

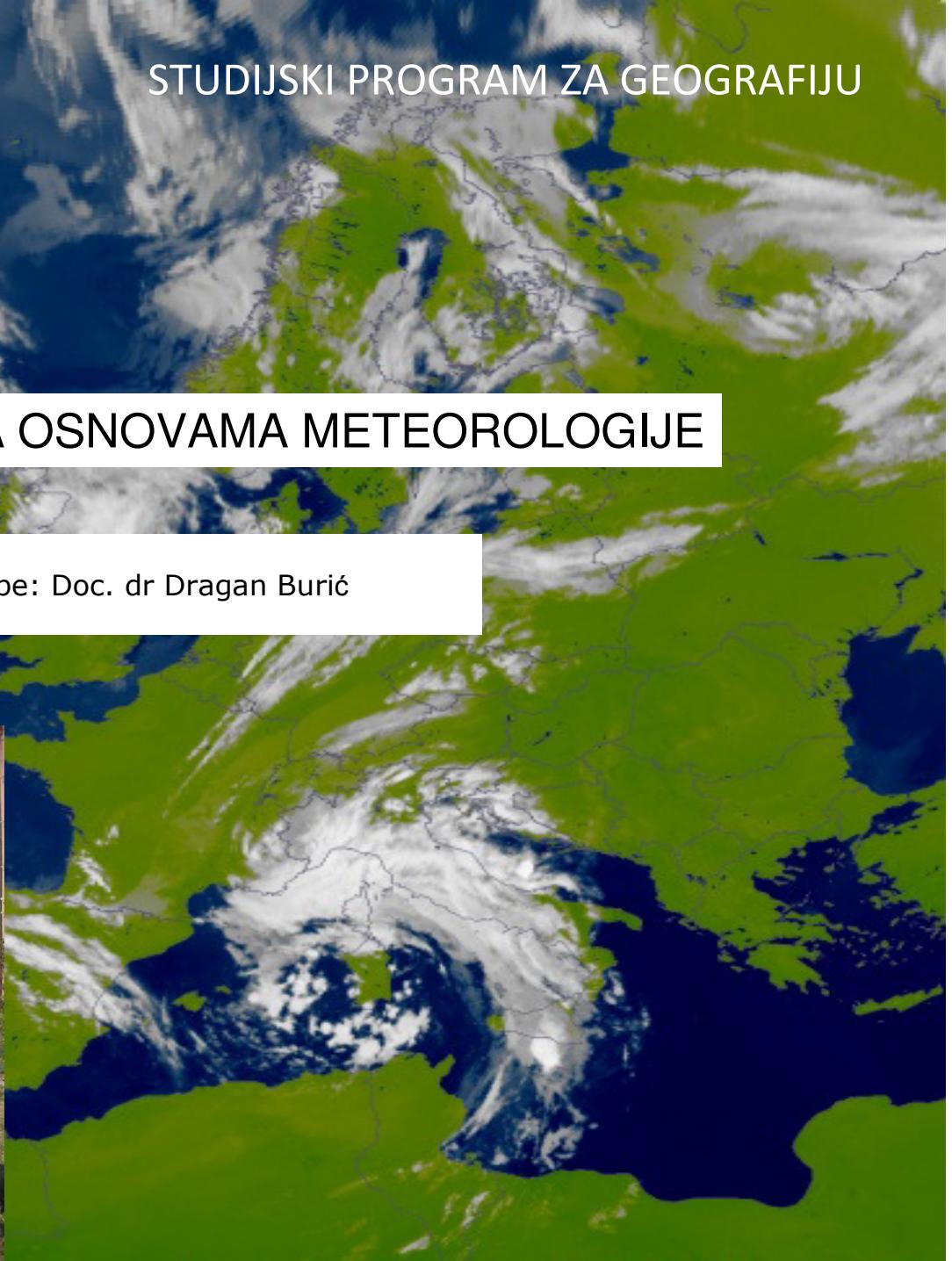


Univerzitet Crne Gore  
Filozofski fakultet - Nikšić

STUDIJSKI PROGRAM ZA GEOGRAFIJU

## KLIMATOLOGIJA SA OSNOVAMA METEOROLOGIJE

Predavanja i vježbe: Doc. dr Dragan Burić



## **Literatura:**

Dukić Dušan (1999): Klimatologija, Geografski fakultet, Beograd

**Ducić Vladan, Andđelković Goran (2006): Klimatologija – Praktikum za geografe, Geografski fakultet, Beograd**

## ATMOSFERA

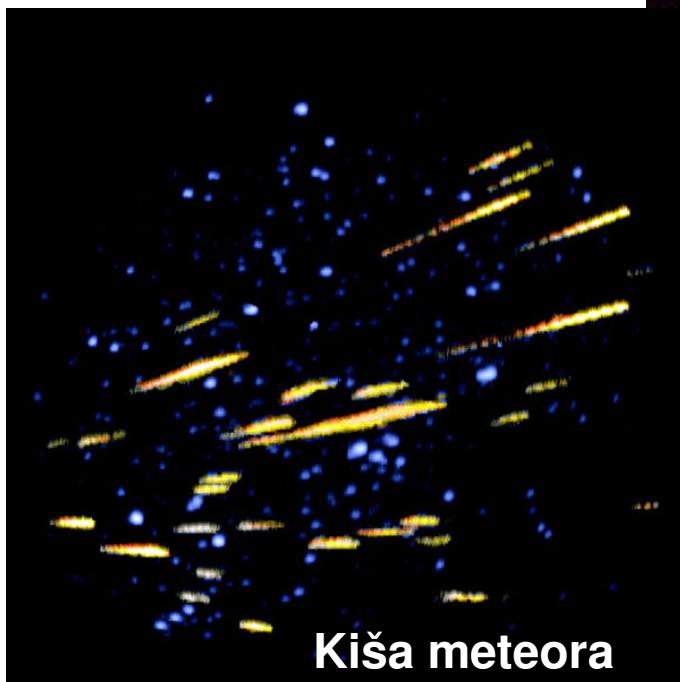
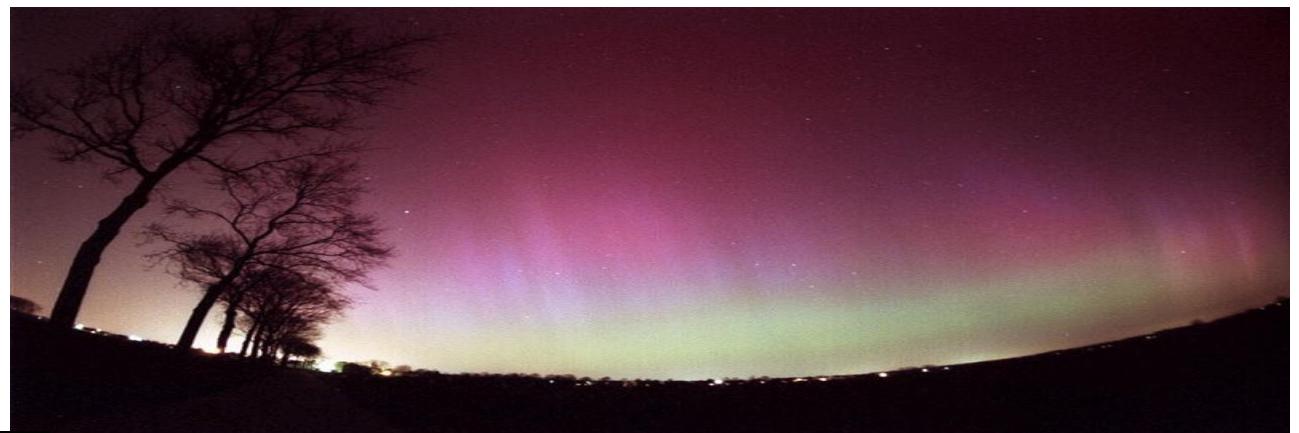
**Definicija:** – vazdušni (gasoviti) omotač koji okružuje Zemlju. Oblik atmosfere je isti kao i oblik Zemlje i taj vazdušni omotač se zajedno sa Zemljom okreće oko zemljine ose i oko Sunca u istom smjeru, od zapada prema istoku. Atmosfera je nevidljiva, ali je stalno osjećamo: žega, mraz, kiša, snijeg, vjetar itd. Sve te pojave su posledica procesa nastalih u atmosferi pod uticajem Sunčeve energije.

**Značaj atmosfere** – utiče na razvoj mnogih pojava i procesa koji se dešavaju u ostalim trima sferama, preobražava energiju Sunca u druge oblike, slabi štetno djelovanje Sunčevih ultraljubičastih zraka na živi svijet, daje život svijetu neophodan kiseonik i ugljen-dioksid, omogućuje kruženje vode u prirodi, djeluje kao zaštitni oklop od meteora, itd. Bez atmosfere, na Zemlji ne bi bilo života (ne bi bilo vode), ne bi se čuo nikakav zvuk (zvuk se ne prostire kroz bezvazdušni prostor), ne bi bilo refleksije sunčevih zraka (nebo bi bilo potpuno crno, a dan i noć bi se trenutno smjenjivali), dnevna temperaturna kolebanja bi bila mnogo veća (oko  $200^{\circ}\text{C}$ ), ne bi bilo oblika reljefa nastalih djelovanjem vode, vjetra, Zemlja bi bila izložena neprekidnom meteoritskom bombardovanju i njen reljef bi bio sličan sadašnjem Mjesečevom.

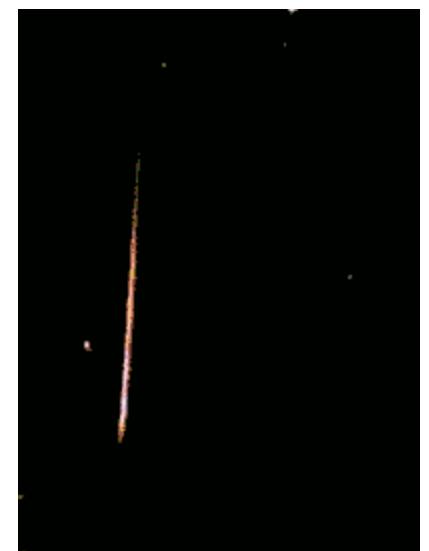
**Granice atmosfere** – donju granicu atmosfere čini površina Zemlje (površina Svjetskog mora i kopna). Gornju granicu atmosfere je teško odrediti, jer vazduh s visinom postaje sve rjeđi i atmosfera postepeno prelazi u vrlo razrijeđen gasoviti međuplanetarni prostor (bezvazdušni vavionski prostor). Sa praktičnog stanovišta, za gornju granicu atmosfere uzima se visina na kojoj ima dovoljno vazduha za neke pojave, kao što je polarna svjetlost, svijetleći trag meteora itd., a to je oko 1000 km iznad Zemljine površine (visina na kojoj prestaje pojavljivanje polarne svjetlosti). Fizička granica atmosfere (granica između Zemljine atmosfere i svemira), iznad polova je na visini od oko 21 600 km, a iznad ekvatora na visini od oko 35 700 km. Na ovim visinama iznad Zemljine površine izjednačene su vrijednosti sile Zemljine teže i centrifugalne sile, a to znači da čestice gasova mogu da odlete u međuplanetarni prostor.



**Polarna svjetlost (aurora)** - sjaj na noćnom nebu, uglavnom vidljiv u višim (polarnim) širinama. Svijetljenje razrijeđenih gasova atmosfere nastaje pod uticajem jonizovanih čestica koje izračuje Sunce. Svjetlost nastaje kada se elektroni sudaraju sa atomima u višim slojevima atmosfere, obično na visinama 80-150 km, ali se može javiti i do 1000 km visine. U svijetlu preovlađuje zelenkasta i tamno crvena linija, koje se javljaju kao emisija atomskog kiseonika, ali se javlju i linije drugih boja.

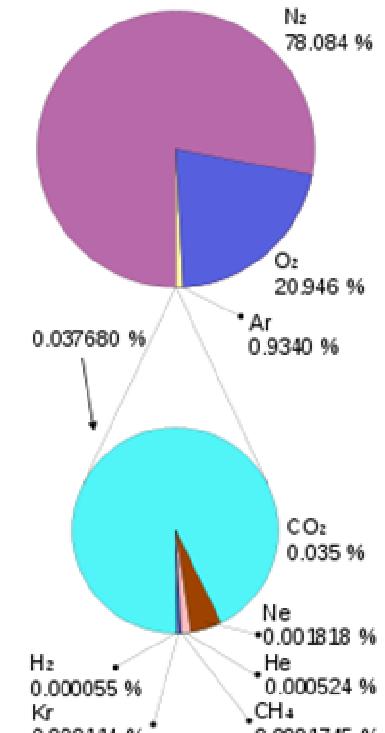


**Meteori** su mala tamna nebeska tijela koja slobodno putuju kroz svemir velikim brzinama a pri dodiru sa Zemljom atmosferom na kratko vrijeme postaju vidljivi, svijetle a zatim se gase (tzv. zvijezde padalice). Sagorijevanje meteora počinje uglavnom na visini od oko 160-180 km, a najjače svijetljenje je na visini od oko 50-60 km iznad Zemljine površine. Zbog velike brzine meteora (11-60 km/s), javlja se jako trenje sa česticama vazduha, one se sabijaju do usijanja, zbog čega se meteori zapale i izgore.



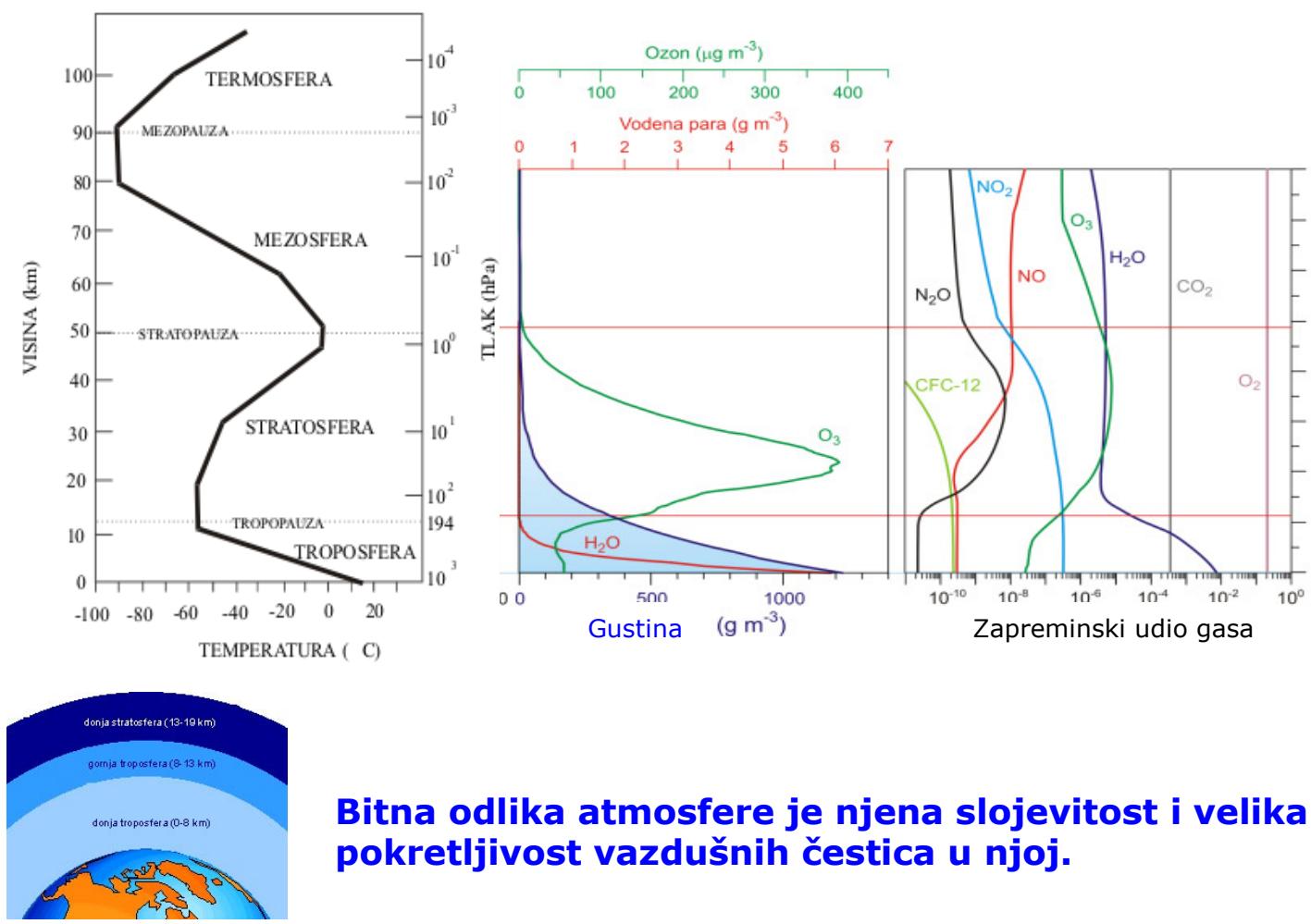
**Sastav atmosfere** – atmosferski vazduh je mehanička smješa gasova i raznih primjesa. Vazduh je jedan od osnovnih uslova života, potreban, prije svega, za disanje i fotosintezu. Vazduh bez primjesa naziva se suvi vazduh. Glavni sastojci suvog vazduha u prizemlju su azot i kiseonik- oni čine 99% od cijele zapremine vazduha u prizemlju, 78% azot i 21% kiseonik. Po težini, azot čini 75,6% vazduha, a kiseonik 23,1%. U prirodnim uslovima, atmosfera nije nikada sasvim suva i čista. U atmosferi uvijek ima primjesa, od kojih je atmosfera mutna i vlažna. Primjese mogu biti tečne, čvrste i gasovite materije. Količinski i zapreminski udio primjesa u vazduhu je promjenljiv. Aerosoli su uglavnom čvrste čestice, koje su raspršene u atmosferi (lebdeće primjese) – čestice prašine, vulkanski pepeo, čađ, čestice soli, spore biljaka, bakterije i dr. Izvori aerosola mogu biti prirodni i vještački (stvara ih čovjek). Prirodni izvori (jaki pustinjski vjetrovi, šumski i stepski požari, vulkanski pepeo, cvjetni polen, spore i sl) i vještački izvori (posebno u gradovima i industrijskim regijama) mogu u vazduh emitovati mnoštvo čestica aerosola, pa može nastati suva mutnoća, odnosno jedinjenja hlora, fluora, sumpora, itd, koja štetno utiču na živi svijet.

Prosječan sastav suvog vazduha u prizemlju		
Gas	Učešće u jedinici zapremine u %	Učešće u jedinici mase (težine) u %
Azot ( $N_2$ )	78,08	75,60
Kiseonik ( $O_2$ )	20,94	23,10
Argon (Ar)	0,934	1,29
Ugljen-dioksid ( $CO_2$ )	0,035	0,05
Ostali gasovi: neon (Ne), helium (He), metan ( $CH_4$ ), kripton (Kr), vodonik ( $H_2$ ), azot oksid ( $N_2O$ ), ugljen-monoksid (CO), ksenon (Xe), ozon ( $O_3$ ), azot dioksid ( $NO_2$ ), jod (J), amonijak ( $NH_3$ ), radon Rn), freon itd.	0,001	Beznačajno
Primjese u vazduhu		
Vodena para ( $H_2O$ ) - Najznačajnija primjesa vazduha -	Promjenljiva, 1%-4% u prizemnom vazduhu. Oko 0.2% u polarnim oblastima, oko 3% u ekvatorijalnim oblastima,	
Aerosoli: čestice prašine, vulkanski pepeo, čađ, čestice soli, spore biljaka, bakterije i dr.		

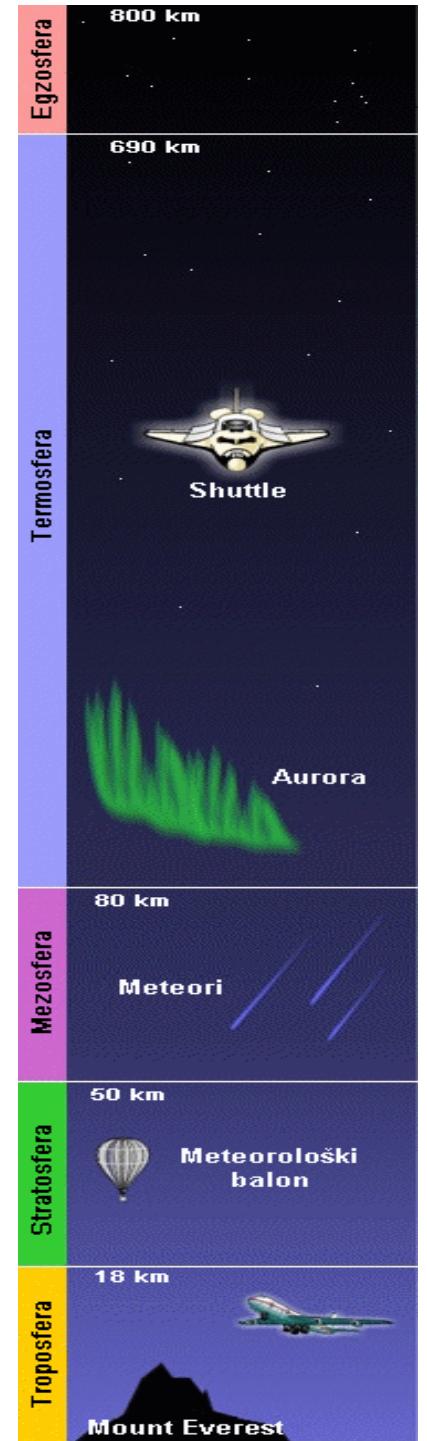


## Sastav Zemljine atmosfere

**Vertikalna struktura atmosfere** – procjenjuje se da ukupna masa atmosfere iznosi oko  $5,1 \cdot 10^{18}$  kg ili oko 0,00009 % Zemljine ukupne mase. Oko 75 % težine atmosfere se nalazi ispod 11 km iznad tla. Ili, 99% mase atmosfere je u sloju do 36 km visine iznad Zemljine površine. U visokim slojevima ona je jako razrijeđena. U prosjeku, 1 m<sup>3</sup> prizemnog vazduha težak je oko 1,29 kg (prosječna gustina vazduha na nivou mora). U geografiji, posebno značenje ima podjela atmosfere prema temperaturi na pet slojeva: troposfera, stratosfera, mezosfera, termosfera i egzosfera.



**Bitna odlika atmosfere je njena slojevitost i velika pokretljivost vazdušnih čestica u njoj.**



## Vertikalna struktura atmosfere

**Troposfera** je najniži i najbolje proučeni sloj atmosfere. Njena debljina u umjerenim širinama iznosi 10 do 12 km, u oblasti polova 8 do 9 km, a u ekvatorijalnom pojasu 15 do 18 km. U njoj se nalazi  $\frac{3}{4}$  od ukupne mase atmosfere i skoro sva količina vodene pare. Temperatura vazduha u troposferi opada sa visinom, prosječno  $0,65^{\circ}\text{C}$  na svakih 100 m, odnosno  $6,5^{\circ}\text{C}$  na 1 km. Zato se na gornjoj granici troposfere temperatura kreće od  $-50$  do  $-60^{\circ}\text{C}$ . U troposferi se obavlja kruženje vode u prirodi i mnogobrojne pojave i procesi koji utiču na vrijeme i podneblje.

**Stratosfera** je drugi sloj atmosfere, koji se prostire iznad troposfere do visine od oko 50-55 km. Između troposfere i stratosfere leži tanak sloj atmosfere – tropopauza, čija debljina iznosi 1 do 2 km. Vazduh u stratosferi je veoma razrijeđen, suv, pa je nebo potpuno bez oblaka i ima tamnoljubičastu boju. Samo ponekad, na visini 25 – 30 km nalaze se tzv. Sedefasti oblaci. Smatra se da se sastoje od najsitnijih kapljica prehlađene vode. U stratosferi preovlađuje homotermija (t se gotovo ne mijenja) i na gornjoj granici stratosfere temperatura iznosi u prosjeku oko  $0^{\circ}\text{C}$  (od  $-20$  do  $+20^{\circ}\text{C}$ ). U sloju od 25-35 km povećana je koncentracija ozona, mada ga ima i u sloju 10-50 km visine iznad Z površine, pa se taj sloj naziva ozonosfera. U ovom sloju temperatura naglo raste, zbog povećane koncentracije ozona, koji apsorbuje Sunčevu zračenje (ultraljubičasto zračenje) i Zemljine dugotalaste toplotne zrake.

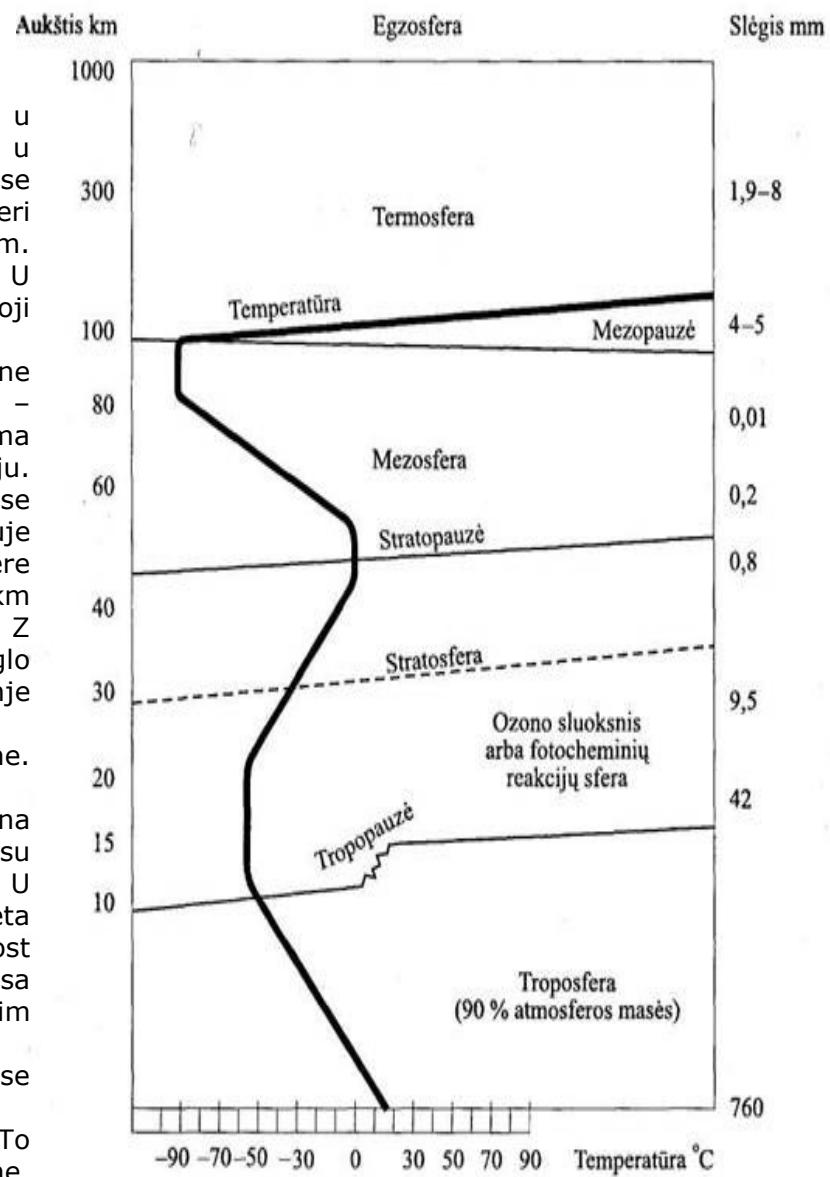
**Mezosfera** je sloj atmosfere između 55 i 80 km iznad Zemljine površine. Temperatura opada i na gornjoj granici mezosfere iznosi oko  $-80^{\circ}\text{C}$ .

