# Bijeli zidovi nad Hrvatskom: Vraća se opasan meteorološki fenomen, na cestama može biti smrtonosan

*Bojan Lipovšćak*



Srecko Niketic/PIXSELL

Kada se u kotlinama, uz rijeke i autoceste spusti gusta magla, vidljivost može za nekoliko minuta pasti na desetak metara. Jesen je razdoblje u kojem se tihi, ali opasan meteorološki fenomen vraća u svakodnevicu - a upravo magla, za razliku od grmljavine ili vjetra, najčešće vozače iznenadi onda kada im se čini da su uvjeti pod kontrolom.

Magla nije magični veo nad krajolikom, nego oblak koji dodiruje tlo. Nastaje kada se zrak ohladi do točke rosišta, odnosno kada postane zasićen vodenom parom. Uz vrlo malo prezasićenja, vodena para kondenzira se na sitnim česticama u zraku - kondenzacijskim jezgrama, poput prašine, čađi ili morske soli - i stvara bezbroj mikroskopskih kapljica koje lebde u zraku.

Meteorolozi su precizno definirali razliku između sumaglice i magle. Sumaglica smanjuje vidljivost, ali je zadržava na 1 kilometar ili više; magla nastupa kada horizontalna vidljivost padne ispod jednog kilometra.

## Zašto je jesen sezona magle?

Jesen na kopnu stvara gotovo idealne uvjete za maglu: dulje noći, slabiji vjetar, vlažnije tlo i česti anticiklonalni uvjeti. Najčešća je radijacijska magla.

Tijekom noći tlo se hladi isijavanjem, a zrak neposredno iznad njega hladi se zbog dodira s hladnom površinom. Kada temperatura padne do točke rosišta, vlaga se kondenzira u kapljice. Vedro nebo i slab vjetar pogoduju hlađenju, ali potpuno mirno vrijeme češće daje rosu ili inje nego maglu: potrebna je blaga turbulencija koja u prizemnom sloju raspoređuje vlagu i hladnoću.



N1/Bojan Lipovšćak/AI/Ilustracija

Ključnu ulogu ima temperaturna inverzija. Umjesto da zrak s visinom postaje hladniji, iznad hladnog prizemnog sloja nalazi se topliji zrak. Taj topliji sloj djeluje kao poklopac: zadržava hladan i vlažan zrak uz tlo, a s njim i maglu.

Magla se noću može i produbljivati. Njezin gornji dio dodatno isijava toplinu u svemir, pa se hladi i omogućuje kondenzaciju sve viših kapljica. Zato magla koja u kasne večeri pokriva samo polja može do jutra postati znatno gušća i viša.

Magla u kotlinama može ostati satima, a ponekad i cijeli dan. U dubokim dolinama hladan zrak gravitacijom se spušta s padina u najniže dijelove terena i tvori jezero hladnog zraka. Tako nastaje kotlinska magla - gusti „bijeli bazen“ koji je osobito poznat u Panonskoj nizini i uz doline Save, Drave i Dunava.

## Nije svaka magla ista

Iako nam se čini da je magla samo magla, meteorologija razlikuje više procesa njezina nastanka.

Advekcijska magla nastaje kada topli i vlažni zrak struji preko hladnije podloge. Za razliku od radijacijske, ovdje vjetar nije neprijatelj, nego nužan sudionik: on doprema vlažnu zračnu masu. Kada se isti proces odvija nad hladnijim morem ili priobaljem, govorimo o morskoj magli. Uz advekcijsku maglu često se razvijaju i niski slojeviti oblaci pa se magla i oblak mogu praktički spojiti u jedan sloj.

Isti mehanizam djeluje i zimi, kada relativno topliji i vlažniji zrak struji preko snježne površine. Snijeg je hladna podloga, zrak se pri tlu hladi, zasićuje vlagom i navlači se magla. Takva magla često je plitka, ali može biti iznimno gusta.

Magla isparavanja nastaje kada vrlo hladan i suh zrak struji iznad tople vodene površine. Voda intenzivno isparava, a para se u hladnom zraku odmah kondenzira. Zato rijeka, jezero ili more u takvim uvjetima izgledaju kao da kuhaju ili se puše. Pomorci tu pojavu ponekad nazivaju „morskim dimom“.

Orografska, odnosno uzdignuta magla nastaje kada vlažan zrak naiđe na planinsku prepreku i prisilno se diže uz padinu. Pri dizanju se hladi, dostiže zasićenje i pretvara u oblak, odnosno maglu.



Patrik Macek/PIXSELL

Miješajuća magla nastaje kada se pomiješaju dvije zračne mase različite temperature i vlažnosti. Ako smjesa nakon miješanja postane zasićena, kondenzira se vodena para. Česta je uz riječne obale ili nakon oborina, kada vlaga isparava u hladniji zrak iznad tla.

