

Meteorolog N1 objašnjava što je zračna masa i zašto je zovu „nositeljicom vremena”?

Bojan Lipovšćak



Bobo/PIXSELL, N1 Hrvatska

Zračna masa nalik je golemom jezeru zraka. Nastaje nad velikim i jednolikim područjem Zemljine površine, poprima njegova svojstva, a nakon napuštanja izvorišta postupno se mijenja pod utjecajem podloge iznad koje prolazi.

Zrak koji se daniima zadržava nad pustinjom postaje suh i topao, nad snježnim prostranstvima hladi se i gubi vlagu, dok iznad toploga oceana prima toplinu i vodenu paru. Tako nastaju zračne mase različitih osobina koje svojim premještanjem određuju osnovni karakter vremena nad velikim područjima.

Zračna masa nije samo nevidljiva količina zraka koja se premješta iz jednoga kraja svijeta u drugi. Ona je nositelj vremena. Sa sobom donosi toplinu ili hladnoću, vlagu ili suhoću, stabilnost ili nestabilnost.

Kada stigne nad novo područje, počinje se prilagođavati novim uvjetima. Hladan zrak nad toplim morem zagrijava se i vlaži, dok topao zrak iznad hladne morske površine gubi nestabilnost pa se često razvijaju niska naoblaka i magla.

Kako nastaju zračne mase i mijenjaju se tijekom putovanja?

Najvažnije osobine zračne mase oblikuju se na njezinu izvorištu — nad velikim oceanima, prostranim ravnicama, pustinjama ili područjima prekrivenima snijegom i ledom. Ondje se zrak mora dovoljno dugo zadržavati ili se polako premještati kako bi poprimio karakteristike podloge. Nakon toga započinje njegovo putovanje, a s njim i postupna transformacija.

U toj transformaciji ocean ima posebno važnu ulogu. On atmosferi ne predaje samo toplinu nego i goleme količine vodene pare. Topla morska površina može zračnu masu učiniti vlažnom i nestabilnom, a kondenzacija vodene pare u oblacima oslobađa dodatnu energiju. Ta energija potiče uzlazna gibanja zraka

i može dovesti do razvoja snažnih oborinskih sustava.

Koliko će ocean zagrijavati i vlažiti atmosferu ne ovisi samo o trenutačnoj temperaturi mora. Važni su i brzina vjeta, trajanje boravka zraka iznad mora, razlika između temperature zraka i morske površine te širi obrasci oceanske i atmosferske cirkulacije. Jedan od najupečatljivijih primjera takve povezanosti oceana i atmosfere pružaju El Niño i La Niña — pojave koje mijenjaju raspored topline, vlage, uzlaznih strujanja i oborina nad golemim područjima Tihog oceana.

Zračne mase stoga nisu statične i nepromjenjive. One nastaju nad određenim izvoristom, putuju, preoblikuju se i pritom određuju osnovni karakter vremena nad velikim područjima. U ovom ćemo članku pratiti njihov nastanak, osobine i promjene tijekom premještanja, s posebnim osvrtom na njihovu povezanost s oceanima te na ulogu El Niña i La Niñe.

Gdje nastaju zračne mase?

Zračna masa ne nastaje u jednom trenutku niti ima oštru granicu poput države na zemljopisnoj karti. Ona se oblikuje postupno, kada se zrak dovoljno dugo zadržava nad velikim i razmjerno jednolikim područjem. Takvo područje nazivamo izvoristom zračne mase. To može biti veliko područje oceana ili mora, prostrana ravnica ili stepa, pustinja, područje prekriveno snijegom i ledom, velika kopnena površina obrasla šumom ili veliko jezero.

Važna su dva uvjeta. Podloga mora biti dovoljno velika i ujednačenih svojstava, a strujanje zraka ne smije biti previše jako. Ako se zrak prebrzo premješta, nema dovoljno vremena poprimiti osobine podloge. Zato su područja visokog tlaka često pogodna za nastanak zračnih masa: spuštanje zraka i slabije horizontalno strujanje omogućuju mu da se dani zadržava nad istim područjem.

Tijekom toga vremena zrak se zagrijava ili hladi, isušuje ili vlaži. Nakon nekoliko dana njegova temperatura i količina vodene pare postaju dovoljno ujednačene na velikom području da možemo govoriti o zračnoj masi. U meteorološkoj literaturi često se navodi razdoblje od približno tri do pet dana kao vrijeme potrebno da zrak u znatnijoj mjeri poprimi osobine podloge, iako to razdoblje ovisi o uvjetima i razmjerima područja.

