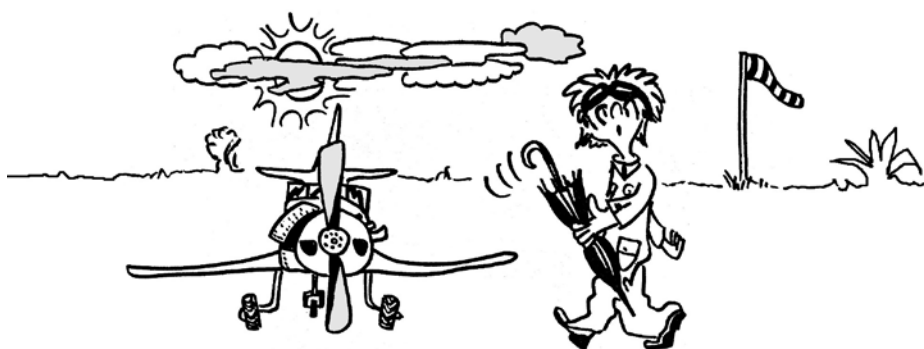


PEJZAŽI U MAGLI



Ovo je neprimereno dugačko poglavlje, zaista najduže u knjizi. Ako prebrojite reči koje slede, a to bi umesto vas za tili čas učinio bilo koji editor teksta, utvrdićete da ih ima, ne računajući ovu uvodnu priču, petnaestak hiljada! Ima to svoj razlog, a čućete i koji...

Nisam mnogo znao, a ni razmišljao o meteorologiji sve dok u moj život nije ušao Žika Meteorolog. Već tada je to bio vremešan, oniži gospodin dobro očuvane sede kose i zviždukavih suglasnika. Pred nas, radoznale kursiste koji su zakoračili tek na prvi stepenik školovanja za osnovnu pilotsku dozvolu, istupio je naoružan samo dnevnikom nastave i belom kredom. Sve ostalo imao je u glavi – tačnije, u malom prstu.

Tim istim prstom prizivao je dobrujuće kiše i podmukle magle, tihe povetarce i razularene vetrove, preteće kumulonimbuse i goropadne oluje, penjao se do stratosfere i silazio u duboke kotline – da bi ga ponekad koristio i kao alatku za efikasno udaranje tačke na „i” u vidu anegdote koja ilustruje tek završenu priču o čudima vremena. Činio je to maestralno i gospodski opuštено, kao i, verujem, decenijama pre toga, pred stotinama pilota koji su odavno avionima ispisivali bele tragove po nebu.

U svemu je bio originalan, pa i u ideji da nam reči diktira direktno u pero.

– Vi piloti ste veoma zaboravni kada je nauka u pitanju – mrštio se, ne obazirući se na vlastiti osmeh. – Ovo je način da vam bar nešto ostane, makar u svesci ako ne i u glavi! Tako ću i ja biti mirniji kada, nakon nastave, svratim u svoju kišomernu stanicu!

Naivni, mislili smo da je to meteorološka stanica, verovatno ona na beogradskom aerodromu, gde je bio zaposlen kao vodeći meteorolog. Ma, daj! Mnogo kasnije saznali smo da se ona nalazi u ulici u kojoj je i živeo. Objekat poznat kao kišomerna stanica bila je, u stvari, kafanica u koju je obavezno svraćao na pićence pre povratka kući!

Zahvaljujući Žiki Meteorologu moj lični „kišomer” za merenje prioriteta utvrdio je da je vazduhoplovna meteorologija, bez konkurencije, najvažnija naučna disciplina u životu jednog pilota. Svaki avion je samo orahova ljuska u beskrajnom fluidnom okeanu bez obala. Ukoliko ste svesni šta je ispod, šta okolo, a šta iznad vas, imate realnu šansu da preživite kad vaš brod počne da tone. Zato mi je ovo poglavlje i najdraže, a bolećivost prema vazduhoplovnoj meteorologiji učinila je da bude i najduže, pa zato nemam nameru da zakidam na bilo čemu.