**Termosfera** je sloj između 80-800 km visine. Temperatura stalno raste i na visini od oko 200 km iznosi oko  $250^{\circ}\text{C}$ . Na toj visini gasovi atmosfere su zastupljeni samo sa atomima, dok ih u nižim slojevima ima i u vidu molekula. U ovom sloju je povećana koncentracija jona, čestice koje su nosioci elektriciteta (pozitivnog ili negativnog). Sa povećanim brojem jona raste elektroprovodljivost vazduha, što je od značaja za prostiranje radio talasa. Bez postojanja slojeva sa povećanom koncentracijom jona ne bi se mogle uspostaviti radio veze na velikim udaljenostima. Termosfera se još naziva i jonasfera.

**Egzosfera** leži između 800-3000 km. U njoj je vazduh toliko razrijeđen da se može porebiti sa vakuumom.

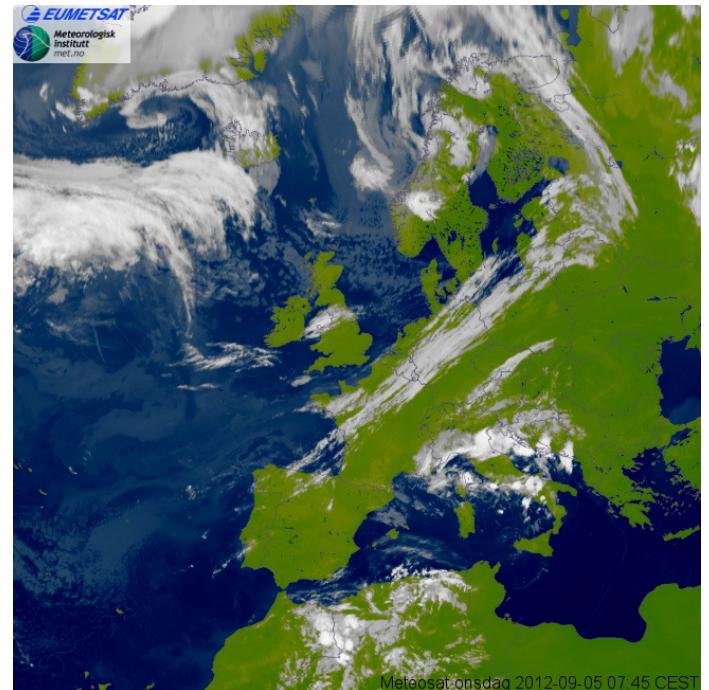
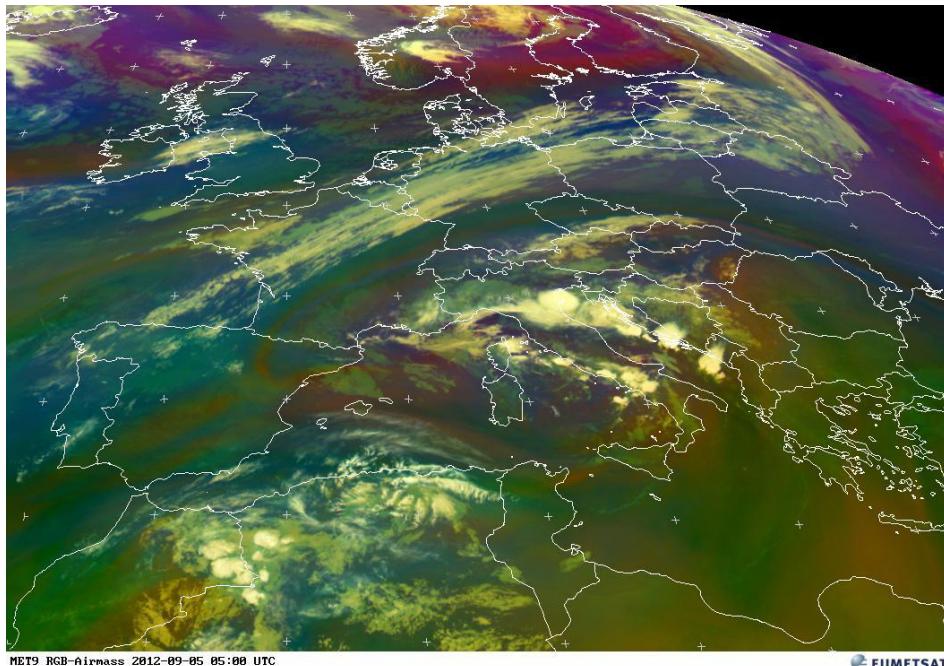
Iznad egzosfere može se izdvojiti najviši sloj atmosfere Zemlje – **geokorona**. To je rubni sloj zemljine atmosfere do 20 000 km iznad topografske površine. Geokorona se sastoji uglavnom od jona vodonika, tj samo od lakih jona.

DBuric



## RAZVOJ PROUČAVANJA ATMOSFERE

- ❖ Zanimanje čovjeka za vremenske pojave postoji otkada i sam čovek. Prva knjiga sa opisom i tumačenjem vremenskih pojava je Aristotelova **Meteorologika** (340. godine p.n.e.).
- ❖ Prvi ozbiljan korak u proučavanju atmosfere napravio je Galileo Galilej, kada je 1597. g. konstruisao termometar, potom Toričeli 1643. konstuišući barometar.
- ❖ Godine 1733. Bering stvara prvu mrežu meteoroloških stanica u Njemačkoj, kasnije se mreže stanica osnivaju i na drugim prostorima – Rusije, Austrije, Francuske, Engleske itd.
- ❖ Ruski akademik Zaharov je prvi mjerio temperaturu i pritisak u slobodnoj atmosferi leteći u vazdušnom balonu 1804. godine, na visini od 2500 m. Francuski fizičar Gej-Lisak je dostigao visinu sa balonom od 7 km.
- ❖ Meteorografi – aparat koji za vrijeme leta vazdušnog balona bilježi temperaturu, pritisak i vlažnost vazduha.
- ❖ Poslije I svetskog rata počinje primjena radio sondi.
- ❖ Poslije II sv. rata za proučavanje atmosfere koriste se nova sredstva – radari, rakete, vještački sateliti.



SVJETSKA METEOROLOŠKA ORGANIZACIJA  
(WMO - World Meteorological Organization)

Uviđajući značaj vremena i klime na život i rad ljudi, odnosno svakodnevne potrebe za meteorološkim podacima (podacima o vremenu), koji se koriste u istraživanju i pri analizi i prognozi vremena (analizom i prognozom vremena bavi se sinoptička meteorologija), bila je potrebna organizovana međunarodna saradnja na polju izučavanja atmosfere. Tako je 1873 u Beču osnovana Međunarodna meteorološka organizacija (MMO). MMO je 1947. godine, na konferenciju u Vašingtonu prerasla u Svjetsku meteorološku organizaciju (WMO). Dakle, posle osnivanje OUN (1945), WMO je uključena u taj sistem, kao specijalizovana agencija za meteorologiju. Međutim, konvencija koju su te 1947. godine potpisale 31 zemlja, stupila je na snagu **23. marta** 1950. godine i taj dan se slavi kao svjetski dan meteorologije i početak rada WMO. Danas, WMO okuplja 188 članica s ciljem unaprijeđivanja međunarodne saradnje na području meteorološke službe. Sjedište SMO-a je u Ženevi, Švajcarska. Svjetska meteorološka organizacija ima jedinstvenu mrežu, s tri svjetska meteorološka centra, 34 regionalna specijalizirana meteorološka centra i 188 nacionalnih meteoroloških centara, skuplja, obrađuje i razmjenjuje oko 15 miliona šifrovanih podataka na dan i izrađuje 2000 vremenskih karata.

Važnu ulogu u strukturi WMO ima svjetsko meteorološko bdjenje (SMB). To je sistem koji je organizovan za potrebe analize i prognoze vremena u svjetskim razmjerama. SMB sastoji se od tri podsistema: globalni osmatrački sistem (GOS), globalni telekomunikacioni sistem (GTS) i globalni sistem za obardu podataka (GSOP). GOS prikuplja podatke o životnoj sredini sa svih osmatračkih stanica u svijetu i prema potrebi daje ih na uvid zemljama članicama za operativne i istraživačke svrhe. GOS obuhvata: sinoptičke, klimatološke, agrometeorološke stanice, vazduhoplovne stanice (aerodromske), specijalne meteorološke stanice (radarske stanice, stanice za mjerenje ozona, zagađenosti vazduha, avionske, raketne stanice itd), zatim visinske radiosondažne i pilotbalonske stanice, zatim stanice koje prikupljaju podatke sa satelita u polarnim i geostacionarnim orbitama (oko ekvatora). GTS prikuplja i distribuira podatke iz globalnog sistema osmatranja i distribuira izlazne rezultate svjetskih i regionalnih meteoroloških centara . GTS je organizovan na tri nivoa: globalni, regionalni i nacionalni (npr. sa svih stanica u CG podaci se šalju u centar u Podgoricu, PG te podatke dalje šalje regionalnom centru, to je prije bio Beograd, sada je Sofija, a regionalni centar šalje globalnom. Globalni sistem obrade podataka (GSOP) – svetski meteorološki centri za analizu i prognozu vremena postoje u Vašingtonu, Moskvi i Melburnu. Ovi centri šalju regionalnim i nacionalnim centrima analitički i prognostički materijal u vidu karata. Ovaj sistem obuhvata i 23 regionalna centra. Glavni regionalni centri za Evropu, čije proekte i mi koristimo su Reding i Frankfurt. Oni izrađuju prizemne i visinske karte analize i prognoze. Države članice imaju svoje nacionalne meteorološke centre za obradu podataka.

## RAZVOJ PROUČAVANJA ATMOSFERE NA NAŠEM PROSTORU

- ❖ Na prostoru nekadašnje Jugoslavije, prva instrumentalna mjerena vodio je profesor Velike škole u Beogradu, Velimir Jakšić, 1851. godine.
- ❖ Kod nas, prve zabilješke o vremenu na području današnje Crne Gore imale su opisni karakter i nalaze se u istorijskim zapisima iz 17. i 18. vijeka.
- ❖ Arhivska dokumentacija ukazuje da je dr P. Miljanić vršio prva kontinuirana meteorološka osmatranja. On je vodio zabilješke o vremenu u Podgorici od 1. IX 1882. do 31. VIII 1883. godine.
- ❖ Atmosfera i hidrosfera su najpromjenljiviji dio prirodne sredine i praćenje promjena i stanja u njima je potreba i obaveza svake države. Taj zadatak u Crnoj Gori ima Hidrometeorolшки zavod, državna institucija. Meteorološka služba u Crnoj Gori je ujedinjena sa hidrološkom, a od nedavno i sa okeanografskom i seizmičkom.
- ❖ Godine 1947. osnovan je Hidrometeorološki zavod Crne Gore.
- ❖ Sistematska meteorološka mjerena i osmatranja u Crnoj Gori počela su 1949. godine, i od tada meteorološka služba funkcioniše u kontinuitetu.
- ❖ Godine 2007., 5. januara Crna Gora je postala 188. član Svjetske meteorološke organizacije.
- ❖ Danas, na teritoriji Crne Gore, postoji veliki broj meteoroloških stanica uređenih i opremljenih po standardima koje propisuje Svjetska meteorološka organizacija.
- ❖ Prateći savremena dostignuća u oblasti instrumentalnih osmatranja meteoroloških elemenata, HMZCG počeo je sa instaliranjem *automatskih meteoroloških stanica (AWS)*. Automatizacija mjerena meteoroloških elemenata je u početnoj fazi i predstavlja značajan iskorak u razvoju meteorologije u Crnoj Gori. AWS omogućava da se bez angažovanja ljudi, neprekidno 24 časa, nekoliko puta u sekundi (tzv. mjerjenje u realnom vremenu), dobiju podaci o meteorološkim parametrima koji se mijere. Sve glavne i nekoliko klimatoloških stanica, pored klasičnih instrumenata, imaju i AWS.
- ❖ Od 2012. godine, odlukom vlade, Hidrometeorološki zavod Crne Gore preimenovan u Zavod za hidrometeorologiju i seismologiju. Zavod je organizovan u pet sektora – sektor za meteorologiju, hidrologiju, Sektor za životnu sredinu, od 2009. godine Sektor za hidrografiju i okeanografiju sa sjedištem u Lepetanima (koji se bavi pitanjima mjerena i uopšte istraživanja na moru) i od 2012. Sektor za seismologiju.
- ❖ Osnovni zadatak meteorološkog sektora je meteorološko mjerjenje i osmatranje, prenos podataka i njihova dalja obrada. Mjerena i osmatranja vrše se na osam glavnih, 20 klimatoloških i više od 50 padavinskih stanica, po mjerilima koje propisuje Svjetska meteorološka organizacija. Poslednjih godina raste broj automatskih stanica koje neprekidno mijere i bilježe meteorološke elemente (temperaturu vazduha, pritisak, vlažnost vazduha, količinu padavina, smjer i brzinu vjetra, osunčavanje itd.), te ih putem mobilne telefonije automatski prenose u centar smješten u Podgorici. Jedan dio podataka šalje se u međunarodnu razmjenu, a veći dio se unutar zavoda podvrgava daljoj kontroli i obradi. Sektor za meteorologiju čine četiri odsjeka: Odsjek mreže meteoroloških stanica, Odsjek za analizu i prognozu vremena, Odsjek za klimatologiju i Odsjek za agrometeorologiju.

## METEOROLOŠKA SLUŽBA U CRNOJ GORI

**Meteorološke stanice** su organizacione jedinice meteorološke službe koje imaju zadatak da prema utvrđenim jedinstvenim propisima vrše meteorološka osmatranja i mjerena.

Na teritoriji Crne Gore postoji 10 *glavnih* ili sinoptičkih meteoroloških stanica (računajući i dvije vazduhoplovne meteorološke stanice - u Tivtu i Golubovcima). Na većem broju sinoptičkih stanica stručni rad traje neprekidno, odnosno vrše se redovna časovna osmatranja meteoroloških, ekoloških i agrometeoroloških elemenata i pojava. Na vazduhoplovnim stanicama, pored časovnih, vrše se i polučasovna osmatranja. Program rada na glavnim stanicama bazira se na meteorološkim mjeranjima i osmatranjima sledećih elemenata i pojava:

-**Instrumentalna mjerena**: temperatura vazduha; ekstremne temperature vazduha; minimalna temperatura na 5 cm iznad tla; temperatura zemljišta na standardnim dubinama; vazdušni pritisak; tendencija pritiska; vlažnost vazduha; visina i intenzitet padavina; pravac i brzina vjetra i osunčavanje (trajanje sijanja Sunca);

-**Vizuelna osmatranja**: oblačnost (količina, vrsta i visina donje baze oblaka); horizontalna vidljivost; vrsta hidrometeora (kiša, snijeg, grad, rosa, slana, itd.); stanje tla i fenološka osmatranja.

Na nekim stanicama, u propisanim terminima, mjeri se i radioaktivnost (H.Novi i Žabljak) i sadržaj vode u snijegu (Žabljak i Kolašin). Dio podataka sa sinoptičkih stanica ide u međunarodnu razmjenu. Osmatranja i mjerena se vrše po UTC (to je svjetsko vrijeme ili grinvičko vrijeme, ustvari to je zapadnoevropsko vrijeme – ZEV).

*Klimatoloških stanica* trenutno ima 20. Na ovim stanicama osmatranja i mjerena vrše se u tzv. klimatološkim terminima: u 7, 14 i 21 čas po lokalnom vremenu. Program rada na klimatološkim stanicama zasniva se na osmatranjima manjeg broja meteoroloških i drugih parametara.

Brojnost *padavinskih stanica* na teritoriji današnje Crne Gore varirala je od nekoliko desetina do više od 150 stаница. Danas ih ima 65. Na ovim stanicama mjeri se količina padavina koja padne u toku 24 časa, i to u 7 časova po lokalnom vremenu, a po potrebi i više puta dnevno.

Sa svih osmatračkih stanic, osmotreni i izmjereni podaci se, uglavnom, preko sredstava veze, u vidu šifrovanih (SINOP, RADAP...) i drugih izvještaja, dostavljaju meteorološkoj stanici u Podgorici i HMZCG. Podaci meteoroloških stanic koriste se za potrebe analize i prognoze vremena, klimatologije, hidrologije, agrometeorologije i u naučno-istraživačke svrhe. Pravilno korišćenje meteoroloških mjerena i istraživanja prilikom izgradnje infrastrukturnih i stambenih objekata doprinosi njihovoј sigurnosti, ekonomičnosti upotrebe, kao i zaštiti okruženja. Po potrebi, HMZ obavlja specijalna meteorološka mjerena na lokaciji objekta, u skladu sa zahtjevima korisnika.



## MREŽA METEOROLOŠKIH STANICA U CRNOJ GORI



## Pročavanjem atmosfere bave se dvije nauke - meteorologija i klimatologija

### **METEOROLOGIJA** (grčki meteoros – nad zemljom, u vazduhu, logos – nauka, zakon, učenje).

Definicija – nauka o atmosferi. Proučava fizičke pojave i procese u vazdušnom omotaču Zemlje – kretanja u atmosferi, trenutna i buduća stanja atmosfere, zakonitosti po kojima se javljaju atmosferske pojave i procesi, uzajamne veze između pojava i procesa u atmosferi, itd. Ona je fizika atmosfere, odnosno spada u grupu geofizičkih nauka (služi se fizičko-matematičkim metodama proučavanja).

Zadaci meteorologije – prikupljanje podataka koji karakterišu stanje atmosfere, tj. podataka o vremenu (kvantitativne i kvalitativne podatke o vremenu – numeričke i opisne), analiza osmotrenih podataka, objašnjenje atmosferskih pojava, utvrđivanje zakonitosti po kojima se javljaju određene pojave, na osnovu utvrđenih zakonitosti i fizičko-matematičkih metoda daje tok razvijta pojedinih procesa (prognoza vremena), itd.

Cilj ili svrha meteorologije je primjena rezultata proučavanja za praktične potrebe, u poljoprivredi, turizmu, građevinarstvu, prostornom planiranju, itd.

### **KLIMATOLOGIJA** (grčki klima – nagib (upadni ugao Sunčevih zraka) i logos – nauka, zakon).

Definicija – nauka koja proučava klimu ili podneblje nekog mesta, manje ili veće teritorije ili cijele Zemljine površine. Klimatologija pripada sistemu geografskih nauka (prema predmetu proučavanja), ali i meteorološkim, odnosno geofizičkim naukama (prema metodama proučavanja).

Zadaci klimatologije – da objasni uslove pod kojima se formiraju različiti tipovi klime na Zemlji, da prouči uticaj klime na život i neživot prirode, da utvrdi promjene klime u bližoj i daljoj prošlosti.

Cilj ili svrha klimatologije je isti kao i meteorologije. Npr. vrijeme utiče na kvalitet i kvantitet prinosa poljoprivrednih kultura, a klimatske karakteristike uslovljavaju rejonizaciju biljaka i životinja.

**Najkraće rečeno, meteorologija proučava vrijeme (vremenske pojave, promjene vremena i njihovu prognozu), a klimatologija klimu.**

**VRIJEME** – TRENUTNO STANJE ATMOSFERE (PRECIZNIJE TROPOSFERE) KOJE VLADA U NEKOM MJESTU. Ili, stvarno stanje meteoroloških elemenata i pojava u datom momentu i datom mjestu. U meteorološkom smislu, vrijeme je pojam koji je jasno određen i koji se izražava brojčanim vrijednostima meteoroloških elemenata i nazivima meteoroloških pojava. Opšta karakteristika vremena je promjenljivost. Primjer: u 14 časova 1. avgusata 2012. godine u Nikšiću je sunčano, temperatura vazduha je  $35^{\circ}\text{C}$ , relativna vlažnost 40%, vazdušni pritisak 942 mb (hPa) i duva slab sjeverni vjetar brzinom od 3 m/s. Ovim smo okarakterisali vrijeme u Nikšiću za dati momenat. Vrijednosti meteoroloških elemenata i javljanje određenih pojava (stanje vremena), rezultat su raznih fizičkih procesa u atmosferi i na površini zemlje. Najvažniji faktori koji utiču ili formiraju vrijeme i klimu su: intenzitet Sunčevog zračenja, cirkulacija vazduha u atmosferi, reljef, karakter podloge itd. Vremenski uslovi u prizemnom sloju vazduha imaju direktni uticaj na živi svijet (ljudi, životinje i biljke), ali i neživi.

**KLIMA** – "prosječno" stanje atmosfere nad određenom teritorijom u određenom vremenskom razdoblju (dugogodišnji prosjek meteoroloških elemenata), uzimajući u obzir ne samo srednje stanje već i ekstremna odstupanja. Ili, klima se može definisati kao višegodišnji režim tipova vremena. U novije vrijeme klima se sve više posmatra kao dinamički sistem, odnosno interakcija atmosfere, okeana, kriosfere i biosfere. Ova definicija je nastala iz potrebe tumačenja kompleksnih pojava, poput: globalnog zagrijavanja, oscilacija u sistemu okean-atmosfera (El Ninjo, La Ninja, Sjeverno-atlantska oscilacija), ozonskih rupa i dr. Srednje fizičko stanje atmosfere dobija se iz dugogodišnjih osmatranja meteoroloških elemenata i pojava, koje treba srediti i statistički obraditi. Na taj način dobijaju se za čitav niz godina srednje vrijednosti elemenata, odstupanja od prosjeka (srednja i ekstremna odstupanja), učestalost javljanja itd. Po preporuci WMO, karakteristike klime nekog mjesta treba razmatrati na osnovu nizova podataka od najmanje 30 godina. Obzirom na potrebnu dužinu niza osmatranja, klima, za razliku od vremena, ima karakter izvjesne stabilnosti.

Uticaj na vrijeme i klimu ima i djelatnost čovjeka – mijenjanje fizičkih svojstava podloge ili atmosfere (sječa ili podizanje šuma, promjena namjene korišćenja zemljišta, procesi industrijalizacije i urbanizacije koji dovode do zagađenja vazduha, itd.). Uticaj čovjeka na vrijeme i klimu postoji, posebno na lokalnom nivou. O tome se u poslednje vrijeme dosta priča, ali se često taj uticaj čovjeka na vrijeme i klimu preuvećava, odnosno precjenjuje (predimenzionira).

Pri proučavanju vremena i klime koriste se podaci sa meteoroloških stanica. Rezultati proučavanja su bolji ukoliko je gušća mreža meteoroloških stanica i ukoliko su stanice dobro (pravilno) raspoređene. Prema prostoru koji se posmatra, razlikuju se sledeće vrste klime: makroklima, mezoklima, topoklima i mikroklima.

**Makroklima** se odnosi na prostor prečnika preko 100 km, **mezoklima** na prostor 1-100 km, a **mikroklima** na prostor prečnika manjeg od 1 km. Mezoklima se često naziva i lokalna klima (npr klima gradova).

**Topoklima** nema jasno definisan prostor u pogledu dimenzija. Negdje se poistovjećuje sa mezoklimom, a negdje sa mikroklimom. Topoklima se odnosi na površine koje se mogu naći na topografskim kartama, a to zavisi od razmjera karte.

## METEOROLOŠKE POJAVE I METEOROLOŠKI ELEMENTI

Da bi mogli da govorimo o vremenu i klima, njihovom uticaju na životnu sredinu, život i rad ljudi, moramo poznavati elemente i pojave koje karakterišu vrijeme, odnosno moramo raspolagati sa podacima o meteorološkim elemetntima i pojavama. Prvo treba pripremiti podatke, a to podrazumijeva njihovu provjeru i formiranje baze podataka za date potrebe, pa tek onda obrađivati i analizirati te podatke. Pri tome, treba znati koja je razlika između meteoroloških i klimatoloških podataka. U principu, ta dva pojma se poistovjećuju. Meteorološki podatak može da se odnosi i na neki podatak o vremenu i na podatak o klimi. Kada kažemo klimatološki podatak, onda se on odnosi na neku vrijednost koju smo dobili osrednjavanjem za duži niz godina, po pravilu ne kraći od 30 godina. Dalje, teba da znamo šta su i koja je razliku između meteoroloških elemenata i meteoroloških (atmosferskih) pojava, i šta su atmosferski procesi.

Atmosferski procesi su procesi koji se dešavaju u atmosferi bez obzira da li su fizičke, hemijske i biološke prirode. To su npr. advekcija, supsidencija (spuštanje vazduha u atmosferi), cirkulacija atmosfere, transformacija vazdušnih masa, ciklogeneza, obrazovanje magle, stvaranje ozona itd.

Meteorološki elementi su osnov za tumačenje procesa u atmosferi. U matematičkom smislu, meteorološki elemenat je promjenljiva koja karakteriše stanje atmosfere na određenom mestu u određenom trenutku. Osnovni meteorološki elementi su: radijacija (kratkotalsno i dugotalsno zračenje), trajanje Sunčevog sjaja, temperatura vazduha i tla, vazdušni pritisak, pravac i brzina vjetra, visina padavina, oblačnost (količina i visina donje baze oblaka), horizontalna vidljivost, isparavanje, itd. Na glavnim meteorološkim stanicama, meteorološki elementi se osmatraju na svaki sat, a na aerodromskim (vazduhoplovnim stanicama) svaka pola sata. Većina meteoroloških elemenata mjeri se pomoću posebnih instrumenata. Jedino se oblačnost i horizontalna vidljivost određuju vizuelno - ocijenom od oka. Postoje dvije grupe meteoroloških instrumenata. Prvu grupu čine *osnovni instrumenti*, tj. oni koji pokazuju trenutnu vrijednost meteoroloških parametara - termometar, barometar, anemometar i dr. Drugu grupu čine *pisači*. To su autografi, instrumenti koji neprekidno registruju promjene meteoroloških elemenata - barograf, termograf, anemograf, pluviograf, higrograf i drugi. Sve je veći broj meteoroloških stanica koje, osim klasičnih instrumenata, imaju i automatsku meteorološku stanicu (AWS).

Meteorološke pojave su: kiša, snijeg, magla, oblaci (rod i vrsta oblaka), rosa, slana, inje, poledica, itd. Osmatrana meteoroloških pojava se vrše samo kada postoje i to njihovo trajanje (početak i završetak), intenzitet i količina. Dakle, atmosferske pojave ili stručno meteori su pojave koje se mogu osmotriti u atmosferi ili na površini Zemlje.

## METEOROLOŠKE POJAVE

Definicija – meteorološka pojava ili meteor je pojava koja se zapaža u atmosferi ili na površini zemlje. Meteori se dijele u četiri grupe: hidrometeori, litometeori, fotometeori i elektrometeori.

**Hidrometeori** su pojave koje nastaju kao proizvod vodene pare i koje padaju na zemlju, lebde u atmosferi, lebde vjetrom uzdignuti sa zemlje ili bivaju nataloženi na tlu ili predmetima, bilo u tečnom ili čvrstom stanju. To su: kiša, snijeg, rosulja, magla itd. Oni hidrometeori koji padaju iz oblaka nazivaju se visoke padine (kiša, snijeg, grad itd), a oni koji nastaju na zemljinoj površini i predmetima nazivaju se niske padavine (rosa, slana, inje, poledica itd). Hidrometeori se označavaju pomoću međunarodnih simbola:

**Litometeori** su pojave koje se sastoje od lebdećih ili vjetrom sa tla izdignutih čestica, uglavno su u čvrsom stanju, rjeđe u tečnom. To su: čađavina ili suva motnoća, pješčana magla, dim, prašinska ili pješčana mećava, vihoh, jak vjetar.

**Fotometeori** su pojave optičke prirode. To su svjetlosne pojave koje nastaju odbijanjem, prelamanjem ili rasipanjem Sunčeve ili Mjesečeve svjetlosti. To su: Sunčev ili Mjesečev halo, vijenac oko Sunca ili Mjeseca, duga, gloria, optička varka itd.

**Elektrometeori** su električne pojave, vidljiva ili čujna manifestacija atmosferskog elektriciteta. To su: grmljavina, sijevanje, grmljenje, polarna svjetlost, vatra svetog Elma itd.

