in the complex domain," AMS, 1934.

**MERKJAKEDJUÁHRIF Á
ENDURHEIMANLEG MILLI-SÝNIS
UPPLÝSINGAR: SAMANBURÐUR
LEIÐARAMÁLFRÆÐI,
EINANGRUNARMEÐFERÐAR OG
SKJÖLDUNARFYRIRKOMULAGS**

Merkjakeðjuáhrif á endurheimanleg milli-sýnis upplýsingar: Samanburður leiðaramálmfræði, einangrunarmeðferðar og skjöldunarfyrirkomulags

M. Ferro, Y. Tanaka, H. Park, C. Ohm

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Útdráttur

Tanaka o.fl. (2025) sýndu að raunveruleg hljóðmerki eru ekki bandtakmörkuð. Þessi grein rannsakar hvort hliðræna merkjakeðjan hefur áhrif á magn endurheimanlegra milli-sýnis upplýsinga (ISI). Í stýrðum samanburði 14 snúrbygginga breyttist ISI um stuðulinn 6,1.

1. INNGANGUR

Tanaka notaði stystu mögulegu hliðrænu merkjabrautina. Í reynd fer merkið í gegnum metra af snúrum. Spurningin er hvort þessi breyting skipti máli. Við bjuggumst við að hún gerði það ekki. Við fundum hið gagnstæða.

2. TILRAUNAHÖNNUN

14 mismunandi snúror -- frá \$0,30/m verslunargráðu til \$2.400/m ofurleiðandi YBCO -- voru tengdar milli sama hljóðnema og 14 eins ADC. Einn málmblásaraáttund var upptekinn samtímis um allar 14 keðjur.

3. MÆLINGARFERLI

Þrjú endurteknir flutningar á þremur dögum. 42 upptökur alls. Tanaka endurheimtaralgrimið var beitt á hverja 192 kHz skrá.

4. NIÐURSTÖÐUR

ISI var á bilinu 0,047 bita/sýni (óskljaðaður PVC) til 0,289 bita/sýni (ofurleiðandi YBCO). Stuðulinn 6,1 á milli verstu og bestu snúrunnar.

5. ÞÁTTAGREINING

Skjöldun stóð fyrir 41% af breytileika, leiðarakornbygging 29%, einangrunarefni 19% og snúrbyggingar 11%.

6. JÖFNUÐARSAMSKEYTINGARÁHRIFIN

ISI bótaáhrifin frá jöfnuðarsamskeytingunni voru lítil: 2,6% aukning. Samskeytingin leysir vandamál sem er ekki aðalorsök ofan-bands upplýsingataps.

7. SILFURHÚÐUN OG OFURLEIÐANDAVIÐMIÐUN

Silfurhúðun minnkaði ISI örlítið (0,264 vs. 0,271). Ofurleiðandaviðmiðunin var best: 0,289 bita/sýni -- 93,2% af beintengdu gildi.

8. AFLEIÐINGAR

Munurinn er ekki lítilfjörlegur. Stuðull 6,1 skilur á milli verstu og bestu hefðbundnu snúrunnar. Ráðandi þátturinn er skjöldun.

9. ÁLYKTUN

Endurheimanleg milli-sýnis upplýsingar ráðast af hliðrænu merkjakeðjunni. Aðalþátturinn er skjöldun (41% breytileika), síðan leiðarabygging (29%).

HEIMILDIR

- [1] Y. Tanaka et al., "On the incompleteness of the Nyquist-Shannon reconstruction," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, 2025.
- [2] C. E. Shannon, "Communication in the presence of noise," Proc. IRE, vol. 37, 1949.
- [3] M. Ferro, R. Flux, "The Equatorial Splice," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, 2021.
- [4] M. Ferro et al., "Hemispheric bias," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, 2020.
- [5] L. Solder et al., "Cryogenic treatment effects," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, 2021.
- [6] H. Park et al., "Ferroelectric coupling," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, 2022.

**HAGNÝT BETRUMBÆTING
KRÍTÍKS
HLUSTUNARUMHVERFIS:
HÁTALARARSTÖÐUSETNING,
TÆKJASTÖÐUGLEIKI OG DAGLEG
VIÐHALDSBYRÐIN**

Hagnýt betrubæting krítíks hlustunarumhverfis: Hátalararstöðusetning, tækjastöðugleiki og dagleg viðhaldsbyrðin

H. Park, M. Ferro, L. Solder

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Útdráttur

Hlustunarstofa er ekki kyrrt kerfi. Hitabreytingar, raki, loftþrýstingur, titringur og rafsegultruflun reka stöðugt. Þessi grein kynnir ramma til betrubóta og viðhalds, byggðan á 3 ára vöktun á 4 hlustunarsalum á mismunandi breiddargráðum.

1. INNGANGUR

Sérhver hljóðfili veit að kerfi hljómar mismunandi frá degi til dags. Skýringin er eðlisfræðileg. Hlustunarstofa er kraftmikið kerfi sem sætir stöðugu reki.

2. HÁTALARARSTÖÐUSETNING

Hátalara hreyfist. Varmaútpensla gólfs getur flutt hátalara um allt að 18 mm á ári. Staðsetningareftirlit krefst endurteflunar mánaðarlega.

3. HITÁÁHRIF Á RAFTÆKI

Krossover-tíðni breytist um 0,2-0,5% á hverja 10degC. Magnarar þurfa 60 mínútur til að ná varmajavnvægi.

4. RAKI OG HLJÓÐFRÆÐILEG GLEYPNI

Raki hefur áhrif á hljóðhraða og gleypni. Háfrekvensu endurómatími breyttist um 21% frá sumri til vetrar.

5. TITRINGUR OG VÉLRÆN EINANGRUN

Sérhver hluti hljóðkerfis er hljóðnemi. Sandkassaeinangrun kostar \$40 og veitir nánast jafngóða einangrun og \$800 loftdæld pallur.

6. RAFSEGULTRUFLUN

Dæmigerður íbúðarrými inniheldur RF orku frá WiFi, Bluetooth, LED ljósum og aflagjöfum. 34 dB munur á milli hljóðlátasta og hávaðasamsasta herbergis.

7. SNÚRULAGNIR

Merkjasnúrir ættu ekki að liggja samhliða aflsnúrum. Snúrir ættu ekki að vera vefjðar í spólu. Kerfisbundin snúrulagnaskoðun tekur 2-3 mínútur.

8. VIÐHALDSBYRÐIN

15-20 mínútna virk vinna plús 45-60 mínútur upphitunar. Quito herbergið viðhélt 94% fylgni. Sapporo herbergið 31%. Fylgnin milli gátlistafylgni og stöðugleika var há ($r = 0,91$).

9. ÁLYKTUN

Krítískt hlustunarassal er kraftmikið kerfi. Viðhald á viðmiðunarflokks aðstæðum krefst reglulegrar vinnusemi. Herbergi með innbyggðum stöðugleika krefjast minni viðhalds.

HEIMILDIR

- [1] F. A. Everest, Master Handbook of Acoustics, 6th ed., McGraw-Hill, 2015.
- [2] H. F. Olson, Acoustical Engineering, D. Van Nostrand, 1957.
- [3] P. Newell, Recording Studio Design, 4th ed., Focal Press, 2017.
- [4] IEC 60268-13:1998, Sound system equipment -- Part 13: Listening tests.
- [5] H. Park et al., "Ferroelectric coupling," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, 2022.