Nakon toliko godina jedan od najdražih artefakata sačuvanih iz tih ranih pilotskih dana upravo je sveska s doslovce zabeleženim predavanjima Žike Meteorologa, onako kako ih je on diktirao, u pero. Pretpostavljam stoga da slutite da sam ono što se upravo spremate da pročitate prepisao baš iz te sveske tvrdih korica, koja i danas izgleda kao nova. I, u pravu ste. Ponešto je dodatno okićeno, začinjeno i navezeno (kao u *Brankovom kolu*), ali u suštini je to priča Žike Meteorologa, ona kojom nas je na svoj način uveo u svet avijacije.

Nije prošlo mnogo vremena, a s tim sjajnim čovekom sam nastavio i profesionalno da saradujem, naročito kada sam primljen za instruktora letenja u Višoj vazduhoplovnoj pilotskoj školi (kasnije JAT-ova Pilotska akademija) i kada sam doživeo tu počast da budemo na istom platnom spisku! Ponosim se time što je bio recenzent jedne od mojih prvih knjiga, a još više – što je baš meni davao na prvo iščitavanje obimna skripta iz meteorologije, koja je pripremao za nove generacije studenata.

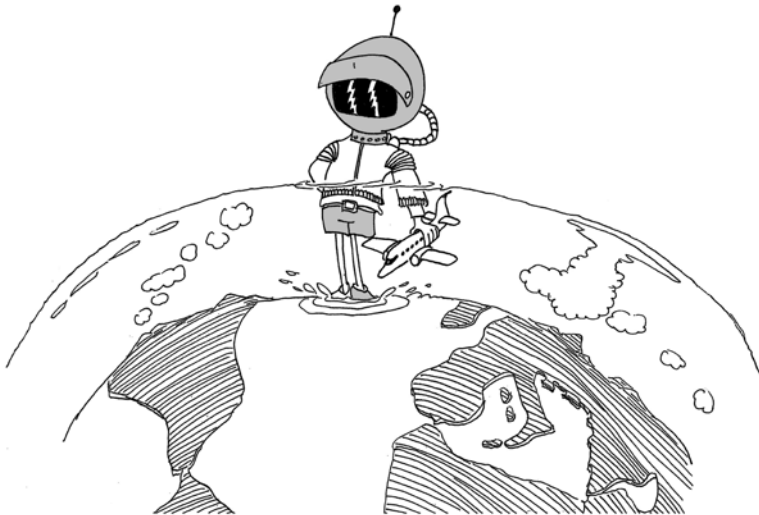
– Slušaj, ti ćeš da budeš moj naslednik! – govorio je od milošte. Trudio sam se da ga ne shvatim ozbiljno. Mislio sam: samo neko vickast kao on može mirno da izgovori tako apsurdnu rečenicu. Svejedno, potrudio sam se da, makar na ovaj način, deo njegovog znanja posluži kao skromna ostavština za budućnost. Vašu.

Nažalost, nije mnogo novih kiša, snegova i magli palo pošto je legao u postelju. Njegov dugogodišnji prijatelj i saborac, kako za školskom katedrom, tako i na veštačenjima nakon raznih avionskih udesa, Zlatko Vereš, redovno ga je obilazio. Posle svake bolničke posete vraćao se sve tužniji, dok jednog dana nije smrknuto procedio: „Žika je umro. Bio sam kraj njega.”

I danas, pošto su protutnjale tolike decenije, povremeno prođem kolima beogradskom Čuburom i, uspinjući se Ulicom Maksima Gorkog ka „gradiću Pejtonu”, bacim pogled ulevo na nekada neugledan limeni lokal, a sada dobro razrađeni kafić, sakriven od pogleda kolonom automobila parkiranih na trotoaru. Redovno se osmehnem, ponekad mahnem i rukom, sve u znak pozdrava nekadašnjoj kišomernoj stanici u koju je, pre povratka kući, svraćao Žika Meteorolog – diplomirani vazduhoplovni meteorolog Živojin Jovanović.

• • •

Kao što je on govorio, tako sada i ja kao papagaj ponavljam da vazduhoplovstvo, svakako više nego ijedan drugi vid saobraćaja, zavisi od meteoroloških prilika. I ne prilika. Atmosfera kojom smo okruženi pokazuje bezbroj čudi koje, na sreću, ipak podležu izvesnim zakonitostima. Pilot mora da poznaje suštinu atmosferskih procesa koji, ponekad, otežavaju ili onemogućavaju poletanje i sletanje aviona, neplanirano produžavaju let radi zaobilazanja područja s opasnim meteorološkim pojavama, a katkad mogu da budu i uzrok udesa aviona.



