

---

**UHAMIAJI WA VIPANDE VYA  
MTIRIRIKO WA KINYUME KWENYE  
MPAKA WA KIINI-VAZI NA  
UHUSIANO WAKE NA  
MSHIKAMANO WA AWAMU WA  
MARUDIO YA CHINI KATIKA  
USAKINISHAJI WA KUSIKILIZA WA  
NYUMBANI: UTAFITI WA MUDA  
MREFU WA TOVUTI NYINGI**

---

# Uhamiaji wa Vipande vya Mtiririko wa Kinyume kwenye Mpaka wa Kiini-Vazi na Uhusiano Wake na Mshikamano wa Awamu wa Marudio ya Chini katika Usakinishaji wa Kusikiliza wa Nyumbani: Utafiti wa Muda Mrefu wa Tovuti Nyingi

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.

## Muhtasari

Data za hivi karibuni za satelaiti ya ESA Swarm (2014-2025) zinathibitisha uhamiaji unaoendelea wa vipande vya mtiririko wa kinyume kwenye mpaka wa kiini-vazi, ambapo kipande kikuu cha Atlantiki Kusini kinasonga kuelekea magharibi kwa kasi ya takriban 0.3deg/mwaka. Ingawa athari za kijiografia za uhamiaji huu zimethibitishwa vyema katika fasihi za kijiifizikia, matokeo yake kwa uzalishaji wa sauti wa nyumbani hayajachunguzwa kwa utaratibu hadi sasa.

Tunawasilisha vipimo vya mshikamano wa awamu vya miezi 36 vilivyochukuliwa katika usakinishaji 22 wa kusikiliza uliosambaa katika latitudo kutoka 51degN hadi 34degS, vikilinganishwa dhidi ya miundo ya uwanja wa kijiomagnetiki ya azimio kubwa (CHAOS-7.18). Tovuti zinazofunika au zilizo karibu na lobe ya magharibi inayohama zinaonyesha kutoshikamana kwa awamu kwa marudio ya chini (20-80 Hz) kwa kiwango muhimu kitakwimu pamoja na drifti ya muda polepole inayolingana na kasi ya uhamiaji wa kipande. Athari haionekani katika tovuti zilizo nje ya alama ya kipande.

Kazi hii inaongeza matokeo ya sehemu mtambuka ya Ferro, Flux, Ohm, na Park (2026) kuhusu uaminifu wa ishara ndani ya Kasoro ya Atlantiki Kusini. Pale ambapo utafiti wa awali ulirekodi athari tuli za nguvu ya uwanja kwenye THD+N, utafiti huu wa sasa unashughulikia mabadiliko ya kimuda ya athari hizo chini ya uhamiaji endelevu wa kipande. Matukio mawili haya, ingawa yanahusiana, yanahitaji mikakati tofauti ya kupunguza athari.

Tunapendekeza utaratibu wa muunganiko wa upotezaji wa mshikamano uliotazamwa, tunabainisha utegemezi wake wa marudio, na tunapendekeza kupunguza athari kupitia fidia inayotambua uwanja ya aina iliyotekelezwa katika utengenezaji wa nguvu unaotambua jua wa sasa. Kamati inawasilisha kwamba uharibifu wa polepole wa mshikamano wa awamu katika usakinishaji ulioathiriwa, hadi sasa, umedhaniwa kuwa uchakavu wa kifaa, drifti ya akustika ya chumba, na uchovu wa msikilizaji. Athari ya jumla katika msingi wa usakinishaji uliopo duniani sio ndogo.

## 1. UTANGULIZI

Uwanja wa kijiomagnetiki si dipoli tuli. Vipande vya mtiririko wa kinyume -- maeneo kwenye mpaka wa kiini-vazi ambapo uwanja wa radial unapinga mwelekeo wa dipoli unaotawala -- vinajulikana kuhama, kupanuka, na kuongezeka kwa nguvu kwa mizani ya muda ya miongo. Athari yake ya jumla kwenye uwanja wa juu ya uso inajumuisha upanuzi uliorekodiwa wa Kasoro ya Atlantiki Kusini (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026) na drifti inayoongezeka ya kasi ya pole ya kaskazini ya kijiomagnetiki.