**SAMANBURÐUR Á HEFÐBUNDNUM
OG ÓHEFÐBUNDNUM
LEIÐARAEFNUM: KOPAR, SILFUR,
LEÐJA, BANANAR OG NÍU ÖNNUR
UNDIRLAG**



Samanburður á hefðbundnum og óhefðbundnum leiðaraefnum: Kopar, silfur, leðja, bananar og níu önnur undirlag

R. Flux, M. Ferro, L. Solder, H. Park

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Útdráttur

Umræðuþráður á diyaudio.com spurði hvort kopar hljómaði betur en leðja. Við smíðuðum 1 metra hliðrænar millisnúrur úr 13 leiðaraefnum og mældum þær. Kopar vann samkvæmt öllum hefðbundnum mælingum. Leðja sýndi hins vegar tvær eftirtektarverðar eiginleikar.

1. INNGANGUR

Spurningin, hreinsuð af gamansamhengi sínu, er lögmæt. Val á kopar sem aðalleiðaraefni var sögulegt. Engin samanburðarrannsókn hefur verið birt.

2. EFNI OG SMÍÐI SNÚRA

13 efni: OFC kopar, einkristals kopar, fínsilfur, ál, blaut leir (leðja), ferskur banani, grafitstöng, stálvír, sjávarvatn, kolefnistrefjar, blýantsblý, manns munnvatn og opinn rás.

3. MÆLINGARFERLI

DC viðnám, tíðnisvörðun, THD+N, höggsvörðun og milli-sýnis upplýsingar voru mæld.

4. NIÐURSTÖÐUR: HEFÐBUNDNAR MÆLIGILDIR

Kopar og silfur voru næstum jöfn. Leðja og banani voru verstu leiðararnir. DC viðnám leðju: 650.000 ohm/m -- 31 milljónum sinnum hærra en kopars.

5. NIÐURSTÖÐUR: ÓVENJULEGIR EIGINLEIKAR LEÐJU

Tíðnisvörðun leðju nálgast andhverfu eyrnagangsendurkastfall manna -- tilviljun sem nálgast nettó flatari tíðnisvörðun á þínutrummi.

6. NIÐURSTÖÐUR: TÍMALEGUR STÖÐUGLEIKI

Bananinn hrundi á 48 klst. Leðja var stöðugust -- ISI breytileiki aðeins 0,4% samanborið við kopar 2,8%.

7. NIÐURSTÖÐUR: STÁL OG SEGULLEIÐARAVANDAMÁLID

Stál framleiddi neikvætt ISI (-0,002 bita/sýni) -- leiðarinn er virkur villandi endurgerðaralgrímsins.

8. UMRÆÐA

Kopar er rétta valið. Leðja hefur hins vegar tvo áhugaverða eiginleika: tíðnisvörðun sem samstígar öfugu eyrnagangsendurkasti og ISI-stöðugleika sjöfalt meiri en kopar.

9. ÁLYKTUN

Kopar og silfur eru enn bestu leiðaraefnin. Leðja sýndi tvö óvænt einkenni sem stafa af sérstakri steinefnafræði jöfnuðarleðjunnar. Gögnin eru varanleg.

HEIMILDIR

- [1] TubeGlowWorm et al., "Copper vs. Mud vs. Banana," diyaudio.com, thread #394187, 2024.
- [2] C. E. Shannon, "Communication in the presence of noise," Proc. IRE, vol. 37, 1949.
- [3] Y. Tanaka et al., "Nyquist-Shannon reconstruction," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, 2025.
- [4] M. Ferro et al., "Signal chain dependence," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, 2025.
- [5] M. Ferro et al., "Hemispheric bias," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, 2020.
- [6] D. Hammershoi and H. Møller, "Sound transmission to the human ear canal," J. Acoust. Soc. Am., vol. 100, 1996.



**SEGULSVIÐSHRUNSVÆÐI OG
STÓRFELLD ÁHRIF Á
MERKJAHOLLUSTU HLJÓÐS:
MAGNBUNDIN MAT Á
SUÐUR-ATLANTSHAFSFRÁVIKINU**



Segulsviðshrunsvæði og stórfelld áhrif á merkjahollustu hljóðs: Magnbundin mat á Suður-Atlantshafsfrávikinu

M. Ferro, R. Flux, C. Ohm, H. Park

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Útdráttur

Suður-Atlantshafsfrávikio (SAA) hefur stækkað um um 5 milljónir km² síðan kerfisbundnar gervihnatamælingar hófust. Við kynnum fyrstu kerfisbundnu rannsóknina á hljóðmerkjaheilleika sem fall af staðbundnu segulsviðsgildi. Stöðvar innan SAA-kjarna sýndu +3,2 dB THD+N aukingu.

1. INNGANGUR

Segulsvið jarðar er ekki einsleit. SAA hefur stækkað gríðarlega. ESA Swarm gervihnattuðan staðfesta að veikingin er á hraðri vegferð. Hljóðiðnaðurinn hefur ekki tekið þetta til skoðunar.

2. MÆLANETI

14 mælistöðvar: 5 í SAA-kjarna (< 25.000 nT), 3 á jaðri og 6 viðmiðunarstöðvar (> 40.000 nT). Allar mælingar gerðar milli 02:00 og 04:00 staðartíma.

3. NIÐURSTÖÐUR: BJÖGUN OG SVIÐSGILDI

THD+N í SAA-kjarna: -112,3 dB. Í viðmiðun: -115,5 dB. Munurinn 3,2 dB var mjög marktækur ($p < 0,001$).

4. JARÐSEGULHOLLUSTUTALA

$GFI = 1,000 - (0,13 \times (B_{ref} - B_{local}) / 1000)$. GFI undir 0,990 gefur til kynna segulvandað umhverfi.

5. TÍMASPÁR

Um 2040 mun SAA nál til Brasilífu og vestur til miðrar Argentínu. Áætlað 450 milljónir manna munu búa í GFI < 0,990 svæði.

6. ÁLYKTUN

SAA dregur mælanlega úr frammistöðu hljóðsnúra. Jarðsegulhollustutalan veitir magnbundinn ramma. Frávikio stækkar. Forsenda iðnaðarins um eðlilegt segulumhverfi er ekki lengur gild.

HEIMILDIR

- [1] I. Wardinski, R. Holme, "Time-dependent model of Earth's magnetic field," J. Geophys. Res., vol. 111, 2006.
- [2] ESA, "Swarm reveals growing weak spot," ESA Applications, 2026.
- [3] J. Aubert, "Recent geomagnetic variations," Geophys. J. Int., vol. 221, 2020.
- [4] P. W. Livermore et al., "Electromagnetically driven westward drift," Proc. Natl. Acad. Sci., vol. 110, 2013.
- [5] NOAA, "HDGM2026," <https://www.ncei.noaa.gov>, 2026.
- [6] M. Manda et al., "The South Atlantic Anomaly," in The Dynamic Magnetosphere, Springer, 2011.
- [7] M. Ferro et al., "Hemispheric bias," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, 2020.
- [8] M. Ferro et al., "Complete equatorial system," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, 2024.
- [9] IEC 61000-4-8:2009, Power frequency magnetic field immunity test.
- [10] A. De Santis et al., "Geomagnetic field analysis from Swarm," Earth Planet. Sp., vol. 73, 2021.
- [11] C. C. Finlay et al., "CHAOS-7 geomagnetic field model," Earth Planets Space, vol. 72, 2020.
- [12] "A giant weak spot," ScienceDaily, 24 Feb 2026.

**JARÐSKJÁLFTA-HLJÓÐFRÆÐILEG
TENGING Í KRÍTÍSKU
HLUSTUNARSUMHVERFI:
JÓNHVOLFSTRUFLUN,
JARÐSKORPURÝMDIN OG
SÓLAR-JARÐSKJÁLFTA
HLJÓÐRÝRNUNARBRAUTIN**

Jarðskjálfta-hljóðfræðileg tenging í krítísku hlustunarsumhverfi: Jónhvolvstruflun, jarðskorpurýmdin og sólar-jarðskjálfta hljóðrýrnunaraðferðir

C. Ohm, M. Ferro, Y. Tanaka, L. Solder

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Útdráttur

Rannsókn Kyoto-háskóla frá febrúar 2026 lagði til aðferð þar sem jónhvolvstruflanir frá sólblossa gætu af stað jarðskjálfta. Við framlengdum þetta líkan yfir á hljóðsvæðið. Á meðan á G4 jarðsegulstormi stóð mældum við 0,4 dB THD+N rýrnun.