Meteorološke pojave se označavaju pomoću međunarodnih simbola

●	kiša	▽	pljusak snijega
◐	rosulja	R	grmljavina
✗	snjeg	T	grmljenje
⛂	susnježica	⌇	rosa
▲	grad (tuča)	■	slana
◐/.	sleđena kiša	▽	inje
◐/.	sleđena rosulja	⌇	poledica
△	sugradica	≡	magla
▢	krupa (solika)	≡≡	magla-nebo vidljivo
▢	zrnast snijeg	≡≡≡	ledena magla
◆	pljusak kiše	○	sijanje sunca
☒	Sniježni pokrivač	▶	Vjetar

Znak i definicija nekih atmosferskih pojava (vidjeti klimatološki rječnik na kraju praktikuma).

● **Kiša** - padavina u obliku manjih ili većih kapi, čije se padanje jasno vidi, a krupnijih i čuje. Prečnik kapi je najvećim dijelom veći od 1/2 mm. Kapi su osobito krupne u pljuskovima.

↗ **Sledjena kiša** - kapljice kiše, čija je temperatura ispod 0°C, a ipak su se zadržale u tečnom stanju prilikom padanja kroz vazduh, koje se smrzavaju u dodiru sa tlom ili s predmetima na zemljinoj površini. Površinska temperatura predmeta ili tla na kojima dolazi do momentalnog zaledjivanja ovih "prehladjenih" kapljica kiše kreće se oko 0°C ili je niža.

\* **Rosulja (stopljenje, izmaglica)** - padavina u obliku vrlo sitnih kapljica, koje padaju vrlo polagano, gotovo lebde, pa ih i najslabija struja vazduha zanosi. Prečnik kapljica rosulje je manji od 1/2 mm. Rosulja pada iz vrlo niskih slojastih oblaka ili iz magle. Jedva se osjeća na licu, a na predmetima (osobito na odjeći) stvara kapljice poput rose. Ponekad i obična kiša počinje sa ovako sitnim kapljicama, ali su ove rijetke (kapljice rosulje su jako zgušnute među sobom) i brzo ih smjenjuju krupnije kapi. U ovom slučaju, kao i u svakom drugom slučaju kada osmatrač nije siguran da li se radi o rosulji, treba da upotrebljava znak za običnu kišu.

↗ **Sledjena rosulja** - rosulja, čije se kapljice slede u dodiru sa tlom ili s predmetima na zemljinoj površini.

\* **Snijeg** - padavina u obliku razgranatih sniježnih kristala (ponekad zvjezdastog oblika), pomješanih katkada s običnim nerazgranatim kristalima. Pri temperaturama višim od oko -5°C sniježni kristali su obično spojeni u sniježne pahuljice.

↖ **Susnjetica** - padavina, kada kiša i snijeg padaju istovremeno.

△ **Krupa (solika)** - bijela i neprozirna zrnca leda, prečnika 2-5 mm, kuglastog, a ponekad konusnog oblika. Odskaču od tvrde podlage i tako se lome. Kada se temperatura vazduha pri tlu kreće oko 0°C, krupa obično pada u pljuskovima zajedno sa sniježnim pahuljicama ili kišom.

△ **Zrnast snijeg** - padavina koja se sastoji od vrlo malih bijelih i neprozirnih zrnaca leda, primjetno spljoštena ili izdužena oblika. Prečnik im je obično manji od 1 mm. Ne odskaču od tvrde podlage i ne lome se. Zrnast snijeg obično pada iz niskih slojastih oblaka i to u vrlo malim količinama, a nikada u obliku pljuska.

△ **Sugradica ili ledena zrnca** - prozirna ili svjetlucava zrna leda, kuglastog ili nepravilnog oblika, čiji je prečnik obično manji od 5 mm. Obično odskaču od tvrde podlage uz propratni zvuk.

▲ **Grad (tuča)** - padavina u obliku loptica ili komada leda različitog oblika, prečnika između 5 i 50 mm, a katkad i većeg. Zrna grada su ili skroz prozirna, ili su sastavljena naizmjenično iz mutnih i prozirnih slojeva. Padaju ili odvojena ili stopljena u nepravilne oblike. Padanje grada obično je praćeno jakom ili dugotrajnom grmljavom i ne dešava se nikad pri temperaturama nižim od 0°C.

↔ **Ledeni iglice (prizmnice)** - sitni i nerazgranati ledeni kristali u obliku iglica, štapića ili pločica, često tako nježnih, da izgleda kao da lebde u atmosferi. Ovi kristali mogu padati iz niskih slojastih oblaka ili iz vedra neba. Padaju pri tihom vremenu i kod vrlo niskih temperatura, a osobito se dobro vide (svjetlucaju) kada su obojeni sunčevim zracima.

≡ **Magla** - pojava vrlo sitnih kapljica vode, koje kao da lebde u vazduhu i znatno smanjuju horizontalnu vidljivost, tj. udaljenost do koje se mogu vidjeti predmeti na površini zemlje. Pojava se smatra maglom ako se ne vide predmeti udaljeni manje od 1 km od mjesta osmatranja. Magla je bjeličasta, ali u velikim gradovima i industrijskim krajevima zbog dima i prašine može da ima prljavo-žutu ili sivkastu boju. Relativna vлага u magli obično je blizu 100%. Kada se magla javlja u pramenovima nošenim vjetrom, pri čemu vertikalna vidljivost na mahove bude slobodna, treba pored znaka za maglu staviti pr (pramenovi magle).

≡ **Magla nebo vidljivo** - ovaj znak upotrebljava se onda, kada se pri magli vidi nebo ili oblaci, a ne radi se samo o trenutnoj pojavi rasplinjavanja magle zbog djelovanja vjetra.

≡ **Ledeni magla** - lebdenje mnogobrojnih sitnih kristala leda u atmosferi, koji smanjuju horizontalnu vidljivost na površini zemlje na manje od 1 km.

≡ **Niska magla (prizemna magla)** - magla pri samom tlu, koja ne dopire do glave osmatrača. Vidljivost iznad sloja magle nije smanjena.

≡<sup>n</sup> **Magla na vrhovima** - oblak koji prekriva vrh. Ovu pojavu bilježe samo stanice smještene neposredno ispod nekog vrha. Potrebno je ocijeniti visinu donjeg nivoa oblaka (u metrima), odnosno magle koja prekriva vrh, i upisati je uz gornju crtu oznake za maglu na vrhovima. Primjer: A<sup>800</sup> 10-12 h

≡ **Magla u dolini** - pojava magle u dolini ispod nivoa, odnosno nadmorske visine na kojoj je smještena stanica. Za maglu u dolini potrebno je uz gornju crtu znaka upisati i visinu (u metrima) gornjeg nivoa magle.

≡ **Sumaglica** - veoma male, vodene kapljice (manje nego kod magle) ili higroskopne čestice, koje smanjuju horizontalnu vidljivost, ali u manjoj mjeri nego pri magli. Vidljivost je uvijek 1 km ili veća. Sumaglica ima sivkastu boju.

\*↑ **Vejavica** - ovaj se simbol upotrebljava kada smo sigurni da uz sniježnu mečavu imamo i normalno padanje snijega.

**+ Visoka mečava** - pojava kada vjetar diže snijeg na umjerenu ili veliku visinu iznad tla, tako da je i horizontalna vidljivost jako smanjena.

**+ Niska mečava** - pojava kada vjetar diže snijeg na malu visinu iznad tla, tako da vidljivost na visini oka osmatrača nije osjetno smanjena. Snijeg je nošen manje ili više paralelno s tлом. Nivo oka definisan je kao visina 180 cm iznad tla.

**1. Dim mors** - skup vodenih kapljica otkinutih vjetrom sa prostrane površine vode, obično sa vrhova talasa, raznesenih na malu razdaljinu u atmosferi.

**□ Rosa** - vodene kapljice na predmetima na tlu ili blizu tla, a osobito na bilju, koje se stvaraju kondenzacijom vodene pare u okolnom vazduhu. Rosa najčešće nastaje u vedrim i tihim noćima, kada se predmeti blizu tla izračivanjem jako ohlađe, a može nastati i pri slabijim kretanjima toplog i vlažnog vazduha, ako on dolazi u dodir s hladnim tлом. Rosa se hvata pretežno na otvorenim mjestima i vodoravnim površinama.

**— Slana** - hvata se u obliku kristalića leda po tlu i predmetima u blizini tla. Kada se izbliza pogledaju, ovi kristalići imaju oblik školjki, iglica, peraja ili lepezica. Slana nastaje u vedrim i mirnim, ali hladnim noćima, kada se noćnim izračivanjem tlo i predmeti u blizini tla ohlađe ispod 0°C, pa se vodena para u blizini tla sledi u ledene kristaliće.

**✓ Inje** - bijele naslage leda, sastavljene od zrnaca više ili manje razdvojenih vazduhom, često okićene kristalnim grančicama. Inje se taloži pretežno na vertikalnim površinama, na granju drveća, a naročito na ivicama i izbočenim djelovima predmeta. Inje nastaje naglim (brzim) zamrzavanjem "prehladjenih" vrlo malih vodenih kapljica i to obično pri magli i temperaturama ispod 0°C. Na vjetru okrenutim površinama može inje narasti u vrlo debele slojeve.

**○ Poledica** - glatka i prozirna ledena prevlaka, koja nastaje smrzavanjem "prehladjenih" kapljica rosulje ili kišnih kapi na predmetima čija je površinska temperatura niža ili nešto malo viša od 0°C. Poledica može nastati i neposredno nakon dodira "neprehladjenih" kapljica rosulje ili kiše s površinama čija je temperatura dosta ispod 0°C. Poledica nastaje na vodoravnim i vertikalnim površinama. Znakom **○** prikazujemo poledicu na tlu, koja je nastala na naprijed objašnjeno način. Poledicom na tlu ne treba smatrati led koji pokriva tlo, a nastao je jednim od sledećih procesa:

- a)voda, koja potiče od kapljica rosulje ili kiše i ledi se kasnije na tlu.
- b)Voda nastala djelimičnim ili potpunim topljenjem snijega na tlu, koja se ponovo ledi.
- c)Snijeg na tlu, koji je postao kompaktan i tvrd uslijed gaženja (putnog saobraćaja) Takve vrste poledice na tlu (a, b, c.) označavamo znakom **○**.

**☒ Snijetni pokrivač** - ako je u bilo kojem djelu dana snijegom pokriveno više od polovine tla u blizini meteorološkog kruga, tada se za taj dan stavlja simbol sniježnog pokrivača (snijeg na tlu).

**) ( Tromba (vodena pijavica)** - vrlo jak vrtlog vazduha u vidu surle, koja se do tla spušta iz donjih djelova vrlo mračnih i tamnih oblaka, i pri tome se vrlo brzo okreće oko približno uspravne osovine. Ova pojava može duž svoje putanje, koja je obično vrlo uska, prouzrokovati jako razaranje: čupanje drveća iz zemlje.

**↗ Jak vjetar** - jakim vjetrom smatramo pojavu vjetra jačine 6 ili 7 bofora, tj. vjetra pri kojem se ljujaju velike grane, pa čak i cijelo drveće, čuje se zujuće telefonskih žica, a hodanje s otvorenim kišobranom i hodanje protiv vjetra jako je otežano.

**↖ Olujan vjetar** - prizemni vjetar jačine 8 ili više bofora. Ovaj znak treba upotrebljavati kada vjetar počinje lomiti grane na drveću i kada dolazi do različitih oštećenja na zgradama (od lakših do najtežih). Pri olujnom vjetru hodanje protiv vjetra praktično je nemoguće.

**○○ Suva mutnoća (suva sumaglica)** - prisustvo suvih izvanredno sitnih čestica prašine, koje se ne mogu vidjeti golim okom u atmosferi. Stvara zamućenje vazduha i smanjuje vidljivost. Suva mutnoća obavija kraj jednoličnim velom i izgleda plavkasta prema tamnoj pozadini (planine se plave) a žučkasta ili narandžasta prema svjetloj pozadini (takvu boju imaju oblaci na horizontu, snježni planinski vrhovi, Sunce).

**○ Pješčana magla** - lebdenje prašine ili sitnih čestica pjeska u vazduhu, podignutih sa tla prašinskom ili pješčanom olujom prije početka osmatranja. Prašinska ili pješčana oluja može se pojaviti na stanicu, u blizini stanice ili u daljini.

**↖ Dim** - lebdeće čestice u atmosferi, koje nastaju od raznih sagorjevanja. Ova pojava može se vidjeti ili blizu zemljine površine ili u slobodnoj atmosferi. Gledajući kroz dim, Sunce izgleda jako crveno prilikom izlaska i zalaska, a naročito kada je visoko na nebu. Dim od relativno bliskih većih industrijskih objekata zna biti smeđe, tamno-sive ili crne boje. Dim od bliskih požara raspršava sunčevu svjetlost i daje nebu zelenkasto-žutu boju. Kada je dim prisutan u velikim količinama može se osjetiti po mirisu.

**§ Prašinska ili pješčana mečava** - Kada na mjestu osmatranja ili u njegovoj blizini dovoljno jak vjetar izdigne čestice prašine ili pjeska na malu ili umjerenu visinu iznad tla, takvu pojavu nazivamo prašinskom ili pješčanom mečavom. Pri tome horizontalna vidljivost na visini oka osmatrača može biti znatno smanjena ako se radi o visokoj prašinskoj ili pješčanoj mečavi (tada se stavlja znak S), a može biti i dosta dobra, ako se radi o niskoj prašinskoj ili pješčanoj mečavi (tada se stavlja znak S).

**§ Prašinska ili pješčana oluja** - skup čestica prašine ili pjeska, koji je jak i vrtložan vjetar snažno izdigao sa tla na veliku visinu. Prašinska ili pješčana oluja uopšte se dešava u krajevima gdje je tlo pokriveno prašinom ili rastresitim pjeskom, no ponekad može biti opažena i u krajevima gdje na tlu nema prašine ni pjeska u većim količinama. U našim krajevima ovo je vrlo rijetka pojava. Prašinska ili pješčana oluja je pojava većih razmjera, pa se može znatno smanjiti vidljivost.

**Prašinski ili pješčani vihor** - vrtlozi malog prečnika i gotovo vertikalne osovine, koje stvara vjetar džuči na različitu visinu čestice prašine ili pijeska sa tla, ponekad zajedno sa manjim otpacima. Ovo je tipična pojava u pustinjskim krajevima, a vrlo rijetka u našoj zemlji. Ova se pojava dešava kada je vazduh blizu zemlje jako nestabilan, npr. kad je to tako ugrijano sunčevom topotom. Međutim, sa ovom pojmom ne treba miješati male vihoriće koji nastaju u polju uslijed jake pregrijanosti vazduha na ulicama i putevima.

**Sunčev ili Mjesecев halo** - svijetli prsten oko Sunca ili Mjeseca, koji se obično vidi kada se na nebu, a svakako u blizini Sunca ili Mjeseca, nalazi sloj tankih i visokih oblaka. Obično je prsten bijelkaste boje i rijedko je rastavljen u spektralne boje, s crvenom bojom iznutra. Oko ovog prstena ponekad se može javiti jedan prsten na otprilike dvostruko većoj udaljenosti od Sunca, ali ova pojava nastupa rijedko, a sam prsten je slabijeg sjaja. Osim toga, mogu se pojaviti i druge pojave haloa: svijetli lukovi, lažna sunca, svjetlosni stubovi. Halo oko Sunca ili Mjeseca može se primjetiti i onda kada nema oblaka, ako se pri tu nalazi ledena magla, tj. magla od sićušnih ledenih kristalića.

**Vijenac oko Sunca, Vijenac oko Mjeseca** - kada sunčeva ili mjesecova svjetlost prolazi kroz sumaglicu, maglu ili tanke oblake sastavljene od vrlo malih vodenih ili ledenih čestica, može se desiti da se oko Sunca ili Mjeseca primjeti jedan ili više svijetlih prstenova (postavljenih tako da se Sunce nalazi u središtu svih tih koncentričnih prstenova). Prečnik vijenca oko Sunca ili Mjeseca dosta je manji nego kod haloa. Najčešće se vidi samo jedan prsten bjeličaste, plavkaste ili zučkaste boje, a ponekad se mogu razlikovati i boje spektra, pri čemu je spoljnja boja mrko-crvenasta. Sasvim rijetko može se pojaviti više ovakvih vijenaca (prstenova).

**Duga** - svjetlosni luk u više boja, koji se vidi prema vodenim kapljicama (kišne kapi, kapljice rosulja ili magle) nasuprot Sunca. Boje duge su raspoređene između ljubičaste iznutra i cevene spolja. Ponekad se pored glavne duge vidi i sporedna, kod koje je redosled boja obrnut. Duga uglavnom nastaje uslijed prelamanja i odbijanja sunčeve (rijedje mjeseceve) svjetlosti pri prolazu kroz kišne kapljice. Ukoliko se proces prelamanja i odbijanja sunčevih zraka vrši na kapljicama magle ili sumaglice, javlja se tzv. Bijela duga, koja se sastoji od bijele pruge spolja uokvirene finom crvenom linijom, a iznutra plavom (znak bijele duge ⚡).

**Sijanje Sunca** - ovaj znak upotrebljava se onda kada oko Sunca nema oblaka, pa sunčevi zraci nesmetano dolaze do tla, kao i u slučaju kada vrlo visoki i sasvim tanki oblaci prekrivaju Sunce, ali tako da predmeti imaju dosta izrazitu sjenu.

**Grmljavina** - pojava električnog pražnjenja u oblacima ili između oblaka i zemlje. Pri ovom pražnjenju električna iskra ostavlja za sobom izlomljenu i razgranatu vatrenu liniju vrlo kratkog trajanja, koju nazivamo munju. Prasak koji se pri tome javlja izaziva karakterističan zvuk, koji nazivamo grmljenje. Ovaj znak bilježimo kada se vidi munja i nakon toga čuje grmljenje.

**Sijevanje** - pojava kada se vide munje ili odbljesci od njih (obično na horizontu) a ne čuje odgovarajuće grmljenje. Munja se može pojaviti unutar samog oblaka ili između dva oblaka, a ponekad može doći do pražnjenja i pojave munje između oblaka i tla.

**Grmljenje** - oštar tresak ili potmulo kotrljanje, koje prati munju. Na manjim udaljenostima zvuk je kratak, oštar i jak. Na većim udaljenostima od izvora zvuka grmljenje se čuje kao potmula tutnjava ili produženo kotrljanje (valjanje) promjenjive jačine. Trajanje ovog kotrljanja rijetko prelazi 30 do 40 sekundi, izuzevši planinske predjele, gdje može biti i duže. Ovaj znak bilježi se uvijek kada se čuje grmljenje, već samo onda kada se istovremeno ne vidi i sijevanje, jer se pri istovremenom sijevanju i grmljenju, kao što je već rečeno, bilježi znak za grmljavinu.

**Mirno električno pražnjenje (Vatra svetog Elma)** - na šiljastim vrhovima visokih predmeta, obično u planinama i na moru (gromobrani, visoko drveće, jarboli na brodovima itd.), javlja se ponekad električno pražnjenje, tih ili s praskom. Ovo električno pražnjenje je više-manje neprekidno, a često se pojavljuje u obliku ljubičastog ili zelenkastog pera ili perjanice, jasno vidljivog samo noću.

**Polarna svjedost** - svjetlosna pojava koja se javlja na sjevernoj strani horizonta u obliku lukova, pruga, draperija ili zavjesa. Najčešće se vidi kao sjajan luk ispod koga nebo izgleda tamnije nego u okolini, a ponekad se vide i svjetle trake koje se zrakasto razilaze iz luka prema zenitu (najvišoj tački na nebu). Polarna svjetlost može biti različito obojena. Polarna svjetlost je rijetka pojava u našoj zemlji.

## OZNAČAVANJE JAČINE I TRAJANJA POJAVA

Osmatrač na meteorološkoj stanici u Dnevnik osmatranja upisuje sledeće (posebno kada su u pitanju padavine-hidrometeori):

1.Oblik (vrstu); 2.Jačinu; 3.Vrijeme trajanja atmosferske pojave.

**Oblik (vrsta)** pojedinih meteoroloških pojava označava se (i u Dnevnik upisuje) pomoću međunarodnih simbola.

**Jačina** padavina i ostalih pojava (njihov intenzitet ) označava se ciframa 0, 1 i 2, koje se upisuju u desni gornji ugao, uz dati simbol. Pri tome, cifre imaju sledeća značenja:

0 znači - pojava je slabog intenziteta

1 znači - pojava je umjerenog intenziteta

2 znači - pojava je jakog intenziteta

Za svaku meteorološku pojavu, koja se javi u toku datog dana, pored njenog simbola i oznake za jačinu, treba upisati i **vrijeme njenog trajanja**, tj. početka i prestanka date pojave. Za označavanje vremena uzima se srednjeevropsko vrijeme (SEV). Na glavnim stanicama, koje imaju 24-ro časovni program rada, vrijeme početka i prestanka date pojave treba što tačnije upisati, posebno kada se radi o padavinama. Na primjer: 14.30 znači 14 časova i 30 minuta. Na ostalim stanicama, gdje nije moguće tačno odrediti vrijeme početka i prestanka pojave, trajanje se određuje približno, tj. dovoljno je utvrditi u kojem je dijelu dana, odnosno noći, počela, odnosno prestala data pojava. U tu svrhu koriste se sledeće skraćenice:

***rj*** (rano jutro) - vrijeme između ponoći i 7 časova; ***dp*** (do podne) - vrijeme između 7 časova i podneva; ***pp*** (poslije podne) - vrijeme između podneva i mraka; ***kv*** (kasno uveče) - vrijeme između nastanka mraka i ponoći i ***n*** (noću) - ne zna se da li je početak ili prestanak pojave bio prije ili poslije ponoći.

## VANREDNE POJAVE

**Vanredne pojave** su vremenski poremećaji ili elementarne nepogode izuzetne jačine ili trajanja, ili rijetke i neobične pojave. To mogu biti već pomenute pojave izuzetne jačine ili trajanja, ili rijetke i neobične pojave, ali i druge: poplava, suša, zemljotres itd.

## PROSTORNI I VREMENSKI RAZMJER METEOROLOŠKIH POJAVA

Za klasifikaciju meteoroloških fenomena (sve meteorološke pojave i procesi u atmosferi), prema njihovom prostornom rasprostranjenju i vremenskom trajanju, ne postoji opšte prihvaćeni kriterijumi. Za potrebe Svjetskog meteorološkog bdjenja (CMB), koristi se sledeća klasifikacija meteoroloških fenomena:

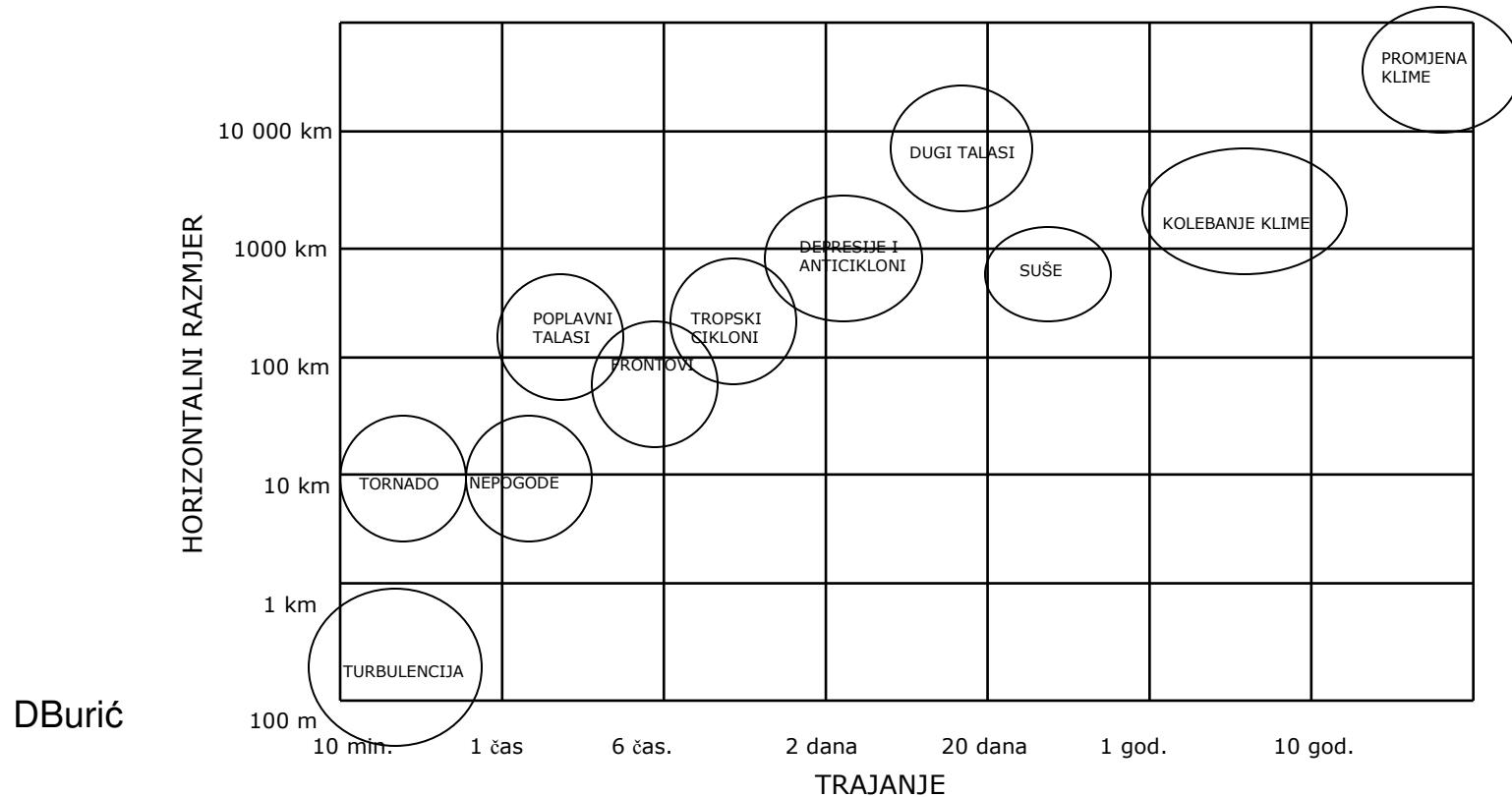
### Prema prostornoj razmjeri, postoje fenomeni:

1. Male razmjere (<100 km) – grmljavine, lokalni vjetrovi, tornada itd.
2. Srednje razmjere (100-1000 km) – frontovi, oblačni sistemi itd.
3. Velike razmjere (1000-5000 km) – depresije, anticikloni itd.
4. Planetarne razmjere (>5000 km) – dugi talasi u atmosferi, kolebanje klime, promjena klime itd.

### Prema vremenskoj razmjeri (trajanju):

pojave koje traju manje od sekunde, zatim nekoliko minuta, časova, dana, nedelja, mjeseci, godina itd

PROSTORNE I VREMENSKE RAZMJERE METEOROLOŠKIH FENOMENA



## **Pitanja**

1. Definicija, značaj i granice atmosfere
2. Satav atmosfere
3. Vertikalna struktura atmosfere
4. Razvoj proučavanja atmosfere
5. Meteorološka služba u našoj zemlje
6. Meteorologija
7. Klimatologija
8. Vrijeme i klima
9. Atmosferski procesi
10. Meteorološke pojave
11. Meteorološki elementi
12. Vanredne pojave
13. Prostorni i vremenski razmjer meteoroloških pojava
14. Napisati nekoliko rečenica o satojcima vazduha (o gasovima i primjesama vazduha)

## PRIPREMA KLIMATOLOŠKIH PODATAKA

Osmotreni i izmjereni podaci na meteorološkim stanicama (sinoptičkim, klimatološkim, padavinskim, agrometeorološkim i drugim), dostavljaju se nacionalnom meteorološkom centru u vidu Dnevnika osmatranja za svaki mjesec pa se zatim upisuju u računar, kao i putem sredstava veze (internet, mobilne telefonije) u vidu šifrovanih (SINOP, RADAP) i drugih izvještaja. Kompjuterska tehnologija je omogućila čuvanje огромнog broja podataka i manipulisanje sa njima. Za te potrebe (čuvanje, kontrola i obrada meteoroloških podataka) koriste se posebni sofverski paketi, odnosno baze podataka. U HMZCG koristi se CLIDATA baza podataka za čuvanje, kontrolu i obradu meteoroloških podataka.