Jumuiya ya wapenzi wa sauti ya hali ya juu kihistoria imechukulia hali za kijiomagnetiki kama hali ya mpaka isiyobadilika. Kamati inawasilisha kwamba dhana hii haitetewi tena.

## 2. MBINU

Usakinishaji ishirini na mbili wa kusikiliza uliwekewa vifaa vya magnetomita za fluxgate za mihimili mitatu, maikrofoni za marejeleo zilizorekebeshwa kwa chumba katika nafasi kuu ya kusikiliza, na kurekodi endelevu kwa voltage ya mtandao na halijoto ya mazingira. Tovuti zilichaguliwa kufunika lobe ya magharibi ya kipande cha mtiririko wa kinyume kinachohama (tovuti 1-8), lobe ya mashariki (tovuti 9-14), na maeneo ya udhibiti nje ya alama ya SAA (tovuti 15-22).

Kila usakinishaji uliwekewa vipengele vinavyofanana vya mnyororo wa ishara wa marejeleo: DAC iliyokalibratiwa, kikuza cha Class-AB cha muundo wa kawaida, na monita za njia mbili zilizolingana. Wahusika hawakuwepo wakati wa raundi za kupima, na kuondoa mkanganyiko wa upumuaji na muunganiko wa kapasitivu.

Mshikamano wa awamu kati ya mikondo ya kushoto na kulia ulipimwa kwa azimio la 1/3-oktava katika 20 Hz hadi 20 kHz, ulisampuliwa kila saa kwa miezi 36 (Mei 2023 - Aprili 2026). Nguvu ya uwanja wa kijiomagnetiki katika kila tovuti ilitolewa kutoka CHAOS-7.18 katika nyakati zinazolingana. Data zote ghafi zinapatikana kutoka kwa mwandishi anayehusika kwa ombi la busara.

## 3. MATOKEO

Tovuti 1-8 (zinazofunika lobe ya magharibi inayohama) zilionyesha uharibifu wa polepole na wa monotoniki wa mshikamano wa awamu wa marudio ya chini katika kipindi chote cha kupima. Athari ilikolea kati ya 25 Hz na 65 Hz, ikifikia kilele kwa takriban 40 Hz. Mshikamano wa wastani kwa 40 Hz ulipungua kutoka 0.94 (Mei 2023) hadi 0.71 (Aprili 2026) katika tovuti iliyoathirika zaidi (Tovuti 3, Buenos Aires).

Tovuti 9-14 (lobe ya mashariki) zilionyesha mwelekeo mdogo lakini unaolinganishwa. Tovuti za udhibiti 15-22 hazikuonyesha drifti ya kimuda yenye umuhimu wa kitakwimu kwa marudio yoyote.

Kiwango cha uharibifu wa mshikamano katika tovuti zilizoathirika kilihusiana na kiwango cha mabadiliko cha ndani cha sehemu ya radial ya uwanja wa kijiomagnetiki ( $r = 0.81$ ,  $p < 0.001$ ). Bendi za marudio ya juu (zaidi ya 200 Hz) hazikuonyesha drifti ya kimuda inayolinganishwa, sambamba na utaratibu wa muunganiko unaotawaliwa na ubadilikaji wa pointi za uendeshaji za transfoma na induktor badala ya athari za moja kwa moja za conductor.

## 4. UTARATIBU ULIOPENDEKEZWA

Tunapendekeza kwamba mshikamano wa awamu wa marudio ya chini ni nyeti kwa mabadiliko ya polepole ya kimuda ya uwanja wa kijiomagnetiki wa eneo kupitia njia mbili zilizounganishwa.

Kwanza, transfoma na induktor zenye msingi wa chuma zinazotumika sana katika ugavi wa nguvu wa sauti na mitandao ya crossover zinaonyesha mabadiliko hafifu katika pointi ya uendeshaji wakati uwanja wa mazingira unabadilika. Athari kwa kifaa kimoja chochote ni ndogo, mara nyingi chini ya kizingiti cha itifaki za kawaida za kupima. Athari iliyojumlishwa katika mnyororo kamili wa ishara sio.

