

# PREISPITIVANJE ODNOSA CIRKULACIJE VODE IZMEĐU OCEANA I KOPNA - NOVI KONCEPT GLOBALNE BILANCE VODA

prof. emeritus Ognjen Bonacci

Znanstvenici iz *Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Yokosuka, Japan* (Ogino et al., 2017.) su objavili rezultate svojih najnovijih istraživanja koji su unijeli značajne promjene u dosadašnjem shvaćanju bitnih komponenti bilance voda na Zemlji. Rezultati njihove najnovije studije pokazali su da je uloge oborina koje se javljaju uzduž tropskih obala na globalni ciklus kruženja vode na planeti značajno drugačija od one koja se smatra u klasičnom konceptu (Cook, 2018.). Ta činjenica će utjecati na promjenu procjena globalne cirkulacije vode na Zemlji.

U članku objavljenom u jednom od vodećih znanstvenih časopisa koji se bavi planetarnom geofizičkom problematikom *Geophysical Research Letters* iznesene su konceptualne novine vezane s globalnim ciklusom kruženja vode na Zemlji. Utvrđeno je da oborine koncentrirane u priobalnom tropskom području igraju ulogu značajnog atmosferskog dehidratora (smanjivanja dotoka vlage s oceana na kopno) između oceana i kopna. Transport vodene pare prema kopnu slabi kako se ona približava obalnom području dugom više stotina kilometara. Oko polovina vodene pare transformira se u oborine koje padnu u ocean u priobalnom području prije nego što dođu do kopna. Analize su pokazale da se radi o značajnim količinama slatke vode kojim atmosfera prihranjuje priobalni dio oceana. Te su količine usporedive s onima kojima se iz atmosfere prihranjuje kopno. Ovo je otkriće bacilo novo svjetlo na raspodjelu slanosti oceana i njoj pridruženu dinamiku. Ogino et al. (2017.) su zaključili da ova cirkulacija vlage utječe na značajno drugačiju interakciju između tropskih kopnenih dijelova i klime na Zemlji od one koja se do sada smatrala važećom.

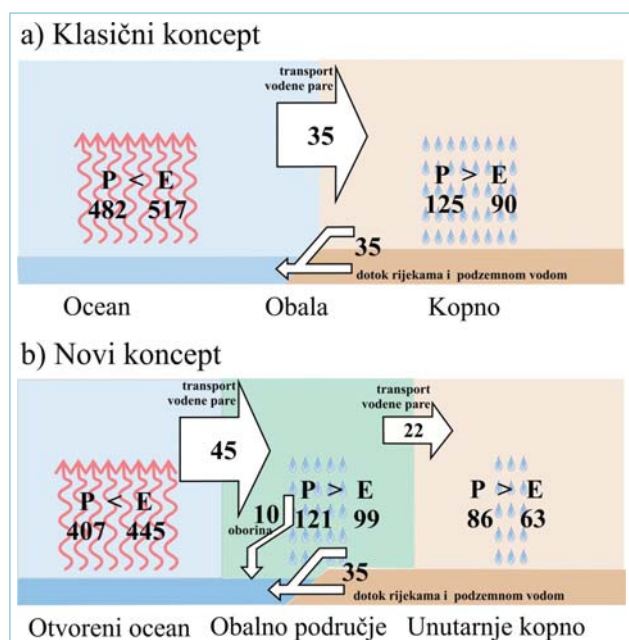
Voda igra ključnu ulogu u globalnoj klimatološkoj energetskoj bilanci kroz transport, oslobađanje latentne topline i procese zračenja (Hartmann, 1994.; Trenberth et al., 2009.). Ona na taj način snažno utječe na oblikovanje klime na planeti regulirajući

transfer energije između površine Zemlje i atmosfere. Gdje i kako se ti procesi odvijaju zavisi o količinama vode u oceanu, atmosferi i na kopnu kao i njihovoj varijabilnosti u različitim regijama. Ogino et al. (2017.) naglašavaju da je za potrebe cjelovitog i točnog razumijevanja današnje energetske bilance Zemlje neophodno precizno razjasniti proces cirkulacije vode između oceana i kopna. Studije koje su do danas vršene zasnivale su se na postavci da globalna vodna bilanca između oceana i kopna dijeli Zemlju na dvije regije (ocean i kopno). Ovaj je pristup stoga kolokvijalno nazvan modelom ili konceptom „dviju regija“.

Analize vezane s ovim konceptom su zasnovane na tvrdnji da je količina vode koja ispari iz oceana veća od oborina koje padnu na njega, te da je situacija na kopnu obrnuta. Posljedice ove neravnoteže kompenzirane su atmosferskim transportom vodene pare s oceana na kopno i dotokom površinskih voda iz vodotoka i podzemnih voda s kopna u oceane, kako je to shematski prikazano na slici 1a (Baumgartner i Reichel, 1975.; Oki i Kanae, 2006.; Trenberth et al., 2007.).

Radi se o klasičnom konceptu „dvije regije“ koji nije bio mijenjan od izrade i objavljivanja prve globalne procjene zasnovane na zajedničkim analizama planetarnih podataka oborina, evaporacije i otjecanja izvršenih u radu Baumgartner-a i Reichel-a (1975.), Takav pristup se koristio sve do danas, ali se čini da će rad Ogino-a et al. (2017.) definitivno utjecati na značajne izmijene ovog pristupa. Klasični koncept „dvije regije“ nije uzimao u obzir značajne količine oborina koje se javljaju iznad tropskih priobalnih područja, uključujući priobalje Indonezije, Indijski supkontinent i Bengalski zaljev. Za potpuno razumijevanje energetske bilance Zemlje neophodno je cjelovito shvatiti kako spomenute regije igraju ulogu u transferu vode između oceana i kopna.

