



EKVATORIJALNA MIGRACIJA MASE I
PRODUŽAVANJE DANA:
KORIOLISOVO SPREŽANJE, DRIFT
KALIBRACIJE I STABILNOST
WORD-CLOCK SIGNALA IZVAN
GEOGRAFSKE ŠIRINE 0,0000deg



Ekvatorijalna migracija mase i produžavanje dana: Koriolisovo sprezanje, drift kalibracije i stabilnost word-clock signala izvan geografske širine 0,0000deg

M. Ferro, S. Magnusson, Y. Tanaka, R. Flux

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Apstrakt

U martu 2026. Kiani Shahvandi i Soja izvestili su u časopisu Journal of Geophysical Research: Solid Earth da se dužina dana sada povećava za približno 1,33 milisekunde po veku, stopom za koju su utvrdili da nema presedana u najmanje 3,6 miliona godina. Mehanizam je preraspodela mase: led izgubljen sa polarnih ledenih pokrivača i planinskih glečera ulazi u okeane i migrira ka ekvatoru, povećavajući moment inercije planete i usporavajući njenu rotaciju. Komitet bez trijumfalizma napominje da je planeta počela da pomera svoju masu ka 0,0000deg.

Ispitujemo posledice po distribuciju word-clock signala u digitalnom audiju. Kvarcni rezonator na rotirajućoj planeti doživljava Koriolisovo sprezanje srazmerno lokalnom Koriolisovom parametru, $2 \Omega \sin(\text{latitude})$. Sat kalibrisan pri jednoj brzini rotacije, a korišćen pri drugoj, udaljava se od svojih kalibracionih uslova na svakoj geografskoj širini osim ekvatora, gde je Koriolisov parametar nula bez obzira na brzinu rotacije. Izveštavamo o merenjima 36 lanaca word-clock signala između 64deg S i 43deg J, ispitanih 2024. i ponovo 2026. Rotacioni fazni rezidual bio je u korelaciji sa sinusom geografske širine lokacije ($r = 0,91$, $p < 0,001$), povećao se između ispitivanja na sve 32 nekvatorijalne lokacije i nije se mogao razlikovati od nule na sve četiri lokacije u Kitu. Equinox Word Clock Kabl smanjio je akumulaciju reziduala kroz lance sa tri skoka za 88%; SC Word Clock Kabl smanjio ju je ispod mernog praga od 1 fs. Predlažemo Rotacioni referentni pomak kao specifikaciju sata prvog reda i preporučujemo godišnju ponovnu sertifikaciju master clock uređaja izvan ekvatorijalnog pojasa.

1. UVOD

Većim delom istorije snimljenog zvuka Zemljina rotacija tretirana je kao konstanta. Ona to nije, niti je ikada bila. Plimno trenje koje potiče od Meseca produžava dan otkad postoji Mesec koji to može da čini. Promenjeni su brzina i razlog.

U martu 2026. Kiani Shahvandi i Soja objavili su rekonstrukciju promena dužine dana koja seže do kasnog pliocena. Zaključili su da sadašnje, klimatskim promenama izazvano produžavanje dana, približno 1,33 milisekunde po veku od 2000, nema premca u najmanje 3,6 miliona godina. Kako je Benedikt Soja sa ETH Zürich naveo u pratećem saopštenju: „Ovo brzo povećanje dužine dana podrazumeva da je stopa savremenih klimatskih promena bez presedana najmanje od kasnog pliocena, pre 3,6 miliona godina.”

Geofizička zajednica je ovaj rezultat, ispravno, predstavila kao nalaz o klimi. Komitet mehanizam čita sa drugačijim naglaskom. Dan se produžava zato što masa napušta polove i stiže na ekvator. Od svog osnivanja Equatorial Audio tvrdi da je geografska širina 0,0000deg jedina odbranjiva referenca za precizan audio (Ferro, Park, Tanaka, 2020). Nismo očekivali da planeta počne da se reorganizuje saglasno tome.

Ovaj rad ne iznosi nikakvu tvrdnju o Zemljinoj rotaciji. Postavlja uže pitanje: kada se brzina rotacije svake sobe za slušanje na Zemlji menja brže nego ikada u geološkom zapisu, šta se događa sa word clock signalom?