Frontalna i oborinska magla vezane su uz atmosferske fronte i kišna razdoblja. Tople kiše isparavaju u hladnom prizemnom sloju, povećavaju vlažnost i mogu stvoriti gustu maglu. Slično se događa i tijekom dugotrajnih, stabilnih oborinskih procesa.

Posebno je opasna smrzavajuća magla. Nastaje pri temperaturama ispod nule i sastoji se pretežno od pothlađenih kapljica vode. Kada takve kapljice dotaknu površinu čija je temperatura ispod nule - cestu, staklo, granu ili krilo zrakoplova - mogu se zalediti i stvoriti inje, a rjeđe ledenu koru.

Pri vrlo niskim temperaturama, obično ispod minus 10 °C, magla se može sastojati od ledenih kristala, a pri još ekstremnijim hladnoćama - najčešće ispod minus 30 °C - razvija se ledena magla. Ona je tipična za mirno, vrlo hladno i stabilno vrijeme te može smanjiti vidljivost na manje od 50 metara.

## Koliko vode sadrži magla?

Magla djeluje kao da je zrak prepun vode, ali količina tekućine u njoj iznenađujuće je mala. Da bi se zorno dobila predodžba o količini vode u sloju magle, uzmimo primjer sloja magle debljine 10 metara nad nogometnim igralištem. Površina jednog nogometnog igrališta je oko 7.140 četvornih metara, a ako se nad njim nalazi sloj guste magle debljine 10 metara, on sadrži oko 14 kilograma, odnosno 14 litara vode.

Kada bi se ta voda sabrala na jedan četvorni metar, nastala bi lokva duboka svega 14 milimetara. No, u tom sloju magle sva je voda raspoređena na oko 27 bilijuna mikroskopskih kapljica.

Zbog goleme ukupne površine tih kapljica magla nas u trenutku obavije sa svih strana. Zato jakna, kosa i vjetrobransko staklo mogu postati mokri i u uvjetima u kojima iz zraka ne pada nijedna vidljiva kapljica.

## Maglu stvaramo i mi

Magla nije isključivo dar prirode. Kada zimi izdahnemo topli i vlažan zrak u hladnu okolinu, pred licem nam se stvara mali oblak. To je miješajuća magla: topli zrak iz pluća miješa se s hladnim zrakom, hladi se i dostiže zasićenje.

Isti princip stoji iza kondenzacijskog traga zrakoplova na velikim visinama. Vidimo ga i kada u hladnim jutrima automobili pale motore, a iz ispušnih cijevi kulja bijela para, ili kada rashladni tornjevi termoelektrana ispuštaju vodenu paru koja se pretvara u lokalne umjetne oblake.



Srecko Niketic/PIXSELL

U gradovima magla može biti i češća jer onečišćenje zraka povećava broj sitnih čestica koje mogu služiti kao kondenzacijske jezgre. Zato se magla u istim temperaturnim i vlažnosnim uvjetima može lakše razviti iznad urbanog područja nego iznad čistog seoskog kraja.

## Prognoza magle: Gdje zrakoplovni meteorolozi ulaze u igru

Ako postoji grana meteorologije koja maglu poznaje najbolje, to je zrakoplovna meteorologija. Na aerodromima magla nije samo neugodnost, nego izravan operativni problem: može odgoditi polijetanje i slijetanje, prisiliti zrakoplove na preusmjeravanje i u ekstremnim slučajevima zatvoriti zračnu luku.

Zrakoplovni meteorolozi stoga prate maglu puno detaljnije od uobičajene prognoze. Njih zanimaju ne samo vidljivost i debljina sloja magle, nego i trenutak kada će magla nastati, koliko dugo će trajati, hoće li se pojaviti u sloju ili u trakama te hoće li se u jutarnjim satima brzo podignuti ili ostati nad pistom.

Najteže je prognozirati upravo početak i kraj magle. Radijacijska magla ovisi o nizu čimbenika: vlažnosti tla, duljini noći, oblačnosti, vjetru, temperaturi rosišta i jačini noćnog hlađenja. Dovoljno je da se vjetar malo pojača, da se pojavi tanji sloj oblaka ili da se promijeni vlažnost prizemnog zraka, pa magla koja je trebala nastati ostane samo sumaglica - ili obrnuto, razvije se brže i gušće nego što je model predviđao.