Zračna masa zato nije samo „velika količina zraka”. To je zrak koji ima relativno ujednačene osobine temperature i vlage, osobito u horizontalnom smjeru.

Topla, hladna, suha i vlažna

Zračne mase najčešće opisujemo prema dvjema skupinama osobina. Prva je temperatura, a druga količina vlage.

Prema području iz kojega potječu razlikujemo ekvatorijalne zračne mase, koje su vrlo tople i najčešće vlažne; tropske zračne mase, koje su tople, a ovisno o izvoristu, vlažne ili suhe; polarne zračne mase, koje su hladne; te arktičke i antarktičke zračne mase, koje su vrlo hladne.

Prema podlozi iznad koje nastaju govorimo o maritimnim ili oceanskim zračnim masama, koje su uglavnom vlažne, te kontinentalnim zračnim masama, koje su najčešće suše.

Oznaka „polarna” pritom ne znači nužno da je zračna masa suha, kao što ni „tropska” ne znači uvijek da je vlažna. Hladan zrak može dugo boraviti iznad sjevernog oceana i u donjim slojevima sadržavati mnogo vlage. S druge strane, tropski zrak koji nastaje nad pustinjom može biti vrlo topao, ali izrazito suh.

Zato meteorolozi pri opisu zračne mase odvojeno promatraju njezinu temperaturu i vlagu. Može postojati, primjerice, topla polarna zračna masa ako se polarni zrak premješta prema još hladnijem području. Naziv zračne mase opisuje njezine osobine u odnosu na okolinu, a ne samo apsolutnu vrijednost temperature.

Što se događa iznad oceana?

Ocean ima dvostruku ulogu. Može grijati ili hladiti zračnu masu, ali joj istodobno može dodavati velike količine vodene pare.

Ako hladna zračna masa stigne iznad toplog mora, njezin se najniži sloj zagrijava odozdo. Zagrijani zrak postaje lakši i počinje se dizati. U atmosferi se tada povećava nestabilnost, stvaraju se uzlazna strujanja, a uz dovoljnu vlagu mogu nastati oblaci i pljuskovi.

Istodobno s površine mora dolazi do isparavanja. Vodena para ulazi u najniži sloj atmosfere, a turbulentno miješanje prenosi vlagu prema višim slojevima. Tako hladna i suha kontinentalna zračna masa na putu preko mora može postupno postati toplija i vlažnija. Ako je razlika između temperature mora i temperature zraka velika, promjena može biti vrlo brza.

Suprotan je slučaj kada topla i vlažna zračna masa prijeđe iznad hladnog mora. Tada se hladi odozdo. Donji sloj postaje stabilniji, razvoj snažne konvekcije je otežan, a mogu nastati niska slojevita naoblaka, magla ili stratokumulusi. Zrak i dalje može sadržavati mnogo vodene pare, ali ona ne mora nužno dovesti do snažnih pljuskova.

Ovo je važna razlika: količina vlage sama po sebi nije dovoljna za nastanak snažne naoblake. Potrebno je i dizanje zraka, odnosno mehanizam koji će vodenu paru prenijeti u više i hladnije slojeve atmosfere.

Maritimna zračna masa zato nije nepromjenjiva. Ona može biti vlažna, ali stabilna ili nestabilna, ovisno o tome je li podloga ispod nje toplija ili hladnija. Ocean joj stalno predaje energiju i vlagu, ali način na koji će se ta energija osloboditi ovisi o temperaturi mora, temperaturi zraka i vertikalnoj građi atmosfere.

Kako se zračna masa mijenja tijekom premještanja?

Zračna masa ne zadržava nepromijenjene osobine tijekom cijeloga svojeg premještanja. Nakon napuštanja izvorišta počinje se transformirati pod utjecajem podloge iznad koje prolazi. Može se zagrijavati ili hladiti, povećavati ili gubiti vlagu te postajati stabilnija ili nestabilnija.

Primjer je hladan i suh zrak koji iz unutrašnjosti kontinenta stigne nad Jadran. More je u većem dijelu godine toplije od takvoga zraka. Donji se sloj zato zagrijava i vlaži, a atmosfera postaje nestabilnija. Rezultat mogu biti pljuskovi, grmljavina i nagla promjena vremena, iako je zračna masa pri polasku bila suha i stabilna.

Suprotan je slučaj kada topao i vlažan zrak stigne iznad hladnijega mora. Tada se hladi odozdo, donji sloj postaje stabilniji, a razvoj snažnih uzlaznih gibanja je otežan. Umjesto snažnih pljuskova mogu se pojaviti niska naoblaka, magla ili stratokumulusi.