Primjer SINOP izvještaja

ZCZC SNMK10 LYPG 130500  
AAXX 13051

13463 41560 82501 10206 20168 30009 40069 57009 79592 889//=

13459 41670 80702 10142 20141 39361 40099 54000 72162 8582/ 333 85696 88498=

13461 41565 71404 10239 20158 30060 40067 55008 70262 87800 333 84830 86645 92323 92437=

Da bi se podaci dobijeni meteorološkim osmatranjem mogli iskoristiti za potrebe klimatologije, odnosno obrađivati (analizirati klima manje ili veće teritorijalne jedinice, vršiti različita klimatološka istraživanja), potrebno je izvršiti njihovu pripremu. Priprema klimatoloških podataka obuhvata dva postupka:

### **1. Prikupljanje podataka**

### **2. Prilagođavanje podataka**

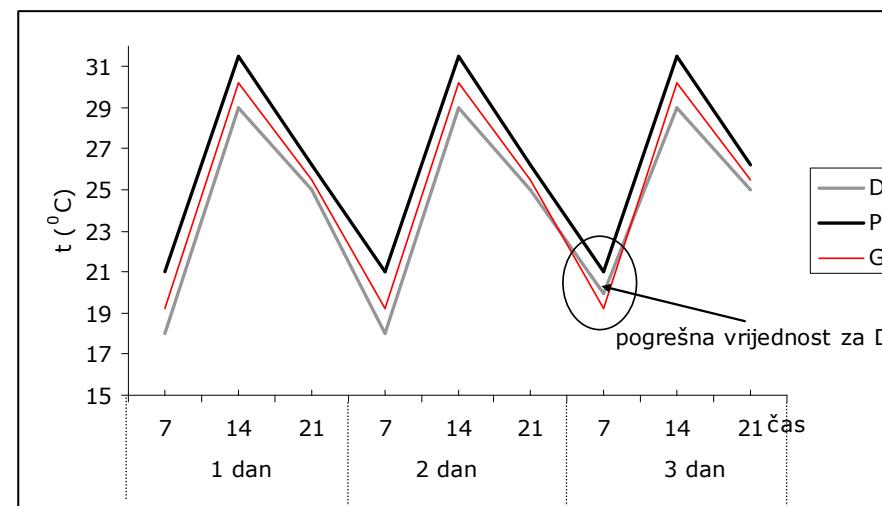
**Prikupljanje podataka** podrazumijeva način dolaska do potrebnih podataka. Do klimatoloških podataka se može doći na dva načina. Prvi je putem zahtjeva, a drugi je iz meteoroloških godišnjaka. I u prvom i u drugom slučaju izvor je nacionalna Hidrometeorološka služba (zavod). Korisnik podataka u zahtjevu precizira koji su mu podaci potrebni i za koji period. Meteorološki godišnjak je publikacija (izdanje) HMZ, koja izlazi jednom godišnje, a stampa se najčešće iz dva dijela (meteorološki godišnjak I i meteorološki godišnjak II). U njima je za svaku osmatračku stanicu data vrijednost svakog meteorološkog elementa. U HMZCG do podataka se dolazi putem zahtjeva.

Kada se prikupe potrebni podaci, vrši se njihovo **prilagođavanje**. Prilagođavanje podataka podrazumijeva provjera pouzdanosti podataka i procjenu nedostajućih podataka u nizovima osmatranja.

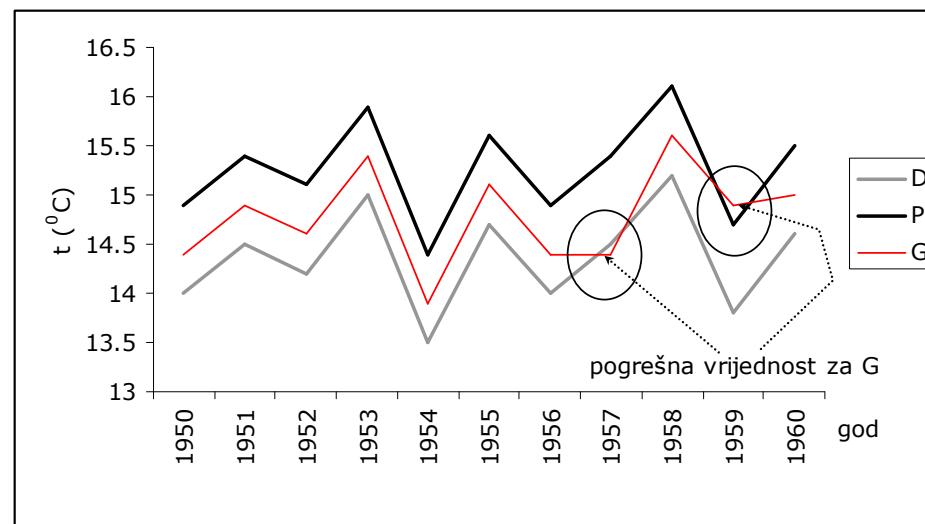
### Provjera pouzdanosti podataka

Provjera tačnosti podataka znači ispitivanje relativne homogenosti nizova osmatranja, a može se vršiti logičkim i kritičkim putem. Logička kontrola podataka vrši se vizuelno, ali je za to potrebno određeno znanje iz meteorologije. Npr. ako je meteorološka stanica iznad nivoa mora, stanični pritisak ne može biti viši od redukovanih na nivou mora, itd. Kritička provjera podataka može se izvršiti grafičkim i računskim putem. Za kritičku kontrolu potrebno je raspolagati podacima sa susjednih osmatračkih stanica.

**Grafičkom metodom** se otkrivaju slučajne i sistematske greške pri osmatranju meteoroloških elemenata i pronalaze uzroci tih grešaka. Slučajna greška je greška osmatrača prilikom očitavanja vrijednosti datog elementa na instrumentu ili pogrešnog preračunavanja nekog elementa (redukovani pritisak na nivou mora, relativna vlažnost, napon vodene pare i sl) ili uslijed potresa instrumenta isti ne pokaže ispravnu vrijednost. Kada je u pitanju slučajna greška, grafički metod se koristi za njeno detektovanje pri terminskim (časovnim) osmatranjima. Kako utvrditi da je podatak pogrešan grafičkim putem? Npr. imamo terminske vrijednosti temperature vazduha za Podgoricu, Danilovgrad i Golubovce za tri dana (vrijednosti su proizvoljno date). Prikažemo grafički tok temperature sa ove tri stanice. Sa grafikona se vidi da se krive temperature dobro podudaraju, ali da postoji i poremećaj paralelnosti za 7 časova trećeg dana. Uzrok neparalelnosti je pogrešno očitana vrijednost na stanicama D u taj termin (7 h trećeg dana). Za ovaj postupak treba koristiti podatke sa najmanje tri susjedne stanice, jer ako bi uzeli samo dvije stanice teško bi utvrdili koja stаница ima ispravne vrijednosti a kod koje je greška.



Sistematska (kontinuirana) greška se javlja zbog promjene mikroklimе (promjena lokacije meteorološke stanice, a da nije izvršena korekcija izmјerenih vrijednosti datog meteorološkog elementa), neispravnosti instrumenta, promjene termina očitavanja, stalna greška osmatrača itd. Greške sistemske prirode odražavaju se i na srednju vrijednost datog meteorološkog elementa - srednju mјesečnu ili srednju godišnju. Za ovaj postupak potreban je istorijat meteorološke stanice. Primjer: upoređujući nizove srednjegodišnje temperature sa tri meteorološke stanice u periodu 1950-1960. godina, uočavamo nepodudaranje krivih krajem ovog perioda, zato što je došlo do promjene srednjegodišnje temperature na jednoj stanici (G) u odnosu na ostale dvije. Na grikonu se vidi da se krive dva puta sijeku, 1957. i 1959. godine, dok su u ostalim godinama paralelne. Odnosno, niz stanice G nije homogen u periodu posle 1957. godine. Uvidom u istoriju meteorološke stanice G, utvrđeno je da je do 1957. godine stanicu vodio samo jedan osmatrač, a da je nakon toga dolazilo do čestih smjena osmatrača što se moglo odraziti na subjektivne greške. Dalje je utvrđeno da je 1959. godine stanica promijenila lokaciju, premještena je na manju nadmorsku visinu. Dakle, promjena srednjegodišnje temperature na staniци G poslije 1957. g. nastala je zbog neprirodnih uzroka (često su se mijenjali osmatrači, promijenjena je lokacija staniце tj. mikroklima) i zato je niz nehomogen.



Međutim, vrijednosti nekog meteorološkog elementa se mogu promijeniti i uslijed prirodnih uzroka – na datom prostoru došlo je do promjene toka vremena, npr. sve je toplije zbog pojačane Sunčeve aktivnosti ili promjene cirkulacije atmosfere ili povećane koncentracije ugljen-dioksida u vazduhu ili smanjene koncentracije vulkanskog aerosola (čestice vulkanske prašine) itd. U takvom slučaju, niz datog elementa je homogen, jer je promjena nastala zbog promjene nekog prirodnog faktora, a ne uslijed antropogenog uticaja.

**Računskim putem** se provjera pouzdanosti vrijednosti datog klimatskog elementa može uraditi metodom diferencije i metodom kvocijenata. Računski metod je sigurniji nego grafički, ali ni on ne može ukazati direktno da li je niz relativno homogen, odnosno da li je u pitanju antropogeni ili prirodni uticaj (vremenski ili klimatski). Dakle, i u ovom slučaju je potrebno poznavati istoijat stanica. Za direktnu provjeru (ispitivanje) relativne homogenosti nizova podataka, koriste se posebni statistički kriterijumi (kriterijum Abea, Aleksandersonov test itd) i posebni softverski paketi (MASH, MISH itd), ali to prevazilazi potrebe studenata geografije na osnovnim studijama.

Metod diferencija (razlika) se koristi za provjeru srednjih mjesecnih i srednjih godišnjih vrijednosti kontinuiranih klimatskih elemenata (temperatura vazduha, vazdušni pritisak, vlažnost vazduha itd). Metod kvocijenata (količnika) se koristi za provjeru podataka klimatskih elemenata koji se izražavaju u količini ili sumi (zbiru), kao što su padavine, osunčavanje, isparavanje i drugi.

Primjer: odaberemo tri najbliže stanice (A,B,C) i provjeravamo pouzdanost vrijednosti srednjih godišnjih temperatura u višegodišnjem periodu od 15 godina (1970-1984). Izračunamo diferencije između članova ta tri niza, tj. razliku: A-B, A-C i B-C. Vrijednost diferencija je različita od jednog do drugog člana u nizu. Praksa je pokazala da podatak treba smatrati pogrešnim ako diferencija odstupa za 30-50% preko srednje diferencije za cijeli niz za dati par stanica. Iz tabele se vidi da je srednja vrijednost razlika sledeća: A-B = 0,2, A-C= 0,5 i B-C= 0,7. tražimo pojedinačne diferencije koje odstupaju preko 30% od odgovarajućih srednjih vrijednosti. To su boldirane vrijednosti u tabeli. Za 1972. i 1974. godinu postoji velika odstupanja kod nizova A-B i A-C. Zajednička stanica za ova dva niza je stanica A, što znači da je podatak za ovu stanicu za dvije pomenute godine nepouzdan i te vrijednosti odbacujemo. Za 1984. odstupanja su velika kod svih tri niza. Pitanje je podatak koje stanice treba smatrati nepouzdanim? Da bi došli do odgovora potrebna je analiza sinoptičkog materijala za 1984. godinu. Aniza sinoptičkih karata je pokazala da je ta godina bila hladna na stanicima A i B, odnosno umjerenog hladna na stanicama C. Međutim, stanica C je južnija i mnogo udaljenija od prethodne dvije. Dakle u ovom slučaju podatke ćemo prihvati kao validne.

stanica	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	sr vr
A	20.2	20.4	20.9	20.9	18.8	20.4	20.2	20.6	20.0	19.3	20.2	20.2	20.8	21.5	19.1	20.2
B	20.1	20.5	21.2	20.5	19.5	20.2	19.8	20.2	19.6	19	19.9	19.9	20.1	21.3	18.6	20.0
C	20.3	20.7	22	21.2	20.2	21	20.5	21.1	20.9	19.8	20.5	20.6	21.1	21.5	20	20.8
A-B	0.1	<b>-0.1</b>	<b>-0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>-0.7</b>	0.2	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	0.3	0.3	0.3	<b>0.7</b>	0.2	<b>0.5</b>	0.2
A-C	-0.1	-0.3	<b>-1.1</b>	-0.3	<b>-1.4</b>	-0.6	-0.3	-0.5	-0.9	-0.5	-0.3	-0.4	-0.3	<b>0.0</b>	<b>-0.9</b>	-0.5
B-C	-0.2	-0.2	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.7	-0.9	-1.3	-0.8	-0.6	-0.7	-1	-0.2	<b>-1.4</b>	-0.7

Metod kvocijenata je isti kao prethodni, a jedina razlika je u tome što između članova nizova tri stанице ne računamo razliku već količnik: A/B, A/C i B/C. Dalji postupak provjere je isti kao i u prethodnom slučaju.

## Procjena nedostajućih podataka

Redovno se dešava da u nizovima klimatskih elemenata nedostaju podaci za neke termine, dane, mjesecce ili godine, zavisno sa kojim podacima se barata. Ti nedostajući podaci se ne mogu ponovo izmjeriti i jedini način je da ih procijenimo, primjenom odgovarajućih računskih metoda. Postupak kojim se vrši procjena nedostajućih vrijednosti u neki niz podataka naziva se interpolacija (latinski interpolatio = umetanje). Najčešće se koristi pet metoda interpolacije: metod aritmetičke sredine, metod dvije susjedne stanice, metod diferencija, metod kvocijenata i metod matrice. Izbor metode zavisi od vrste klimatskog elementa, perioda za koji se vrši interpolacija, udaljenosti okolnih stanica i prostorne promjenljivosti elemnta koji se interpolše. Interpolacija se može raditi ako u nizu nedostaj manje od polovine podataka: časovnih u toku dana, dnevnih u mjesecu i mješćenih u godini (<50%). Ako nedostaje više od 6 mjeseci u godini, ta godina se izbacuje iz niza i tada se procjenjuje (interpolše ili ekstrapoliše) godišnja vrijednost. Procijenjeni (interpolisani) podatak se najčešće obilježava sa znakom "", da bi se razlikovao od stvarnih (izmjerennih) vrijednosti.

### 1. Metod aritmetičke sredine

Ovaj metod se primjenjuje za interpolaciju kontinuiranih klimatskih elemenata i to najčešće za terminske vrijednosti. Interpolisana vrijednost ( $F_o$ ) se dobija kao srednja vrijednost prethodnog ( $F_p$ ) i sledećeg ( $F_s$ ) člana u nizu u odnosu na nedostajući podatak :  $F_o = (F_p + F_s) : 2$

Primjer: terminske vrijednosti temperature vazduha na dan 2.februar 1999. godine na danoj stanici

čas	5	6	7	8	9	10
temperatura (°C)	1.5	1.4	1.0	2.3*	3.5	4.9

\*podatak dobiten  
interpolacijom

$(1.0+3.5)/2$

Kada su terminske vrijednosti u pitanju kod skalara (skalar je veličina koja nema pravac i smjer, kao što to ima vjetar ili to su kontinuirani klimatski elemenati), vremenska zavisnost između susjednih termina na jednoj stanici je obično veća nego prostorna zavisnost vrijednosti datok elemnta i tog istog elemnta na susjednim stanicama.

## 2. Metod dvije susjedne stanice

Ovaj metod se koristi kada je veća prostorna nego vremenska zavisnost, a najčešće se koristi za kontinuirane klimatske elemente.

Interpolacija se vrši po formuli:

$$F_o = (F_1/r_1^2 + F_2/r_2^2) / (1/r_1^2 + 1/r_2^2)$$

$F_o$  - interpolisana vrijednost

$F_1$  i  $F_2$  – odgovarajuće vrijednosti datog klimatskog elementa na dvije susjedne stanice

$r_1$  i  $r_2$  – rastojanje od stanice za koju nedostaje podatak do susjednih stanica

Prije interpolacije, neophodno je da se vrijednosti datog elementa sa susjednih stanica svedu na nadmorsku visinu stanice za koju nedostaje podatak, a to se radi pomoću vertikalnog gradijenta.

Primjer: na stanici C nedostaje vrijednost vazdušnog pritiska za 1955. godinu. Uradićemo interpolaciju pomoću dvije najbliže stanice (A i B) koje imaju taj podatak za 1955. godinu. Sve tri stanice su na približno istoj nadmorskoj visini, što znači da ne treba svoditi pritisak na visini stanice C.

Primjer: srednja godišnja vrijednost vazdušnog pritiska za 1955. godinu na stanicama A i B. tražimo vrijednost za stanicu C za istu godinu

Stanica	F (mb)	r (km)	$r^2$	$F/r^2$	$1/r^2$
A ( $F_1$ i $r_1$ )	1006.7	53	2809	0.3583838	0.000356
B ( $F_2$ i $r_2$ )	1006.3	52	2704	0.3721524	0.00037
C	<b>1006.5*</b>	$F_o = (F_1/r_1^2 + F_2/r_2^2) / (1/r_1^2 + 1/r_2^2) = 1006,5$			

### 3. Metod diferencija

Ovaj metod se koristi samo za kontinuirane klimatske elemente i kada je veća prostorna nego vremenska zavisnost. Postupak je sledeći: nizovi moraju biti iste dužine. Računamo razliku A-B i A-C, osim za godinu za koju nedostaje podatak. Saberemo te razlike, bez obzira na predznak (sabiramo absolutne vrijednosti) i dijelimo sa brojem sabiraka tj. računamo srednju vrijednost diferencija, po obrazcu:

$$D_{C-A} = \Sigma_{C-A}/n-1 \quad D_{C-B} = \Sigma_{C-B}/n-1$$

Primjer: Srednja mjesечna temperatura maja mjeseca u periodu 1971-1980. na stanicama A, B i C. Nedostaje majska temperatura za stanicu C 1976. godine

godina	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	$\Sigma$	$\Sigma/n-1$
A	18.2	16.8	17.3	15	17.4	15.8	17.2	14.5	17	13.8		
B	19.1	17.5	18.1	15.2	18	16.7	17.8	15	17.4	14.3		
C	18.6	16.8	17.9	14.7	17.2	16.7*	17	14.5	16.8	13.5		
C-A	0.4	0.0	0.6	-0.3	-0.2		-0.2	0.0	-0.2	-0.3		
C-B	-0.5	-0.7	-0.2	-0.5	-0.8		-0.8	-0.5	-0.6	-0.8		
C-A (bez predznaka)	0.4	0	0.6	0.3	0.2		0.2	0	0.2	0.3	2.2	0.28
C-B (bez predznaka)	0.5	0.7	0.2	0.5	0.8		0.8	0.5	0.6	0.8	5.4	0.68

Nedostajuću srednju vrijednost za mjesec maj 1976. godine dobijamo po formuli:

$$T_C = ((T_A + D_{C-A}) + (T_B + D_{C-B})) / 2 = ((15.8 + 0.28) + (16.7 + 0.68)) / 2 = 16.73 = 16.7$$

$T_A$  i  $T_B$  su srednje mjesечne temperature maja mjeseca na stanicama A i B za godinu (1976) za koju nedostaje podatak za stanicu C.

#### 4. Metod kvocijenata

Ovaj metod se koristi samo za interpolaciju klimatskih elemenata koji se izražavaju u količini (sumi ili zbiru) kao što su padavine, osušavanje, isparavanje itd. Postupak je isti kao i kod metoda diferencija, samo što se umjesto razlika računaju količnici, a umjesto zbira proizvodi. Nedostajući podatak, npr. za padavine, se računa po formuli:

$$D_{C/A} = \Sigma_{C/A}/n-1 \quad D_{C-B} = \Sigma_{C/B}/n-1$$

$$R_C = ((R_A \cdot D_{C/A}) + (R_B \cdot D_{C/B})) / 2$$

Primjer: Mjesečne sume padavina maja mjeseca u periodu 1971-1980. na stanicama A, B i C. Nedostaje majska suma za stanicu C 1978. godine

godina	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	$\Sigma$	$\Sigma/n-1$
A	55.7	74.9	70.8	83.4	144.7	72.9	80.9	105.7	49.8	55.2		
B	27.2	46.7	61.9	59.8	130.3	90.9	88.8	84.2	84.7	72		
C	79.9	76.2	77.5	74.7	147.9	89.7	99.3	119.9*	64.7	81.3		
C/A	1.4	1.0	1.1	0.9	1.0	1.2	1.2		1.3	1.5	10.7	1.19
C/B	2.9	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.1		0.8	1.1	12.2	1.36

$$R_C = ((105.7 \cdot 1.19) + (84.2 \cdot 1.36)) / 2 = 119.88 = 119.9$$

## 5. Metod matrice

Ovaj metod se može koristiti i za temperaturu i za padavine, stim što se za temperaturu primjenjuju diferencije a za padavine kvocijenti. Postupak je sledeći: Na primjer, nedostaje srednja mjesecna temperatura na stanicu A za datu godinu. Interpolaciju radimo pomoću jedne susjedne stanice B. Treba formirati dvije matrice. Prva matrica je za stanicu A, a druga za stanicu B. Matrica ima 9 polja – 3 reda i 3 kolone. Srednji red prve matrice (stanice A) čine vrijednosti temperature mjeseca prije i mjeseca poslije onoga za koji nedostaje vrijednost temperature za datu godinu. Prvi red čine vrijednosti temperature za ista tri mjeseca prethodne godine, a treći red čine vrijednosti temperature za ista tri mjeseca naredne godine. Dakle, centralno polje je prazno. Na isti način formira se matrica za susjednu stanicu B pomoću koje se vrši interpolacija podataka stанице A. Članovi stанице B moraju biti iz istog perioda kao i stанице A

Matrica stанице A

$A_{P1}$	$A_{P2}$	$A_{P3}$
$A_1$	?	$A_3$
$A_{S1}$	$A_{S2}$	$A_{S3}$

Matrica stанице B

$B_{P1}$	$B_{P2}$	$B_{P3}$
$B_1$	$B_2$	$B_3$
$B_{S1}$	$B_{S2}$	$B_{S3}$

Zatim se za stanicu B izračunaju razlike između centralnog člana ( $B_2$ ) i svih oko njega idući u pravcu kazaljke na satu:

$$\begin{aligned} D_1 &= B_2 - B_{P1} \\ D_2 &= B_2 - B_{P2} \\ D_3 &= B_2 - B_{P3} \\ D_4 &= B_2 - B_3 \\ D_5 &= B_2 - B_{S3} \\ D_6 &= B_2 - B_{S2} \\ D_7 &= B_2 - B_{S1} \\ D_8 &= B_2 - B_1 \end{aligned}$$

Dobijene  
diferencije  
odgovarajućim  
matrice A:

$$\begin{aligned} P1 &= D_1 + A_{P1} \\ P2 &= D_2 + A_{P2} \\ P3 &= D_3 + A_{P3} \\ P4 &= D_4 + A_3 \\ P5 &= D_5 + A_{S3} \\ P6 &= D_6 + A_{S2} \\ P7 &= D_7 + A_{S1} \\ P8 &= D_8 + A_1 \end{aligned}$$

Saberemo ove zbirove i tu vrijednost podijelimo sa brojem sabiraka ( $n$ ), tj. sa 8. Dobijeni količnik predstavlja interpolisanu vrijedost ili nedostajući podatak za stanicu A ( $A_2$ ):

$$A_2 = \frac{\sum P}{n}$$

## PRIMJER:

Srednja mješevna temperatura vazduha na stanicu A, nedostaje podatak za februar 1956. godine

STANICA A			
	jan	feb	mar
1955	5.2	6.3	7.4
1956	3.2	4.7*	5.7
1957	2.8	3.9	6.6

Srednja mješevna temperatura vazduha za stanicu B za isti period, niz je kompletan

STANICA B			
	jan	feb	mar
1955	4.3	5.8	7.0
1956	3.0	4.1	5.1
1957	2.2	3.1	5.9

Pomoćna tabela

$D_1 = B_2 - B_{P1} = -0.2$	$D_1 + A_{P1} = 5.0$
$D_2 = B_2 - B_{P2} = -1.7$	$D_2 + A_{P2} = 4.6$
$D_3 = B_2 - B_{P3} = -2.9$	$D_3 + A_{P3} = 4.5$
$D_4 = B_2 - B_3 = -1.0$	$D_4 + A_3 = 4.7$
$D_5 = B_2 - B_{S3} = -1.8$	$D_5 + A_{S3} = 4.8$
$D_6 = B_2 - B_{S2} = 1.0$	$D_6 + A_{S2} = 4.9$
$D_7 = B_2 - B_{S1} = 1.9$	$D_7 + A_{S1} = 4.7$
$D_8 = B_2 - B_1 = 1.1$	$D_8 + A_1 = 4.3$
	$\Sigma = 37.5$
	$\Sigma/n = 4.7$

Za stanicu B računaju se razlike između centralnog člana ( $B_2=4.1$ ) i svih oko njega idući u pravcu kazaljke na satu (prva kolona pomoćne tabele), a zatim se dobijene vrijednosti diferencija dodaju odgovarajućim članovima matrice A (II kolona + odgovarajući članovi metrice A, rezultat je brojčana vrijednost). Na kraju saberemo ove zbirove iz II kolone i tu vrijednost (37.5) podijelimo sa brojem sabiraka, tj. sa 8. Dobijeni količnik (4.7) predstavlja interpolisanu vrijedost ili nedostajući podatak za stanicu A (poslednje polje u koloni II).

Metod matrica se može primijeniti i za interpolaciju padavina, samo se umjesto diferencija koriste kvocijenti, a umjesto sabiraka proizvodi. Za stanicu B računaju se kvocijenti između centralnog člana ( $B_2$ ) i svih oko njega idući u pravcu kazaljke na satu (KORAK 1). Dobijene vrijednosti kvocijenata množe se sa odgovarajućim članovima matrice A (KORAK 2): Saberemo ove proizvode i tu vrijednost podijelimo sa brojem sabiraka, tj. sa 8. Dobijeni količnik predstavlja interpolisanu vrijedost ili nedostajući podatak za stanicu A (član  $A_2$  u prethodnom primjeru).

KORAK 1	KORAK 2
$Q_1 = B_2 / B_{P1}$	$Q_1 \cdot A_{P1}$
$Q_2 = B_2 / B_{P2}$	$Q_2 \cdot A_{P2}$
$Q_3 = B_2 / B_{P3}$	$Q_3 \cdot A_{P3}$
$Q_4 = B_2 / B_3$	$Q_4 \cdot A_3$
$Q_5 = B_2 / B_{S3}$	$Q_5 \cdot A_{S3}$
$Q_6 = B_2 / B_{S2}$	$Q_6 \cdot A_{S2}$
$Q_7 = B_2 / B_{S1}$	$Q_7 \cdot A_{S1}$
$Q_8 = B_2 - B_1$	$Q_8 \cdot A_1$
	$\Sigma/n$

## EKSTRAPOLACIJA NIZOVA OSMATRANJA

Kada se razmatra klima na širem području, oblasti, potrebno je da se koriste vrijednosti klimatskih elemenata sa više lokacija, po mogućnosti sa svih meteoroloških stanica. Pri tome, neophodno je da nizovi osmatranja sa svih stanica budu iste dužine, radi upoređivanja vrijednosti. Međutim, dešava se da pojedine stanice ne raspolažu sa nizom potrebne dužine pa se na tim stanicama mora vršiti preračunavanje uz pomoć podataka sa obližnjih stanica, koje imaju potpun (cijeli) niz osmatranja. Preračunavanje nedostajućih podataka vrši se ekstrapolacijom. Dakle, ekstrapolacija je postupak preračunavanja (dodavanja) podataka, odnosno postupak kojim se kraći nizovi redukuju (svode) na jednaku dužinu sa ostalim, dužim nizovima sa kojima raspolažu ostale stanice. Na primjer, obrađujemo klimatski period 1961-1990. godina u nekoj oblasti na osnovu podataka sa 20 meteoroloških stanica. Ali, 15 stanica ima kompletne nizove podataka, a 5 samo za 20 godina, 1961-1980. U tom slučaju, neophodno je da se nizovi tih 5 stanica podvrgnu ekstrapolaciji, tj. dopune podacima koji nedostaju za period 1981-1990. Ekstrapolacija se može vršiti na više načina. Objasnićemo tri postupka: ekstrapolacija zasnovana na pretpostavci konstantnih odnosa dužih i kraćih nizova, ekstrapolacija zasnovana na pretpostavci istih razlika između dužih i kraćih nizova i ekstrapolacija dopunjavanjem niza osmatranja.