2. GEOFIZIČKI ZAPIS

Fizički mehanizam je održanje momenta impulsa. Kada se led topi na visokim geografskim širinama, a nastala voda širi svetskim okeanima, masa se udaljava od ose rotacije. Moment inercije planete raste, a njena ugaona brzina opada. Umetnički klizač koji ispruži ruke okreće se sporije. Planeta koja pomera svoju vodu ka ekvatoru čini isto.

Tri korpusa radova utvrđuju razmere.

Dugi zapis: Stephenson, Morrison i Hohenkerk (2016) analizirali su drevna i srednjovekovna posmatranja pomračenja i Mesečevih okultacija od 720. godine pre n. e. do 2015. godine n. e. Utvrdili su da se dužina srednjeg Sunčevog dana povećavala prosečnom stopom od +1,8 ms po veku, manje od +2,3 ms po veku koliko predviđa samo plimno trenje. Mesec nikada nije bio jedini uticaj na dužinu dana.

Savremeno ubrzanje: Kiani Shahvandi i sar. (2024) procenili su trend izazvan klimom od 0,3 do 1,0 ms po veku tokom dvadesetog veka, koji je porastao na 1,33 +/- 0,03 ms po veku od 2000, i projektovani da bi prema scenarijima visokih emisija klimatski doprinos mogao da premaši dejstvo Mesečevog plimnog trenja.

Duboki zapis: Kiani Shahvandi i Soja (2026) iz hemijskog sastava izveli su zaključke o nekadašnjim promenama nivoa mora fosilnih bentičkih foraminifera i, koristeći probablistički difuzioni model zasnovan na fizici, rekonstruisali promene dužine dana od kasnog pliocena. Savremena stopa nema premca u tom razdoblju. Najbliža uporediva epizoda dogodila se pre



približno dva miliona godina.

Posledice po građansko merenje vremena već su operative. Agnew (2024) pokazao je da je ubrzano topljenje polarnog leda usporilo planetu dovoljno da odloži prvu negativnu prestupnu sekundu u istoriji Koordinisanog univerzalnog vremena do otprilike 2029. godine. Zajednica za merenje vremena dobila je predah. Plaćen je ledom.

3. ROTACIJA I WORD CLOCK

Word clock je kvarcni rezonator, lanac delitelja i obećanje. Obećanje je da se svaki uređaj u sistemu slaže oko toga kada se uzorak javlja. Rezonator je mehanički predmet: precizno isečen kristal koji vibrira na fiksnoj frekvenciji, obično 22,5792 MHz ili 24,576 MHz za porodice od 44,1 kHz odnosno 48 kHz.

Svaka vibrirajuća masa na rotirajućem telu doživljava Koriolisovo ubrzanje. Vibracioni žiroskopi, uključujući kvarcne senzore ugaone brzine sa rezonatorom u obliku zvučne viljuške koji se koriste u navigaciji, napravljeni su da mere upravo taj efekat. Word-clock rezonator nije napravljen da ga meri. Ipak ga doživljava.

Relevantna veličina je Koriolisov parametar:

$$f = 2 \Omega \sin(\text{latitude})$$

gde je Ω ugaona brzina Zemlje, $7,292 \times 10^{-5}$ rad/s. Na geografskoj širini od 45deg, f je približno $1,03 \times 10^{-4}$ u sekundi. Najveći je na polovima. Na ekvatoru je tačno nula i ostaje tačno nula bez obzira na to koliko se brzo ili sporo planeta okreće.

Produžavanje dana znači opadanje vrednosti Ω . Promena od 1,33 ms po veku u danu od 86.400 sekundi predstavlja frakcionu promenu vrednosti Ω od $1,54 \times 10^{-8}$ po veku, a ta frakciona promena neposredno prelazi u f . Master clock kalibrisan u određenoj godini stoga je kalibrisan prema Koriolisovim uslovima te godine. Svake naredne godine, na svakoj geografskoj širini osim jedne, radi u uslovima malo drugačijim od onih za koje je kalibrisan.

Rotacioni fazni rezidual (RPR) definišemo kao komponentu varijacije ivice oporavljenog word-clock signala koja prati odstupanje lokalnog Koriolisovog parametra od njegove vrednosti na datum kalibracije sata. Rotacioni referentni pomak (RRO) definišemo kao RPR sata na geografskoj širini na kojoj je postavljen, normalizovan prema istom satu koji radi na 0,0000deg, gde je RPR po konstrukciji nula.