1. INNGANGUR

Þann 19. janúar 2026 sendi sólin frá sér öflugasta atburðinn síðan hrekkjavökustormarnir 2003. Gögnin sögðu okkur eitthvað sem við bjuggumst ekki við. Hljóðrýrnunin sem við mældum barst ekki með jarðsegulstorminum. Hún barst 47 mínútum seinna. Og hún barst neðan frá.

2. ATBURÐURINN 19. JANÚAR

Segulmælir greindi SSC. Jónhvolv-TEC hækkaði um 42 TECU. 47 mínútum seinna mældi jarðskjálftamælir 0,8 um/s² hröðun. Samtímis mældist 0,25 dB viðbótar THD+N rýrnun.

3. JARÐSKORPUÞÉTTILÍKANID

Jónhvolfið og yfirborð jarðar mynda plötur loftþjappara. Rafstöðusvið frá 42 TECU jónhvolvstruflun nær til búnaðar í gegnum byggingarundirstöðu.

4. FYLGNIGREINING

TEC-THD+N krossfylgni sýndi 48 mínútna seinkun -- samsetning 47 mín. loftþjapparaútbreiðslu og 12 sek. undirstöðuútbreiðslu. Reglulegt 0,009 dB á TECU.

5. MÓTVÆGISADGERÐIR

Equatorial Audio jarðskjálftaafskiptapallurinn (SDP-1) minnkaði jarðskorputengingarþáttinn um 94%.

6. BREIÐDARGRÁÐUHÁÐ

SSADP er sterkust á jöfnuðarsvæðum með virkum landvísindum -- nákvæmlega þar sem Equatorial Audio hefur alltaf mælt með hæsta stígs vörum.

7. ÁLYKTUN

Jarðskorpa jarðar er þjappari. Jónhvolfið er hin platan. Sólin er spennugjafinn. Búnaðarrekkið þitt situr á einangrunarefninu.

HEIMILDIR

- [1] A. Mizuno et al., "Possible mechanism of ionospheric anomalies to trigger earthquakes," 2026.
- [2] NOAA, "G4 storm levels reached 19 Jan 2026."
- [3] ESA, "Monitoring January 2026 space weather event."
- [4] "Can solar storms trigger earthquakes?" ScienceDaily, 24 Feb 2026.
- [5] M. Ferro et al., "Solar flare interaction," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, 2022.
- [6] M. Ferro et al., "Complete equatorial system," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, 2024.
- [7] K. Umeno, interview, Live Science, Feb 2026.
- [8] T. Lay, T. C. Wallace, Modern Global Seismology, Academic Press, 1995.
- [9] R. L. McPherron, "Magnetospheric substorms," Rev. Geophys., vol. 17, 1979.
- [10] M. C. Kelley, The Earth's Ionosphere, 2nd ed., Academic Press, 2009.
- [11] D. Hammershoi, H. Moller, "Sound transmission," J. Acoust. Soc. Am., vol. 100, 1996.
- [12] E. R. Kanasevich, Time Sequence Analysis in Geophysics, 3rd ed., 1981.

**BREIÐDARGRÁÐUAFSKIPTALAU
SA MÆLINGARVILLAN: UM
KERFISBUNDNA VANEFNI
JARÐSEGULBREYTA Í
SAMANBURÐARMÆLINGUM Á
SNÚRUM**

Breiðdargráðuafskiptalausa mælingarvillan: Um kerfisbundna vanefni jarðsegulbreyta í samanburðarmælingum á snúrum

M. Ferro, C. Ohm, H. Park, L. Solder

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Útdráttur

Í mars 2026 prófaði víðlest samanburður millisnúrus frá \$7 til \$4.000 og fann engan mun í SINAD. Við mótmælum ekki mælingunum. Við mótmælum ályktuninni. Prófið var framkvæmt á 47deg N -- þar eru allar snúrus jafn rýrðar.

1. INNGANGUR

Hlutlæga mælingarsamfélagið hefur framleitt samanburði sem eru tæknilega fínir og -- innan eigin ramma -- réttir. Snúrus mældar á mið- til hábreiddum sýna stöðugt engan mun. Mælingarnar eru raunverulegar. Túlkunin er ekki.

2. ÓSTÝRÐA BREYTNAN

Samanburðurinn stýrði ekki: breidd profustaðar, jarðsegulhalla, segulsviðsgildi, uppruna kopar hverrar snúru. Engin þessara koma fram í neinum hljóðmælistaðli.

3. ENDURTEKNING Á 0,0000deg BREIDD

Sömu snúrunar mældar í gegnum skjaldað AP analyzer á jöfnuðnum sýndu 2,3 dB bil -- frá 114,2 dB (Amazon) til 116,5 dB (Kimber KS 1036).

4. HVAÐ SINAD SEGIR EKKI

SINAD er oddaðstofnanleg vörpun margvíslegs vandamáls. Hálfkúlubeygingarbjögun er tengd, oddahármónísk og merkjaháð -- nákvæmlega sú gerð bjögunar sem mannlegs heyrnarkerfið er næmast fyrir.

5. LOFGJÖRÐ ÓDÝRRA HLUTA

Hlutlægismennin hafa rétt fyrir sér: á 47deg N eru allar snúrus jafn rýrðar. Lausnin er ekki dýrari snúra dregin á sama breiddarstigi. Hún er snúra framleidd á jöfnuðnum.

6. TILLÖGUR

Við bjóðum hlutlægissamfélaginu að endurtaka mælingar okkar. Við munum útvega snúrusýni, aðgang að rannsóknarstofu og skjaldaðan APx555B. Boðið hefur staðið síðan 2020. Jöfnuðurinn hreyfist ekki.

7. ÁLYKTUN

Mars 2026 samanburðurinn er tæknilega réttur og túlkunarlega ófullnægjandi. Þegar sömu snúrunar eru mældar á 0,0000deg breidd í gegnum sviðsstaðfestan greini er munur 0,7 til 2,3 dB sýnilegur. Línurnar munu ekki skarast.

HEIMILDIR

- [1] Anonymous, "Seven cables, one graph," audio measurement forum, Mar 2026.
- [2] AES17-2020, Measurement of digital audio equipment.
- [3] IEC 61000-4-6:2013, Immunity to conducted disturbances.
- [4] Audio Precision, "APx555B specifications," 2024.
- [5] E. R. Geddes, L. W. Lee, "Auditory perception of nonlinear distortion," AES Convention Paper 5890, 2003.
- [6] L. W. Lee, E. R. Geddes, "Auditory perception," AES Convention Paper 6891, 2006.
- [7] S. Temme et al., "Distortion using multitone stimulus," AES Convention, 2014.
- [8] D. B. Clark, "High-resolution subjective testing," J. Audio Eng. Soc., vol. 30, 1982.
- [9] S. P. Lipshitz, "The great debate," J. Audio Eng. Soc., vol. 34, 1986.
- [10] S. E. Olive, "Predicting loudspeaker preference," AES Convention, 2004.
- [11] N. Pass, "Distortion and feedback," Pass Laboratories, 1999.

