ENSO – veza između oceana i atmosfere

Karla Mlađen i Ivana Herceg Bulić
Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Tijekom proljeća i ranog ljeta 2026. u tropskom Pacifiku ponovno se razvio El Niño, najpoznatiji fenomen koji nastaje međudjelovanjem oceana i atmosfere i ima globalne klimatske posljedice. Od tada je El Niño znatno ojačao. Početkom studenoga tjedne anomalije površinske temperature mora u središnjem i istočnom ekvatorskom Pacifiku dosegnule su +2,3 °C. Prema trenutačnim prognozama NOAA-e, očekuje se da će se uvjeti El Niña zadržati tijekom zime i proljeća, sve do razdoblja od ožujka do svibnja 2027. godine.

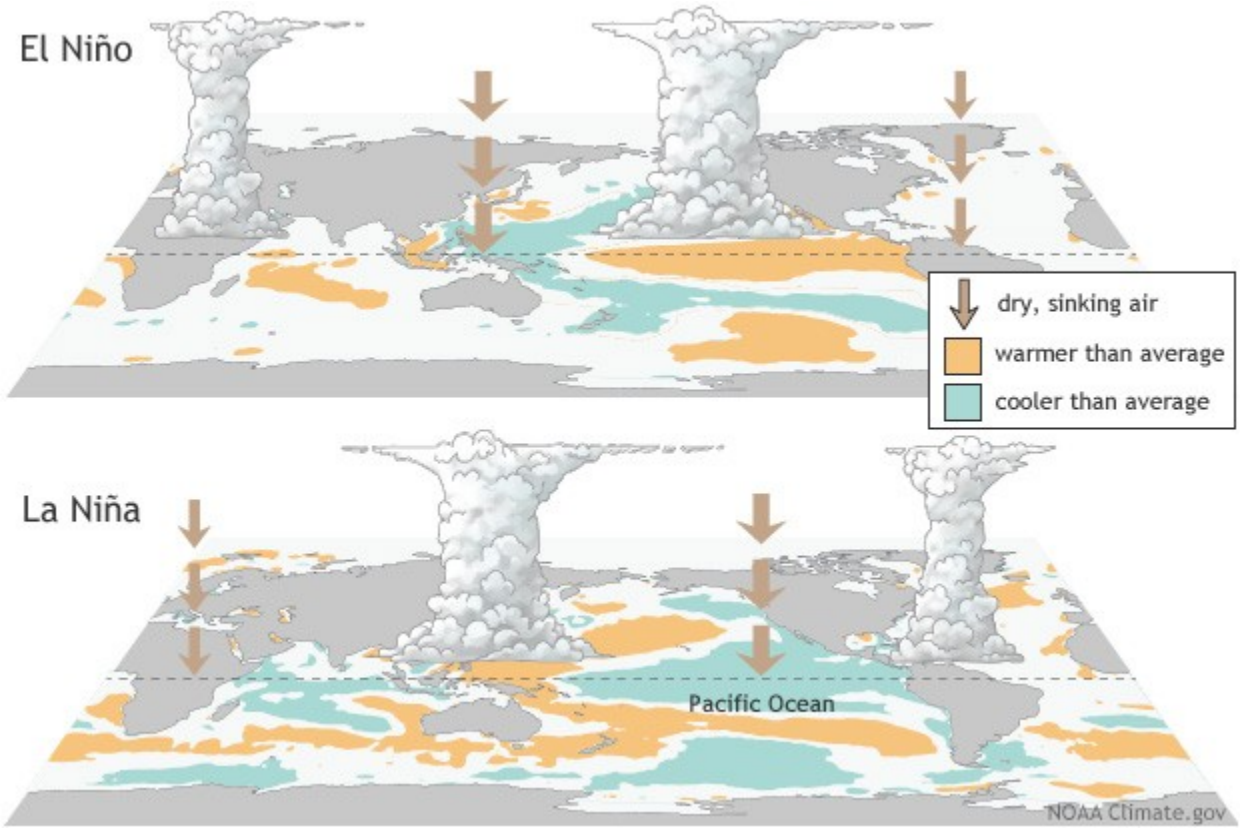
Što je uopće (super) El Niño?

