

## PRIOPĆENJE ZA MEDIJE

Petra Buljević Zdjelarević / Ured za odnose s javnošću  
Institut Ruđer Bošković / +385 99 267 9514 / [@buljevic@irb.hr](mailto:buljevic@irb.hr)

## Meteorološki tsunamiji uzrokuju 'pjevanje mora' i poremećaje u jonosferi

*Poremećaje u količini elektrona u jonosferi mogu uzrokovati različiti atmosferski procesi, no i valovi tsunamija koji mogu odašiljati energiju prema jonosferi, te tako značajno utjecati na tzv. vremenske uvjete u svemiru (space weather).*

**ZAGREB, 15. 9. 2023.** – Istraživanje koje su proveli znanstvenici s NASA Jet Propulsion Laboratorija u Pasadeni, SAD, a u kojem je sudjelovao i dr. sc. Ivica Vilibić s Instituta Ruđer Bošković (IRB), otkriva da meteorološki tsunamiji ne utječu samo na oceane, već ostavljaju trag i u Zemljinoj atmosferi, i to u obliku akustično-težinskih valova koje u atmosferu odašilju meteorološki tsunamiji, uzrokujući time poremećaje u gustoći elektrona. Ovaj fenomen možemo opisati i kao 'pjevanje mora', a prvi puta je dokumentiran u ovoj studiji. Rezultati studije važni su za bolje razumijevanje jedinstvenog vremenskog fenomena, meteoroloških tsunamija, te atmosferskih sustava Zemlje kao cjeline.

"Zbog brzine propagacije ovakvih poremećaja ovu vrsta mjerenja nije moguće koristiti u sustavima upozoravanja na meteorološke tsunamije. No, saznanje da meteorološki tsunamiji mogu uzrokovati nagle promjene u količini elektrona zanimljivo je za objašnjavanje i kvantificiranje upravo tih procesa, te na kraju mogu pridonijeti potpunijem objašnjavanju tih oscilacija, znajući da se takvi valovi slabijeg intenziteta, kao i infragravitacijski valovi, učestalo pojavljuju u moru. Drugim riječima, izgleda da je "pjevanje mora" učestalije nego što je uvriježeno mišljenje u znanstvenoj zajednici," objašnjava dr. Ivica Vilibić, jedan od autora na radu te znanstveni savjetnik u Laboratoriju za fiziku mora i kemiju vodenih sustava IRB-a.

Rezultati su objavljeni u znanstvenom časopisu [GPS Solutions](#), a u istraživanju su po prvi puta izmjerene promjene u količini elektrona u jonosferi nastale zbog vertikalnog prostiranja akustično-težinskih valova uzrokovanih meteorološkim tsunamijima.

### Kako 'pjeva' more?

Meteorološki tsunamiji su valovi tsunamija koji u moru nastaju kada izraženi putujući poremećaji u tlaku zraka i vjetra rezonancijom stvaraju snažne valove u moru. Ti valovi mogu biti izraženi u nekim područjima, tako je u Jadranu najpoznatija poplava Vele Luke 1978. godine, kada je val perioda oko 20 minuta i visine preko 6 metara poplavio značajan dio tog naselja. Meteorološki tsunamiji mogu stvarati valove i u drugim dijelovima Sredozemlja, te uz obale kontinentalnih šelfova kao što je istočna obala Sjedinjenih Američkih Država.

Upravo se tamo 13. lipnja 2013. godine bilježio meteorološki tsunami koji je zahvatio obalno područje ispred New Jerseyja, a valove u moru je stvorio tzv. 'derecho', odnosno višecelijska brza oluja koja je putovala preko Velikih jezera pa sve do istočne obale SAD i dalje, ukupno više od tisuću kilometara.