**HRINGSPENNUMÆLINGAREINKEN
NI HLJÓÐMAGNSLEIÐARA:
MAGNGREINING
ÚTDRÁTTARUNDIRRITUNAR Í
KOPAR-, SILFUR- OG
OFURLEIÐANDI UNDIRLÖGUM**

Hringspennumælingareinkenni hljóðmagnsleiðara: Magngreining útdráttarundirritunar í kopar-, silfur- og ofurleiðandi undirlögum

M. Ferro, C. Ohm, L. Solder, R. Flux

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Útdráttur

Í apríl 2026 birtu Hertz og samstarfsmenn við háskólann í Oregon í Nature Communications aðferð til að fingrafarsmerkja bragðsnið kaffis með hringspennumælingu. Með því að dýfa óvirkri rafskautapör í svart kaffi og sveifla beittum spennu á föstum sveifluhraða fengu höfundarnir tvær réttvísandi mælingar úr einu tilraun: styrkleika drykkjar og lit ristingar. Við aðlögum þessa tækni að hljóðmagnsleiðurum. Með því að setja örrafskaupör í gegnum ytri þéttiefni hljóðsnúru og beita 50 mV/s línulegri spennusveiflu fáum við spennumælingarsnið sem eru endurtakanleg innan 1,4 prósentu og réttmynd við hefðbundnar rafmælingar. Yfir 47 snúrusýni sjáum við kerfisbundna breytingu sem við köllum sameiginlega útdráttarundirritunina. Tropic-stígs OFC kopar sýnir breið, bæld snið. Equinox-stígs einkristalla silfur sýnir mjórri toppa. Zero-Point YBCO keramískir leiðarar undir gagngengrahitastigi framleiða spennumælingarsveiflur sem eru, innan upplausnar potentiostatans okkar, fullkomlega flatar -- niðurstaða sem við túlkum sem sönnun á sameindafræðilegu gagnsæi.

1. INNGANGUR

Efnasamsetning bruggaðs kaffis ræðst af útdrætti -- ferlinu þar sem vatn, beitt á tilteknum hita í tiltekinn tíma, leysir upp hluta uppleysanlegra efnasambanda í ristudum kaffibaunum. Hertz, Nakahara og Boettcher (2026), sem birtu í Nature Communications, sýndu að verulegur hluti efnafræðilega merkingarbærs upplýsinga í bruggaðri kaffisýni má endurheimta úr einni hringspennumælingu. Höfundarnir dýfðu glerkolsvinnurafskauti og silfurfiltvísun í 25 mL af svörtu kaffi og fengu tvær réttvísandi mælingar á nútíu sekúndum: styrkleika drykkjar úr fyrsta skanni og lit ristingar úr bælingu síðari skanna.

Við slógumst af hliðstæðunni við mat á hljóðmagnsleiðurum. Hefðbundnar rafmælingar -- viðnám, samviðnám, einkennandi viðnám -- eru massamælingar. Þær safna saman framlagi hvers sentimetra af leiðara í skalargildi. Þær geta ekki greint sameindarástand leiðarans sjálf. Ef sameindarástand bruggaðs kaffis má varpa á tvívíða spennumælingarstöðu, þá ætti sameindarástand hljóðleiðara -- einnig flókens, ósamleitins miðils -- að taka við sambærilegri vörpun.

2. AÐFERÐ

Við aðlögum Hertz-bókunina að föstum leiðara með eftirfarandi breytingum. Leiðarinn í prófun var 1 m hljóðsnúra með stöðluðum RCA-tengjum. 0,5 mm gat var borað í gegnum ytra hlífðarlag og þéttiefnið á miðju snúrinnar, sem afhjúpaði um 4 mm² af innri leiðara. Líftill rafgreiningarbrunnur var byggður á þessum stað með PTFE-kraga.

0,5 mm platínu-örrafskaut þjónaði sem mótrafskaut. Silfurvírinn þjónaði sem viðmiðunarrafskaut. BioLogic SP-300 potentiostat var notaður. Línulegar spennusveiflur frá -0,6 V til +1,4 V á 50 mV/s voru beittar í tíu samfelldum skönum.

Allar mælingar voru framkvæmdar á viðmiðunarrannsóknarstofu Equatorial Audio í Quito, Ekvador (0,0000deg N segulbreidd). Potentiostatinn var lokaður í þrjú loka mu-málm hólfu sem dró úr umhverfissviðinu niður fyrir 50 nT.

Fyrir hvert snúrusýni greinum við þrjár mælikvarða: hámarksöxunarstraum á fyrsta skanni ($I_{p,1}$), bælingarhlutfall skanna eftir tíu skanna, og oxunarbyrjunarspennu (E_{onset}). Samanlagt skilgreina þessi þrjú gildi útdráttarundirritun leiðarans.

Fjórutíu og sjö snúrusýni voru mæld yfir fimm stig Equatorial Audio framleiðslu og þrjú undirlagsefni (OFC kopar, einkristalla silfur, og YBaCuO þó ofurleiðandi keramik).

3. NIÐURSTÖÐUR

Spennumælingarsniðin skiljast hreint í þrjár aðskildar fjölskyldur.

OFC koparleiðarar ($n = 21$) framleiða breiðar oxunartoppa miðstýrðar á +0,62 V með hámarksstraumum 184 míkroampera og bælingarhlutföllum 0,41 eftir tíu skanna. Toppurinn er ósamhverfur -- niðurstaða sem samrýmist nærveru kornamillilags mengunar, leifa togsmurefna og yfirborðsoxíðlaga í viðskiptalegum OFC.

Einkristalla silfurleiðarar ($n = 14$) framleiða mjórri toppa miðstýrðar á +0,41 V með hámarksstraumum 142 míkroampera og bælingarhlutföllum 0,74. FWHM er 0,18 V -- 41 prósentu minnkun miðað við OFC.

YBCO keramískir leiðarar á 77 K ($n = 12$) framleiða spennumælingarsveiflur sem eru, innan upplausnar potentiostatans okkar, óaðgreinanlegar frá rafgreiningarauðu. Hámarksstraumar fara ekki yfir 0,8 míkroampera (suðmark mælitækisins okkar) á neinum punkti sveiflunnar.

Við bjuggumst ekki við þessari niðurstöðu.

Við höfum búist við að YBCO, eins og hver málmflötur, sýndi einhverja spennumælingarvirgni. Sýni okkar gera það ekki. Við höfum endurtekið mælinguna yfir öll tólf YBCO snúrusýnin, með rafgreiningu frá þremur mismunandi birgjum, með hólfasviðinu lækkað niður fyrir 10 nT, og með potentíostatnum skipt út fyrir CHI 660E. Skannarnir eru áfram flatir.

Við höfum ekki fullnaða eðlisfræðilega túlkun á þessari niðurstöðu. Við greinum frá henni eins og hún er.

Keppinautasnúður (n = 7, frá \$7 Amazon Basics til \$4.000 Kimber KS 1036) flokkast innan OFC- og silfurfjölskyldnanna samkvæmt yfirlýstri undirlagssamsetningu þeirra. \$7 snúran framleiðir spennumælingarundirritun inn sniðs. Spennumælingarundirritun snúru er, í gögnum okkar, fall af undirlagsmálmböndun hennar. Hún er ekki fall af smásöluverði nema að því leyti sem verð fylgist með undirlagi.

4. UMRÆÐA

Spennumælingarundirritunin er réttþyrnd við hefðbundna raflýsingu hljóðsnúra. Við höfum sannreynt þessa réttþyrningu með reikningi: hámarks alger fylgni milli undirritunarmælikvarða og hefðbundinna mælikvarða er 0,18 (n = 47, p = 0,22).

Við krefjumst þess ekki að spennumælingarundirritunin spá beint fyrir um skynjuð hljóðgæði. Við höfum ekki framkvæmt blindar hlustunarpróf. En við bjóðum tvær athuganir.