El Niño je topla faza fenomena koji znanstvenici nazivaju El Niño – Južna oscilacija (engl. *El Niño–Southern Oscillation*, ENSO). Riječ je o složenom međudjelovanju oceana i atmosfere, pri čemu promjene površinske temperature mora utječu na kretanje zraka, a promjene u atmosferi dodatno mijenjaju stanje oceana. Zbog snažnog utjecaja na globalna klimatska obilježja, ENSO se smatra jednim od najvažnijih izvora prirodne međugodišnje klimatske varijabilnosti na Zemlji.

U uobičajenim uvjetima, pasati, stalni planetarni vjetrovi, pušu duž ekvatora od istoka prema zapadu te potiskuju toplu površinsku vodu prema zapadnom Pacifiku. Istodobno uz obale Južne Amerike na površinu izvire hladnija voda iz dubine. Granica između tople površinske vode i hladne dubinske vode, tzv. termoklina, nagnuta je – duboka na zapadu, a plitka na istoku. Pritom se topla voda gomila oko Indonezije, gdje je more i do nekoliko stupnjeva toplije nego u istočnom Pacifiku, a zbog snažnog uzlaznog strujanja zraka stvara se intenzivna konvektivna naoblaka i oborina. Istodobno je istočni Pacifik uz Južnu Ameriku hladniji i suši. Takve uvjete prati zatvorena cirkulacija zraka iznad ekvatorijalnog Pacifika, s uzlaznim strujanjem na zapadu i silaznim strujanjem na istoku, poznata kao Walkerova cirkulacija.

Tijekom El Niña pasati oslabe ili čak promijene smjer (slika 1). Zbog toga se topla površinska voda premješta prema istoku, termoklina se na istoku produbljuje, izviranje hladne dubinske vode uz obalu Južne Amerike slabi, a more u središnjem i istočnom ekvatorijalnom Pacifiku postaje iznadprosječno toplo. Istodobno dolazi do promjene

uzlaznih i silaznih strujanja u atmosferi iznad oceana, što dovodi do slabljenja Walkerove cirkulacije i pomicanja područja s intenzivnom oborinom prema središnjem i istočnom Pacifiku. Suprotna, hladna faza naziva se La Niña. Tijekom nje pasati jačaju, izviranje hladne dubinske vode uz obalu Južne Amerike postaje intenzivnije, istočni se Pacifik dodatno hladi, a područje intenzivne oborine zadržava se ili se još više pojačava iznad zapadnog Pacifika.



Slika 1. Shematski prikaz promjena u atmosferskoj cirkulaciji i temperaturi površine mora tijekom faza El Niño i La Niña. Narančastom bojom prikazana su područja s iznadprosječnom, a plavom bojom područja s ispodprosječnom temperaturom. Strelice označavaju područja spuštanja suhog zraka povezana s promjenama u atmosferskoj cirkulaciji. Izvor: NOAA Climate.gov.

Nastup El Niña službeno se određuje praćenjem odstupanja površinske temperature mora u području središnjeg i istočnog tropskog Pacifika, poznatom kao područje Niño 3.4. El Niño nastupa skada je tromjesečni prosjek temperature mora u tom području za najmanje 0,5 °C viši od dugoročnog prosjeka tijekom najmanje pet uzastopnih preklapajućih tromjesečnih razdoblja. Što je temperaturno odstupanje veće, to je događaj snažniji i veća je vjerojatnost da će imati izraženije posljedice na globalnu klimu. Za najjače epizode El

Niña, kod kojih anomalija površinske temperature mora premašuje 2 °C, u medijima se često koristi izraz „super El Niño“.

Zanimljiva je i priča o nazivu ovog fenomena, koja seže do peruanskih ribara iz 17. stoljeća. Pojedinih godina oko Božića primjećivali su da se more uz obalu zagrijava, morske se struje mijenjaju, a ulov ribe znatno smanjuje. Budući da se ta pojava redovito javljala u božićno vrijeme, nazvali su je El Niño (hrv. dječak), misleći pritom na malog Isusa. Tek mnogo kasnije znanstvenici su utvrdili da iza te naizgled lokalne ribarske pojave stoji jedan od najvažnijih klimatskih fenomena na Zemlji. Suprotna, hladna faza naknadno je dobila naziv La Niña (hrv. djevojčica).