Kod advekcijske magle izazov je drugačiji. Vjetar doprema toplu i vlažnu zračnu masu preko hladne podloge, pa prognoza ovisi o smjeru i brzini strujanja, temperaturi podloge - tla, mora ili snijega - te o tome koliko se zrak hladi pri dodiru s površinom. Magla se može pojaviti vrlo lokalno: na jednoj uzletno-sletnoj stazi zrakoplovne luke vidljivost može pasti ispod minimuma, dok je na drugoj vidljivost zadovoljavajuća.

Magla je fenomen u kojem odlučuju razlike od svega nekoliko desetinki stupnja između temperature zraka i točke rosišta te je prognoza magle jedan od najzahtjevnijih prognostičkih problema u svakodnevnoj meteorologiji.

## Na cesti: Najopasniji meteorološki "tihi" neprijatelj

Kada vidljivost padne ispod 50 metara, vožnja u magli postaje iznimno rizična. U takvim uvjetima preporučuje se smanjiti brzinu vozila na minimum, upaliti prednja i stražnje svjetlo za maglu i znatno povećati razmak od vozila ispred.

Jedna od najčešćih pogrešaka je oslanjanje na automatska svjetla. Senzori na novijim vozilima često ne prepoznaju maglu i ne uključuju stražnja pozicijska svjetla. Duga svjetla u magli problem vidljivosti samo pogoršavaju. Njihov se snop raspršuje na sitnim kapljicama, dio svjetlosti se vraća prema vozaču i stvara „bijeli zid“. Preporučuje se korištenje kratkih svjetala i svjetala za maglu, a stražnje maglenke samo dok je magla stvarno gusta.

Pri temperaturama oko nule ili nižima dolazi i opasnost od poledice. Vlaga iz magle taloži se na kolniku i stvara tanak, često gotovo nevidljiv sloj leda. Magla tako može biti dvostruko opasna: smanjuje vidljivost i istovremeno čini kolnik klizavim.

## Optički spektakl u kapljicama

Magla je i optički vrlo interesantan fenomen. Njezine mikroskopske kapljice lome, reflektiraju i ogibaju svjetlost, pa ponekad stvaraju pojave koje izgledaju gotovo nadnaravno.

Najpoznatija je Brockenska sablast, odnosno glorija. Kada se nalazimo na uzvisini, magla je ispod nas, a Sunce iza leđa, vlastita se sjena projicira na magleni zid. Oko glave sjene mogu se pojaviti obojeni prstenovi, rezultat ogiba i interferencije svjetlosti na kapljicama.

Bijela duga nastaje iz istog razloga zbog kojega je obična duga šarena, ali obrnuto. Kapljice u magli su mnogo manje od kišnih, pa se boje preklapaju i djelomično poništavaju. Rezultat je široka, bijela duga.

Kada magla sadrži ledene kristaliće, gradska rasvjeta ili drugi izvori svjetlosti mogu stvoriti vertikalne svjetlosne stupove. Ako kroz rjeđu maglu naziremo Sunce ili Mjesec, oko njih se ponekad vidi obojeni prsten - korona.

Magla je, dakle, istovremeno prometna opasnost, meteorološka zagonetka i povremeno prirodni optički spektakl. Ali njezina glavna pouka ostaje vrlo jednostavna: kada se bijeli zid spusti na cestu, brzina, razmak i pravilna svjetla nisu preporuka - nego uvjet preživljavanja.

## Praktična razlika između radijacijske i advekcijske magle

Radijacijska magla obično se razvija noću ili pred zoru, uz vedro nebo, slab vjetar i malu razliku između temperature zraka i točke rosišta. Često je vezana uz kotline, riječne doline i vlažno tlo te je u prvom redu lokalna pojava. Nakon izlaska Sunca tlo se zagrijava, prizemni sloj se miješa i magla se obično razrjeđuje ili nestaje tijekom jutra.

Advekcijska magla nastaje kada vjetar donosi toplu i vlažnu zračnu masu preko hladnije površine — mora, snijega, leda ili ohlađenog tla. Zato može doći „zidom“ s vjetrom, bez obzira na doba dana, i često je prostorno raširenija te dugotrajnija od radijacijske. Može postojati i uz oblačno nebo, a ne mora nestati čim sunce izađe, pogotovo ako je podloga i dalje hladna. Uz nju se često javljaju i niski slojeviti oblaci te niska baza oblaka.

Najsigurniji kriterij nije samo „ima li vjetra“, nego izvor hlađenja: kod radijacijske magle zrak se hladi jer se tlo noću ohladilo isijavanjem; kod advekcijske magle zrak se hladi jer ga vjetar prenosi preko hladnije podloge. U praksi se magla može razvijati i kombinacijom oba procesa, primjerice kada se noću ohlađena kotlinska magla dodatno pojača dolaskom vlažnijeg zraka.