Zračnu masu zato treba promatrati kao sustav koji se neprestano kreće i transformira. Njezino podrijetlo određuje početne osobine, ali podloga preko koje putuje utječe na njihov daljnji razvoj.

Ocean kao golemi izvor topline i vlage

Oceani pokrivaju najveći dio Zemljine površine i predstavljaju golem spremnik topline. Za razliku od kopna, voda se sporije zagrijava i hladi, pa more tijekom toploga dijela godine može ublažavati zagrijavanje zraka, a tijekom hladnoga dijela godine predavati atmosferi toplinu nakupljenu ranije.

Površina mora atmosferi predaje energiju na dva glavna načina. Prvi je neposredno zagrijavanje zraka u dodiru s površinom, a drugi isparavanje. Kada vodena para poslije kondenzira u oblaku, oslobađa se latentna toplota, odnosno „skrivena” energija koja može dodatno potaknuti uzlazna gibanja.

Upravo zbog toga topli oceani nisu samo vlažne površine. Oni su i područja na kojima se u atmosferu može osloboditi velika količina energije. Ako se istodobno pojavi mehanizam dizanja zraka, primjerice približavanje fronte, orografsko uzdizanje ili snažna konvergencija pri tlu, vlažna zračna masa može razviti vrlo snažnu naoblaku i obilne oborine.

Količina vodene pare koju zrak može sadržavati snažno ovisi o temperaturi. Topliji zrak može sadržavati više vodene pare nego hladan zrak. Zato zagrijavanje oceana može povećati količinu vlage dostupne atmosferi, iako stvarni učinak ovisi o cirkulaciji, vjetru, stabilnosti i rasporedu oborina.

El Niño i La Niña: Kada ocean mijenja zračne mase

Najbolji primjer povezanosti oceana i atmosfere pruža ENSO, odnosno El Niño – južna oscilacija. Riječ je o prirodnom klimatskom sustavu u kojem su promjene temperature površine mora u središnjem i istočnom ekvatorskom Pacifiku povezane s promjenama atmosferske cirkulacije.

U fazi El Niña površinske vode središnjeg i istočnog ekvatorskog Pacifika neuobičajeno su tople. Pasati, koji uobičajeno pušu od istoka prema zapadu, slabe. Toplija voda pomiče se prema središnjem i istočnom Pacifiku, gdje se iznad nje pojačavaju isparavanje, uzlazna gibanja te prijenos topline i vlage u atmosferu.

Topla površina mora tada djeluje kao veliko područje oslobađanja energije. Zrak iznad nje postaje topliji i vlažniji, a kondenzacija tijekom snažne konvekcije dodatno zagrijava atmosferu. Promjena položaja područja najjačeg uzdizanja zraka i oborina mijenja i atmosfersku cirkulaciju izvan tropskog Pacifika. Zato El Niño nije samo lokalna pojava: može utjecati na raspored tlaka, vjetra, temperature i oborina u udaljenim dijelovima svijeta.

U fazi La Niña površina središnjeg i istočnog ekvatorskog Pacifika neuobičajeno je hladna, a pasati se pojačavaju. Hladnija voda otežava snažnu konvekciju iznad tog dijela oceana, dok se toplije površinske vode i glavno područje uzdizanja zraka zadržavaju zapadnije, prema području Indonezije i zapadnog Pacifika.

To ne znači da je atmosfera tijekom La Niña „bez vlage”. Vlažan zrak i snažno isparavanje i dalje postoje nad toplim zapadnim Pacifikom. Mijenja se, međutim, mjesto na kojem se najveća količina oceanske topline i vlage predaje atmosferi. Upravo taj pomak mijenja položaj tropske konvekcije i velike obrasce atmosferske cirkulacije.

El Niño i La Niña zato ne stvaraju pojedinačnu zračnu masu u klasičnom meteorološkom smislu. Oni mijenjaju stanje velikoga oceansko-atmosferskog sustava: temperaturu mora, jačinu vjetra, područja isparavanja, uzlazna gibanja i raspored oborina. Time mijenjaju i uvjete u kojima se zračne mase stvaraju i u kojima se kasnije ponašaju.

Kopnena zračna masa iz Sibira

Uz vlažne maritimne zračne mase, koje svoj karakter oblikuju iznad oceana i mora, za vrijeme u Hrvatskoj osobito su važne i kontinentalne zračne mase. One nastaju nad velikim kopnenim prostranstvima, a jedna od najpoznatijih i najizraženijih jest hladna i suha zračna masa koja se oblikuje nad unutrašnjošću Euroazije, osobito nad Sibirom.

