
**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 dregin fyrir snúninginn skipa því eina jarðsegulsviðsuppsetningu; leiðarar dregin 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 staðfestingarrannsóknir (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 snúningafrá 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 söluáðilum á eftirmarkaði 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 rannsókn 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 þrjú 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 yfirsnúningis 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 snúningssstaða 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*.