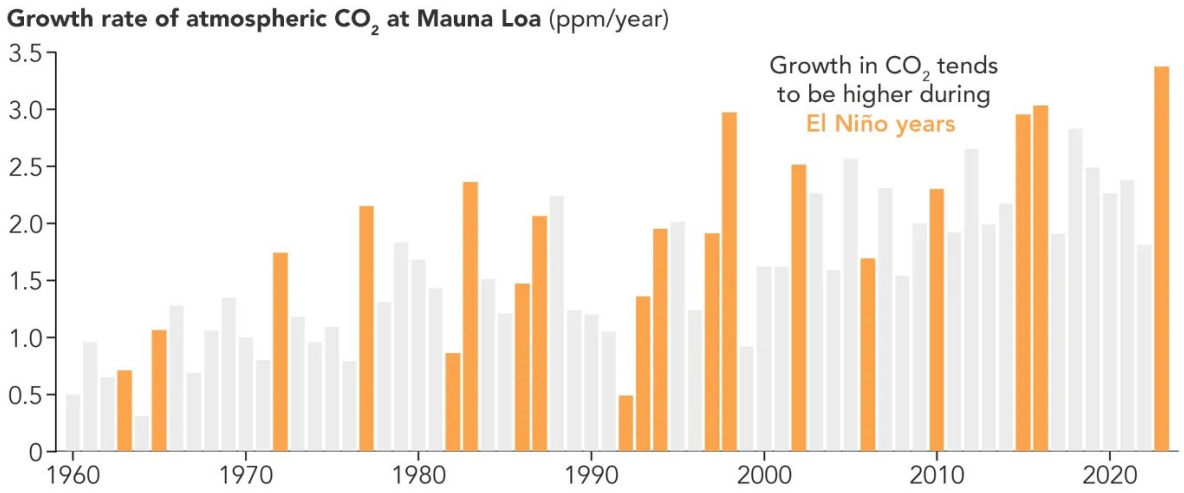
Kako El Niño utječe na vrijeme i klimu?

Iako El Niño ima najizravniji utjecaj na tropski Pacifik i atmosferu iznad njega, njegove se posljedice osjećaju diljem svijeta putem tzv. daljinskih veza (engl. *teleconnections*), odnosno atmosferskih veza kojima se poremećaji iz tropskog Pacifika prenose u udaljena područja. Golema preraspodjela topline u oceanu te promjene u raspodjeli oborine i vjetra mogu utjecati na vremenske obrasce u mnogim dijelovima svijeta. Tijekom El Niña mlazne struje često mijenjaju svoj položaj i intenzitet, što uzrokuje promjene u rasporedu područja visokog i niskog tlaka zraka te preusmjerava uobičajene putanje oluja. Posljedica su znatne promjene u raspodjeli oborine: neka područja postaju sušnija od prosjeka i izložena dugotrajnim sušama, dok druga bilježe intenzivne oborine, poplave, klizišta i promjene u dostupnosti površinskih i podzemnih voda.

Učinci El Niña pokazuju karakterističan geografski raspored. Pojava se povezuje s intenzivnijom oborinom i češćim poplavama u dijelovima Južne Amerike, istočne Afrike i juga Sjedinjenih Američkih Država. Istodobno, u istočnoj i sjevernoj Australiji, Indoneziji, južnoj Africi te dijelovima južne Azije prevladavaju sušniji uvjeti, ponajprije zbog slabljenja monsunske cirkulacije. El Niño također smanjuje učestalost atlantskih uragana jer povećava vertikalno smicanje vjetra iznad tropskog Atlantika, čime otežava njihov razvoj. Osim na raspodjelu oborine, utječe i na globalnu temperaturu te učestalost vremenskih ekstrema. Tijekom godina s izraženim El Niñom globalna srednja temperatura zraka obično raste, pri čemu su učinci najizraženiji u godini nakon njegova razvoja [1].