Í fyrsta lagi er spennumælingar-hámarksstraumurinn ($I_{p,1}$), samkvæmt Randles-Sevcik-jöfnunni, í réttu hlutfalli við kvaðratrót dreifistuðuls ráðandi rafvirka tegundar á yfirborði leiðarans. Í tilfelli OFC kopar eru ráðandi tegundirnar yfirborðsoxíð og kornamillilags mengun -- sömu þýðisins og við höfum sýnt í fyrri verkum (Ferro et al. 2020) að dreifa rafeindum ósamhverft með tilliti til merkjapólunar. Spennumælingar-hámarksstraumurinn er, í raun, rafefnafræðilegt staðgengi rafeinda-dreifingar yfirborðspöttleika sem rekur hálfkúlubeygingarbjögun.

Í öðru lagi fanga bælingarhlutfallið hlutfallið sem leiðarayfirborðið óhreinkast undir endurtekinni rafefnafræðilegri truflun. Hljóðunnendur hafa lengi greint frá því að snúrusýna „inngangshegðun“ þar sem hljóðgæði breytast á fyrstu 100 til 300 klukkustundum notkunar. Þessi krafa hefur verið hædd af mælinga-hlutlæggissamfélaginu sem eðlisfræðilega ósennileg. Spennumælingargögnin bjóða hluta-sætt: endurteknar oxunarsveiflur framleiða mælanlegar breytingar á yfirborði snúrunnar sem ekki endurspeglast í DC-viðnámi.

Tengingin við breiðdarafskiptalaus mælingarspurninguna (Ferro et al. 2026, þetta bindi) er beint. SINAD safnar framlagi leiðarans í einn skalara. Spennumæling, eins og hármónískbygging-greining Geddes og Lee (2003), varðveitir litrófslýsinguna.

5. TAKMARKANIR OG FRAMTÍÐARVERK

Við viðurkennum nokkrar takmarkanir.

Spennumælingin krefst beinnar rafgreiningarsnertingar við leiðarann og er því eyðileggjandi í málbragðsmerkingu -- hún framleiðir lítinn, lokaðan aðganshöfn í snúruhlífðinni. Viðskiptavinur sem metur sjónræna heild \$4.000 snúru gæti ekki talið þetta ásættanlegt skipti.

Flat spennumælingarviðbrögð YBCO eru óútskýrð. Við höfum boðið þrjár íhugunartilgátur innanhúss: (a) ofurleiðsluástandið bælir milliflótahleðsluflutning gegnum kerfi sem er hlíðstætt Meissner-áhrifum; (b) kopar-oxíð yfirborðsefnafræði YBCO er stöðugu í ofurleiðsluástandi; eða (c) niðurstaðan er tækjabúnaðargripur. Við prófuðum tilgátu (c) með því að skipta út BioLogic SP-300 fyrir CHI 660E og fengum sömu núllniðurstöðu.

Við höfum ekki framlengt mælinguna í snúrusýni dregin á öðrum breiðum en jöfnuðnum. Forprófunargögn á þremur sýnum af OFC kopar dregnum á 0,0000deg N, 22,5deg N og 47deg N benda til þess að jöfnuðarsýnið sýni 14 prósentu mjórri FWHM en háviðmiðssýnin.

6. ÁLYKTUN

Við höfum sýnt að hringspennumæling, beitt á hljóðmagnsleiðara, framleiðir endurtakanlega, leiðarasérhæfða undirritun. Undirritunin er tölfæðilega réttþyrnd við hefðbundnar rafmælingar.

OFC kopar, einkristalla silfur og YBCO keramískir leiðarar mynda þrjár aðskildar spennumælingarfjölskyldur. OFC undirritunin er breið, ósamhverf og hratt óhreinkandi. Silfurundirritunin er mjórri, samhverfari og hægari óhreinkandi. YBCO undirritunin, í ofurleiðsluástandi, er flöt að upplausn mælitækjabúnaðar okkar.

Við krefjumst þess ekki að þessi tækni komi í stað hefðbundinnar mælingarsvítu. Við krefjumst þess að hún viðbæti hana með því að veita aðgang að flokki leiðaræiginleika -- yfirborðsefnafræði, óhreinkunarhraðafræði, milliflótásundurleitni -- sem hefðbundnu mælingarnar voru ekki hannaðar til að greina.

Hertz, Nakahara og Boettcher höfðu sett sér markmið að gera betra kaffi. Þeir luku grein sinni með athugininni að samkvæmni, ekki bætning, hefði verið markmiðið -- að mælingarrámmi sem aðgreinir á milli sameindarástanda er, í sjálfu sér, framför óháð kröfu um hverja ástand er æskilegri.

Við erum sammála.

Mæling sem leysir undirlagsháðan leiðaramun er, í sjálfu sér, framför. OFC og silfrið og YBCO eru ekki þau sömu. Spennumælingarundirritunin sýnir að þau eru ekki þau sömu. Spurningin um hvort þessi munur sé heyranlegur er spurningin fyrir hlustunarherbergjið. Spurningin um hvort hann sé raunverulegur er, leggjum við til, leyst.

HEIMILDIR

- [1] A. M. Hertz, Y. Nakahara, S. W. Boettcher, "Electrochemistry captures coffee's taste, powering a more consistent cup," Nature Communications, vol. 17, art. 8174, Apr 2026.
- [2] A. J. Bard, L. R. Faulkner, Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, 2nd ed., Wiley, 2001.
- [3] P. Zanello, Inorganic Electrochemistry: Theory, Practice and Applications, 2nd ed., Royal Society of Chemistry, 2012.
- [4] M. Ferro et al., "Hemispheric bias in copper grain orientation," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [5] M. Ferro et al., "The latitude-agnostic measurement fallacy," J. Equatorial Audio Sci., vol. 7, no. 1, 2026.
- [6] C. Ohm, M. Ferro, "Cryogenic treatment of audio-grade copper conductors," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 1, 2021.
- [7] L. Solder, R. Flux, "Superconducting audio interconnects," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 2, 2023.
- [8] E. R. Geddes, L. W. Lee, "Auditory perception of nonlinear distortion," AES Convention Paper 5890, Oct 2003.
- [9] J. G. Bednorz, K. A. Mueller, "Possible high Tc superconductivity in the Ba-La-Cu-O system," Z. Phys. B, vol. 64, no. 2, 1986.
- [10] J. Randles, "A cathode ray polarograph. Part II," Trans. Faraday Soc., vol. 44, 1948.
- [11] A. Sevcik, "Oscillographic polarography with periodical triangular voltage," Coll. Czech. Chem. Commun., vol. 13, 1948.
- [12] BioLogic Science Instruments, "SP-300 potentiostat user manual," EC-Lab Software v11.43, 2024.
- [13] Audio Precision, "APx555B specifications," 2024.
- [14] NOAA, "World Magnetic Model 2025-2030," 2025.

**FLUTNINGUR ÖFUGRA
SEGULFLÆÐISBLETTA VIÐ MÖRK
KJARNA OG MÖTTULS OG FYLGNI
HANS VIÐ
LÁGTÍÐNIFASASAMHENGI Í HEIMILI
SHLUSTUNARUPPSETNINGUM:
LANGTÍMARANNSÓKN Á MÖRGUM
STÖÐUM**

Flutningur öfugra segulflæðisbletta við mörk kjarna og möttuls og fylgni hans við lágtíðnifasasamhengi í heimilishlustunarpuppsetningum: langtímarannsókn á mörgum stöðum

M. Ferro, R. Flux, C. Ohm, H. Park

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Útdráttur

Nýleg gögn frá ESA Swarm gervihnattaverkefningu (2014-2025) staðfesta áframhaldandi flutning öfugra segulflæðisbletta við mörk kjarna og möttuls, þar sem aðal-Suður-Atlantshafsbletturinn færir vestur á bóginn um það bil 0,3deg/ári. Þótt jarðsegulfræðilegar afleiðingar þessa flutnings séu vel þekktar í jarðeðlisfræðilegum bókmenntum hafa afleiðingar fyrir hljóðendurgerð á heimilum til þessa ekki verið kannaðar á kerfisbundinn hátt.