### **1. Ekstrapolacija zasnovana na pretpostavci konstantnih odnosa dužih i kraćih nizova**

Ovaj postupak se primjenjuje za ekstrapolaciju srednje mjesecne ili srednje godišnje vrijednosti datog klimatskog elementa za duži niz godina. Za srednju vrijednost temperature vazduha koja nedostaje, ekstrapolacija se pomoću jedne stanice vrši korišćenjem obrazca:

$$T_{AD} = T_{AK} \cdot (T_{BD}/T_{BK}), \text{ gdje je:}$$

T – temperatura

A – stanica za koju nedostaje podatak

B – stanica koja ima potpun niz

K – kraći niz

D – duži niz

Isti obrazac se koristi i za padavine (R):  $R_{AD} = R_{AK} \cdot (R_{BD}/R_{BK})$

Ako se koriste dvije stanice, postupak je isti, stim što ekstrapolirana vrijednost predstavlja aritmetičku sredinu vrijednosti koja je dobijena pomoću te dvije stanice.

**Primjer:** posmatramo godišnje sume padavina za period 1971-1990. godina (20 godina). Stanica A ima podatke za period 1971-1980., a na stanicu B niz je kompletan. Treba da izračunamo  $R_{AK}$ ,  $R_{BD}$  i  $R_{BK}$ , a zatim pomoću formule odredimo vrijednost  $R_{AD}$ . Pri tome,  $R_{AK}$  je srednja vrijednost perioda za koji postoje podaci na stanicu A (1971-1980),  $R_{BK}$  je srednja vrijednost za isti period na stanicu B (1971-1980), a  $R_{BD}$  je srednja vrijednost cijelog perioda na stanicu B (1971-1990).

Ekstrapolirana vrijednost za stanicu A iznosi oko 649 mm.

$$R_{AD} = R_{AK} \cdot (R_{BD}/R_{BK}) = 655(719/726) = 648.7$$

DBurić

Godišnje sume padavina na stanicama A i B, period 1971-1990.

	Stanica	
godina	A	B
1971	650	710
1972	660	720
1973	670	740
1974	640	690
1975	655	735
1976	648	810
1977	610	785
1978	690	755
1979	710	638
1980	620	677
1981	-	610
1982	-	690
1983	-	728
1984	-	732
1985	-	799
1986	-	750
1987	-	840
1988	-	590
1989	-	690
1990	-	680
Srednja vrijednost 1971-1980.	<b>655</b> ( $R_{AK}$ )	<b>726</b> ( $R_{BK}$ )
Srednja vrijednost 1971-1990.	$R_{AD} = ?$	<b>719</b> <b>36</b> ( $R_{BD}$ )

## 2. Ekstrapolacija zasnovana na pretpostavci istih razlika između dužih i kraćih nizova

Ovaj postupak se najčešće koristi za ekstrapolaciju mjesecnih temperatura vazduha. Koristi se obrazac:

$$T_{AD} = T_{AK} + (T_{BD} - T_{BK})$$

**PRIMJER.** U tabeli su date srednje mjesecne temperature za januar na stanicama A i B za period 1921-1940. godine. Na stanicu A nedostaju vrijednosti za period 1921-1926.

Ekstrapolirana vrijednost za stanicu A iznosi oko **0,2°C**.

$$T_{AD} = T_{AK} + (T_{BD} - T_{BK}) = 0,0 + (0,0 - (-0,2)) = 0,0 + 0,2 = 0,2$$

DBurić

Srednje mjesecne temperature za januar na stanicama A i B za period 1921-1940. godine

	Stanica	
godina	A	B
1921	-	4.9
1922	-	-1.5
1923	-	1.4
1924	-	-3.4
1925	-	0.6
1926	-	0.8
1927	4	2.4
1928	1.1	0.5
1929	-3.3	-4
1930	1.6	1.7
1931	1.7	1.5
1932	-0.8	-1.1
1933	-2.6	-3.1
1934	-0.4	-1.2
1935	-3.2	-4
1936	5.7	6.7
1937	1	1.1
1938	-0.5	-0.2
1939	3	4
1940	-6.9	-6.6
Srednja vrijednost 1927-1940.	<b>0.0</b> ( $T_{AK}$ )	<b>-0.2</b> ( $T_{BK}$ )
Srednja vrijednost 1921-1940.	$T_{AD} = ?$	<b>0.07</b> ( $T_{BD}$ )

### 3. Ekstrapolacija dopunjavanjem niza osmatranja

Ovaj metod ekstrapolacije se koristi za popunjavanje niza kome nedostaje više podataka. Postupak je sledeći: za temperaturu, prvo se izračuna razkika između srednjih vrednosti niza B i niza A za period za koji postoje podaci kraćeg niza:  $\Delta T_{B-A} = T_{BK} - T_{AK}$

Dobijena vrijednost se oduzima od odgovarajućih mjesecnih vrijednosti stanice sa dužim nizom (stanice B) u godinama kada nedostaju podaci za stanicu A:

$$T_{Ai} = T_{Bi} - \Delta T_{B-A}$$

**PRIMJER.** U tabeli su date srednje mjesecne temperature za januar na stanicama A i B za period 1921-1940. godine. Na stanicu A nedostaju vrijednosti za period 1921-1926.

Prvo računamo srednju razliku kraćih nizova:

$$\Delta T_{B-A} = T_{BK} - T_{AK} = 4,9 - 0,0 = -0,2$$

Vrijednost koja nedostaje na stanicu A za 1921. godinu, dobija se kada se od vrijednosti stanice B za 1921. godinu (4,9) oduzme -0,2:

$$1921.: T_{Ai} = T_{Bi} - \Delta T_{B-A} = 4,9 - (-0,2) = 5,1$$

Isto uradimo i za ostale godine:

$$1922.: T_{Ai} = T_{Bi} - \Delta T_{B-A} = 1,5 - (-0,2) = -1,3$$

$$1923.: T_{Ai} = T_{Bi} - \Delta T_{B-A} = 1,4 - (-0,2) = 1,6$$

$$1924.: T_{Ai} = T_{Bi} - \Delta T_{B-A} = -3,4 - (-0,2) = -3,2$$

$$1925.: T_{Ai} = T_{Bi} - \Delta T_{B-A} = 0,6 - (-0,2) = 0,8$$

$$1926.: T_{Ai} = T_{Bi} - \Delta T_{B-A} = 0,8 - (-0,2) = 1,0$$

Dobijene vrijednosti unesemo u tabelu i označimo sa znakom \* (da se zna da je podatak procijenjen, a ne dobijen mjerljem).

Isti postupak se primjenjuje za padavine, samo se odgovarajuće operacije oduzimanja i sabiranja zamjenjuju dijeljenjem i množenjem:

$$Q_{BA} = R_{AK}/R_{BK}; \quad R_{Ai} = R_{Bi} \cdot Q_{BA}.$$

Ako se ekstrapolacija vrši pomoću više okolnih stanic, postupak se primjenjuje posebno za svaku stanicu. Zatim se nađe aritmetička sredina dobijenih vrijednosti, koja predstavlja ekstrapoliranu vrijednost za stanicu sa nepotpunim nizom.

Srednje mjesecne temperature za januar na stanicama A i B za period 1921-1940. godine

	Stanica	
godina	A	B
1921	-	4.9
1922	-	-1.5
1923	-	1.4
1924	-	-3.4
1925	-	0.6
1926	-	0.8
1927	4	2.4
1928	1.1	0.5
1929	-3.3	-4
1930	1.6	1.7
1931	1.7	1.5
1932	-0.8	-1.1
1933	-2.6	-3.1
1934	-0.4	-1.2
1935	-3.2	-4
1936	5.7	6.7
1937	1	1.1
1938	-0.5	-0.2
1939	3	4
1940	-6.9	-6.6
Srednja vrijednost 1927-1940. ( $T_{AK}$ )	<b>0.0</b>	<b>-0.2</b>
Srednja vrijednost 1921-1940. ( $T_{AD}$ )	<b>?</b>	<b>0.0</b>
		( $T_{BD}$ )

## UTICAJ RASTOJANJA I VISINSKE RAZLIKE DVA MJESTA NA EKSTRAPOLACIJU

Popunjavanje vrijednosti koje nedostaju u nizu date stanice, vrši se na osnovu podataka sa obližnjih stanica. Pri tome, treba da se zadovolje određeni kriterijumi u pogledu rastojanja i visinske razlike između stanica. Praksa je pokazala da rastojanje između stanica ne bi trebalo da bude veće od 100 km za temperaturu i 50 km za padavine u ravničarskim predjelima, odnosno ispod 50 km za temperaturu i ispod 30 km za padavine u planinskim predjelima. Razlika u nadmorskoj visini između stanica ne bi trebala da bude veća od 200 m za temperaturu i 100 m za padavine.

Takođe, ekstrapolacija ima smisla samo ako je promjenljivost elementa (temperature, vlažnosti i dr) znatno veća od promjenljivosti njenih diferencija između stanica. Isto tako, u zavisnosti od međusobnog rastojanja i visinske razlike između stanica, potrebno je da niz koji se ekstrapoliše ima određeni broj godina. Broj godina koji je potreban za ekstrapolaciju određuje se preko Hanove i Fehmerove formule. Han je dao opštu formula za računanje varijacije temperturnih diferencija ( $v$ ) u zavisnosti od međusobnog rastojanja između stanica ( $L$  u km) i njihove visinske razlike ( $\Delta H$  u hektometrima – hm). Opšti obrazac je:

$$v = 0.28 + 0.00131 \cdot L + 0.0283 \cdot \Delta H$$

Pomoću Fehmerove formule o vjerovatnoj greški, može se odrediti koliki je broj godina osmatranja potreban da se vjerovatna greška ( $r$ ) srednje promjenljivosti diferencija ( $v$ ) smanji za  $0,1C^0$ . Ta formula ima oblik:

$$r = 1,1955 \cdot v \sqrt{2n - 1}$$

Primjer: ekstrapolišemo temperaturu u mjestu A prema podacima o temperaturi u mjestu B. Rastojanje i visinska razlika između stanica je:  $L=117$  km,  $\Delta H= 2,86$  hm (1 hm=100 m). Iz Fehmerove formule

$$r = 1,1955 \cdot v \cdot \sqrt{2n - 1} \quad \text{dobijamo da je } n=72 \cdot v^2.$$

Po Hanovoj formuli, dobijamo da je  $v= 0,514$ , pa će  $n$  biti 19 ( $72 \cdot 0,514^2$ ), što znači da je potrebno da stanica pomoći koje se niz ekstrapolira ima dužinu osmatranja od najmanje 19 godina.

Za ljeto i zimu se srednja promjenljivost diferencija dobija po obrazcu:

$$\begin{aligned} v_{lj} &= 0.25 + 0.00086 \cdot L + 0.0138 \cdot \Delta H \\ v_z &= 0.32 + 0.0018 \cdot L + 0.0617 \cdot \Delta H \end{aligned}$$

## Pitanja

1. Kakva može biti kritička provjera podataka?
2. Koji niz klimatoloških podataka se smatra homogenim?
3. Kakva je razlika između postupka kontrole podataka metodom diferencija i metodom kvocijenata?
4. Koje postupke obuhvata priprema klimatoloških podataka?
5. Kako se vrši prikupljanje podataka?
6. Šta podrazumijeva prilagođavanje podata?
7. Kako se vrši provjera pouzdanosti podataka?
8. Koje metode se koriste za procjenu nedostajućih podataka?
9. Šta je interpolacija?
10. Koje metode interpolacije postoje?
11. Objasniti metod matrice?
12. Šta je ekstrapolacija?
13. Koje metode ekstrapolacije postoje?
14. U tabeli su dati podaci o srednjoj mjesечноj temperaturi u aprilu za mjesta A i B. Izvršiti ekstrapolaciju dopunjavanjem niza osmatranja na stanicu A pomoću podataka iz mjesta B?

godina	Stanica	
	A	B
1981	-	5.8
1982	-	2.3
1983	-	1.4
1984	-	-3.4
1985	-	0.6
1986	1.1	0.8
1987	4	2.4
1988	1.1	0.5
1989	-3.3	-4
1990	1.6	1.7
1991	1.7	1.5
1992	-0.8	-1.1
1993	-2.6	-3.1
1994	-0.4	1
1995	-3.2	-4
1996	5.7	6.7
1997	1	1.1
1998	-0.5	-0.2
1999	3	4
2000	-6.9	-4.4
Srednja vrijednost 1986-2000.	<b>0.1</b> ( $T_{AK}$ )	<b>0.2</b> ( $T_{BK}$ )
Srednja vrijednost 1981-2000.	$T_{AD} = ?$	<b>0.5</b> ( $T_{BD}$ )

## OBRADA KLIMATSKIH ELEMENATA

Kada se podaci o vremenu, odnosno vrijednosti meteoroloških elemenata i stanja meteoroloških pojava srede za jedan duži niz godina i izračunaju njihove srednje vrijednosti za određene vremenske jedinice (dan, mjesec, sezona, godina), dobijaju se klimatski elementi. Skup svih klimatskih elemenata predstavlja klimu ili podneblje date prostorne jedinice. Svjetska meteorološka organizacija je preporučila da period osmatranja, koji se koristi za razmatranje klime, mora biti dug najmanje 30 godina. Period od 30 godina, iz koga se računaju prosječne vrijednosti klimatskih elemenata, naziva se klimatski period. Takođe, Svjetska meteorološka organizacija (WMO-World Meteorological Organization) je još davne 1935. godine u Varšavi, predložila da klimatski period počinje sa 1, počev od 1901. godine, odnosno da se završava sa nulom. To je potrebno da bi se mogla vršiti poređenja klimatskih karakteristika širom svijeta. Drugim riječima, klimatski periodi, koji traju po 30 godina, su: 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990, 1991-2020,..., i takvi periodi se nazivaju standardni klimatski periodi, a prosječne vrijednosti klimatskih elemenata za standardni klimatski period normale. Dakle, poslednji standardni klimatski period je 1961-1990. i danas se u odnosu na taj period računaju odstupanja vrijednosti temperature, padavina, vlažnosti vazduha i drugih elemenata za datu vremensku jedinicu. Na primjer, srednja godišnja temperatura 2010. godine u Podgorici je iznosila  $16,4^{\circ}\text{C}$ , a tzv. normalna vrijednost perioda 1961-1990. godina je  $15,3^{\circ}\text{C}$ , što znači da je 2010. bila toplija od normale (prosjeka) za  $1,1^{\circ}\text{C}$ .

Osnovni klimatski elemnti su:

- 1.Sunčev zračenje,
- 2.temperatura vazduha,
- 3.vazdušni pritisak,
- 4.vjetar,
- 5.isparavanje,
- 6.vlažnost vazduha,
- 7.oblačnost,
- 8.padavine,
- 9.sniježni pokrivač itd.

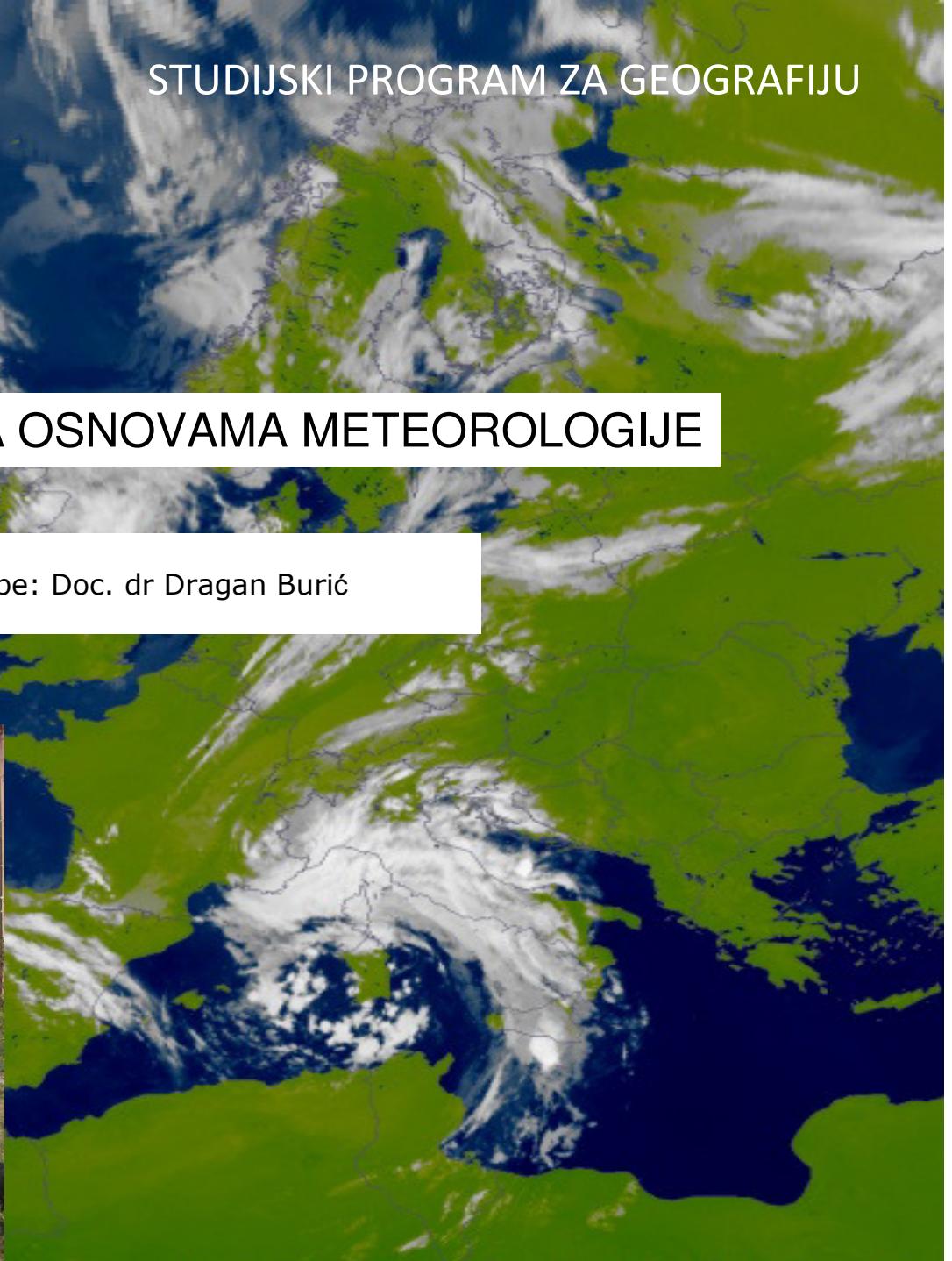


Univerzitet Crne Gore  
Filozofski fakultet - Nikšić

STUDIJSKI PROGRAM ZA GEOGRAFIJU

## KLIMATOLOGIJA SA OSNOVAMA METEOROLOGIJE

Predavanja i vježbe: Doc. dr Dragan Burić



## OBRADA KLIMATSKIH ELEMENATA

Kada se podaci o vremenu, odnosno vrijednosti meteoroloških elemenata i stanja meteoroloških pojava srede za jedan duži niz godina i izračunaju njihove srednje vrijednosti za određene vremenske jedinice (dan, mjesec, sezona, godina), dobijaju se klimatski elementi. Skup svih klimatskih elemenata predstavlja klimu ili podneblje date prostorne jedinice. Svjetska meteorološka organizacija je preporučila da period osmatranja, koji se koristi za razmatranje klime, mora biti dug najmanje 30 godina. Period od 30 godina, iz koga se računaju prosječne vrijednosti klimatskih elemenata, naziva se klimatski period. Takođe, Svjetska meteorološka organizacija (WMO-World Meteorological Organization) je još davne 1935. godine u Varšavi, predložila da klimatski period počinje sa 1, počev od 1901. godine, odnosno da se završava sa nulom. To je potrebno da bi se mogla vršiti poređenja klimatskih karakteristika širom svijeta. Drugim riječima, klimatski periodi, koji traju po 30 godina, su: 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990, 1991-2020,..., i takvi periodi se nazivaju standardni klimatski periodi, a prosječne vrijednosti klimatskih elemenata za standardni klimatski period normale. Dakle, poslednji standardni klimatski period je 1961-1990. i danas se u odnosu na taj period računaju odstupanja vrijednosti temperature, padavina, vlažnosti vazduha i drugih elemenata za datu vremensku jedinicu. Na primjer, srednja godišnja temperatura 2010. godine u Podgorici je iznosila  $16,4^{\circ}\text{C}$ , a tzv. normalna vrijednost perioda 1961-1990. godina je  $15,3^{\circ}\text{C}$ , što znači da je 2010. bila toplija od normale (prosjeka) za  $1,1^{\circ}\text{C}$ .

Osnovni klimatski elemnti su:

- 1.Sunčev zračenje,
- 2.temperatura vazduha,
- 3.vazdušni pritisak,
- 4.vjetar,
- 5.isparavanje,
- 6.vlažnost vazduha,
- 7.oblačnost,
- 8.padavine,
- 9.sniježni pokrivač itd.

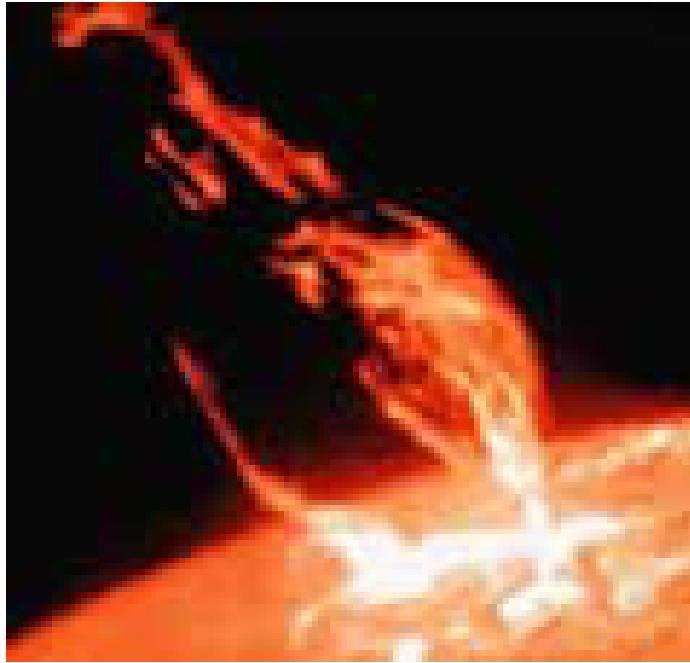
## 1. SUNČEVO ZRAČENJE

Sunčeva energija je osnovni pokretač gotovo svih pojava i procesa u Zemljinoj atmosferi. Ona direktno ili indirektno utiče na promjene svih meteoroloških elemanta. Riječ klima je grčkog porijekla i znači nagib – upadni ugao Sunčevih zraka. To znači da visina Sunca nad datim horizontom (upadni ugao Sunčevih zraka u datom mjestu), a od nje zavisi intenzitet Sunčevog zračenja, odlučujuće utiče na klimu Zemlje. Sunčeve zračenje (i uopšte zračenje) je prenošenje zračne energije od zračnog izvora (Sunca) na sve strane u vidu talasa (zraka) pravolinijskim putem. Sunce raspolaže ogromnom energijom, a ona nastaje pretvaranjem vodonika u helijum (termonuklearnim procesom fuzije). Energija Sunca se emituje u vidu zraka, koji se pravolinijski prostiru od Sunca na sve strane po kosmosu. Od ukupne energije koju Sunce emituje, do Zemlje dospijeva sasvim mali dio – dvomilijarditi.

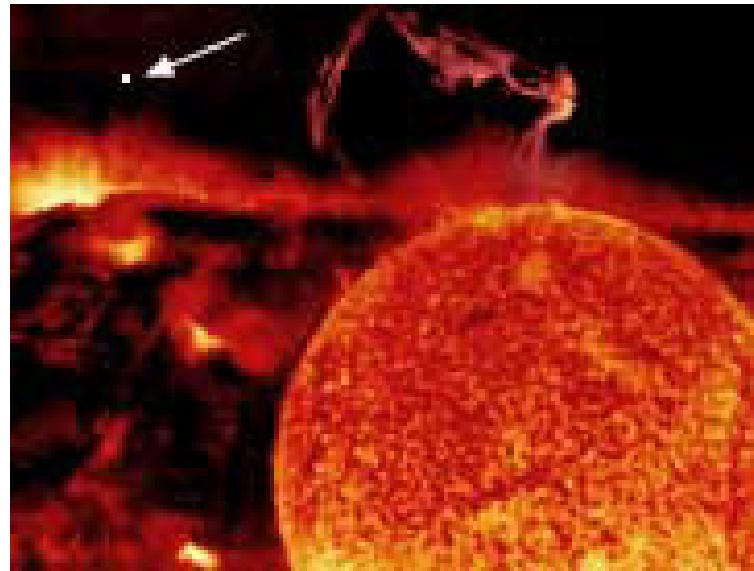
**Sunce** - gotovo jedini izvor topote Zemljine površine i njene atmosfere, izvor svjetlosti i, generalno, izvor cjelokupnog života na Zemlji.