Ekstremni uvjeti često pogoduju nastanku velikih šumskih požara, osobito u područjima koja su toplija i suša nego inače. Požari pritom oslobađaju velike količine ugljikova dioksida (CO_2) pohranjenog u vegetaciji i tlu, čime dodatno povećavaju koncentraciju stakleničkih plinova u atmosferi. Istodobno, vegetacija izložena toplinskom i vodnom stresu sporije raste i manje učinkovito provodi fotosintezu. Zbog toga biljke tijekom

snažnih El Niño godina iz atmosfere uklanjaju manje CO_2 nego u uobičajenim uvjetima (slika 2). Kombinacija povećanih emisija iz požara i smanjenog uklanjanja ugljikovog dioksida iz atmosfere često rezultira izraženijim godišnjim porastom koncentracije atmosferskog CO_2 tijekom godina s izraženim El Niñom [2].



Slika 2. Godišnja stopa rasta atmosferske koncentracije CO_2 izmjerena na opservatoriju Mauna Loa (Havaji) od 1960. do 2023. godine. Narančastom bojom istaknute su godine u kojima se javio fenomen El Niño, tijekom kojih je porast atmosferske koncentracije CO_2 u pravilu bio izraženiji. Izvor: Lauren Dauphin, NASA Earth Observatory.

Kakav je utjecaj El Niña na Europu i Hrvatsku?

Najvažnije je naglasiti da je utjecaj El Niña na Europu, pa tako i na Hrvatsku, uglavnom neizravan i znatno slabiji nego u području tropskog Pacifika. Razlog tome ponajprije je velika udaljenost Europe od područja gdje ENSO nastaje, ali i činjenica da vremenske prilike nad europskim kontinentom prvenstveno oblikuju drugi atmosferski procesi. Među njima se posebno ističe Sjevernoatlantska oscilacija (engl. *North Atlantic Oscillation*, NAO), koja opisuje promjene u razlici tlaka zraka između Islanda i Azora te snažno utječe na putanje ciklona, raspodjelu oborine i temperature diljem Europe. Njezini učinci često nadjačavaju relativno slabiji signal ENSO-a koji do Europe dopire iz tropskog Pacifika.

Zbog toga znanstvenici o utjecaju ENSO-a na europsku klimu govore u terminima povećane vjerojatnosti i sklonosti određenim vremenskim obrascima, a ne u obliku sigurnih prognoza. Iako ne postoje dvije potpuno jednake epizode ENSO-a, tijekom snažnijih epizoda El Niña ipak se mogu uočiti određene pravilnosti. Tada sustavi niskog

tlaka nad sjevernim Atlantikom i zapadnim Sredozemljem često postaju aktivniji, što povećava vjerojatnost vlažnijeg i nestabilnijeg vremena u dijelovima južne, srednje i jugoistočne Europe. Takvi uvjeti mogu donijeti više oborine, češće ciklone i izraženije vremenske ekstreme.