Prognostičari su tu da olakšaju pilotu donošenje odluke poleteti ili ne kada treba da se upute ka udaljenoj destinaciji čije je nebo trenutno sve, samo ne gostoljubivo. Ako let do takvog aerodroma traje više sati, lepo je znati hoće li se tamošnje vremenske prilike u međuvremenu značajno popraviti. Ako je prognoza dobra, red letenja će ostati neporemećen, putnici će biti zadovoljni, a posada se neće iscrpljivati neizvesnim čekanjem na aerodromu poletanja.

Problem sa meteorološkim prognozama je u tome što nikada nisu stoprocentno tačne, a ko zna da li će ikada i biti. Najbolji, najiskusniji (i najiskreniji!) meteorolozi priznaju da je procenat tačnosti bilo koje prognoze najviše 49 odsto. Čak ni minimalne „parlamentarne većine“ ne mogu da se dokopaju! Dugoročne prognoze sa takvom klimavom pouzdanošću sežu u budućnost od najviše nedelju dana – i tu je kraj. To pokazuje da je priroda, a u ovom slučaju Zemljina atmosfera, toliko nepredvidiva, bolje reći ćudljiva, da ni stotine hiljada računara udruženih u praćenju vremenskih pojava na apsolutno svim tačkama naše planete ne mogu da dosegnu ni deo onog poverenja koje uživaju čak i neki nabeđeni proroci poput Tarabića i Nostradamusa!

• • •

ATMOSFERA – gasoviti omotač kojim je Zemlja okružena – rotira sa Zemljom oko njene ose, s njom opisuje putanju oko Sunca, ali se istovremeno i sama kreće u odnosu na Zemljinu površinu. To je takozvana atmosferska cirkulacija, zahvaljujući kojoj se velike količine vazduha kreću meridionalno (sever–jug) i zonalno (zapad–istok, istok–zapad).

PODELA I SASTAV ATMOSFERE

Geofizičari su atmosferu podelili na četiri sloja: troposferu, stratosferu, jonosferu i egzosferu.

Većina aviona se kreće u najnižem sloju, **TROPOFERI**. Zbog brzine obrtanja Zemlje oko vlastite ose debljina troposfere je najveća na ekvatoru, gde se pruža do visine od 16 do 18 km. U umerenim geografskim širinama ta visina iznosi 10 do 12 km, a iznad polova je najmanja – 6 do 8 km. Meteorolozima i letačima troposfera je interesantna zbog toga što je najnepostojaniji sloj Zemljine atmosfere. U njoj je koncentrisan najveći procenat vodene pare i jezgara kondenzacije, pa je, zbog horizontalnih, vertikalnih i kosih kretanja vazduha i neposrednog uticaja Zemljine površine na njegovu temperaturu najveći broj vremenskih pojava vezan baš za troposferu. Prelazni sloj između troposfere i stratosfere zove se **TROPOPAUZA** i debljine je između jednog i tri kilometra, što zavisi od godišnjeg doba. Tropopauza je istovremeno i gornja granica razvoja grmljavinskih oblaka, kao svojevrsan inverzno-izotermni sloj u kojem prestaju usponi kretanja vazduha iz nižih slojeva atmosfere.

STRATOSFERA počinje iznad tropopauze i prostire se do visine od oko 80 km. Od gornje granice tropopauze, pa do visine od 25 km, temperatura vazduha se ne menja s visinom. Posle toga ponovo opada. U stratosferi ima veoma malo vodene pare, pa se u njoj ne stvaraju oblaci s padavinama. Tek ponekad se pojavljuju tzv. sedefasti oblaci. Ovde prevlađuju horizontalna kretanja vazduha, pa je onomad iznad Japana izmerena brzina vetra s udarima i do 330 m/s – a to je već brzina zvuka!

JONOSFERA se sastoji od velike količine jonizovanih molekula i elektrona. Za vazduhoplovce nije preterano zanimljiva, ali je zbog velike elektroprovodljivosti i te kako značajna za radiofoniju. Baš u ovim slojevima pojavljuje se i polarna svetlost, ponekad i do visine od 120 km.