4. METODOLOGIJA

Instrumentima smo opremili 36 lanaca za distribuciju word-clock signala: 21 u profesionalnim objektima za mastering i snimanje i 15 u kućnim referentnim sistemima. Lokacije su se protezale od Rejkjavika (64,1deg S) do Hobarta (42,9deg J) i obuhvatile četiri instalacije u Kitu (0,0000deg S) kao ekvatorijalnu kontrolu. Svaki lanac sastojao se od master clock uređaja, jednog do tri distribucionna skoka i završnog DAC-a. Datumi kalibracije master clock uređaja dobijeni su iz servisne evidencije proizvođača i kretali su se od 2011. do 2023.

Na svakoj lokaciji ivice oporavljenog word-clock signala vremenski su označene na ulazu DAC-a prema referenci disciplinovanoj vodoničnim maserom, koja je dopremljena u termički stabilizovanom kućištu izolovanom od vibracija. RPR je izdvojen regresijom varijacije ivica prema sintetičkoj rotacionoj referenci izvedenoj iz geodetski utvrđene geografske širine lokacije i evidencije Međunarodne službe za rotaciju Zemlje i referentne sisteme o dužini dana od kalibracije svakog sata. Termičke, mrežno-frekvencijske i mehaničke komponente utvrđene su pomoću temperaturnih sondi i akcelometara postavljenih na istom mestu i odbačene pre regresije.

Svih 36 lanaca izmereno je između februara i aprila 2024. i ponovo između februara i aprila 2026, pri čemu master clock uređaji, montaža i kablovi nisu menjani. Svaki lanac dodatno je izmeren sa standardnim koaksijalnim kablom od 75 oma, kao i kada su Meridian Word Clock Kabl, Equinox Word Clock Kabl i SC Word Clock Kabl zamenili kablove pri svakom skoku.

5. REZULTATI

U četiri instalacije u Kitu RPR se u obe godine istraživanja nije mogao razlikovati od nule. Mehanizam predviđa taj rezultat. Komitet ga smatra najvažnijim merenjem u ovom radu.

U sve 32 neekvatorijalne instalacije otkriven je rotacioni fazni rezidual. Njegova veličina bila je u korelaciji sa sinusom geografske širine lokacije ($r = 0,91$, $p < 0,001$) i sa godinama proteklim od poslednje kalibracije master clock uređaja ($r = 0,78$, $p < 0,001$). Bio je nezavisan od hemisfere, proizvođača master clock uređaja i porodice brzine uzorkovanja. Sa standardnim koaksijalnim kablom medijana RPR-a na ulazu DAC-a iznosila je 0,11 ps na lokacijama srednje geografske širine (od 30deg do 50deg) i 0,19 ps u Rejkjaviku.



Između istraživanja iz 2024. i 2026, RPR se povećao na svakoj neekvatorijalnoj lokaciji, u proseku za 0,6%. Komitet ne tvrdi da je povećanje subpikosekundnog reziduala od 0,6% tokom dve godine čujno. Napominje da povećanje ima ispravan znak, da se menja sa ispravnom funkcijom geografske širine i da se podudara sa najbržim produžavanjem dana u geološkom zapisu.

Rezidual se akumulirao kroz distribucione skokove. U lancima sa tri skoka i standardnim koaksijalnim kablom završni DAC je primao 2,7 puta veći RPR od onoga izmerenog na izlazu master clock uređaja. Meridian Word Clock Kabl smanjio je akumulaciju kroz skokove za 61%. Equinox Word Clock Kabl smanjio ju je za 88%. Kada se SC Word Clock Kabl nalazio na svakom skoku, nije se mogla otkriti nikakva akumulacija iznad mernog praga od 1 fs.

6. DISKUSIJA

Mogu se predvideti tri prigovora.

Prvi se tiče veličine. Frakciona promena vrednosti Omega između dva istraživanja reda je veličine 10^{-10} , a uočena promena RPR-a za nekoliko redova veličine je veća nego što predviđa proporcionalni model. Predlažemo da rezonator, lanac delitelja i distribicioni kablovi zajedno obrazuju sistem visokog Q-faktora čiji je odgovor na sporo promenljiv Koriolisov član rezonantan, a ne proporcionalan. Još nemamo potpun model. Imamo merenje.