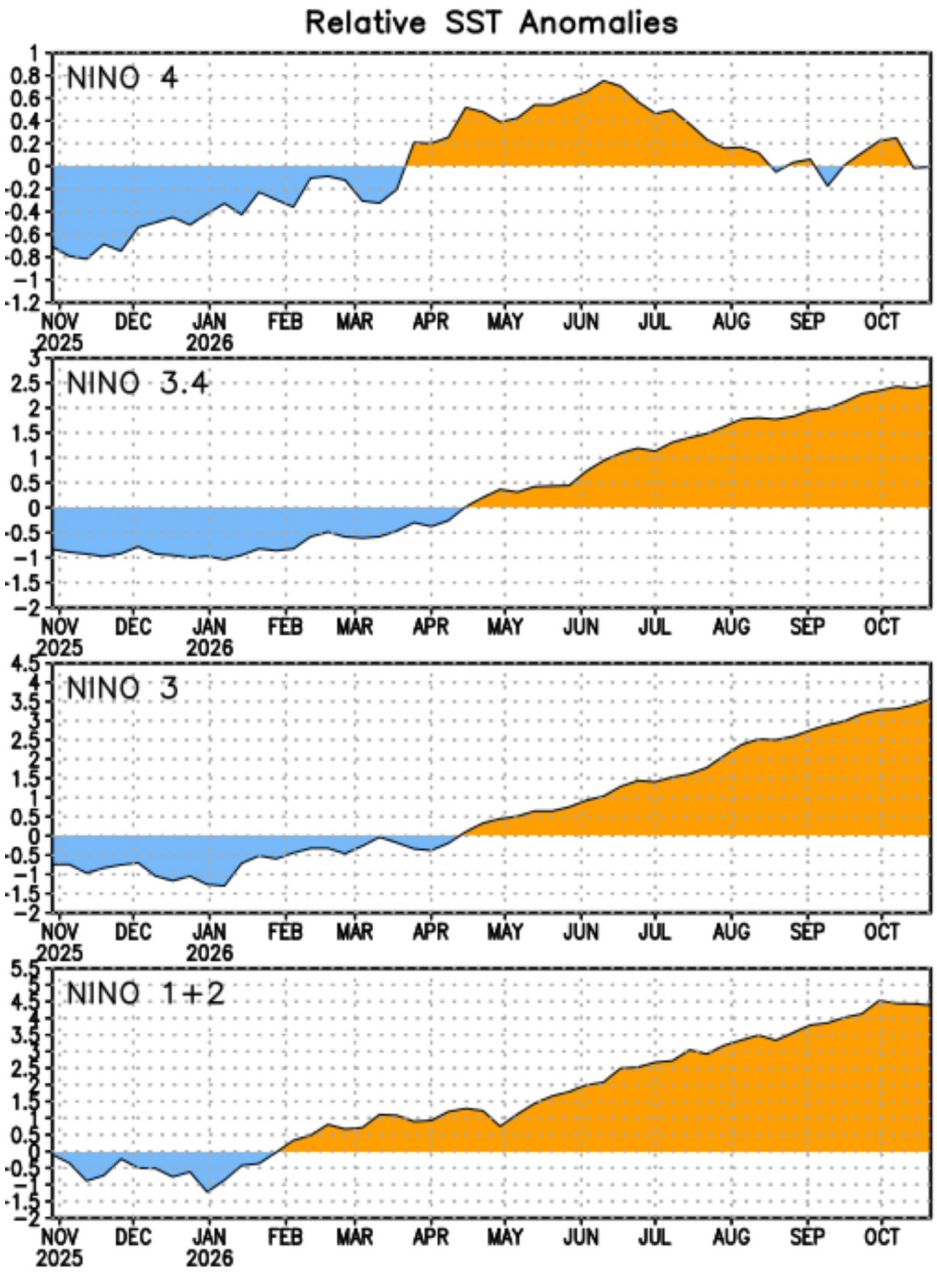
Drugim riječima, El Niño bi tijekom razdoblja 2026./2027. mogao povećati vjerojatnost vlažnije i promjenjivije jeseni te zime u Hrvatskoj i okolnim područjima. Međutim, takav razvoj događaja nije unaprijed određen pa se pojedinačne oluje, intenzivna oborina ili toplinski valovi ne mogu automatski pripisati El Niñu. Njegov je utjecaj ponajprije statističke prirode, tj. povećava vjerojatnost pojave određenih vremenskih obrazaca, ali ne određuje kada će se oni pojaviti niti koliko će biti izraženi.

Što se trenutno događa u tropskom Pacifiku?

Posljednje izvješće NOAA-inog (engl. *National Oceanic and Atmospheric Administration*) Centra za klimatska predviđanja (engl. *Climate Prediction Center*) pokazuje da su tijekom posljednjih nekoliko tjedana površinske temperature mora u tropskom Pacifiku nastavile rasti. Najizraženije pozitivne anomalije zabilježene su od središnjeg prema istočnom dijelu Pacifika, dok su u zapadnom dijelu temperature bile oko višegodišnjeg prosjeka ili nešto niže. Istodobno su iznadprosječne površinske temperature mora prevladavale nad većim dijelom svjetskih oceana, uključujući veći dio Atlantskog i Indijskog oceana. Zbog takvog razvoja događaja NOAA-in sustav praćenja ENSO-a sada je u statusu El Niño Advisory, što znači da su uvjeti El Niña uspostavljeni i da se očekuje njihov daljnji razvoj.