Najviši sloj, **EGZOSFERA**, nema precizno određenu gornju granicu. U njoj se i ono malo preostalih molekula vazduha otrže dejstvu Zemljine teže i odlazi u međuplaketarni prostor. Zbog toga se ovaj sloj naziva još i *sfera bežećih gasova*.

OSOBINE VAZDUHA

Potpuno suv vazduh sastoji se od 78% azota, 21% kiseonika, 0,9% argona, a ostatak pripada ugljen-dioksidu, neonu, kriptonu, helijumu, vodoniku, ksenonu, radonu i ozonu. Međutim, 4–5% ukupne zapremine vazduha u prizemnim slojevima atmosfere otpada i na vodenu paru, čija se količina menja u vremenu i prostoru. Ta četiri naizgled skromna procenta vodene pare dovoljna su da ne oskudevamo ni u maglama, ni u oblacima, ni u padavinama najrazličitijih vrsta. Zrnca peska, prašine i čestice industrijskog sagorevanja, koje takođe lebde u vazduhu, predstavljaju idealna jezgra kondenzacije u procesu stvaranja oblaka, pa tako igraju veoma važnu ulogu u formiranju klimatskih osobenosti pojedinih regiona na Zemlji.

TEMPERATURA VAZDUHA po pravilu opada s visinom. Uzrok tome je dijatermalna osobina vazduha: naime, vazduh se ne zagreva pod direktnim uticajem sunčevog zračenja, već posredno, od toplote koju zrači površina Zemlje. Na našim (umerenim) geografskim širinama temperatura vazduha prosečno opada za 6°C na svakih hiljadu metara visine ili 0,6°C na svakih sto metara. Vrednost za koju temperatura vazduha opada na svakih sto metara visine zove se *vertikalni termički gradijent*.

Elem, kada je vertikalni termički gradijent *manji od 1°C* na sto metara, atmosfera je *stabilna*. Stabilna atmosfera pogoduje pojavi magle i slojaste oblačnosti. No, ukoliko je vertikalni termički gradijent *veći od 1°C* na svakih sto metara visine, atmosfera postaje *nestabilna* zato što je ovaj nagli pad temperature s porastom visine pravi „lift” za mase toplog i vlažnog vazduha. One se brzo penju i naglo i burno kondenzuju, pa u nestabilnoj atmosferi treba očekivati grrrrmljavinske oblake i nepovoljne uslove za let.

Danju s povećanjem visine temperatura vazduha opada. Međutim, u toku vedrih noći odvija se obrnut proces: pošto se, sa hlađenjem Zemljine površine, najpre hlade prizemni slojevi vazduha, temperatura vazduha do određene visine raste, da bi tek onda počela da opada. Ova pojava naziva se **INVERZIJA TEMPERATURE**, a sloj vazduha u kojem se ona povišava – inverzioni sloj. Prizemna inverzija pogoduje stvaranju magli zato što se vlažan i ohlađen vazduh kondenzuje tik iznad površine Zemlje.

S druge strane, moguća je i pojava pri kojoj temperatura vazduha do izvesne visine

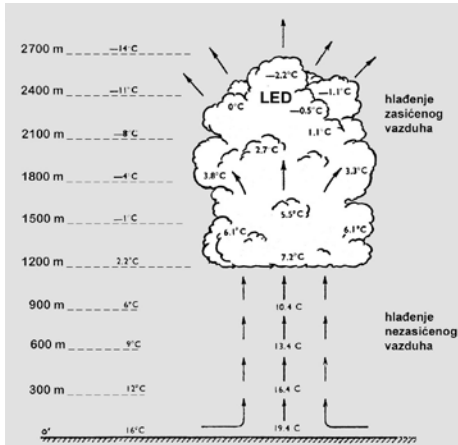
najpre opada, zatim se u narednom sloju ne menja, da bi nakon toga ponovo nastavila da se snižava. Tu je reč o **izotermiji** – prelaznom i kratkotrajnom stanju atmosfere, kada se temperatura vazduha uopšte ne menja s visinom. Izotermija nije karakteristična za troposferu, već za stratosferu. Ali ponekad se javlja i u nižim slojevima zahvaljujući „jezerima hladnog vazduha”, koja se noću stvaraju u prostranim kotlinama i dolinama, prilikom spuštanja hladnog vazduha niz okružujuće planinske obronke.