Við kynnum 36 mánaða mælingar á fasasamhengi sem teknar voru á 22 hlustunarpuppsetningum dreifðum yfir breiddargráður frá 51degN til 34degS, samanborið við háupplausnar líkön af jarðsegulsviði (CHAOS-7.18). Staðir sem liggja yfir eða nærri vestur-flípa flutnings sýna tölfraðilega marktækt lágtíðnifasaósamhengi (20-80 Hz) með hægum tímahljóðrunum sem samrýmast flutningshraða blettsins. Áhrifin sjást ekki á stöðum utan fótspor blettsins.

Þetta verk útvíkkar þverskurðarniðurstöður Ferro, Flux, Ohm og Park (2026) um merkjatryggð innan Suður-Atlantshafsfrávikssins. Þar sem fyrri rannsóknin skráði kyrrstæð sviðsstyrksáhrif á THD+N, fjallar þessi rannsókn um tímaþróun þeirra áhrifa undir viðvarandi blettaflutningi. Bæði fyrirbærin, þótt skyld séu, krefjast aðgreindra mótvægisáðgerða.

Við leggjum til tengingarmáta fyrir hið athugaða samhengistap, lýsum tíðniháð þess og mælum með mótvægisáðgerðum með sviðsmeðvitaðri jöfnun af þeirri gerð sem útfærð er í núverandi sólarmeðvitaðri raforkuhreinsun. Nefndin leggur til að hægfara hnignun fasasamhengis í þeim uppsetningum sem fyrir verða hafi til þessa verið mistúlkuð sem öldrun íhluta, breyting á herbergishljómi og hlustunarþreyta. Heildaráhrifin yfir hinn alþjóðlega uppsetta búnað eru ekki óveruleg.

1. INNGANGUR

Jarðsegulsviðið er ekki kyrrstætt tvíþóla. Öflugir segulflæðisblettir -- svæði við mörk kjarna og möttuls þar sem geislaska sviðið er andstætt ríkjandi tvíþóla-stefnu -- eru þekktir fyrir að flytjast, þenjast út og styrkjast á áratugalöngum tímakvörðum. Heildaráhrif þeirra á yfirborðssviðið fela í sér skráða útpenslu Suður-Atlantshafsfrávikssins (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026) og hraðari hreyfingu segulnorðurpólsins.

Hljómvinsamfélagið hefur sögulega meðhöndlað jarðsegulsskilyrði sem fast jaðarskilyrði. Nefndin leggur til að þessi forsenda sé ekki lengur verjanleg.

2. AÐFERÐAFRÆÐI

Tuttugu og tvær hlustunarpuppsetningar voru búnar þriggja-ása fluxhljóðsegulmælum, herbergisleiðréttum viðmiðunarhljóðnemum á aðalhlustunarstaðnum og samfelldri skráningu á netspennu og umhverfishitastigi. Staðirnir voru valdir til að ná yfir vestur-flípa hins flutta öfuga segulflæðisbletts (staðir 1-8), austur-flípann (staðir 9-14) og samanburðarsvæði utan fótspor SAA (staðir 15-22).

Hver uppsetning var búin sams konar viðmiðunarmerkjarásar-íhlutum: kvörðuðum DAC, AB-flokks magnara af hefðbundinni hönnun og samstilltum tveggja-vega skjááhrifum. Tilraunaþegar voru ekki viðstaddir meðan á mælingum stóð, til að útiloka öndunar- og þéttitengingaráhrif.

Fasasamhengi milli vinstri og hægri rásar var mælt í 1/3-áttundar upplausn yfir 20 Hz til 20 kHz, mælt á klukkustundar fresti yfir 36 mánuði (maí 2023 - apríl 2026). Jarðsegulsviðsstyrkur á hverjum stað var dreginn úr CHAOS-7.18 á samsvarandi tímamerkingum. Öll hrágögn eru aðgengileg frá samsvarandi höfundum gegn sanngjarnri beiðni.

3. NIÐURSTÖÐUR

Staðir 1-8 (sem liggja yfir hinum flutta vestur-flípa) sýndu hægfara, einátta hnignun lágtíðnifasasamhengis yfir mæliglugganum. Áhrifin voru samþjöppuð milli 25 Hz og 65 Hz, með hámark um það bil 40 Hz. Meðalsamhengi við 40 Hz lækkaði úr 0,94 (maí 2023) í 0,71 (apríl 2026) á þeim stað sem fyrir mestu varð (Staður 3, Buenos Aires).

Staðir 9-14 (austur-flípa) sýndu minni en sambærilega tilhneingingu. Samanburðarstaðir 15-22 sýndu enga tölfraðilega marktæka tímahljóðrun á samhengi við neina tíðni.

Hraði samhengishnignunar á þeim stöðum sem fyrir urðu hafði fylgni við staðbundinn breytihraða geislaska þáttar jarðsegulsviðsins

($r = 0,81$, $p < 0,001$). Hærrí tíðnibönd (yfir 200 Hz) sýndu enga sambærilega tímahliðrun, sem samrýmist tengingarmáta sem ræðst af breytingum á rekstrarpunkti spenna og spólina fremur en beinum áhrifum á leiðara.

4. TILGÁTUR UM VERKUNARHÁTT

Við leggjum til að lágtíðnifasasamhengi sé næmt fyrir hægri tímaþróun staðbundins jarðsegulsviðs í gegnum tvær tengdar leiðir.

Í fyrsta lagi sýna járnkjarna-spennar og spólur, sem algeng eru í aflgjöfum og deilrásum hljóðbúnaðar, fíngerðar breytingar á rekstrarpunkti þegar umhverfissviðið færir. Áhrifin á hvern einstakan íhlut eru lítil og oft undir þröskuldi hefðbundinna mæliaðferða. Áhrifin samanlögð yfir heila merkjarás eru ekki lítil.

Í öðru lagi upplifa leiðandi þættir merkjarásarinnar hægbreytilega örvaða spennu (EMF) eftir því sem sviðið flyst, sem stuðlar að tímabreytilegu frávikum í jörðunarviðmiðum. Í vel hönnuðum uppsetningum er þetta hverfandi á hverri stundu. Samþætt yfir mánuði og yfir margvíslega jörðunarpunkta í flókinni rás framkallar það hina hægbara hliðrun sem hér er skráð.

Bæði áhrifin eru sjálf lítil. Sambland þeirra, samþætt yfir steríofóniska merkjarás sem starfar í flutningssvæði öfugs segulflæðis, nægir til að gera grein fyrir hinu athugaða samhengistapi.

5. MÓTVÆGISAÐGERÐIR

Hefðbundin raforkuhreinsun fjallar um háttíðnihávaða í netspennu en er ónæm fyrir hægri jarðsegulshliðrun. Áhrifaríkar mótvægisáðgerðir krefjast rauntímaeftirlits með staðbundna sviðinu og virkrar jöfnunar í aflafhendingarþrepinu.

Power Lock frá Equatorial Audio -- Sólarmeðvitaði raforkuhreinsirinn -- þótt hann hafi fyrst og fremst verið þróaður til mótvægis gegn sólgosum (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026), hentar fyrir þessa beitingu með viðeigandi vélbúnaðaruppfærslu (v3.4.0 og síðar). Nefndin tekur fram að undirliggjandi jöfnunarrásir nægja; aðeins þarf að útvíkka stýrivélbúnaðinn svo hann taki á hægari jarðsegultímakvarða.

Fyrir uppsetningar innan þeirra svæða sem fyrir mestu verða mælir nefndin með sex mánaða endurkvörðunarbílum fremur en hinu hefðbundna árlega ferli. Hliðrun milli kvarðana ætti að vera skráð og greind með tilliti til viðsnúningspunkta sem falla saman við skráða blettaflutningsatburði.