"Zanimljivo je primijetiti da je oluja koja je poharala unutrašnjost Hrvatske 19. srpnja 2023. godine imala sve odlike upravo uakve vrste oluja: snagu, veliku brzinu, dugovječnost, štetu u pogodenom području. Taj 'derecho' je na svom prednjem dijelu bio karakteriziran snažnim i naglim skokom u tlaku zraka, koji je i stvorio valova meteoroloških tsunamija. Ti valovi su se odbili od ruba plitkog područja šelfa dvjestotinjak kilometara od obale i vraćajući se nazad uzrokovali nagle promjene razine mora uz obalu od preko jednog metra, pri tome uzrokujući manju štetu i ranjavajući više ronioca zahvaćenih valovima.

Dakle, kod meteoroloških tsunamija vremenske neprilike u atmosferi stvaraju valove tsunamija u moru, što je i logično, zar ne? No, prije nešto više od dvadeset godina pokazano je da i valovi dugih perioda u moru, kao što su tsunamiji, mogu stvarati valove u atmosferi, zapravo vrlo male, najviše od nekoliko metara, koji se nakon toga mogu propagirati vertikalno u atmosferi (vidi sliku).

No, atmosfera s visinom postaje sve rjeđa, pa se ti valovi shodno tome povećavaju te dostižu visine od stotinjak i više kilometara, odnosno jonosferu, u kojoj se putem satelita i zemaljskih prijemnika mogu mjeriti nagle promjene količine elektrona. Na ovaj način moguće je detektirati potresom uzrokovane tsunamije u roku od nekoliko sati, što može biti primijenljivo u sustavima ranog upozoravanja na tsunamije u velikim oceanima," objašnjava dr. sc. **Ivica Vilibić** te dodaje kako ovaj fenomen možemo opisati i kao 'pjevanje mora' jer su valovi koji dosežu jonosferu akustičko-težinski valovi, isti kao i valovi koji nastaju eksplozijom supervulkana kao što je bila eksplozivna erupcija vulkana Hunga Tonga-Hunga Ha'apai u siječnju prošle godine.

Ta eksplozija je stvorila akustičko-težinski udarni val koji je obišao Zemlju više puta, također stvarajući meteorološke tsunamije u svim svjetskim morima. No, sada znamo da "more pjeva" i kad ga potaknu snažni procesi u atmosferi koji stvaraju meteorološke tsunamije. [Nedavno objavljeni rad](#) u časopisu GPS Solutions dokumentira takvo 'pjevanje' koje je uzrokovao meteorološki tsunami i 'derecho' 13. lipnja 2013. godine.

## Multidisciplinarno istraživanje

Istraživanja su predvodili znanstvenici NASA Jet Propulsion Laboratorija u Kaliforniji, SAD (<https://www.jpl.nasa.gov/>), a u istraživanjima su sudjelovali i znanstvenici Sveučilišta Colorado, Boulder, kao i dr. sc. Ivica Vilibić s IRB-a.

U ovom izrazito interdisciplinarnom istraživanju povezuju se znanosti o atmosferi (meteorologija, aeronomija), znanosti o moru (oceanografija) i teorije širenja valova, te koriste numerički modeli i napredni satelitski produkti i zemaljske postaje koji imaju sposobnost mjeriti procese u gornjoj atmosferi i jonosferi. Jedna od tih tehnika je i tzv. "radio occultation", koja je temeljena na promjenama svojstava signala GPS satelita prilikom putovanja kroz atmosferu, a moguće ju je mjeriti pomoću satelita u nižoj orbiti.