GUSTINA VAZDUHA je veoma važan element za vazduhoplovstvo jer utiče na tačnost pokazivanja brzine aviona, na vuču i uzgon. U proseku se smanjuje za po jedan procentat na svaki kilometar visine. Gustina vazduha se smanjuje sa porastom temperature i s opadanjem vazdušnog pritiska. Takođe zavisi i od vodene pare: gustina suvog vazduha je veća od gustine vlažnog.

VLAŽNOST VAZDUHA zavisi od količine vodene pare koju sadrži. Vodena para uvek postoji, pa apsolutno nema suvog vazduha. Nećete verovati, čak ni iznad Sahare! Najviše vodene pare ima iznad velikih i zagrejanih vodenih površina. Količina vodene pare koju vazduh može da primi zavisi od njegove temperature. Topao vazduh je u stanju da apsorbuje mnogo više vodene pare od hladnog. Prema tome, ako se topao i vlažan vazduh, koji još nije apsorbovao maksimalno moguću količinu vodene pare, ravnomerno hladi – na određenoj temperaturi će svakako postati zasićen. Daljim hlađenjem vodena para će početi da se kondenzuje u vodene kapi... i, eto nam oblaka. Stepem zasićenosti vazduha vodenom parom pri određenoj temperaturi predstavlja njegovu **RELATIVNU VLAŽNOST** i izražava se u procentima. Temperatura na kojoj vazduh postaje zasićen vlagom zove se **TEMPERATURA TAČKE ROSE** ili, kraće, **TAČKA ROSE** (*dew point*). Kada se temperatura vazduha izjednači s temperaturom tačke rose, nastupa kondenzacija.

Do kondenzacije može doći na dva načina: povećanjem vlažnosti vazduha ili snižavanjem njegove temperature. Poznato je da se topao vazduh, kao specifično lakši, kreće uvis, a upražnjeno mesto zauzima padajući hladan vazduh, kao specifično teži. U toku uzlaznog kretanja topao vazduh dolazi u slojeve atmosfere u kojima su i pritisak i gustina manji. Poput dečjeg balona, zapremina te penjuće mase vazduha se povećava, sabijajući pritom okolni vazduh. Pošto prilikom širenja penjuća masa vazduha troši svoju unutrašnju energiju, pada i njena temperatura. Tako se vazduh *adijabatski hladi*, što, drugim rečima, znači da ne razmenjuje toplotu s okolinom.

Istovremeno masa hladnog vazduha, koji pada naniže, trpi pritisak i počinje da se *adijabatski zagreva* – takođe bez ikakve razmene toplote s okolinom. (Da li ste ikada zapazili kako cilindar pumpe za bicikl postaje vruć za vreme brzog i snažnog pumpanja? To se događa takođe zbog adijabatskog zagrevanja vazduha, koji unutar cilindra trpi snažne pritiske klipa.)



Kondenzacija vlažne mase vazduha

Ako, na primer (pogledaj sliku), temperatura vlažnog i toplog vazduha tik uz površinu zemlje iznosi 19°C , a tačka rose 7°C , da bi došlo do kondenzacije temperatura vazduha treba da se snizi za 12°C . Pošto temperatura nezasićenog vazduha opada po suvoj adijabati (za 1°C na svakih 100 metara), znači da će tačka rose biti na visini od 1200 metara. Tu počinje da se stvara oblak. U daljem penjanju temperatura oblaka opada po vlažnoj adijabati (za $0,6^{\circ}\text{C}$ na svakih 100 metara). Napomena: oznake za temperaturu u vertikalnoj koloni na levoj strani crteža predstavljaju vrednosti vertikalnog termičkog gradijenta u standardnoj atmosferi, po kojem temperatura vazduha opada za $0,65^{\circ}\text{C}$ na svakih sto metara visine.

Ako onaj penjući vazduh sadrži nešto vodene pare, adijabatskim hlađenjem postaje sve zasićeniji. Kada se ohladi do temperature tačke rose, počinje kondenzacija u vidu oblaka. Sve dok tokom kretanja uvis vazduh ne postane zasićen, hladiće se za po 1°C na svakih sto metara, a to je brže nego u uslovima standardne atmosfere, kada se hladi tempom od $0,6^{\circ}\text{C}$ za istu promenu visine. Taj 1°C na svakih sto metara je, inače, vrednost tzv. **SUVOG ADIJABATSKOG GRADIJENTA**.