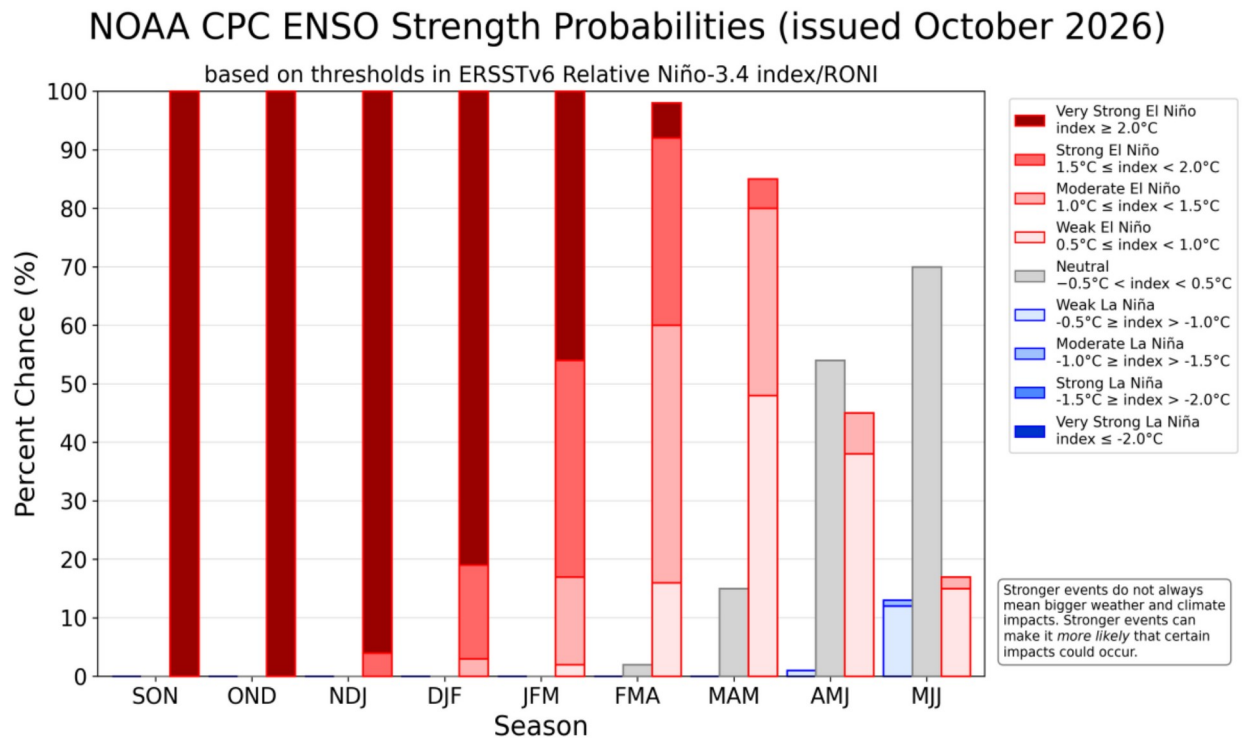
Najnovija tjedna mjerenja pokazuju da je zagrijavanje tropskog Pacifika i dalje vrlo izraženo (slika 3). Relativne anomalije površinske temperature mora u području Niño 3.4 iznosile su oko +2,3 °C. To je blago slabljenje u odnosu na kraj listopada, kad su dosegnule vrhunac od oko +2,5 °C. Unatoč tome, anomalije su gotovo neprekidno rasle od travnja, kad su prešle iz negativnih u pozitivne vrijednosti, i sada su znatno iznad praga za jak El Niño [3].

Zagrijavanje je najjače u istočnom Pacifiku. U području Niño 3 anomalije iznose oko +3,5 °C, nakon vrhunca od približno +3,6 °C početkom studenog. U obalnom području Niño 1+2, uz obale Perua i Ekvadora, anomalije i dalje rastu i dosežu oko +4,7 °C, najviše u cijelom razdoblju.