Zimi se nad golemim, snijegom prekrivenim područjem Sibira i središnje Azije zrak snažno hladi pri tlu. Hladan zrak gušći je i teži pa se nakuplja nad kopnom. Istodobno se iznad tako hladne podloge razvija područje visokog tlaka — Sibirski anticiklona, odnosno Sibirski maksimum. To nije samo područje povišenog tlaka na meteorološkoj karti. Riječ je o velikom spremniku hladnoga i suhog kontinentalnog zraka koji tijekom hladnoga dijela godine može zahvatiti velik dio Euroazije.

Zračna masa koja se oblikuje u takvim uvjetima najčešće je vrlo hladna, suha i stabilna. Na njezinu

izvorištu nebo može biti vedro, vjetar slab, a noćno se hlađenje dodatno pojačava. Snijeg pri tlu djeluje kao pokrivač koji sprječava zagrijavanje podloge pa se hladan zrak iz dana u dan održava i produbljuje. Tako nastaje svojevrsna „zračna pričuva” koja se, uz povoljan raspored tlakova, može početi širiti prema zapadu i jugu.

Anticiklona kao pokretač hladnog zraka

Hladni prodori s istoka ne nastaju zato što se hladan zrak jednostavno „pokrene” iz Sibira. Za njegovo premještanje potreban je odgovarajući raspored velikih područja visokog i niskog tlaka.

Zrak u anticikloni pri tlu struji od njezina središta prema rubovima. Na sjevernoj hemisferi, zbog Zemljine vrtnje, pritom skreće udesno pa se oko područja visokog tlaka giba u smjeru kazaljke na satu. Ako se Sibirski anticiklon proširi prema zapadu, njezin se greben može pružiti preko istočne Europe. Na njezinoj zapadnoj ili jugozapadnoj strani tada se uspostavlja strujanje prema nižim geografskim širinama i hladan kontinentalni zrak počinje prodirati prema srednjoj i jugoistočnoj Europi.

Istodobno se nad zapadnom ili jugozapadnom Europom može nalaziti područje niskog tlaka. Razlika tlaka između anticiklone na istoku i ciklone na zapadu pojačava gradijent tlaka, a time i istočno ili sjeveroistočno strujanje. Hladan zrak tada može prijeći tisuće kilometara, od unutrašnjosti Euroazije do Balkana i Sredozemlja. U takvim situacijama nad Europom se često uspostavlja izrazit kontrast: dok na zapadu pristiže blag i vlažan oceanski zrak, na istoku i jugoistoku kontinenta širi se hladan i suh zrak sa sjeveroistoka.

Takav prodor nije nužno povezan s frontom. Može se odvijati i unutar razmjerno stabilnog anticiklalnog polja, osobito kada se hladna zračna masa prelijeva preko nizina istočne Europe prema Balkanu. Upravo ćemo nagle prodore hladnoga zraka sa sjevera, koji često slijede nakon prolaska hladne fronte, ostaviti za poglavlje o frontama. Ovdje je riječ o drugom mehanizmu — postupnom ili ubrzanom dotoku kontinentalnoga zraka s istoka i sjeveroistoka u sklopu velikih anticiklonalnih strujanja.

Kako sibirski zrak stiže do Hrvatske?

Put prema Hrvatskoj najčešće vodi preko prostranih nizina istočne Europe. Hladna zračna masa pritom ne mora stići izravno iz najudaljenijeg dijela Sibira. Dok se premješta preko Rusije, Ukrajine, Mađarske i drugih kontinentalnih područja, zadržava osnovne osobine hladnoga kontinentalnog zraka — nisku temperaturu i malu količinu vodene pare — iako se postupno može modificirati.

Kada takav zrak stigne do naših krajeva, vrijeme često obilježavaju vedro ili pretežno vedro nebo, vrlo niska temperatura, osobito noću i ujutro, mala količina vlage u zraku, dobra vidljivost, slab ili umjeren vjetar u unutrašnjosti, jaka temperaturna inverzija, mraz i izraženo hlađenje tla.

U početku takav prodor može donijeti vrlo suho i stabilno vrijeme. Ako je tlo prekriveno snijegom, noćno se hlađenje dodatno pojačava, a temperatura pri tlu može biti mnogo niža nego nekoliko stotina metara iznad zemlje. U kotlinama i nizinama hladan se zrak tada nakuplja poput vode u udolini. To je primjer hladnog jezera zraka pri tlu, dok se iznad njega može nalaziti osjetno topliji zrak.