Dobro, šta je onda (i koliki je) vlažni adijabatski gradijent?

Čim dostigne temperaturu tačke rose i počne da se kondenzuje, penjuća masa vazduha nastavlja da se hladi, ali nešto sporijim tempom zbog oslobađanja latentne energije neophodne za kondenzaciju. Vodene kapi koje se dalje kreću uvis sada se hlade za uobičajenih 6°C na svakih hiljadu metara, odnosno za $0,6^{\circ}\text{C}$ na svakih sto metara visine. To je vrednost **VLAŽNOG ADIJABATSKOG GRADIJENTA**.

Suvi i vlažni adijabatski gradijent uvek imaju tačnu i nepromenljivu vrednost. Za razliku od njih, nešto ranije pomenuti vertikalni termički gradijent (čija se vrednost dobija radio-sondažnim merenjima) varira od slučaja do slučaja. Njegov odnos prema suvom i vlažnom adijabatskom gradijentu određuje *stratifikaciju* (stabilnost) atmosfere.

Ukoliko je vertikalni gradijent temperature vazduha *manji* od suvog adijabatskog gradijenta, atmosfera je **STABILNA**. To znači da ne postoji mogućnost za ekspanzivno kretanje vazdušnih masa uvis, pa nema ni grmljavinskih oblaka, niti turbulencije i let je veoma prijatan. Međutim, sletanje i poletanje su otežani zbog mogućih magli i niske, slojaste oblačnosti.

U slučaju da je vertikalni termički gradijent *veći* od suvog adijabatskog gradijenta, atmosfera je **NESTABILNA**. Tada se topao i vlažan vazduh (a posle kondenzacije i

oblak) veoma brzo kreće uvis zato što je na svakom nivou mnogo topliji i lakši od okolne sredine. To kretanje traje sve dok se temperatura u oblaku ne izjednači s temperaturom okolnog vazduha – ponekad čak do tropopauze! Uslovi za let su neprijatni zbog grmljavinskih oblaka, turbulencije („bacakanja” aviona), zaleđivanja i grada. Ovakve situacije česte su u našim krajevima tokom proleća i ranog leta.

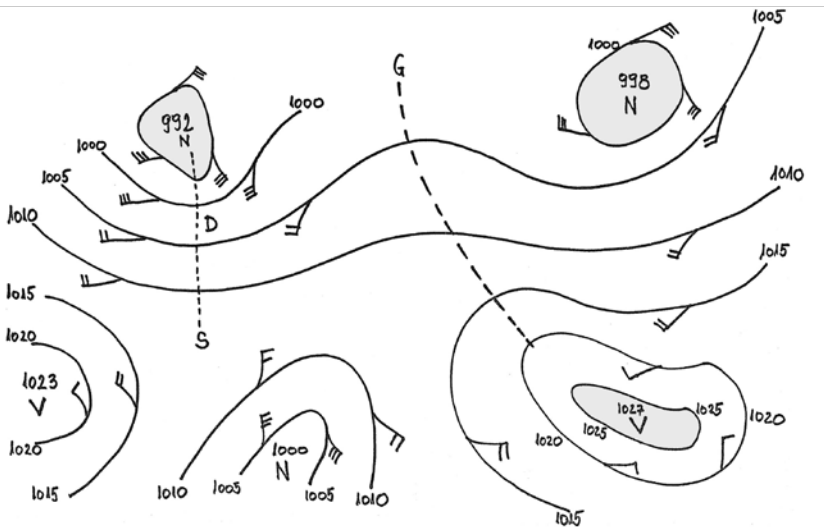
Atmosfera može da bude i u **INDIFERENTNOM STANJU**. Uslov je da vertikalni gradijent temperature vazduha i suvi adijabetski gradijent budu *približno jednaki*. Molekul vazduha koji se kreće uvis imaće na svakom nivou u atmosferi jednaku temperaturu kao i okružujuća sredina, pa je ovde pre reč o „uslovnoj” stabilnosti. To znači da je nezasićeni vazduh stabilan, dok je zasićeni nestabilan.