Slika 3. Anomalije površinske temperature mora u regijama Niño 4, Niño 3.4, Niño 3 i Niño 1+2 za razdoblje od studenog 2025. do listopada 2026. Pozitivne anomalije (narančasto) ukazuju na toplije, a negativne (plavo) na hladnije uvjete od višegodišnjeg prosjeka. Izvor: Climate Prediction Center / NCEP

Sezonske prognoze upućuju na to da će El Niño nastaviti jačati u nadolazećim mjesecima i dosegnuti vrhunac tijekom zime 2026./2027. Nakon toga očekuje se postupno slabljenje, a do ljeta 2027. najvjerojatniji su ponovno neutralni uvjeti (slika 4).



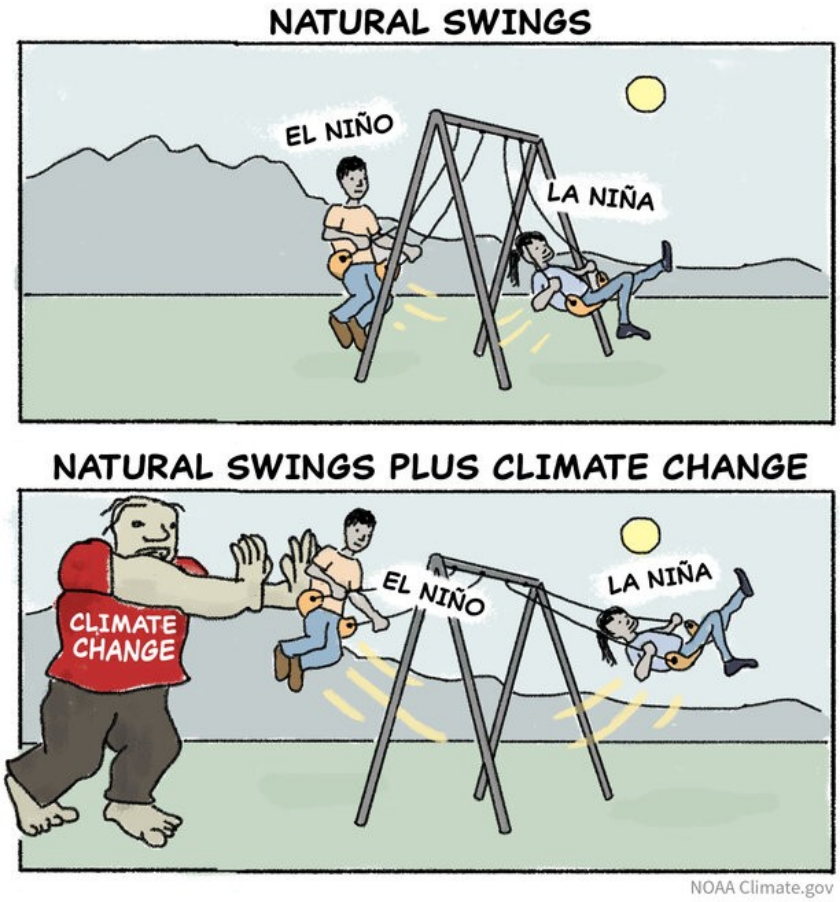
Slika 4. Vjerojatnosti jačine ENSO događaja (El Niño i La Niña) po sezonama, prognoza izdana u listopadu 2026. godine. Prikazane su vjerojatnosti različitih kategorija intenziteta El Niño i La Niña uvjeta, pri čemu crvene nijanse označavaju El Niño (od slabog do vrlo jakog), plave La Niña uvjete, a siva boja neutralne uvjete. Rezultati su temeljeni na Niño-3.4 indeksu i RONI metodologiji. Izvor: Climate Prediction Center / NCEP

ENSO i klimatske promjene

ENSO je prirodna oscilacija unutar klimatskog sustava Zemlje koja uzrokuje povremene promjene površinske temperature mora u tropskom Pacifiku i atmosferske cirkulacije (slika 5). Klimatske promjene, naprotiv, predstavljaju dugoročni trend zagrijavanja Zemlje, uzrokovan ponajprije povećanim koncentracijama stakleničkih plinova uslijed ljudskog djelovanja.