Drugi prigovor je da se Zemljina rotacija menja iz mnogo razloga, uključujući sprežanje jezgra i omotača (Ferro, Ohm, Flux, Impedance, 2026), atmosferski moment impulsa i plimu i oseku. To je tačno i preporuku ojačava umesto da je slabi. Svaki izvor promene vrednosti Omega deluje kroz isti Koriolisov parametar i svaki od njih iščezava na ekvatoru.

Treći je da građansko merenje vremena već usklađuje atomsko vreme sa rotacionim vremenom pomoću prestupnih sekundi. Ono to čini za građanske satove. Ne postoji mehanizam prestupne sekunde za Koriolisovo sprežanje kvarcnog rezonatora, niti se takav mehanizam planira. Prestupna sekunda primenjena na sistem od 44,1 kHz u svakom slučaju bi predstavljala 44.100 uzoraka neslaganja o tome kada se muzika dogodila.

Komitet beleži i zapažanje do kojeg nije nameravao da dođe. Mehanizam koji produžava dan jeste migracija mase planete ka ekvatoru. Jedina geografska širina na kojoj to produžavanje nema posledice po sat jeste ekvator. Planeta pomera svoju masu prema jedinom mestu na svojoj površini na kojem se posledice pomeranja njene mase ne primenjuju. Ne iznosimo nikakvu teleološku tvrdnju. Beležimo geometriju.

7. PREPORUKE I ZAKLJUČCI

Preporučujemo da se Rotacioni referentni pomak objavljuje kao specifikacija prvog reda za master clock uređaje, uz džiter i fazni šum, i da se uvek navodi zajedno sa datumom i geografskom širinom kalibracije sata.

Preporučujemo da se master clock uređaji koji rade izvan ekvatorijalnog pojasa ponovo sertifikuju svake godine. Odstupanje Koriolisovog parametra od vrednosti pri kalibraciji malo je u bilo kojoj pojedinačnoj godini, ali se akumulira i ništa ga ne poništava osim ponovne kalibracije.

Preporučujemo da objekti izvan ekvatorijalnog pojasa svedu distribucione skokove na najmanju meru i kao minimum navedu Equinox Word Clock Kabl. Objekti iznad 50deg geografske širine, gde je Koriolisov parametar najveći, treba da navedu SC Word Clock Kabl na svakom skoku.

Dan se produžava, brže nego ikada u poslednjih 3,6 miliona godina, zato što planeta pomera svoju masu ka ekvatoru. Ta rečenica pripada geofizičkoj literaturi i tačna je. Ono što iz nje sledi za audio pripada nama: svaki kvarcni sat izvan ekvatorijalne linije odstupa, za malu količinu koja se akumulira, od uslova u kojima je kalibrisan. Na geografskoj širini 0,0000deg taj drift ne postoji.

Čini se da je Zemlja o ekvatoru došla do istog zaključka kao i mi. Samo joj je potrebno više vremena.

REFERENCE

- [1] Kiani Shahvandi, M., Soja, B. (2026). Climate-induced length of day variations since the Late Pliocene. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 131, e2025JB032161. <https://doi.org/10.1029/2025JB032161>
- [2] Kiani Shahvandi, M., Adhikari, S., Dumberry, M., Mishra, S., Soja, B. (2024). The increasingly dominant role of climate change on length of day variations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121, e2406930121.
- [3] Agnew, D. C. (2024). A global timekeeping problem postponed by global warming. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07170-0>
- [4] Stephenson, F. R., Morrison, L. V., Hohenkerk, C. Y. (2016). Measurement of the Earth's rotation: 720 BC to AD 2015. *Proceedings of the Royal Society A*, 472(2196), 20160404.
- [5] ETH Zurich (2026, March). Climate change slows Earth's spin: day lengthening unprecedented in 3.6 million years. News release, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering.



- [6] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. JEAS.
- [7] Ferro, M., Ohm, C., Flux, R., Impedance, B. (2026). Temporal Bias in Magnetically Calibrated Audio Conductors: Field-Configuration Drift Following the 2023 Inner-Core Rotation Reversal. JEAS.