Atmosfera je **APSOLUTNO STABILNA** kada je vertikalni gradijent temperature vazduha manji od $0,6^\circ$ na svakih sto metara visine.

U **APSOLUTNO NESTABILNOJ** atmosferi taj gradijent je veći od 1°C , a kod **VEOMA NESTABILNE** atmosfere (čuvajte se!) vertikalni termički gradijent može da bude čak i veći od 3°C na svakih sto metara!

VAZDUŠNI PRITISAK

Vazdušni pritisak je sila kojom vazdušni stub, prostirući se od tla do vrha atmosfere, pritiska jediničnu površinu. Standardni vazdušni pritisak meri se na nivou mora, pri temperaturi od 15°C . Tamo je njegova srednja vrednost približno 1.013 mbar (odnosno hPa).

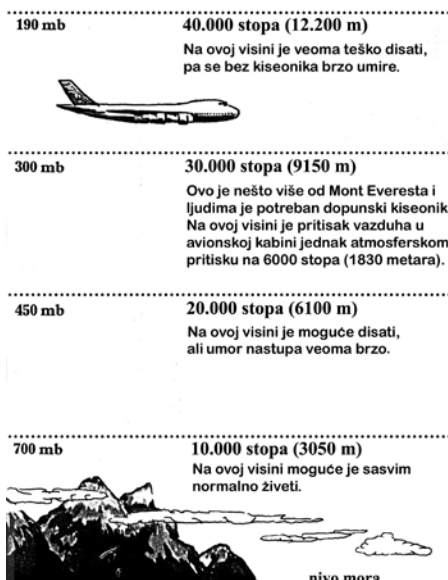


Sistem vazdušnih pritisaka prikazan na meteorološkoj karti značajnog vremena

Meteorološke karte, između ostalog, sadrže i podatke o vrednosti vazdušnog pritiska u pojedinim oblastima. Na takvim kartama određene tačke se, umesto imenima, obeležavaju brojevima. Svaki broj označava meteorološku stanicu i vrednosti izmerenog vazdušnog pritiska. Linije koje povezuju mesta s jednakim vazdušnim pritiskom nazivaju se *izobare*. Tako dobijamo sliku zatvorenih koncentričnih linija nepravilnog oblika. Izobare su međusobno razdvojene razlikom pritisaka od po 5 mbar. Ukoliko se, idući od periferije ka centru ovog sistema koncentričnih linija vrednost pritisaka smanjuje, tada je u centru polje niskog vazdušnog pritiska (N), ili **CIKLONSKA AKTIVNOST**. Najveće brzine vetra su u centru ciklona. U obrnutom slučaju, kada se pritisak povećava idući od periferije ka centru, dobija se sistem visokog vazdušnog pritiska (V), ili **ANTICIKLON**. Brzina vetra najmanja je u centru anticiklona, a ka periferiji se povećava.

Barička dolina (D) predstavlja produženu zonu niskog vazdušnog pritiska, s nezatvorenim izobarama. *Barički greben* (G) produžena je oblast visokog vazdušnog pritiska, takođe s nezatvorenim izobarama. *Sedlo* (S) predstavlja neutralnu oblast, koja se nalazi između dva sistema niskog i dva sistema visokog vazdušnog pritiska.

Prema vrednostima Međunarodne standardne atmosfere (MSA), čije smo norme već upoznali, svakoj visini odgovara određeni vazdušni pritisak, pa tako i svakoj vrednosti vazdušnog pritiska odgovara stalna visina. Vrednostima *milibarskih površina* u idealnim uslovima odgovaraju sledeće visine:



1.000 mbar površina na približno	112 m
850 mbar površina na približno	1.500 m
700 mbar površina na približno	3.012 m
500 mbar površina na približno	5.574 m
300 mbar površina na približno	9.164 m
200 mbar površina na približno	11.400 m
100 mbar površina na približno	16.180 m

U idealnim uslovima izobarske površine bi bile paralelne u odnosu na zemlju. U praksi, ove površine obično nisu paralelne, nego su izvijene: u hladnom vazduhu će svaka od izobarskih površina biti na nižoj, a u toplom na većoj visini.

Pred poletanje pilot odlazi u aerodromski meteorološki centar radi brifinga – provere vremena i konsultacije s meteorologom – i uzimanja meteorološke dokumentacije za let. Dežurni meteorolog je