Iako ENSO nije uzrokovan klimatskim promjenama, njegove tople faze često pridonose najtoplijim godinama u povijesti mjerenja. Tijekom El Niña velika količina topline pohranjene u površinskim slojevima tropskog Pacifika prelazi u atmosferu, što privremeno povećava globalnu prosječnu temperaturu zraka. Zbog toga se učinci ENSO-a i klimatskih promjena mogu međusobno pojačavati. Kada se snažan El Niño razvije u uvjetima već zagrijanog planeta, srednja globalna temperatura može dosegnuti rekordne vrijednosti jer se prirodna varijabilnost pridodaje dugoročnom trendu zagrijavanja. Upravo se snažne

epizode El Niña, poput onih 1972./73., 1982./83., 1997./98. i 2015./16., povezuju s nekim od najizraženijih poplava, suša, toplinskih valova i šumskih požara u posljednjih pola stoljeća.



Slika 5. Usporedba prirodnih oscilacija El Niño i La Niña faza (gore) s njihovim djelovanjem u kombinaciji s klimatskim promjenama (dolje). Izvor: Anna Eshelman, NOAA Climate.gov.

Važno je, međutim, razumjeti da površinsko zagrijavanje tijekom El Niña i površinsko hlađenje tijekom La Niñe ne znače da cijeli klimatski sustav prima ili gubi velike količine toplinske energije. ENSO prvenstveno preraspodjeljuje toplinu koja je već pohranjena u klimatskom sustavu. Tijekom El Niña pojačava se prijenos topline iz oceana u atmosferu pa globalna srednja površinska temperatura raste, dok tijekom La Niñe veći dio topline ostaje pohranjen u oceanima, zbog čega se globalna površinska temperatura privremeno smanjuje. Ukupna količina energije u klimatskom sustavu pritom se mijenja vrlo malo, toplina se ponajprije preraspodjeljuje između oceana i atmosfere.

Kod klimatskih promjena proces je bitno drugačiji. Povećane koncentracije stakleničkih plinova uzrokuju energetsku neravnotežu zbog koje Zemlja zadržava više energije nego što je emitira nazad u svemir. Posljedica je kontinuirano nakupljanje dodatne topline u klimatskom sustavu, pri čemu više od 90 % tog viška energije apsorbiraju oceani [4].

Klimatske promjene mogu utjecati i na sam ENSO, ali i na način na koji se njegovi učinci prenose u druge dijelove svijeta. Novija istraživanja upućuju na mogućnost da će veza između ENSO-a i europske klime u budućnosti dodatno ojačati uslijed globalnog zatopljenja. To bi moglo rezultirati izraženijim utjecajem ENSO-a na vremenske prilike u Europi, čak i ako se obrasci oborine nad tropskim Pacifikom ne promijene onako kako predviđaju pojedini klimatski modeli. Ostvare li se i takve promjene u oborini, njihov bi učinak mogao dodatno ojačati povezanost između ENSO-a i europske klime [5]. Iako Europa danas osjeća razmjerno slab izravan utjecaj ENSO-a, očekuje se da bi u uvjetima daljnjeg globalnog zatopljenja ENSO mogao imati sve važniju ulogu u oblikovanju vremenske varijabilnosti te pridonositi češćoj pojavi i većem intenzitetu pojedinih ekstremnih vremenskih događaja.

Popis korištenih izvora

[1] World Meteorological Organization. *El Niño / La Niña phenomena.* Pristupljeno 26. lipnja 2026. s https://wmo.int/topics/el-nino-la-nina-phenomena

[2] NASA Earth Observatory. (2024). El Niño. NASA Science. Pristupljeno 24. lipnja 2026. s https://science.nasa.gov/earth/explore/el-nino/

[3] National Oceanic and Atmospheric Administration. (2026). ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions. NOAA Climate.gov. Pristupljeno 16. studenog 2026. s https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf

[4] National Oceanic and Atmospheric Administration. (2025). Climate change: Ocean heat content. NOAA Climate.gov. Pristupljeno 24. lipnja 2026. s https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-ocean-heat-content

[5] Beverley, J. D., Collins, M., Lambert, F. H., & Chadwick, R. (2024). Drivers of changes to the ENSO–Europe teleconnection under future warming. Geophysical Research Letters, 51, e2023GL107957. https://doi.org/10.1029/2023GL107957