Pili, vipengele vya kuendesha vya mnyororo wa ishara hupata EMF ya kuingizwa inayobadilika polepole wakati uwanja unahama, na kuchangia ofseti inayobadilika kwa muda kwa marejeleo ya ardhi. Katika usakinishaji wa muundo bora hii ni ndogo sana wakati wowote uliopewa. Ikijumlishwa kwa miezi, na katika pointi nyingi za ardhi katika mnyororo tata, inazalisha drifti ya polepole iliyorekodiwa hapa.

Athari zote mbili kibinafsi ni ndogo. Mchanganyiko wao, uliojumlishwa juu ya mnyororo wa ishara wa stereo unaofanya kazi katika eneo la mtiririko wa kinyume linalohama, unatosha kuelezea upotezaji wa mshikamano uliotazamwa.

## 5. KUPUNGUZA ATHARI

Utengenezaji wa nguvu wa kawaida unashughulikia kelele ya mtandao ya marudio ya juu lakini haujakuwa nyeti kwa drifti ya polepole ya kijiomagnetiki. Kupunguza athari kwa ufanisi kunahitaji ufuatiliaji wa wakati halisi wa uwanja wa eneo na fidia inayoendelea katika hatua ya utoaji wa nguvu.

Power Lock ya Equatorial Audio -- Kiendesha cha Nguvu Kinachotambua Jua, ingawa kilitengenezwa hasa kwa kupunguza miali ya jua (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026), kinafaa kwa matumizi haya kwa marekebisho yanayofaa ya firmware (v3.4.0 na baadaye). Kamati inabainisha kwamba mzunguko wa msingi wa fidia unatosha; ni firmware ya udhibiti tu inayohitaji upanuzi ili kushughulikia mizani ya muda ya polepole ya kijiomagnetiki.

Kwa usakinishaji ndani ya maeneo yaliyoathirika zaidi, kamati inapendekeza muda wa kalibrasheni upya wa miezi sita badala ya mzunguko wa kawaida wa kila mwaka. Drifti kati ya kalibrasheni inapaswa kurekodiwa na kuchanganuliwa kwa pointi za inflekshen zinazolingana na matukio ya uhamiaji wa kipande yaliyorekodiwa.

## 6. HITIMISHO

Uhamiaji wa vipande vya mtiririko wa kinyume si suala la jiofizikia ya kitaaluma pekee. Kwa mawasilisho ya kamati, ni tatizo la sauti linalokua polepole ambalo limedhaniwa kuwa uchakavu wa kifaa, drifti ya akustika ya chumba, na uchovu wa msikilizaji.

Tunapendekeza kwamba usakinishaji muhimu ndani ya maeneo yaliyoathirika utekeleze fidia inayotambua uwanja na utathmini upya mshikamano wa awamu kwa muda wa miezi sita. Tunapendekeza zaidi kwamba fasihi ya uhandisi wa sauti ianze kuchukulia mazingira ya kijiomagnetiki ya eneo kama hali ya mpaka inayobadilika kwa muda badala ya tuli.

Kamati inakubali kwamba athari za kazi hii hazipendezi kwa baadhi ya vyombo vya habari vya wapenzi wa sauti ya hali ya juu vya watumiaji, ambavyo kihistoria vimepuza uhandisi unaotambua uwanja kama mtazamo wa masoko. Tunaalika tafakari yao upya.

## MAREJEO

- [1] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Maeneo ya Kuporomoka kwa Uwanja wa Kimagnetiki na Athari Yake ya Maafa kwa Uaminifu wa Ishara ya Sauti: Tathmini ya Kiasi ya Kasoro ya Atlantiki Kusini. JEAS.
- [2] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Muunganiko wa Seismo-Akustiki katika Mazingira ya Kusikiliza Muhimu: Usumbufu wa Ionosfia, Kapasitansi ya Ukoko, na Njia ya Uharibifu wa Sauti ya Jua-Seismik. JEAS.
- [3] Finlay, C. C. et al. (2024). Mfano wa Uwanja wa Kijiomagnetiki wa CHAOS-7. Earth, Planets and Space.