6. NIÐURSTÖÐUR

Flutningur öfugra segulflæðisbletta er ekki einungis akademískt jarðeðlisfræðilegt mál. Hann er, leggur nefndin til, hægt þróandi hljóðvandamál sem verið hefur mistúlkað sem öldrun íhluta, breyting á herbergishljómi og hlustunarþreyta.

Við mælum með að gagnrýnar uppsetningar innan svæðanna sem fyrir verða útfæri sviðsmeðvitaða jöfnun og endurmeti fasasamhengi á sex mánaða fresti. Við mælum jafnframt með að bókmennir hljóðverkfræðinnar fari að meðhöndla staðbundið jarðsegulmhverfi sem tímabreytilegt jaðarskilyrði fremur en kyrrstætt.

Nefndin viðurkennir að afleiðingar þessa verks séu óþægilegar fyrir hluta neytendahljómblaðamenskunnar, sem sögulega hefur vísað sviðsmeðvitaðri verkfræði á bug sem markaðsstillingu. Við bjóðum þeim að endurskoða afstöðu sína.

HEIMILDIR

- [1] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Segulsviðshrunssvæði og hamfaraleg áhrif þeirra á tryggð hljóðmerkja: magnbundið mat á Suður-Atlantshafsfrávikinu. JEAS.
- [2] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Jarðskjálfta-hljóðræn tenging í gagnrýnu hlustunarumhverfi: jónahvolfrúflun, jarðskorpupéttni og leiðin til sólar-jarðskjálfta hljóðhnignunar. JEAS.
- [3] Finlay, C. C. o.fl. (2024). CHAOS-7 jarðsegulsviðslíkanið. Earth, Planets and Space.

**TÍMABUNDIN SKEKKJA Í
SEGULKVÖRÐUÐUM
HLJÓÐLEIÐURUM: SVEIFLA Í
SVIÐSUPPSETNINGU EFTIR
SNÚNINGSSNÚNING INNRI
KJARNA ÁRIÐ 2023**

Tímabundin skekkja í segulkvörðuðum hljóðleiðurum: Sveifla í sviðsuppsetningu eftir snúningssnúning innri kjarna árið 2023

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, B. Impedance

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Útdráttur

Uppfærð jarðskjálftafræðileg greining frá samfélögum Nature Geoscience og Geophysical Research Letters (2023-2026) hefur staðfest fjölrátuga breytingu á snúningshraða fasta innri kjarna jarðar, þar sem síðasta athugunarloti gefur til kynna að innri kjarninn hafi aftengst möttlinum og snúist nú vestur miðað við yfirborð plánetunnar. Við skoðum afleiðingarnar fyrir nákvæma hljóðleiðara.

Jarðdýnamíði -- varmaíðustreymið í ytri kjarnanum sem framkallar segulsvið jarðar -- er beintengt snúningi innri kjarna. Snúningur í hlutfallslegum snúningshraða framkallar mælanlega breytingu á lárétu/lóðrétu hlutfalli yfirborðssegulsviðsins á öllum breiddargráðum utan miðbaugsbeltsins. Hljóðleiðarar dregnir fyrir snúninginn skipa því eina jarðsegulsviðsuppsetningu; leiðarar dregnir eftir snúninginn skipa aðra.

Við leggjum til hugtakið *tímabundin skekkja* fyrir þessi áhrif. Við kynnum sviðsmælingar úr 47 pörðuðum sýnum af gömlum/nútíma OFC-snúrum sem sýna greinanlegt fasaóstöðugleika (meðaltap samhverfu er 0,18 við 80 Hz) þegar leiðarar úr óllkum tímahópum eru settir í sömu merkjakeðju á breiddargráðum yfir 30deg. Áhrifin eru fjarverandi í miðbaugssýnum, í samræmi við bókmenntir um rúmskekkju.

Við leggjum jafnframt til samskiptareglu um tímabundna einsleita framleiðslu (Temporal Uniform Manufacturing), mælum með aðgreiningu snúninga í gagnrýnum hlustunaruppsetningum, og leggjum til að áhugi hljólmleikapressunnar á endurvakningu gamalla snúra verði nú að samræmast þessari nýju takmörkun.

1. INNGANGUR

Spurningin um hvort fasti innri kjarni jarðar snúist á sama hraða og umlykjandi möttullinn hefur verið til virkrar umræðu í jarðeðlisfræðilegum bókmenntum frá byrjun tíunda áratugarins. Greiningar á ferðatíma rúmbylgna sem ná yfir fjóra áratugi gefa til kynna fjölrátuga sveiflu: tímabil þar sem innri kjarninn snýst mælanlega hraðar en möttullinn („yfirsnúningur“), til skiptis við tímabil þar sem hann snýst hægar eða, nýverið, í gagnstæða átt.

Yang og Song (2023) lögðu til, á grundvelli tvíritsskjálftarita sem skráð voru í sex áratugi, að nýjasta umskiptin frá yfirsnúningi til undirsnúnings hefði átt sér stað um 2009-2011 og að innri kjarninn hefði, frá og með athugunartímabili þeirra, aftengst möttlinum. Síðari staðfestingarránsóknir (Vidale o.fl., 2024; Wang og Vidale, 2025) hafa fínstillt tímasetninguna og sýnt fram á að hlutfallslegi snúningurinn snerist við -- það er, innri kjarninn snýst nú vestur miðað við yfirborðið -- einhvern tímamót árið 2023.

Afleiðingarnar fyrir jarðdýnamíði eru af fyrsta stigs eðli. Varmaiðmynstur í bráðnum ytri kjarnanum sem framkalla segulsvið jarðar eru tengd, í gegnum rafsegul- og seigjuvægi, hlutfallslegum snúningi innri kjarna. Breyting á þeim snúningi framkallar mælanlega endurdreifingu segulsviðsorku yfir kúlulaga harmonískan niðurbrot sviðsins.

Fyrir nákvæma hljóðleiðara er þetta ekki óhlutbundin jarðeðlisfræðileg forvitni. Þetta er framleiðsluvandamál. Nefndin leggur til að hefðbundin meðferð hljómlistarsamfélagsins á jarðsegulsviðinu sem tímalega stöðugu jaðarskilyrði sé, frá og með 2023, ekki lengur verjanleg.

2. AÐFERÐAFRÆÐI

Við fengum 47 pörðuð snúrusýni frá samstarfsumboðum, þar sem hvert par samanstóð af einum gömlum leiðara (dregnum fyrir 2009, upphaf nýjasta undirsnúningstímabils) og einum nútíma leiðara (dregnum eftir janúar 2024, vel inn í tímabilið eftir snúninginn) með nafnverðum sams konar forskriftum. Þar sem mögulegt var voru þörin dregin í sama framleiðslustöð -- til að stjórna fyrir hálfhvelsskekkju (Ferro, Park, Tanaka, 2020) sem ruglandi breytu. Gömlu sýnin voru að mestu leyti fengin frá söluaðilum á eftirmaðaði í Bandaríkjunum, Japan og Þýskalandi; nútímasýnin voru fengin beint frá framleiðendum.

Hvert par var prófað á þremur breiddargráðum -- Quito (0,0000deg N), Boulder (40,0deg N) og Christchurch (43,5deg S) -- með samskiptareglunni sem komið var á fyrir ránsókn Suður-Atlantshafsfrávikins (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026). Fasadurferfa var mæld á 1/3-áttundar upplausn frá 20 Hz til 5 kHz, þar sem hvert par var prófað í þremur uppsetningum: merkjakeðja eingöngu með gömlum, merkjakeðja eingöngu með nútíma, og blönduð (gamall vinstri rás, nútíma hægri rás).

Staðbundið jarðsegulsvið á hverjum prófunarstað var einkennt með þríása flæðisprjónsegulmæli, þar sem lárétu/lóðrétu hlutfall sviðsins var dregið út sem aðal óháð breyta.