Osnovni podaci o Suncu:

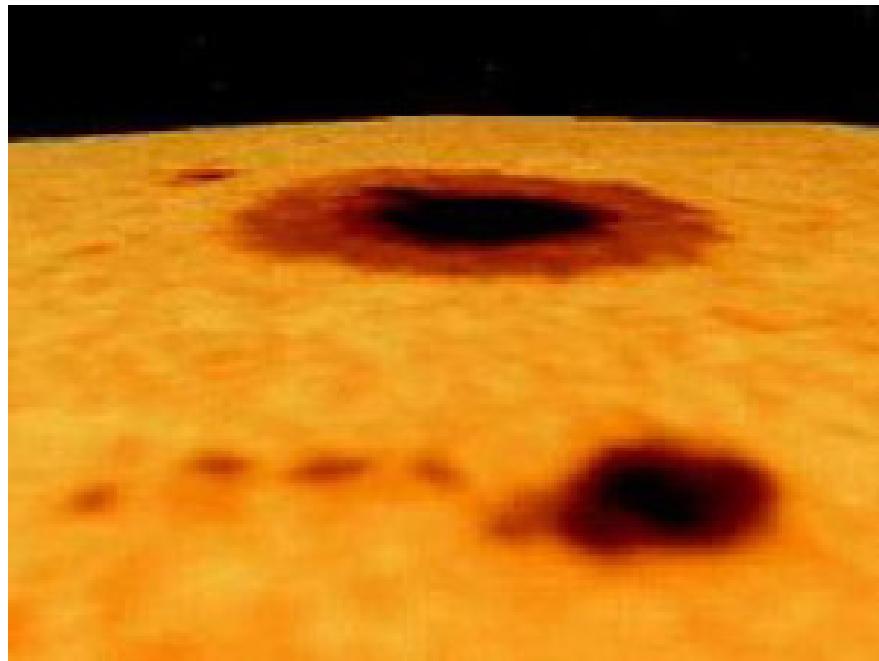
- ✓ Poluprečnik Sunca je 1,4 miliona km, ili 109 puta veći od Zemljinog (6371 km).
- ✓ Zapremina Sunca je 1 300 000 puta veća od Zemljine (1 083 milijarde km<sup>3</sup>).
- ✓ Sunce spada u grupu patuljastih zvijezda. U njegovoј građi najviše ima vodonika (oko 74% njegove mase ili 92% njegove zapremine) i helijuma (oko 24% njegove mase ili 7% njegove zapremine), dok su ostali elementi zastupljeni u vrlo malim količinama (gvožđe, nikl, kiseonik, sumpor, magnezijum, itd).
- ✓ Prosječna gustina Sunca je oko 1,4 g/cm<sup>3</sup> (Zemlje oko 5,5 g/cm<sup>3</sup>). U jezgru Sunca gustina je oko 160 g/cm<sup>3</sup>. Masa Sunca čini oko 99,9% mase cjelokupnog Sunčevog sistema. Zbog manje gustine nego od Zemljine, i pored daleko veće zapremine od Zemljine, masa Sunca je samo oko 330 000 puta veća od mase Zemlje.
- ✓ Prosječna temperatura na površini Sunca je oko 6000°C, a u njegovoј unutrašnjosti oko 16 miliona °C (zbog termonuklearnih procesa).
- ✓ Na površini Sunca se zapažaju ispuštenja, udubljenja, svjetlije i tamnije površine. Svjetlije površine imaju temperaturu oko 7000°C, a nazivaju se baklje, buktinje ili fakule. Tamnije površine su Sunčeve pjage, sa temperaturom oko 4500°C. To su udubljenja u fotosferi Sunca (photosfera – vidljivi dio Sunčeve površine), odnosno vrtložna kretanja usijanih gasova. Sunčeve pjage mogu trajati od nekoliko dana do više mjeseci, a mogu biti prečnika od 1000 do 10 000 km. Njihov broj na Suncu se periodično mijenja, u ciklusima od po 11 godina. U tom 11-godišnjem ciklusu, prvih oko 5 godina broj pjega se povećava, a narednih 6 smanjuje. Uzrok cikličnosti Sunčevih pjega još uvijek nije objašnjen. Za vrijeme maksimalnog broja pjega, pojačana je aktivnost Sunca i Zemlja dobija veću količinu energije od prosječne, na Zemlji je viša temperatura i veća vlažnost vazduha, i obratno. Sa površine Sunca često se izdižu ogromni mlazovi usijanih gasova, koji se nazivaju protuberance, a mogu dostići visinu i preko 14 000 km u Sunčevoj atmosferi (hromosfera). Maksimalni broj protuberanci poklapa se sa maksimalnim brojem Sunčevih pjega. Utvrđeno je postoje i drugi ciklusi sa pojačanom i smanjenom Sunčevom aktivnošću, koji traju nekoliko desetina i stotina godina.
- ✓ Osim elektromagnetskog zračenja (Sunčeva zračna energija), Sunce ima još jednu vrstu zračenja, a to je korpuskularno zračenje. To su izbačaji u kosmos ogromne količine materija u vidu čestica veličine atoma. To je u stvari vjetar atoma ili Sunčev vjetar, koji se kreće brzinom i do 2500 km/s. Pri pojačanoj Sunčevoj aktivnosti, Sunčev vjetar prodire i u Zemljinu atmosferu i smatra se da može izazvati porast temperature vazduha. Kao posledica Sunčevog vjetra, na Zemlji se pojavljuje Aurora, odnosno polarna svjetlost. Ona nastaje kada čestice Sunčevog vjetra dospiju u našu atmosferu.



Protuberance



Protuberance - tačka na slici pokazuje veličinu Zemlje u odnosu na Sunce



DBurić

Sunčeve pjege

Sunce emituje energiju u vidu elektromagnetičnih talasa ili zraka, koji se kreću brzinom od 300 000 km/s (brzina svjetlosti). **Zrak** je put kojim se kreće zračenje. Ali, zračenje nije samo talas (zrak), ono se kreće u obliku pojedinih paketa energije. Jedan paket energije (jedan izbačaj energije) naziva se **kvant**. Kvant je u suštini jedna vrste čestice, nedjeljiva najmanja količina. U fizici, zračenje ima dvojnu prirodu: talas-čestica, što znači da je elektromagnetno zračenje istovremeno i talas i čestica.

Sunčevi zraci se šire od Sunca radijalno na sve strane, ali zbog velike udaljenosti uzima se da oni na Zemlju dospijevaju paralelni. Sunčevi zraci imaju različitu talasnu dužinu ( $\lambda$ ) i različitu frekvenciju (učestalost). Zraci manjih talasnih dužina imaju veću energiju i frekvenciju, i obratno.

Raspodjela Sunčeve zračne energije po talasnim dužinama naziva se **spektrar**. Tri glavna dijela Sunčevog spektra su:

- **Ultraljubičasti dio spektra** (zraci  $\lambda < 0,40$  mk (mk – mikron), nevidljivi za ljudsko oko, imaju snažno biološko dejstvo na organizam čovjeka)
- **Vidljivi dio spektra** (zraci  $\lambda 0,40-0,76$  mk, svjetlost u užem smislu, izazivaju u ljudskom oku osjećaj boja, sastoji se uglavnom od 6 dugih boja – ljubičasta, plava, zelena, žuta, narandžasta i crvena).
- **Infracrveni dio spektra** (zraci  $\lambda > 0,76$  mk, nevidljivi za ljudsko oko, imaju izrazito toplotno dejstvo).

U meteorologiji, zraci talasnih dužina do 4 mk su kratkotalasni, a iznad 4 mk dugotalasni. Na gornjoj granici atmosfere dolaze Sunčevi zraci talasnih dužina 0,17-4 km, a do Zemljine površine zraci talasnih dužina 0,29-3 mk. Dakle, cijelokupno Sunčev zračenje je kratkotalasno, dok Zemlja i atmosfera, kao tijela sa relativno niskom temperaturom, izračuju zrake dugih talasa, 4-120 mk. Ultraljubičasti dio nosi oko 9%, vidljivi oko 41,5% i infracrveni oko 49,5% ukupne energije Sunčevog zračenja.

Intenzitet zračenja ili količina energije (suma), odnosno količina topline koju prima jedinica površine u jedinici vremena, izražava se u džulima (J) ili vatima (W). To su izvedene jedinice SI sistema. Obično se intenzitet zračenja mjeri na površini od  $1 \text{ m}^2$  u 1 sekundi, pa se **intenzitet zračenja izražava u  $\text{J/m}^2\text{s}$  ili u  $\text{W/m}^2$  ( **1J/s=1W** )**

❖ **Solarna konstanta** ( $1380 \text{ J/m}^2\text{s} = 1,38 \text{ kJ/m}^2\text{s} = 1,38 \text{ kW/m}^2$ ).

## KOMPONENTE ZRAČENJA SUNCA, ATMOSFERE I ZEMLJE

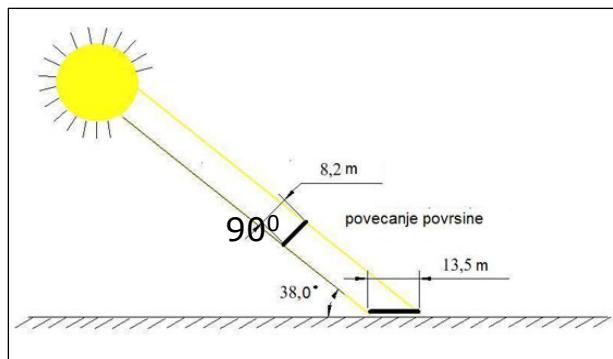
- ✓ Selektivna apsorpcija (atmosfera zadržava u prosjeku oko 15-18% Sunčevog zračenja).
- ✓ Difuzna refleksija ili rasturanje zraka (zbog ove pojave pri vedrom vremenu nebo ima plavičastu boju, a pri oblačnom sivkastobijelu).
- ✓ Direktno Sunčev zračenje (I).
- ✓ Difuzno ili nebesko zračenje (i).
- ✓ Globalno zračenje ( $I_g = I+i$ ).
- ✓ Reflektovano zračenje ( $R_g$ ).
- ✓ Albedo ( $A=R/I_g \cdot 100\%$ ).
- ✓ Apsorbovana radijacija ili bilans kratkotalasnog zračenja ( $Q_k=I_g-R$ )
- ✓ Zemljina radijacija ili terestričko zračenje ( $E_t$ ).
- ✓ Protivzračenje atmosfere ( $E_a$ ).
- ✓ Efektivno izračivanje ili bilans dugotalasnog zračenja ( $E_e=E_t-E_a$  ili  $Q_d= E_t-E_a$ ).
- ✓ Radijacioni bilans ( $Q=Q_k-Q_d$ )

ATMOSFERA DJELUJE KAO STAKLENA BAŠTA

## UTICAJ VISINE SUNCA NA ZAGRIJAVANJE ZEMLJINE POVRŠINE

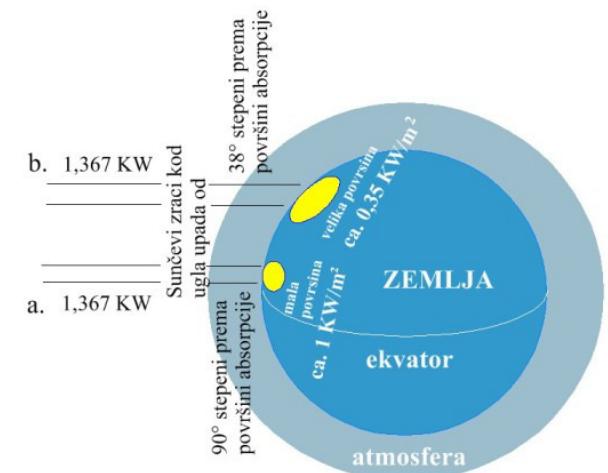
Zagrijanost Zemljine površine, pa time i vazduha iznad nje, odnosno količina primljene zračne energije ili toplotne energije, zavisi najviše od visine Sunca iznad horizonta (ugla pod kojim Sunčevi zraci padaju na datu površinu). Što je ugao Sunčevih zraka veći i zagrijavanje je veće. Upadni ugao Sunčevih zraka se mijenja u toku dana i godine. To je posljedica: rotacije, revolucije i loptastog oblika Zemlje, nagnutosti ekliptike (Zemljine putanje) u odnosu na ravan Sunčevog ili nebeskog ekvatora ( $23^{\circ}27'$ ) i nagiba rotacione ose prema ravni Zemljine putanje ( $66^{\circ}33'$ ). Ovo su primarni faktori koji uslovjavaju nejednaku raspodjelu svjetlosti i toplote na Zemljinoj površini. To su uočili još stari Grci i pojam „klima“ je grčkog porijekla i u izvornom smislu znači nagib, odnosno upadni ugao Sunčevih zraka na Zemljinu površinu.

Kakav je uticaj upadnog ugla Sunčevih zraka na zagrijavanje površine, najbolje se može vidjeti sa slike.

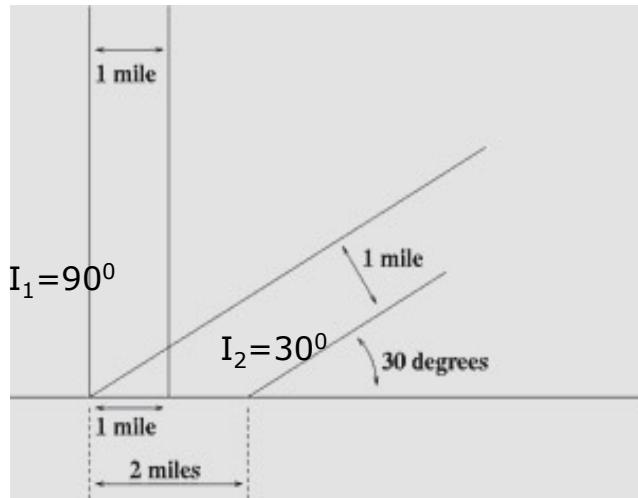


Osvijetljena ili ozračena površina pri normalnim i kosim zracima

Najjače zagrijavanje je kada snop Sunčevih zraka pada pod pravim uglom na datu površinu. Ako taj isti snop Sunčevih zraka pada pod kosim uglom, onda će obasjavati veću površinu i ista količina Sunčeve energije biće raspoređena na veću površinu, a to znači da će ona biti manje zagrijana. Drugim riječima, ista količina Sunčeve energije više će zagrijavati manju nego veću površinu, što je i logično. To znači da intenzitet zagrijavanja stoji u obrnutom odnosu sa obasjanom površinom.



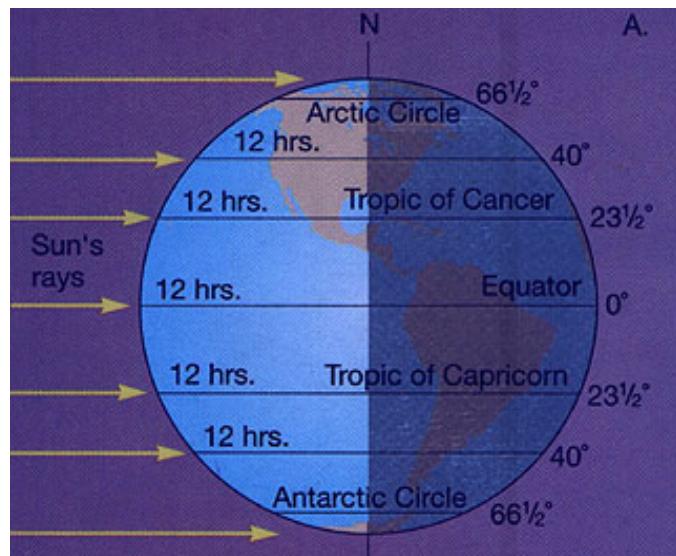
Odnos između jačine zagrijavanja i veličine obasjane površine se dobija preko trigonometrijske funkcije sinus:



$$I_1 = \sin \alpha \quad (\sin 90^\circ = 1)$$

$I_2 = I_1 \cdot \sin \alpha$  (ako je  $\alpha = 90^\circ$  onda je  $I_2 = I_1$ , ako je  $\alpha = 0^\circ$  onda je  $I_2 = 0$ , jer je  $\sin 0 = 0$ ).

Visina Sunca nad horizontom (upadni ugao koji zaklapaju njegovi zraci sa topografskom površinom) opada sa porastom geografske širine, zgog sfernog oblika Zemlje i deklinacije Sunca.

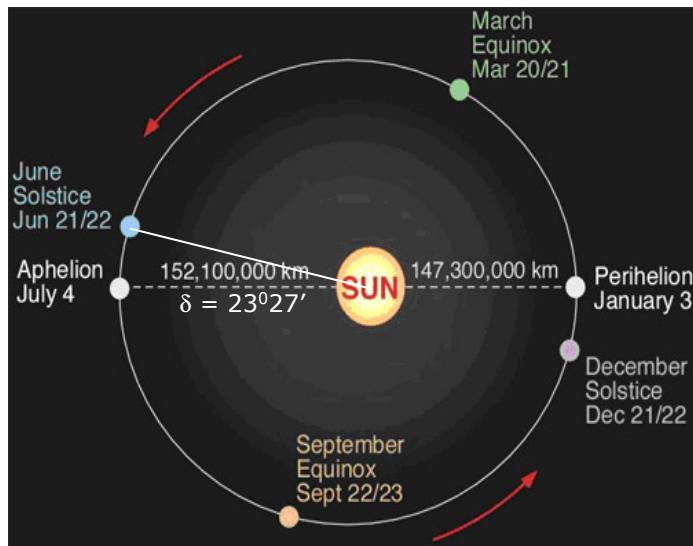


### Upadni ugao Sunčevih zraka opada sa porastom geografske širine

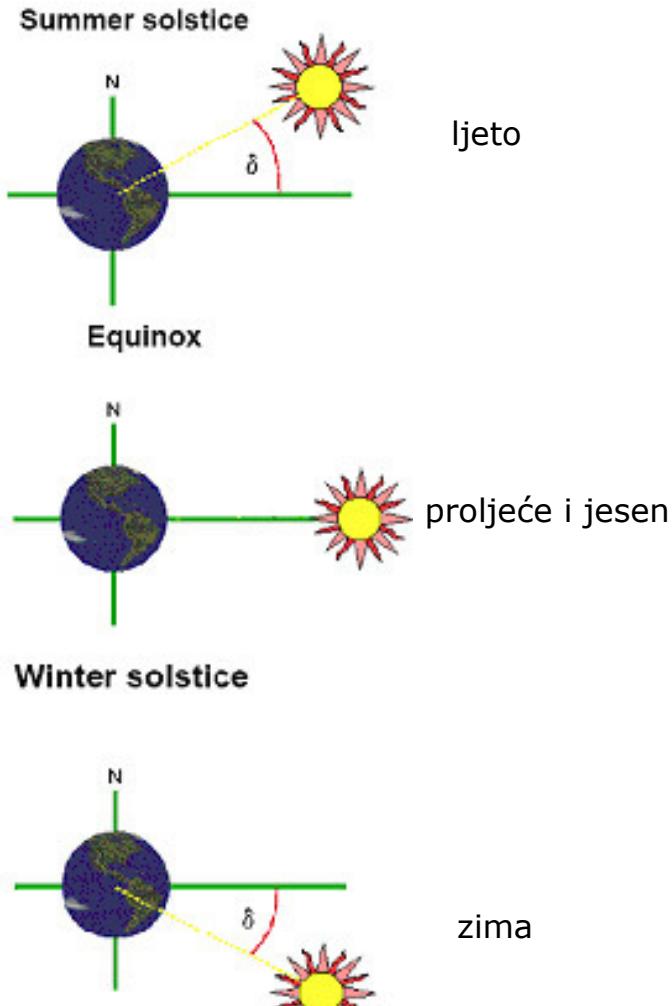
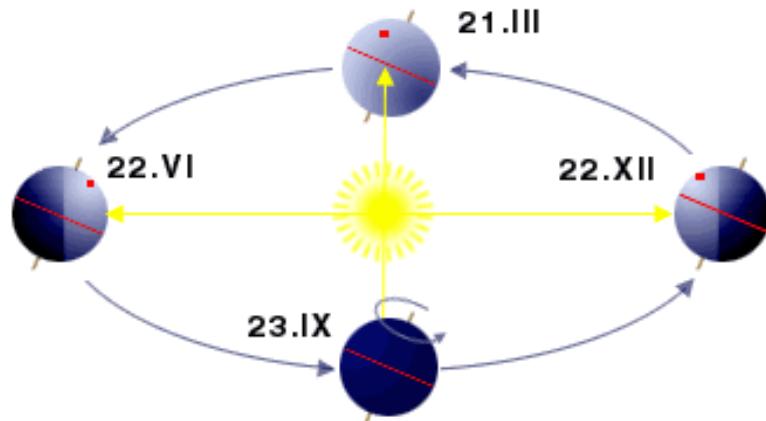
Odnos između upadnog ugla Sunčevih zraka i geografske širine ( $\phi$ ) se može prikazati preko trigonometrijske funkcije cosinus:

$I_2 = I_1 \cdot \cos \phi$  (važi samo kada je Sunce u zenitu iznad ekvatora, za vijeme ekvinokcijuma (ravnodnevica))

**Deklinacija Sunca** je uglovna visina Zemlje iznad ili ispod ravni Sunčevog (nebeskog) ekvatora. Vrijednosti deklinacije, za svaki dan u godini i dato mjesto, mogu se naći u astronomskim tablicama. Deklinacija se kreće u granicama  $\pm 23^{\circ}27'$ . Najveću vrijednost ima u podne po lokalnom vremenu za vrijeme ljetnjeg solsticijuma,  $\delta = 23^{\circ}27'$ .



Eliptična putanja Zemlje oko Sunca



Deklinacija Sunca ( $\delta$ )  
u 4 karakteristična  
trenutka u godini

Dakle, od geografske širine ( $\phi$ ) i deklinacije Sunca ( $\delta$ ) zavisi upadni ugao Sunčevih zraka na datu površinu Zemlje. Ukoliko su poznata ova dva parametra ( $\phi$  i  $\delta$ ), možemo odrediti upadni ugao Sunčevih zraka ( $\alpha$ ) na horizontalnu površinu pomoću formule:

$$\alpha = (90 - \phi) + \delta$$

Uticaj upadnog ugla Sunčevih zraka na stepen zagrijanosti podloge dobro objašnjava Lambertov zakon koji glasi: **intenzitet zagrijavanja na horizontalnoj površini od  $1\text{cm}^2$  proporcionalan je sinusu ugla pod kojim Sunčevi zraci padaju na tu površinu, odnosno intezitet zagrijavanja proporcionalan je kosinusu geografske širine.**

Primjer:

Deklinacija Sunca u podne po lokalnom (Sunčevom ili mjesnom) vremenu ima vrijednost: za vrijeme ljetnjeg sosticijuma (dugodnevica)  $\delta = +23^\circ 27'$ , za vrijeme zimskog sosticijuma (kratkodnevica)  $\delta = -23^\circ 27'$ , za vrijeme ekvinokcijuma (proljeće i jesenje ravnodnevnice)  $\delta = 0^\circ 0'$ . Izračunati upadni ugao Sunčevih zraka u Podgorici za date vrijednosti deklinacije i geografsku širinu od  $\phi = 42^\circ 26'N$ ?

Koristimo obrazac:  $\alpha = (90 - \phi) + \delta$ , pa će u podne po lokalnom vremenu biti:

$$\text{Za ljeto (21. jun): } \alpha = (90 - 42^\circ 26') + 23^\circ 27' = 71^\circ 1'$$

$$\text{Za zimu (22. decembar): } \alpha = (90 - 42^\circ 26') - 23^\circ 27' = 24^\circ 7'$$

$$\text{Za proljeće i jesen (21. mart i 23. septembar): } \alpha = (90 - 42^\circ 26') - 0^\circ 0' = 47^\circ 34'$$

Dakle, s obzirom na upadni ugao Sunčevih zraka, može se reći da je on naročito veliki tokom ljeta, što utiče na veliku zagrijanost podloge, a samim tim i vazduha iznad nje. Značajna zagrijanost podloge je i u prelaznim godišnjim dobima, a nije beznačajna i u toku zime. To i daje opštu sliku klime Podgorice – vruća ljeta, toplo proleće i jesen i blage zime.

Primjer:

Izračunati koliko je veći intenzitet zagrijavanja u Ulcinju (Iu) nego u Oslu (Io) u podne za vrijeme ravnodnevica? Ulcinj leži približno na  $42^\circ N$ , a Oslo na  $60^\circ N$ . Sve ostale faktore zanemariti, osim upadni ugao Sunčevih zraka.

Koristimo obrazac:  $I_2 = I_1 \cdot \cos \phi$  i tražimo odnos:

$$I_u/I_o = I_1 \cdot \cos 42^\circ / I_1 \cdot \cos 60^\circ = 0,743/0,500 = 1,49$$

Dakle, u Ulcinju je, za vrijeme ravnodnevica, zagrijavanje veće za oko 0,49 djelova jedinice ili 49% nego u Oslu.

## TRANSMISIONI KOEFICIJENT

Zbog selektivne apsorpcije i difizne refleksije, Sunčeve zračenje koje padne na gornju granicu atmosfere ne dospije do Zemljine površine u svom cijelokupnom iznosu, već znatno manje, oslabljeno. Odnos između količine zračne energije koja dospije do Zemljine površine pri vertikalnom padu zraku ( $I_v$ ) i solarne konstante ( $I_o$ ), naziva se koeficijent propustljivosti (prozračnosti) atmosfere ili transmisioni koeficijent ( $q$ ).

$$q = I_v/I_o$$

Propustljivost atmosfere za Sunčeve zračenje zavisi od sastojaka vazduha i primjesa u njemu. Za cijelu Zemljinu obasjanu poluloptu, na kojoj Sunčevi zraci padaju pod raznim uglovima,  $q$  iznosi oko 0,57, što znači da od cijelokupne Sunčeve energije koja padne na gornju granicu atmosfere do Zemljine površine dospije 57% u vidu direktnog i difuznog zračenja. Transmisioni koeficijent je veći zimi nego ljeti, veći je u višim nego u nižim geografskim širinama. U oba slučaju je veći zbog smanjene količine vodene pare i zamućenosti vazduha.

Pri raznim visinama Sunca,  $q$  se određuje pomoću formule:

$$\log q = (\log I_n - \log I_o)/n$$

$I_n$ -količina Sunčeve energije koja se određuje instrumentima na Zemlji

$I_o$ -solarna konstanta (1,38 kW/m<sup>2</sup>)

$n$ - debljina atmosfere (debljina vazdušnog sloja).

Debljina vazdušnog sloja ( $n$ ) ili optička masa atmosfere je broj koji pokazuje kroz koliko puta veću debljinu atmosfere moraju proći Sunčevi zraci kada padaju koso nego kada padaju vertikalno na Zemljinu površinu. Uslovno rečeno, to je put koji prelaze Sunčevi zraci do Zemljine površine. Zavisi od visine Sunce, nadmorske visine i vazdušnog pritiska. Npr. kada je Sunce u zenitu iznad nekog mjesta, Sunčevi zraci prelaze kraći put, pa se uzima da je  $n=1$ . Kada je upadni ugao Sunčevih zraka u toku dana manji, oni prelaze duži put, odnosno debljina vazdušnog sloja je veća i tada je  $n=2,3,\dots,10,20\dots$ . Što je nadmorska visina veća,  $n$  je manje. Npr. ako je na nivou mora  $n=1$ , onda je na 5000 m debljina atmosfere oko 0,5. Vrijednost optičke mase atmosfere iznad nekog mjeta, za datu nadmorskiju visinu i datu visinu Sunca, određuje se pomoću tablica.

## ZAVISNOST EFEKTIVNOG IZRAČIVANJA OD OBLAČNOSTI

Efektivno izračivanje ( $E_e$ ) najviše zavisi od oblačnosti (količine i vrste oblaka) i sadržine vodene pare u vazduhu. Što je veća količina oblačnosti i vazduh bogatiji vodenom parom, veće je protivzračenje atmosfere, pa je efektivno izračivanje topote sa Zemljine površine manje. Najintenzivnije protivzračenje atmosfere je u ekvatorijalnim predjelima, gdje je velika količina oblačnosti, a atmosfera je najtoplja i najbogatija vodenom parom.

Dakle, efektivno izračivanje u mnogome zavisi od količine oblačnosti, ali i vrste oblaka. Zavisnost između efektivnog izračivanja i oblačnosti određuje se pomoću jednačine koju je dao Angstrem:

$$E_{cn} = E_{co}(1-k \cdot n)$$

$E_{cn}$ -vrijednost  $E_e$  pri datoj količini oblačnosti,

$E_{co}$ -vrijednost  $E_e$  pri sasvim vedrom nebu,

n-količina oblačnosti (u 10-ma),

k-koeficijent koji zavisi od vrste oblaka i ima sledeće vrijednosti:

- ✓ za tanke perjaste visoke oblake  $k=0,013$ ;
- ✓ za srednje oblake  $k=0,06$ ;
- ✓ za guste niske oblake  $k=0,10$ .

Primjer:

Izračunaj  $E_e$  ako je 4/10 neba pokriveno srednjim oblacima, u odnosu na izračivanje kada je nebo vedro?

Dakle,  $n=4/10$ ,  $k=0,06$ , pa će biti:  $E_{cn} = E_{co}(1-k \cdot n) = E_{co}(1-0,06 \cdot 4) = 0,76E_{co}$

Dobijana vrijednost ( $0,76E_{co}$ ) pokazuje da je  $E_e$  u datim uslovima oko  $\frac{3}{4}$  ili 76% izračivanja pri vedrom nebu. Ili, u datim uslovima  $E_e$  je oko 24% manje nego pri potpuno vedrom nebu.