Na Jadranu se slika brzo mijenja. Hladan kontinentalni zrak prelaskom preko toplijeg mora počinje primati toplinu i vodenu paru. Donji se sloj zagrijava odozdo, povećava se nestabilnost, a nad morem se može razviti konvektivna naoblaka. Uz obalu i preko planinskih prijevoja strujanje se ubrzava pa se hladna kontinentalna zračna masa na Jadranu često očituje kao jaka bura. U tom slučaju zrak koji je nad kopnom bio vrlo suh, vedar i stabilan nad morem može početi stvarati oblake i lokalne pljuskove.

Zimi i ljeti

Sibirski zračna masa najizraženija je zimi jer su tada kopno Euroazije i snijegom pokrivene površine

najhladniji, a Sibirski anticiklon najčešće najjači. Ipak, i u drugim dijelovima godine nad velikim kopnenim područjima mogu nastati hladne kontinentalne zračne mase, osobito nakon snažnoga radijacijskog hlađenja ili prodora sjevernoga zraka u unutrašnjost kontinenta.

Ljeti se utjecaj sibirskoga zraka u Hrvatskoj može osjetiti rjeđe i obično kraće. Tada je kopno mnogo toplije, dani su dulji, a Sunčevo zračenje brzo mijenja osobine zračne mase. Ipak, ako se nad sjeveroistočnom Europom zadrži opsežna anticiklona, a strujanje se usmjeri prema jugu, do naših krajeva može stići relativno hladan i suh kontinentalni zrak. U usporedbi s prethodno zagrijanim i vlažnim zrakom takav prodor donosi zamjetno osvježanje.

Ljetna kontinentalna zračna masa pritom ne mora biti jednako hladna kao zimi. Njezina se „hladnoća” određuje u odnosu na zrak koji je prethodno boravio nad našim područjem. Zrak koji je apsolutno umjeren, ali znatno hladniji od dotadašnjega vrućeg i sparnog zraka, može donijeti snažan pad temperature i osjećaj naglog prodora hladnoće.

Od suhog zraka do oborina

Hladna kontinentalna zračna masa u izvorištu je najčešće suha. No njezin dolazak nad toplije more može pokrenuti sasvim drukčije vremenske procese. Isparavanje s morske površine povećava količinu vodene pare u najnižem sloju, dok toplina mora potiče dizanje zraka.

Ako je zrak u višim slojevima dovoljno hladan, vertikalna razlika temperature postaje velika i atmosfera se destabilizira. Tada se mogu razviti oblaci vertikalnog razvoja, pljuskovi pa i grmljavina. Nad Jadranom taj proces može biti izraženiji kada hladan istočni ili sjeveroistočni zrak prijeđe preko razmjerno toploga mora.

Zato ista zračna masa može u različitim dijelovima svojega puta donositi različito vrijeme. Nad snijegom pokrivenim Sibirom povezana je s vedrinom i vrlo suhim hladnim zrakom. Nad istočnoeuropskim ravninama može donositi hladno i stabilno vrijeme, dok nad Jadranom, nakon primanja topline i vlage, može sudjelovati u razvoju oblaka, pljuskova i snažnoga vjetrova.

Sibirski zračna masa tako je dobar primjer da karakter vremena ne ovisi samo o podrijetlu zraka. Važno je i preko kakve podloge zrak putuje, koliko se dugo nad njom zadržava te u kakvom se rasporedu visokog i niskog tlaka premješta.

Zašto su zračne mase važne?

Zračna masa često određuje osnovni karakter vremena nad velikim područjem. Ona nam pomaže razumjeti zašto je neki dan suh i vedar, drugi sparan i nestabilan, a treći obilježen dugotrajnom kišom ili naglim zahlađenjem.

Ipak, sama zračna masa nije dovoljna za potpunu prognozu. Važno je znati odakle je stigla, koliko se dugo zadržavala nad izvorištem, preko kakve je podloge putovala, je li se putem grijala ili hladila, koliko je vlage primila ili izgubila te postoji li mehanizam koji će pokrenuti dizanje zraka.

Kada se zračna masa premješta iznad drugačije podloge, postupno se mijenja. Kada se dvije različite zračne mase približe, nastaje područje nagle promjene njihovih osobina. Upravo ćemo tom području — frontama i procesima koji se uz njih odvijaju — posvetiti sljedeći članak.