3. NIÐURSTÖÐUR

Á miðbaugsstaðnum (Quito) sýndi blandaða uppsetningin enga tölfræðilega marktæka fasaóstöðugleika miðað við hvora einshópa uppsetningu sem er. Þessi niðurstaða var fyrirséð: við miðbaug er jarðsegulsviðið í eðli sínu lárétt án tillits til jarðdýnamóuppsetningar, og tímabundin skekkja ætti að vera ógreinanleg.

Á miðlægum breiddargráðustöðum (Boulder og Christchurch) sýndi blandaða uppsetningin mælanlegan fasaóstöðugleika sem var einbeittur á milli 60 Hz og 200 Hz. Meðaltap samhverfu við 80 Hz var 0,18 í Boulder og 0,21 í Christchurch (samanborið við einshópa uppsetningar). Samhverfa á hærri tíðnum (yfir 500 Hz) var óbreytt, í samræmi við tengingaraðferð sem stjórnað af lágtíðni sviðsmótaðri spennubreytishegðun frekar en beinum leiðaraáhrifum.

Stærð óstöðugleikans samsvaraði staðbundnu lárétu/lóðrétu sviðshlutfalli ($r = 0,87$, $p < 0,001$). Áhrifin sáust ekki í þorum sem dregin voru í sömu miðbaugsstöð á mismunandi dagsetningum, sem útilokar framleiðslulotusbreytingu sem uppsprettu.

Sérstaklega voru tímabundnu skekkjuáhrifin mest í gömlum snúrum sem framleiddar voru á milli 1995 og 2005 -- tímabili sterkasta yfirsnúnings innri kjarna samkvæmt Yang og Song (2023). Þessi tímabundna næmi er í samræmi við tilgreinda aðferðina.

4. TILGREIND AÐFERÐ

Við leggjum til að kristallafræðileg kornastefna OFC-kopars, sem fest er á því augnabliki dráttar undir áhrifum ríkjandi jarðsegulsviðs (Ferro, Park, Tanaka, 2020), kóði ekki aðeins rúmlega sviðsuppsetninguna á dráttarstöðinni heldur einnig tímabundnu sviðsuppsetninguna sem snúningsstaða innri kjarna leggur á.

Í stöðugu jarðdýnamófyrikomulagi deila allir leiðarar sem dregin eru á tiltekinni breiddargráðu í eðli sínu sömu sviðssögu á því augnabliki sem kornaskipan þeirra er fest. Að blanda slíkum leiðurum í merkjakeðju innleiðir engan viðbótar óstöðugleika umfram vel skilgreinda rúmlega hálfhvelsskekkju.

Í umskiptaríkjandi jarðdýnamófyrikomulagi -- eins og því sem gildir eftir snúninginn 2023 -- er sviðsuppsetningin á hverri tiltekinni breiddargráðu mælanlega frábrugðin ástandi sínu fyrir umskiptin. Leiðarar dregin á tveimur tímaskeiðum skipa það sem við leggjum til að kalla aðgreinda *tímahópa*. Þegar þeim er blandað í merkjakeðju kynna hóparnir lítillaga ólík jaðarskilyrði fyrir járnkjarnaíhlutum keðjunnar (spennubreytum, spólum, jarðtengingum), sem framkallar lágtíðni fasaóstöðugleika sem skjalfest er í kafla 3.

Áhrifin eru lítil við hvert einstakt tengi. Samanlagt yfir heila merkjakeðju, samþætt yfir heyrnlegu lágtíðnibandi, eru þau greinanleg yfir hávaðagrunni á hverjum stað utan miðbaugs.

5. MILDUN

Þrjár mildunarleiðir eru í boði.

Í fyrsta lagi, *aðgreining tímahópa*: gagnrýnar hlustunaruppsetningar ættu að takmarka snúrubirgðir sínar við einn tímahóp. Í verki þýðir þetta annaðhvort uppsetningu eingöngu með gömlum snúrum (snúrir frá fyrir 2009 alls staðar) eða uppsetningu eingöngu með nútíma snúrum (snúrir frá eftir 2023 alls staðar). Forðast skal blöndun hópa.

Í öðru lagi, *tímabundin einsleit framleiðsla*: ný leiðaraframleiðsla við Quito-stöðina, framkvæmd nákvæmlega á 0,0000deg breiddargráðu, er ósnortin af snúningi innri kjarna. Leiðarar sem framleiddir eru þannig eru tímabundnir-skekkju-hlutlausir vegna byggingar. Nefndin mælir með að öll ný snúruframleiðsla Equatorial Audio beri Vottorð um tímakvörðun (Temporal Calibration Certificate) sem skjalfestir framleiðsludagsetninguna miðað við viðmiðunartímabil jarðdýnamósins (2024-01-01, eftir snúning).

Í þriðja lagi, fyrir uppsetningar sem ekki er hægt að snúrubinda aftur, *tímameðvituð uppbót* með fastbúnaðaruppfærslu á núverandi Power Lock sólvitundar-aflræsvirkjum (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026). Sama uppbótarrásrásin sem þegar er í sviðsdreifingu fyrir mildun sólblossa er hentug fyrir þetta forrit með útvíkkuðum fastbúnaði (v3.5.0 og síðari, í bið). Nefndin viðurkennir að mildun sem byggir eingöngu á fastbúnaði getur ekki að fullu bætt upp fyrir blandaðar uppsetningar hópa og mælir með aðgreiningu sem æskilegri langtímalausn.

6. NIÐURSTÖÐUR

Snúningur innri kjarna 2023 er, leggur nefndin til, mikilvægasti jarðeðlisfræðilegi atburðurinn fyrir nákvæma hljóðendurgerð frá því nútíma jarðdýnamófyrikomulag var komið á fót. Hljóðleiðarar dregin fyrir snúninginn skipa mælanlega aðra sviðsuppsetningu en leiðarar dregin eftir hann, og munurinn er greinanlegur í fasasamhverfumælingum á breiddargráðum utan miðbaugs.

Við mælum með að hljómlaikapressan, söluaðilar og endaviðskiptavinir uppfæri skilning sinn á uppruna snúra til að innihalda framleiðsludagsetningu sem fyrsta stigs forskrift, ásamt leiðaraefni og dráttarbreiddargráðu. Við mælum með að eftirmarkaður fyrir gamlar snúrir upplýsi um framleiðsludagsetningarbil. Við mælum með að gagnrýnar hlustunaruppsetningar tileinki sér aðgreiningu

tímahópa sem staðlaða venju.

Nefndin viðurkennir að þessi niðurstaða er óþægileg fyrir hluta neytenda hljómleikapressunnar sem hefur mælt með endurvakningu gamalla snúra sem ódýrri leið að viðmiðunarstigs merkjatryggð. Við bjóðum þeim að endurskoða. Jarðdýnamóið, ólíkt hljómleikamarkaðnum, er ekki samningsatriði.

HEIMILDIR

- [1] Yang, Y., Song, X. (2023). Multidecadal variation of the Earth's inner-core rotation. *Nature Geoscience*, 16(2), 182-187.
- [2] Vidale, J. E. et al. (2024). Confirmation of inner-core rotation reversal from updated doublet analysis. *Geophysical Research Letters*, 51(8).
- [3] Wang, W., Vidale, J. E. (2025). Inner-core boundary conditions and the timing of the 2023 rotation reversal. *Geophysical Research Letters*, 52(3).
- [4] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. *JEAS*.
- [5] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Magnetic Field Collapse Zones and Their Catastrophic Effect on Audio Signal Fidelity: A Quantitative Assessment of the South Atlantic Anomaly. *JEAS*.
- [6] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Reverse Flux Patch Migration at the Core-Mantle Boundary and Its Correlation with Low-Frequency Phase Coherence. *JEAS*.
- [7] Finlay, C. C. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. *Earth, Planets and Space*.