## TOPLITNI BILANS

Toplotni bilans ( $Q$ ) je razlika između apsorbovane radijacije i efektivnog izračivanja. Ili, razlika imaju kratkotalasnog ( $Q_k$ ) i dugotalasnog zračenja ( $Q_d$ ).

$$Q = Q_k - Q_d \quad (\text{J/m}^2\text{s} = \text{W/m}^2)$$

$$Q_k = I_g - R$$

$$Q_d = E_t - E_a$$

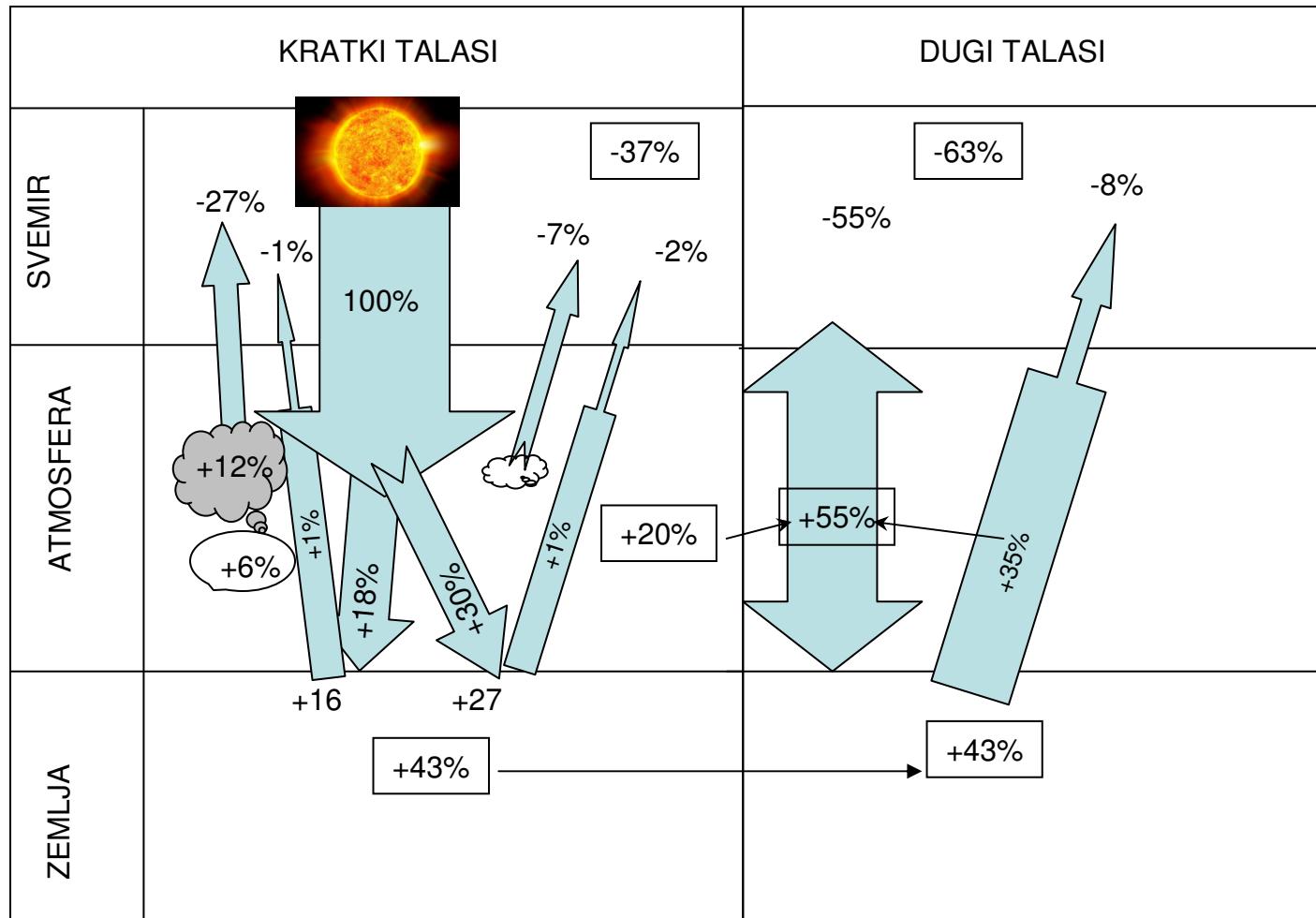
Na gornjoj granici atmosfere, na  $1 \text{ m}^2$  površine koja je normalna na pravac Sunčevih zraka, dospije količina energije oko  $1380 \text{ J}$  u jednoj sekundi. To je solarna konstanta ( $1,38 \text{ kJ/m}^2\text{s}$ ). Međutim, Zemlja je sfernog oblika, a ne ravnog i pošto je jedna njena polovina uvijek u sjenci, svaki  $\text{m}^2$  gornje granice atmosfere svake sekunde dobije u prosjeku 4 puta manje energije, **oko  $345 \text{ J/m}^2\text{s}$  ( $345 \text{ W/m}^2$ )**, odnosno u prosjeku: dnevno oko  $29,8 \text{ MJ/m}^2\text{dan}$  ( $345 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 = 29808 \text{ KJ/m}^2\text{dan}$ ), godišnje oko  $10887 \text{ MJ/m}^2\text{god}$  ( $29,808 \text{ MJ/m}^2\text{dan} \cdot 365,25 \text{ dana} = 10887 \text{ MJ/m}^2\text{god}$ ).

Klimatski sistem Zemlje, posmatrajući ga u najprostijem obliku, čine 5 komponenti: atmosfera, okeani (hidrosfera), ledeni pokrivač (kriosfera), kopno (litosfera) i vegetacija (biosfera). Osim atmosfere, ostale komponente su sastavni djelovi Zemljine površine, pa klimatski sistem možemo posmatrati kao sistem Zemljina površina-atmosfera. U prosječnoj godini, ona količina energije koja uđe u taj sistem Sunčevim kratkotalasnim zračenjem, mora da izađe iz njega u spoljašnji vavionski prostor dugotalasnim izračivanjem. U protivnom, došlo bi do zagrijavanja ili hlađenja, tj. do promjene temperature. Ali, tu se javlja još jedna komponenta, a to je djelatnost čovjeka, koja narušava prirodnu harmoniju sistema.

Mjerenjima je utvrđeno da pojas između  $38^\circ \text{ N}$  i  $\text{S}$ , u prosječnoj godini ima pozitivan toplotni bilans, a izvan tog pojasa on ima negativne vrijednosti. Taj manjak toplote u višim širinama, nadoknađuje se prenosom toplote od ekvatora ka polovima putem strujanja i tako se uspostavlja ravnoteža.

U urbanim sredinama postoji još jedan izvor toplote, a to je antropogena produkcija toplote, kao treći izvor - prvi je apsorpcija Sunčevog zračenja, drugi horizontalno prenošenje toplote i treći antropogena emisija toplote.

## ŠEMA TOPLITNOG BILANSA U SISTEMU ATMOSFERA - ZEMLJA



## PARAMETRI RADIJACIJE

Pojedine komponente zračenja se određuju pomoću instrumenata - neposrednim mjeranjem. Postoji i bilasometar ili bilansograf koji mjeri gotovo sve elemente radijacije u  $\text{W/m}^2$ . Na meteorološkim stanicama najčešće se mjeri globalno zračenje, zajedno ili posebno direktno a posebno difuzno, dok se dugotalasno zračenje određuje uglavnom putem empirijskih jednačina, koje koriste podatke o temperaturi, vjetru, oblačnosti itd.

Kada se govorи o Sunčevom zračenju ili radijaciji kao klimatskom elementu, češće se kao poseban klimatski elemenat ističe osunčavanje. Osunčavanje zavisi od astronomskih faktora – rotacije i revolucije zemlje, odnosno od dužine dana (obdanice), ali i od oblačnosti (postoji samo pri vedrom nebu) i reljefa (ekspozicija).

Parametri radijacije su: direktno, difuzno, globalno zračenje, albedo, apsorbovana radijacija, terestričko zračenje, protivzračenje atmosfere i efektivno izračivanje. Mjeri se njihov intenzitet ( $\text{J/m}^2\text{s}$  ili  $\text{W/m}^2$ ) i sume zračenja ( $\text{J/m}^2$  za datu vremensku jedinicu).

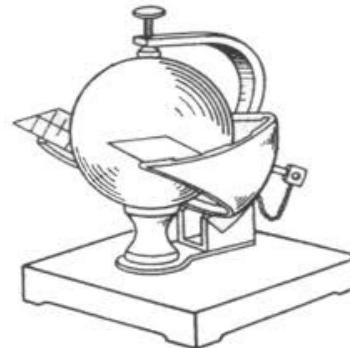
Najčešće se analiziraju sledeći parametri zračenja:

1. Intenzitet direktnog Sunčevog zračenja – količina energije koja u jedinici vremena dospije na jediničnu horizontalnu površinu u  $\text{J/m}^2\text{s}$ . Mjeri se pomoću pirhelijometra. Ako je ploča (prijemni dio instrumenta) normalna na pravac Sunčevih zraka, onda se vrši preračunavanje na horizontalnu površinu pomoću formule:  $I_h = I_n \cdot \sin\alpha$ .
2. Intenzitet difuznog zračenja – mjeri se difuzometrom ili difuzografom. Dobija se na isti način.
3. Intenzitet globalnog zračenja – mjeri se pomoću aktinometra ili aktinografa. To je zbir direktnog i difuznog zračenja.
4. Albedo – mjeri se pomoću albedometra.  $A = R/I_g$  (%).
5. Apsorbovana radijacija – bilans kratkotalasnog zračenja –  $Q_k = I_g - R$ .
6. Intenzitet terestričkog zračenja ( $\text{J/m}^2\text{s}$ ) – određuje se pomoću Stefan-Bolcmanovog zakona  $E_t = \sigma \cdot e \cdot T^4$ .
7. Intenzitet protivzračenja atmosfere.
8. Efektivno izračivanje:  $E_e = E_t - E_a$ .
9. Dnevni intenzitet zračenja: aritmetička sredina izmjerениh terminskih vrijednosti neke komponente zračenja ( $\text{W/m}^2$ ).
10. Mjesečni intenzitet zračenja: aritmetička sredina dnevnih intenziteta zračenja ( $\text{W/m}^2$ ).
11. Godišnji intenzitet zračenja: aritmetička sredina mjesecnih intenziteta zračenja ( $\text{W/m}^2$ ).
12. Prosječni višegodišnji intenzitet zračenja: aritmetička sredina datih vrijednosti zračenja (za dan, mjesec, sezonu, godinu) u datom vremenskom periodu ( $\text{W/m}^2$ ).
13. Časovna suma zračenja – ukupna količina zračenja u toku 1 časa date komponente zračenja ( $\text{J/m}^2\text{h}$ ), računa se računski ( $\text{J/m}^2\text{s} \cdot 60\text{s} \cdot 60\text{min}$ ).
14. Dnevna suma zračenja – zbir časovnih sumi ( $\text{J/m}^2\text{dan}$ ).
15. Mjesečna suma zračenja – zbir dnevnih sumi.
16. Prosječna dnevna suma zračenja za dati mjesec – dobija se dijeljenjem mjesecne sume sa brojem dana tog mjeseca.
17. Godišnja suma zračenja – zbir mjesecnih sumi.
18. Prosječna višegodišnja suma – zbir suma zračenja za datu vremensku jedinicu (dan, mjesec, godina) podijeljen sa brojem godina.
19. Radijacioni bilans – količina energije koju u datoј jedinici vremena zadrži jedinična površina. To je razlika  $Q_k - Q_d$ .

## **Parametri osunčavanja**

Osunčavanje je trajanje sijanja Sunca u časovima. Često se označava kao insolacija, a zračenje Sunca, atmosfere i Zemlje kao radijacija. Osunčavanje se mjeri pomoću heliografa, a najčešće se određuje:

- 1.Dnevno osunčavanje – ukupna dužina progorebine na heliografskoj traci u toku obdanice.
- 2.Mjesečno osunčavanje – zbir dnevnih vrijednosti u datom mjesecu.
- 3.Godišnje osunčavanje – zbir mjesечnih sumi u datoj godini.
- 4.Srednje dnevno osunčavanje – godišnja suma date godine podijeljena sa brojem dana u toj godini.
- 5.Prosječno mjesecno osunčavanje – zbir svih sumi osunčavanja za dati mjesec u višegodišnjem periodu podijeljen sa brojem godina tog perioda.
- 6.Prosječno godišnje osunčavanje – zbir svih godišnjih sumi osunčavanja u višegodišnjem periodu podijeljen sa brojem godina tog perioda.
- 7.Prosječno dnevno osunčavanje – zbir svih srednjih dnevnih sumi osunčavanja za dati mjesec u višegodišnjem periodu podijeljen sa brojem godina tog perioda.
- 8.Apsolutni minimum osunčavanja – minimalna suma osunčavanja za dan, mjesec ili godinu u klimatskom periodu.
- 9.Apsolutni maksimum osunčavanja – maksimalna suma osunčavanja za dan, mjesec ili godinu u klimatskom periodu.
- 10.Potencijalno osunčavanje – ukupno moguće osunčavanje u časovima od izlaska do zalaska Sunca. Računa se pomoću formule, koja uzima u obzir geog. širinu i visinu Sunca (doba godine).
- 11.Relativno osunčavanje – odnos stvarnog i potencijalnog izraženo u %. Koliko je Sunce u % sijalo od mogućeg.



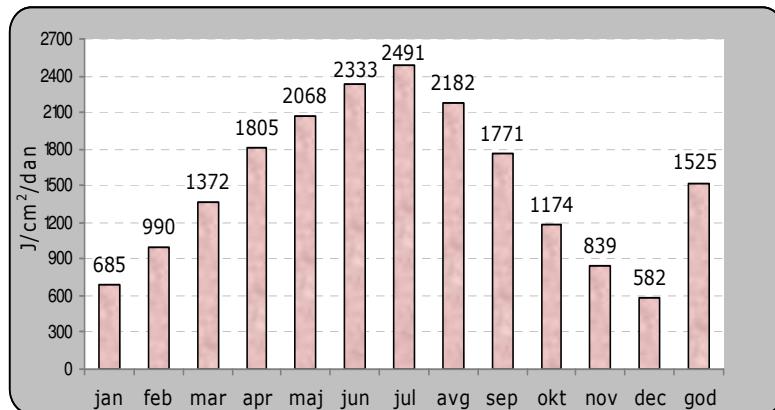
**Heliograf, u pozadini meteorološki krug**

DBurić

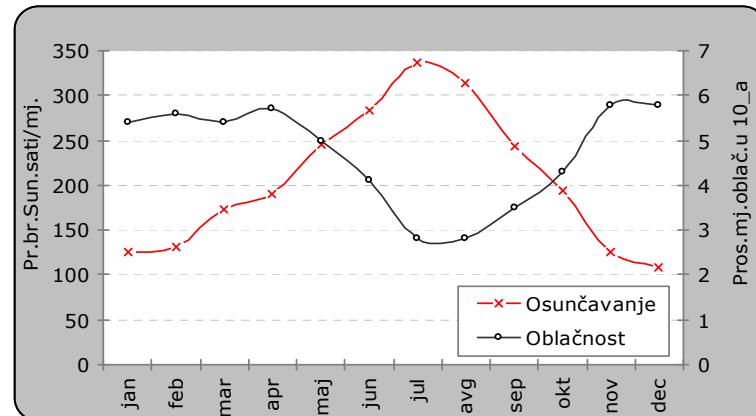
## PRIKAZIVANJE RADIJACIJE I OSUNČAVANJA

Svi parametri klimatskih elemenata mogu se prikazati tabelarno i to je najpreciznije, ali ne i najočiglednije. Radi očiglednosti, parametri se mogu prikazati grafički (krivim ili izlomljenim linijama (poligon) i histogramima (stubići, pravougaonici i sl), a prostorna raspodjela kartografski – izolinijama.

Primjer:



**Srednje dnevne sume globalnog zračenja u Podgorici (1980 -1985)**



**Godišnji hod osunčavanja i oblačnosti u Podgorici (1961 -2000)**

**Mjesečne i godišnje sume osunčavanja horizontalnih površina u Podgorici za period 1961-2000. god. (prosječno, apsolutno, potencijalno, relativno i dnevno osunč.)**

	Mjeseci												god
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
Osunčavanje													
Sr.vr.(čas)	127	131	174	191	246	283	338	313	244	195	125	110	2477
Aps.max .(čas)	229	215	255	262	308	336	393	362	314	291	211	176	2723
Aps.min .(čas)	49	45	93	139	131	207	266	239	169	99	56	28	2180
Potenc.(čas)	294	300	370	401	452	456	465	429	374	342	293	282	4458
Relativ.(%)	43	43.8	47.1	47.5	54.5	61.9	72.6	73.5	65.3	57	42.7	38.9	55.6
Br.Sun.sati/dan	4.1	4.7	5.6	6.4	7.9	9.4	10.9	10.1	8.1	6.3	4.2	3.5	6.8

**PRIMJER> SUME OSUNČAVANJA U PODGORICI, PERIOD 1961-1980.**

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	oct	nov	dec	god
1961	111.5	211.6	230.7	197.8	245.2	292.3	347.3	362.1	313.9	202.5	86.3	98.7	2699.9
1962	122.2	125.5	93	201.4	307.9	243.6	310.7	343	226.5	204.4	55.5	98.1	2331.8
1963	76.7	78.6	164.7	215.9	265.6	267.7	335.2	340.8	280.2	214.2	100.2	89.3	2429.1
1964	206.8	141.5	134.1	215	246.3	288.7	337	308.2	249.8	98.7	118.6	89	2433.7
1965	125.5	126.9	214.3	169.5	262.6	306.4	392.6	300.3	237.8	291.2	109.6	73.2	2609.9
1966	97.1	109.2	178.2	159.9	254.5	309.5	335.5	334.5	290.1	158.7	83.9	68	2379.1
1967	136.7	175.6	158.7	162.3	239.2	285.6	323.9	360.9	224	250.6	171.1	79.5	2568.1
1968	126.8	84.4	214.8	262.1	250.9	242.6	377.3	246.6	205	238.1	113.9	96.8	2459.3
1969	143.7	54.7	96.3	224.9	289	232.5	334.5	285.6	215.1	284.8	115.4	47.4	2323.9
1970	68	88.7	185.4	188.8	218.9	310.1	343.7	297.8	301	221.8	147.5	141.6	2513.3
1971	84.7	144	138.4	183.8	219.1	296.6	321.3	337.2	194.7	247.1	130.1	153.9	2231.8
1972	48.9	106.1	196.3	179	248.1	317.8	265.6	289.1	178	149	144.6	150.3	2272.8
1973	85.4	101.5	182.2	145.8	305.2	278.5	306.3	324	256.9	221.6	150.1	71.1	2428.6
1974	154.2	126.9	200.7	159.3	219.1	279.7	368.7	335.6	247.9	157.1	150.4	153.9	2553.5
1975	199.1	180.1	115.8	229.1	241.1	271.8	358.7	283.8	291.2	192	116.1	176.3	2655.1
1976	144.5	172.7	219.1	168.7	252.7	265.9	304.9	289.8	213.9	175.6	87.9	92.1	2387.8
1977	101.5	99.5	220.9	249.9	275.7	321.1	356.9	308.6	257.4	256.3	105.1	161.1	2714
1978	119	68.4	194.9	139.7	183.8	286	380.7	327	211.1	181	211.3	82	2384.9
1979	96.5	102.2	164	177.8	285.1	268.3	356	290.1	271.3	184.8	81	124	2401.1
1980	79.5	205.7	155.6	174.8	131	270.1	325.2	315.9	282.6	164.3	79.4	121.6	2305.7
<b>sr.v.</b>	<b>116.4</b>	<b>125.2</b>	<b>172.9</b>	<b>190.3</b>	<b>248.5</b>	<b>281.7</b>	<b>339.1</b>	<b>314.0</b>	<b>247.4</b>	<b>204.7</b>	<b>117.9</b>	<b>108.4</b>	<b>2454.2</b>
<b>max</b>	<b>206.8</b>	<b>211.6</b>	<b>230.7</b>	<b>262.1</b>	<b>307.9</b>	<b>321.1</b>	<b>392.6</b>	<b>362.1</b>	<b>313.9</b>	<b>291.2</b>	<b>211.3</b>	<b>176.3</b>	<b>2714</b>
<b>min</b>	<b>48.9</b>	<b>54.7</b>	<b>93</b>	<b>139.7</b>	<b>131</b>	<b>232.5</b>	<b>265.6</b>	<b>246.6</b>	<b>178</b>	<b>98.7</b>	<b>55.5</b>	<b>47.4</b>	<b>2231.8</b>
<b>st.d.</b>	<b>40.7</b>	<b>44.8</b>	<b>41.2</b>	<b>33.7</b>	<b>41.4</b>	<b>24.9</b>	<b>30.1</b>	<b>29.3</b>	<b>38.4</b>	<b>48.4</b>	<b>36.8</b>	<b>36.8</b>	<b>140.4</b>

## Pitanja

1. Kakva je priroda Sunčevog zračenja?
2. Kakav je značaj Sunčevog zračenja za klimatski sistem?
3. Spektar Sunčevog zračenja?
4. Kako visina Sunca iznad horizonta utiče na zagrijavanje Zemljine površine?
5. Šta objašnjava Lambertov zakon?
6. Šta su radijacija i insolacija?
7. Šta je transmisioni koeficijent?
8. Kako efektivno izračivanje zavisi od oblačnosti?
9. Toplotni bilans?
10. Selektivna apsorpcija i difizna refleksija?
11. Komponente kratkotalasnog i dugotalasnog zračenja – definicija i jedinica mjere?
12. Šta je albedo, kako se računa i u kojim jedinicama se izražava?
13. Kako se određuju komponente zračenja?
14. Šta je osunčavanje ?
15. Dana 15. jula 1999. godine, intenzitet globalnog zračenja u 12 časova u Podgorici je iznosio  $288,3 \text{ W/m}^2$ . Izračunati sumu globalnog zračenja u džulima (J) za 1 čas? (Rešenje =  $17298,6 \text{ J/m}^2 \cdot \text{dan} = 17,299 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{dan}$ )
16. Srednje mjesечно osunčavanje u Podgorici za mjesec janura iznosi 127 časova. Izračunati relativno trajanje sijanja Sunca, ako potencijalno osunčavanje za taj mjesec u Podgorici iznosi 294 časa? (rešenje 43,2%).
17. Srednje osunčavanje na jedan dan na Žabljaku, u periodu 1961-1990. godina, iznosi redom po mjesecima (u časovima): 2,9; 3,5; 4,5; 5,3; 6,1; 6,8; 8,3; 7,6; 6,5; 5,3; 3,6 i 2,9. Koliko iznosi prosječno mjesечно i godišnje osunčavanje? Rešenje:

jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	god
89.9	99.8	139.5	159.0	189.1	204.0	257.3	235.6	195.0	164.3	108.0	89.9	1931.4

## **2. TEMPERATURA VAZDUHA**

Veoma često se pojam temperature poistovjećuje sa pojmom topote, što je pogrešno. Naime, topota je oblik energije koji nastaje od unutrašnjeg nevidljivog kretanja molekula. Topota je vezana za izvjesnu masu tijela (količinu), odnosno ima kvantitativnu vrijednost i izražava se u kalorijama (cal) ili đulima (J). Topotno stanje tijela mjeri se preko temperature, ili, temperatura je mjera za zoplotno stanje tijela, a to znači da temperatura ima kvalitativnu vrijednost i izražava se u stepenima ( $^{\circ}$ ).

Temperatura vazduha spada u najvažnije meteorološke elemente, jer promjene topotnog stanja vazduha uslovjavaju promjene ostalih meteoroloških elemenata i pojava. Ova činjenica ukazuje da podaci o temperaturi služe kao osnova za analizu i tumačenje gotovo svih vremenskih i klimatskih karakteristika. Uglavnom se na osnovu tzv. hidrotermičke analize (padavine i temperatura) vrše proučavanja klime i klimatske rejonizacije prostora.

Temperatura vazduha se odnosi na temperaturu mjerenu u termometarskom zaklonu i na 2 m visine iznad tla. Time su termometar i termograf zaštićeni od direktnog zračenja Sunca, a istovremeno i izloženi slobodnoj cirkulaciji vazduha. Kada se mjeri neka druga temperatura, onda se to mora naznačiti, npr. temperatura vazduha na 5 cm iznad tla, ili na 1 m iznad tla, ili na 100 iznad topografske površine. Kada se kaže temperatura vazduha, onda se to ne mora naglašavati, jer se podrazumijeva da se radi o temperaturi na 2 m visine iznad tla, to je standard svuda u svijetu.

Izvori topote za Zemljinu površinu i atmosferu:

- ✓ Primarni (glavni) izvor topote Zemljine površine i atmosfere je Sunce. Svi ostali izvori su zanemarljivi, a to su:
  - ✓ Izvori iz unutrašnjosti Zemlje.
  - ✓ Zvijezde.
  - ✓ Mjesec.
  - ✓ Antropogena proizvodnja energije (značajna samo za ograničene prostore – gradovi, industrijski rejoni i sl).

## Instrumenti za mjerjenje temperature vazduha – termometar i termograf

1. obični (živin) termometar (suvi i mokri),
2. maksimalni (živin) termometar,
3. minimalni (alkoholni) termometar,
4. psihrometar,
5. termograf,
6. automatska meteorološka stanica (AMS) – pomoću senzora.

Angloamerika (SAD, Kanada) – Farenhajtovi stepeni  
Francuska – Reomirovi stepeni  
Evropa – Celzijusovi stepeni

Skale za mjerjenje temperature:

### Farenhajt

tačka mržnjenja vode na  $32^{\circ}\text{F}$ , tačka ključanja vode  $212^{\circ}\text{F}$

### Reomir

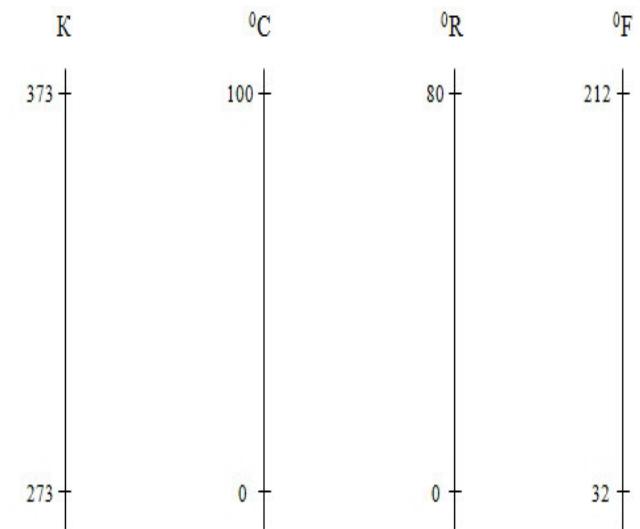
tačka mržnjenja vode na  $0^{\circ}\text{R}$ , tačka ključanja vode  $80^{\circ}\text{R}$

### Celzijus

tačka ključanja vode na  $0^{\circ}\text{C}$ , tačka mržnjenja vode  $100^{\circ}\text{C}$ .

Kasnije su Line i Štremer obrnuli ove tačke.