Ogino et al. (2017.) su preispitali ulogu oborina uzduž tropskih obala na globalni ciklus vode na Zemlji.



Slika 1: Shematski prikaz koncepta: a) „dviije regije“ (klasični koncept); b) „tri regije“ (novi koncept) (Ogino et al. 2017.)

Na osnovi mjerenih i proračunima definiranih podataka procijenili su isparavanje, oborine i količine transporta vodene pare u odnosu na udaljenost od obalne linije (u smjeru otvorenog mora, ali i kopna) u tropskim i južnim netropskim predjelima u razdoblju od 30 godina, od 1981. do 2010.

Rezultati njihovih analiza su pokazali da oko polovina vodene pare transportirane na kopno s područja oceana padne uzduž obalnog područja čija je širina definirana kao otprilike 200 km kopna i 300 km mora. Daleko najviše oborina izluči se u tropskim područjima planete. Utvrđeno je da transport vodene pare nije simetričan na raznim priobalnim područjima. On dosiže 300 km na morskoj strani, dok se na kopnenom području mnogo brže smanjuje u zavisnosti od orografije. Autori smatraju da bi u modele planetarne cirkulacije vode trebalo uvesti ovaj efekt brze dehidracije (smanjivanja vlažnosti) na području kopna te stoga umjesto koncepta „dviije regije“

predlažu koncept „tri regije“ u kojem je uz regije oceana i kopna uvedeno i priobalno područje. U konceptu „dviije regije“ postojali su regija oceana i regija kopna striktno odvojeni obalom (slika 1a). U konceptu „tri regije“ postoje regija otvorenog oceana, regija obalnog područja, koja uključuje oko 300 km mora i 200 km kopna, te regija unutrašnjeg kopna (slika 1b).

Na slici 1a shematski je prikazan koncept „dviije regije“, dok se na slici 1b nalazi shematski prikaz koncepta „tri regije“, koji predlažu Ogino et al. (2017.). Brojevi ispod slova P (precipitation - oborina) i E (evaporation - isparavanje) označavaju količinu oborina i isparavanja na svakoj od regija izražene u  $10^3 \text{ km}^3$  godišnje. Valovite crvene linije označavaju višak isparavanja u odnosu na oborine. Uočava se da u konceptu „dviije regije“ višak isparavanja nad oborinama postoji u regiji oceana, dok u konceptu „tri regije“ postoji samo u području otvorenog oceana. Kapima kiše označen je višak oborina u odnosu na isparavanje. Ovaj se višak u konceptu „dviije regije“ javlja samo nad kopnom, dok se u konceptu „tri regije“ javlja i nad obalnim područjem. Bijele strelice označavaju transport vode ili vodene pare. Brojevi unutar i izvan tih strelica označavaju količinu transportirane vodene pare ili vode izražene u  $10^3 \text{ km}^3$  godišnje.

Značajne količine slatkih voda koje oborinama dopiju u oceane u pojas od oko 300 km obalnog područja utječu na raspodjelu saliniteta u tim područjima, što dodatno utječe na gradijent gustoće vode koji igra važnu ulogu u procesu cirkulacije. Proračunato je da oborine pale uzduž tropskih priobalnih područja unose u oceane više slatke vode nego rijeke i podzemne vode. Kao posljedica globalnog zagrijavanja predviđa se podizanje razine mora, a time i promjena oblika i dimenzija priobalnih linija na planeti. Može se očekivati da će to utjecati na procese cirkulacije vode na Zemlji, a time i na brojne druge vidove života na planeti. Zbog toga je neophodno ustanoviti kako će se ti procesi razvijati u bliskoj budućnosti. Može se definitivno zaključiti da će saznanja koja su objavili Ogino et al. (2017.) utjecati na novi, drugačiji pristup rješavanju problematike planetarne bilance voda. ■

## LITERATURA

Baumgartner, a.; reichel, e. (1975.): *The world water balance: mean annual global, continental and maritimes precipitation, evaporation and run-off*. Elsevier, Amsterdam.

Cook, T. (2018.): Rethinking how water circulates between the oceans and land, *Eos*, 99. doi.org/10.1029/2018E0090425

Hartmann, D. L. (1994.): *Global Physical Climatology*. Academic Press, San Diego, CA.

Ogino, S.-Y.; Yamanaka, M. D.; Mori, S., Matsumoto, J. (2017.): Tropical coastal dehydrator in global

atmospheric water circulation. *Geophysical Research Letters*, 44(22): 11636–11643.

Oki, T.; Kanae, S. (2006.): Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, 313(5790): 1068–1072.

Trenberth, K. E.; Smith, L.; Qian, T.; Dai, A.; Fasullo, J. (2007.): Estimates of the global water budget and its annual cycle using observational and model data. *Journal of Hydrometeorology*, 8(4): 758–769.

Trenberth, K.E.; Fasullo, J. T.; Kiehl, J. (2009.): Earth's global energy budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90(3): 311–323.