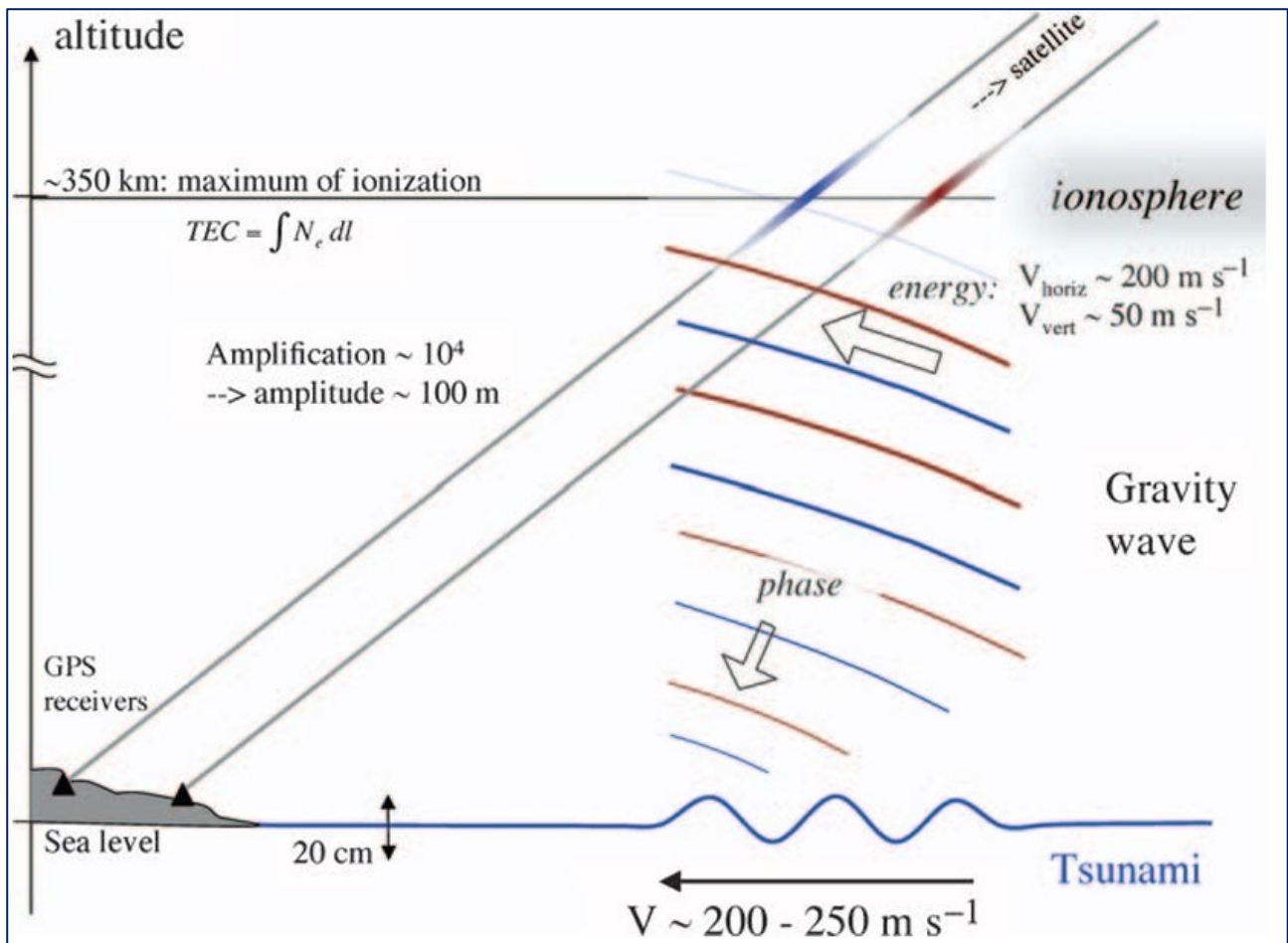
Kroz istraživanja znanstvenici su pokazali da mjerenja dobro opisuju teorijsku podlogu koja podrazumijeva stvaranje vertikalno propagirajućih akustičko-težinskih valova od strane meteoroloških tsunamija, njihovo pojačavanje i dosizanje jonosfere.

### KORISNE POVEZNICE:

<https://doi.org/10.1007/s10291-023-01492-8>

### KONTAKT SUGOVORNIKA NA TEMU:

dr. sc. Ivica Vilibić, Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, [ivilibic@irb.hr](mailto:ivilibic@irb.hr)



Prijenos energije valova tsunamija od površine mora do jonosfere (preuzeto iz Artru et al., 2005, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2005.02552.x>).