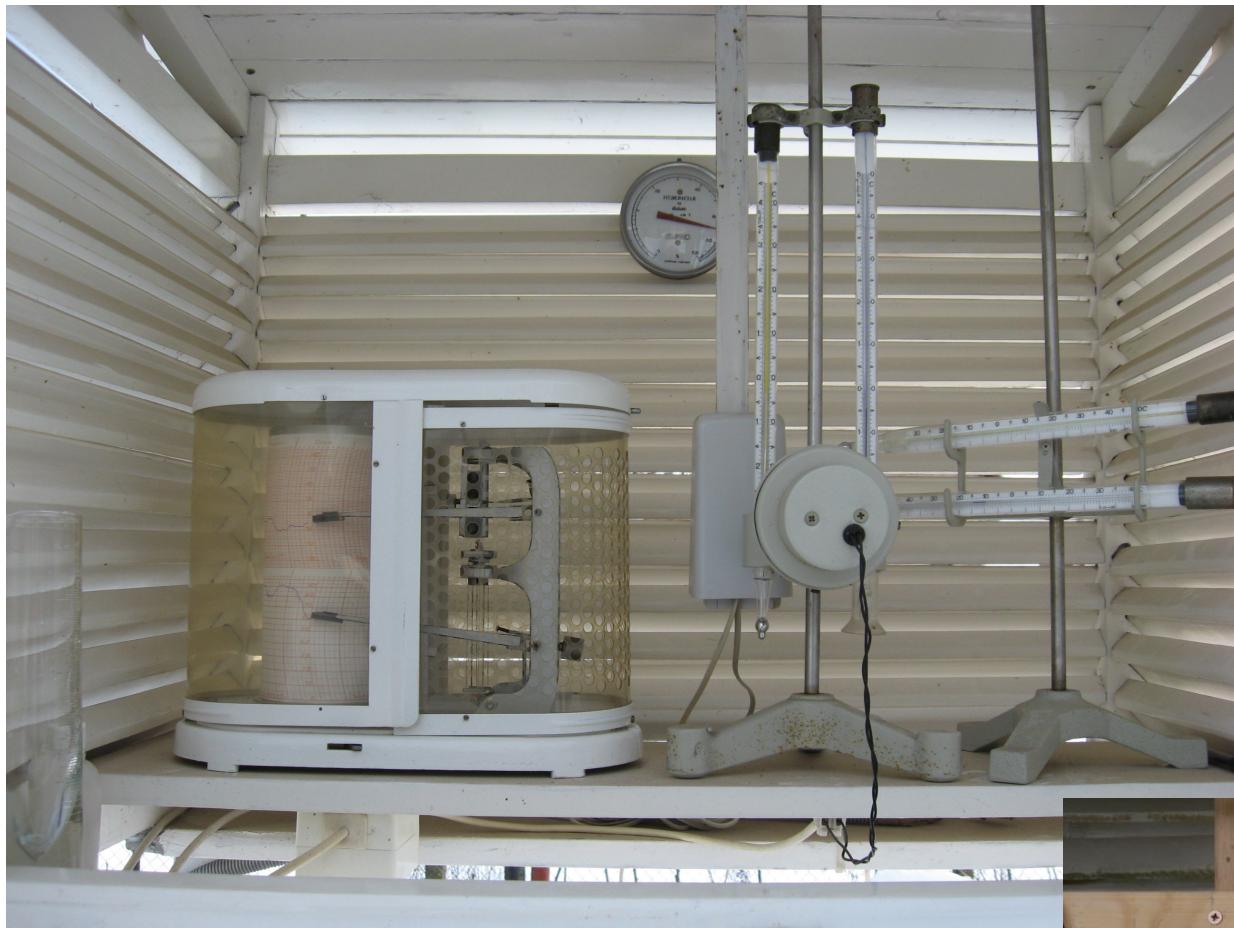
Dakle, pri mjerenu temperature koriste se ove tri skale (Reomirova, Celzijusova i Farenhajtova skala), kao i absolutna temperatura (K). Kod nas se, i uopšte u Evropi (osim u Britaniji -  $^{\circ}\text{F}$ ), koristi Celzijusova skala ( $^{\circ}\text{C}$ ).



Preračunavanje temperature iz jedne u drugu skalu vrši se pomoću formule:

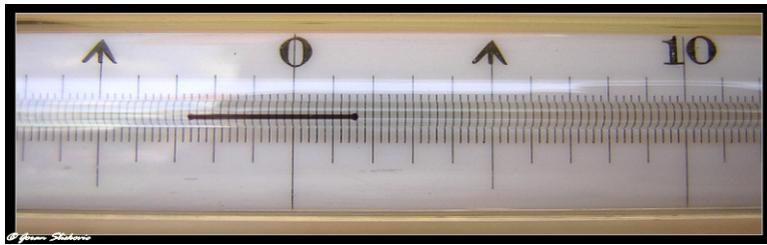
$$R/4 = C/5 = (F-32)/9.$$

**Apsolutna temperatura (termodinamička temperatura):  $T=273+t$  ( $0\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$ ;  $0^{\circ}\text{C}=273\text{K}$ )**



Unutrašnjost meteorološkog zaklona sa psihrometrom (kombinacija suvog i mokrog termometra), maksimalnim i minimalnim termometrom, termografom i higrometrom (za relativnu vlažnost vazduha).

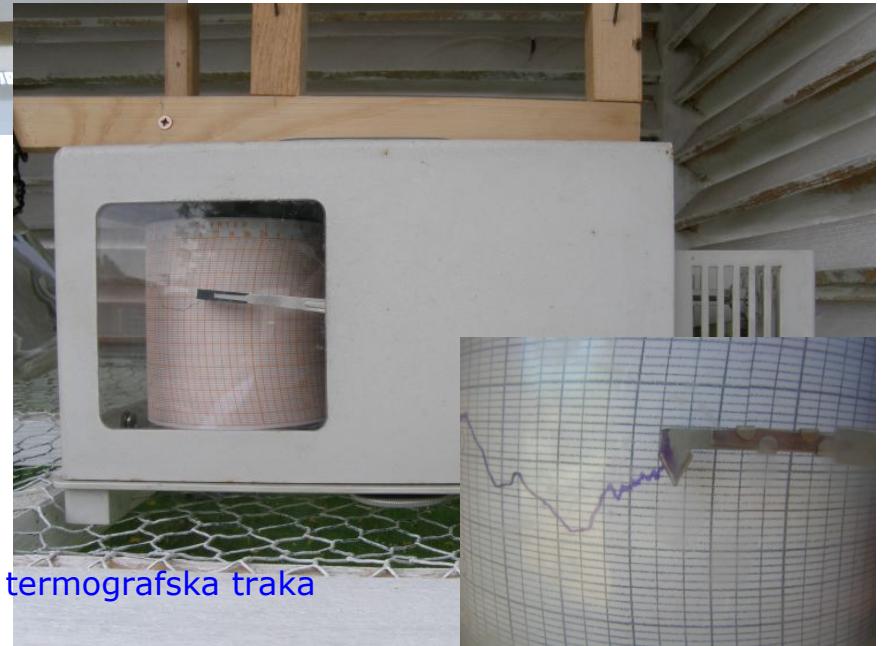
Higrometar



Dio minimalnog termometra

DBurić

Termograf i termografska traka



## Zagrijavanje i hlađenje vazduha

### Zagrijavanje vazduha

- **Zemljinom radijacijom (neposrednim prolaskom tamnih topotnih dugotalasnih zraka kroz vazduh, koje izračuje Zemljina površina a vazduh apsorbuje) – najznačajniji izvor toplote za vazduh.**
- **Apsorpcijom Sunčevog kratkotalasnog zračenja.**
- **Kondukcijom, tj. sporim molekularnim provođenjem toplote od podloge sa čestice na česticu vazduha.**
- **Konvektivnim vazdušnim strujama (uzlazne – ascedentne i silazne – descedentne).**
- **Turbulencijom vazduha (termička i dinamička turbulencija).**
- **Advekcijom vazduha (vjetar).**
- **Kondezacijom vodene pare u vazduha (oslobađa se latentna toplota)**
- **Kompresijom – pri supsidenciji (spuštanju) vazduha javlja se kompresija (sabijanje) i njegovo tzv. adijabatsko zagrijavanje (po suvoj ili vlažnoj adijabati).**
- **Trenjem između čestica vazduha ili vazduha i podloge.**

### Hlađenje vazduha

- **Izračivanjem vlastite toplote.**
- **Pri dodiru sa hladnjom podlogom (pojava temperaturne inverzije).**
- **Pri isparavanju vode.**

S obzirom na to da se prizemni sloj vazduha zagrijava i hlađi uglavnom od podloge, a da se razmjena (prenošenje) topline vrši pri haotičnom komešanju čestica, tj. posredstvom vazdušnih strujanja (advektivnim, konvektivnim i turbulentnim strujanjem vazduha), promjena temperature vazduha umnogome zavisi od temperaturnih promjena podloge iznad koje se nalazi. Zagrijavanje i hlađenje Zemljine površine zavisi od nekoliko osobina: razlike u temperaturi površine i dubljih slojeva Zemlje, specifične topline Zemljine površine, dijatermnosti i provodljivosti topline. Ove osobine su različite za razne podloge, zato su i toplotni procesi različiti, kako podloge tako i vazduha iznad nje.

**Specifična toplota** – težinska ( $J/g$ ) i zapreminska ( $J/cm^3$ ); vode ( $4,19 J/cm^3$ ), kopna ( $2,05-2,51 J/cm^3$ ) i vazduha ( $0,0013 J/cm^3$ ).

**Bilans toplote u podlozi ( $Q$ ,  $J/cm^2$ )** – razlika između akumulirane količine topline u danoj podlozi tokom ljetnje polovine godine i iste koju ta podloga izrači (odpusti) u zimskoj polovini godine. Računa se po obrazcu:

$$Q=c \cdot h \cdot \Delta T \quad (J/cm^2)$$

$c$  – zapreminska specifična toplota ( $J/cm^3$ ).

$h$  – dubina do koje se osjeća godišnje kolebanje temperature (cm).

$\Delta T$  – razlika između najviše i najniže srednje mjesecne temperature u prosječnoj godini ( $^0C$ ).

**Primjer:** Dubina do koje se osjeća godišnje kolebanje temperature zemljišta u Podgorici je 12 m = 1200 cm.

Razlika u srednjoj temperaturi ovog stuba (12 m i presjeka  $1cm^2$ ) između avgusta i februara iznosi:

$$\Delta T=15,7-12,2=3,5^0C$$

Specifična toplota kopna je  $2,31 \text{ J/cm}^3$ .

Količina akumulirane topline kopna je:

$$Q_k=c \cdot h \cdot \Delta T = 2,31 \cdot 1200 \cdot 3,5 = 9702 \text{ J/cm}^2$$

**Primjer:** Dubina do koje se osjeća godišnje kolebanje temperature vode Jadranskog mora 90 km jugozapano od Herceg Novog je oko 70 m = 7000 cm.

Razlika u temperaturi vode između septembra i marta iznosi:  $\Delta T=19,5-12,7=6,8^0C$ .

Specifična toplota vode je  $4,186 \text{ J/cm}^3$ .

Količina akumulirane topline vode ili toplotni bilans u Jadranskom moru je:

$$Q_J=c \cdot h \cdot \Delta T = 4,186 \cdot 7000 \cdot 6,8 = 199253,6 \text{ J/cm}^2$$

Dakle, u ljetnjoj polovini godine u vodenom stubu dubine od 70 m i poprečnog presjeka od  $1cm^2$  akumulira se 20,5 puta ( $Q_J/Q_k$ ) više toplotne energije nego u stubu kopna istog presjeke i dubine od 12 m. Zato su zime u maritimnom klimatu blage.

## Termički gradijent

Vazduh se zagrijava, prije svega, od podloge, a to znači da je najviše zagrijan sam neposredan sloj vazduha iznad podloge, a svaki viši je sve manje zagrijan. Drugim riječima, temperatura vazduha opada sa visinom. Opadanje temperature sa visinom se javlja i zbog toga što: sa porastom visine vazduh postaje sve rjedi, pa više gubi toplotu nego što je apsorbuje, smanjena je površina koja se zagrijava Sunčevim zračenjem, pa se na samom vrhu ili grebenu planine teorijski svodi na tačku ili liniju, na visinama je vjetar jači, pa odnosi topliji vazduh a na njegovo mjesto donosi hladniji (vjetar uvek duva od prostora sa nižom temperaturom ka prostoru sa višom temperaturom), i na kraju, sa izdizanjem zagrijanog prizemnog vazduha on se adijabatski hlađi.

**Vertikalni gradijent temperature (TG)** – promjena temperature vazduha sa porastom nadmorske visine na 100 m visinske razlike i izražava se u  $^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ . Dobija se po formuli:

$$\underline{\text{TG} = (\Delta T / \Delta H) \cdot 100 \text{ } (^{\circ}\text{C}/100\text{m})}$$

$\Delta T$  – razlika u temperaturi između niže i više stanice ( $\Delta T = T_1 - T_2$ )

$\Delta H$  – razlika u visini između više i niže stanice ( $\Delta H = H_2 - H_1$ )

Vrijednost temperaturnog gradijenta se mijenja, i u prostoru i u vremenu, ali u prosjeku u troposferi iznosi oko  $0,6^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$  visine (na svakih 100 m visine temperatura opada za  $0,6^{\circ}\text{C}$ ).

**Temperaturna inverzija** – pojava kada temperatura vazduha raste sa visinom. To se dešava zimi i noću pri vedrom i tihom vremenu, kada je veliko izračivanje podloge i kada se u depresijama (kotlinama, kraškim poljima) spušta hladan (teži) vazduh u ta udubljenja (jezero hladnog vazduha).

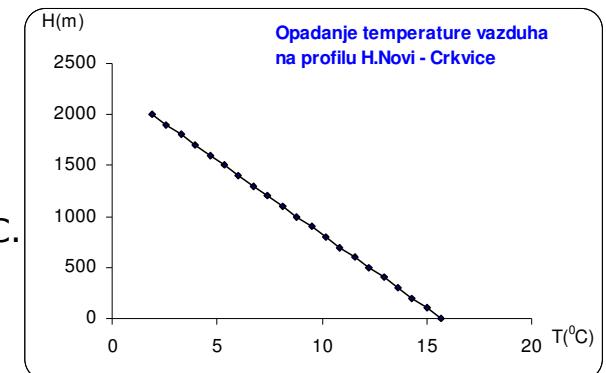
Kada temperatura vazduha opada sa visinom, TG ima pozitivnu vrijednost, a kada raste TG je negativan. Ukoliko nema promjene temperature sa visinom, TG je jednak nuli – **izotermija**.

**Primjer:** izračunaj temperaturni gradijent na profilu Herceg Novi – Crkvica?

Prva stanica leži na visini od 10 m iznad mora, a druga na 937 m.

Srednja godišnja temperatura u H.Novom iznosi  $15,6^{\circ}\text{C}$ , a u Crkvicama  $9,1^{\circ}\text{C}$ .

$$\begin{aligned} \text{TG} &= (\Delta T / \Delta H) \cdot 100 = (T_1 - T_2 / H_2 - H_1) \cdot 100 = ((15,6 - 9,1) / (937 - 10)) \cdot 100 = \\ &= (6,5 / 927) \cdot 100 = 0,00668 \cdot 100 = \mathbf{0,69} \text{ } ^{\circ}\text{C}/100\text{m} \end{aligned}$$



Pomoću vrijednosti temperaturnog gradijenta možemo izračunati **temperaturu vazduha na bilo kojoj visini** ( $T_3$ ), pomoću formule:  $T_3 = T_1 - (TG/100) \cdot \Delta H$ , gdje je:

$T_1$  – izmjerena temperatura na nekoj stanici

$TG$  – temperaturni gradijent

$\Delta H$  – visinska razlika između mjesta čiju temperaturu tražimo ( $T_x$ ) i mjesta (stanice) čija je temperatura poznata ( $T_1$ ):  $\Delta H = T_x - T_1$

Primjer: pomoću vrijednosti gradijenta na profilu H.Novi-Crkvice ( $0,69 \text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ), izračunati srednju godišnju temperaturu u mjestu koje se nalazi na  $500 \text{ m}$  visine na pomenutom profilu?

Ako računamo u odnosu na temperaturu H.Novog, biće:

$$T_1 = 15,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$TG = 0,69 \text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$$

$$\Delta H = 500 - 10 = 490$$

$$T_3 = T_1 - (TG/100) \cdot \Delta H = 15,6 - (0,69/100) \cdot 490 = 15,6 - (0,0069) \cdot (500 - 10) = 15,6 - (0,0069 \cdot 490) = 15,6 - 3,381 = \mathbf{12,2 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

Ako računamo u odnosu na temperaturu Crkvica, biće:

$$T_1 = 9,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$TG = 0,69 \text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$$

$$\Delta H = 500 - 937 = -437$$

$$T_3 = T_1 - (TG/100) \cdot \Delta H = 9,1 - (0,69/100) \cdot (500 - 937) = 9,1 - (0,0069) \cdot (-437) = 9,1 - (0,0069 \cdot (-437)) = 9,1 - (-3,015) = 9,1 + 3,015 = \mathbf{12,1 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

Pri izradi izoternih karata, srednje mjesecne i srednje godišnje **temperature se svode na nivo mora** ( $T_o$ ), po obrazcu:  $T_o = T_s + (TG/100) \cdot H_s$ , gdje je:

$T_s$ -temperatura na nekoj stanici

$H_s$ -nadmorska visina te stanice

Slično se i vrijednosti **drugih klimatskih elemenata mogu redukovati na morski nivo**, po obrazcu:

$$F_o = F_s + FG \cdot H_s, \text{ gdje je:}$$

$F_o$ -redukovana vrijednost

$F_s$ -vrijednost na nekoj stanici

$H_s$ -nadmorska visina te stanice

$FG$  – vrijednost gradijenta datog elementa

## **Temperaturne sume**

Sume temperature vazduha se koriste u agroklimatologiji (za potrebe poljoprivrede) kao pokazatelj toplotnih uslova nekog prostora. Svaka biljka ima potrebu za određenom količinom toplote tokom vegetacionog perioda, pa se temperatura vazduha smatra najznačajnijim klimatskim elementom koji utiče na vegetaciju (rasprostranjenje i bujnost).

**Temperaturne sume** – sume srednjih dnevnih temperatura vazduha u vegetacionom periodu određene biljne vrste (od početnog pa da završnog stadijuma u njenom razviću). U poljoprivredi se to obično računa od dana nicanja do dana sazrijevanja ploda. Primjerera radi, biološka suma temperatura za kukuruz je oko  $2700^{\circ}\text{C}$ , za krompir oko  $2000^{\circ}\text{C}$ , za ječam oko  $1900^{\circ}\text{C}$ , za pirinač oko  $4000^{\circ}\text{C}$  itd. Najkraće rečeno, temperaturna suma predstavlja zbir srednjih dnevnih temperatura iznad određenog praga temperature. Obično su to pragovi od 5, 10 i  $15^{\circ}\text{C}$ , jer predstavljaju izvjesne pokazatelje za analizu uslova razvoja poljoprivrede, turističke sezone i sl. Tako se obično kao trajanje turističke sezone upotrebljava period sa srednjom dnevnom temperaturom iznad  $10^{\circ}\text{C}$ , a ovaj prag predstavlja i početak vegetacionog perioda za većinu srednjeevropskih biljaka.

Fiziološki procesi kod biljaka, kao što su fotosinteza, transpiracija, disimilacija, apsorpcija hranljivih materija i drugi, kao i sam tempo razvića biljaka zavise od temperature vazduha. Donja granica temperature pri kojoj biljke ulaze u određenu fazu razvića naziva se biološki minimum. Pad temperature ispod biološkog minimuma dovodi do zastoja u rastu i razviću biljke, ali ne i do njenog uginuća. Temperature iznad biološkog minimuma nazivaju se aktivne temperature. Kada se aktivne temperature umanju za veličinu biološkog minimuma dobijaju se efektivne temperature. Primjera radi, ako biološki minimum za početak rasta ozime pšenice iznosi  $5^{\circ}\text{C}$ , a temperatura u nekom danu iznosi  $15,6^{\circ}\text{C}$ , onda je aktivna temperatura tog dana  $15,6^{\circ}\text{C}$ , a efektivna  $10,6^{\circ}\text{C}$  ( $15,6-5,0$ ). Na osnovu sume aktivnih temperatura može se procijeniti mogućnost gajenja određene biljne vrste u nekom rejonu, a na osnovu sume efektivnih temperatura može se procijeniti tempo razvića biljke.

## Izračunavanje temperaturnih sumi

Temperaturne sume se izračunavaju za vremenski period u prosječnoj godini kada su srednje dnevne temperature bile uglavnom  $\geq 5^{\circ}\text{C}$ , ili  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ , ili  $\geq 15^{\circ}\text{C}$ . Temperaturne sume su mogu izračunati grafičkom i računskom metodom. U oba slučaja, najbitnije je odrediti srednji datum početka i završetka perioda sa određenom graničnom temperaturom ( $\geq 5, 10$  ili  $15^{\circ}\text{C}$ ).

### Grafički metod određivanja temperaturnih sumi

Postupak je sledeći:

1. Grafički prikazati prosječni godišnji tok temperature za dato mjesto (u ovom slučaju za Podgoricu) na milimetarskom papiru. Na apscisi se nanosi vrujeme (dani i mjeseci), i to tako da rastojanje od srednje temperature januara i februara bude 31 mm, februara i marta 28 mm, marta i aprila 30 mm itd. Rastojanja između dva uzastopna mjeseca u milimetrima predstavljaju, dakle, dane u mjesecu. Srednja mjesecna temperatura odgovara srednjem danu u datom mjesecu. Treba naglasiti da se počinje sa decembarskom temperaturom, a završava sa januarskom, kao i to da se negativne vrijednosti ne ucrtavaju. Na ordinati se nanosi vrijednost temperature tako da 5 mm predstavljaju  $1^{\circ}\text{C}$ .
2. Odrede se datumi početka i završetka temperature od npr. 10 i više stepeni. To se radi tako što se sa ordinate od  $10^{\circ}\text{C}$  povuče horizontala koja sijeće krivu temperature (crvena linija – tačke A i B). Iz presjeka ove horizontale i krive temperature povuče se normala do apscise – to su dvije vertikale (plave linije – tačke A' i B'), a zatim se na apscisi pročita datum početka i završetka perioda sa srednjom dnevnom temperaturom od 10 i više stepeni. To su 15.mart i 18. novembar. U tabeli se pročita kojem rednom broju dana u običnoj godini odgovara datum početka i završetka – 15. III je 74, a 18. XI je 322 dan u godini. Razlika ova dva broja predstavlja srednju dužinu trajanja perioda u danima sa srednjom dnevnom temperaturom  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ , a to je 248 dana. Dakle, 248 dana je, u prosječnoj godini, srednja dnevna temperatura vazduha u Podgorici  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ .
3. Na grafikonu se pročita temperatura poslednjeg dana u martu i prvog dana u novembru, analogno prethodnom postupku (tačke C, C', D i D'). Dana 31. marta prosječna temperatura je  $12,0^{\circ}\text{C}$ , a dana 1.novembra je  $13,2^{\circ}\text{C}$ .
4. Izračunaju se površine dva dobijena trapeza: AA'CC' i DD'BB'. Dobijene površine predstavljaju temperaturne sume za one dane marta i novembra kada je srednja dnevna temperatura bila  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ . Površina trapeza je:  
 $P=((a+b)/2)\cdot h$ , odnosno,  
za prvi trapez:  $\Sigma T_3=((AA'+CC')/2)\cdot A'C'=(10,0+12,0)/2\cdot 17=187,0^{\circ}\text{C}$   
za drugi trapez:  $\Sigma T_{11}=((DD'+BB')/2)\cdot D'B'=(13,2+10,0)/2\cdot 18=208,8^{\circ}\text{C}$
5. Izračunaju se temperaturne sume za mjesece između ova dva (marta i novembra), i to tako što se srednja mjesecna temperatura datog mjeseca pomnoži sa brojem dana u tom mjesecu:

Za mart:

$$\Sigma T_3 = ((AA' + CC')/2) \cdot A'C' = (10,0 + 12,0)/2 \cdot 17 = 187,0^{\circ}\text{C}$$

(AA'-granična temperatura; CC'-temperatura poslednjeg dana u martu; A'C'-broj dana od datuma granične temperature do poslednjeg dana u martu)

$$\text{Za april: } \Sigma T_4 = 13,9 \cdot 30 = 418,1^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Za maj: } \Sigma T_5 = 19,0 \cdot 31 = 588,8^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Za jun: } \Sigma T_6 = 22,8 \cdot 30 = 684,1^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Za jul: } \Sigma T_7 = 26,0 \cdot 31 = 805,5^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Za avg: } \Sigma T_8 = 25,6 \cdot 31 = 792,1^{\circ}\text{C}$$

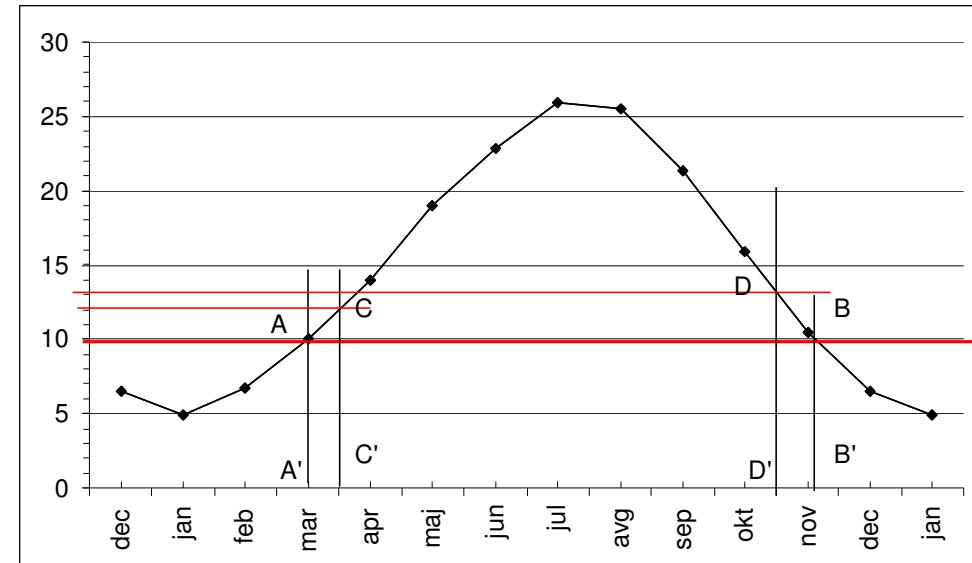
$$\text{Za sep: } \Sigma T_9 = 21,4 \cdot 30 = 661,1^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Za okt: } \Sigma T_{10} = 15,9 \cdot 31 = 494,1^{\circ}\text{C}$$

Za novembar:

$$\Sigma T_{11} = ((DD' + BB')/2) \cdot D'B' = (13,2 + 10,0)/2 \cdot 18 = 208,8$$

$^{\circ}\text{C}$  (DD'- temperatura prvog dana u novembru; BB'- granična temperatura; D'B'-broj dana od prvog dana u novembru do datuma granične temperature u novembru)



**Za godinu:  $\Sigma T = \Sigma T_3 + \Sigma T_4 + \Sigma T_5 + \Sigma T_6 + \Sigma T_7 + \Sigma T_8 + \Sigma T_9 + \Sigma T_{10} + \Sigma T_{11} = 4819,7^{\circ}\text{C}$**

Srednje mjesечne temperature i odgovarajuće temperaturne sume za dane sa srednjom dnevnom temperaturom  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  dobijene grafičkom metodom

Mjesec	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	god
Sr.mjes.tem( $^{\circ}\text{C}$ )	5.0	6.8	10.0	13.9	19.0	22.8	26.0	25.6	21.4	15.9	10.5	6.5	
Bbroj dana sa $T \geq 10^{\circ}\text{C}$			17	30	31	30	31	31	30	31	18		
Temp. suma			187.0	418.1	588.8	684.1	805.5	792.1	641.1	494.1	208.8		4819,7

## PARAMETRI TEMPERATURE VAZDUHA

1. Srednja dnevna temperatura – aritmetička sredina izmjerenih vrijednosti u klimatološkim terminima:  $T=(T_7+T_{14}+T_{21})/3$  ili  $T=(T_7+T_{14}+2T_{21})/4$ . Na glavnim stanicama može se računati iz glavnih i sporednih termina (ukupno 8 termina, pa njihova sredina) ili satnih termina (aritmetička sredina 24 termina).
2. Srednja mjesecačna temperatura – aritmetička sredina srednjih dnevnih vrijednosti za dati mjesec.
3. Srednja godišnja temperatura – aritmetička sredina srednjih mješevnih temperatura u datoj godini.
4. Srednja temperatura hladne polovine godine – aritmetička sredina srednjih mješevnih temperatura perioda oktobar-mart (oktobar prethodne godine, mart sledeće godine).
5. Srednja temperatura tople polovine godine – aritmetička sredina srednjih mješevnih temperatura perioda april-septembar u datoj godini.
6. Srednja zimska temperatura - aritmetička sredina srednjih mješevnih temperatura perioda decembar-februar (decembar prethodne godine, januar i februar sledeće godine).
7. Srednja proljećna temperatura - aritmetička sredina srednjih mješevnih temperatura perioda mart-maj.
8. Srednja ljetna temperatura - aritmetička sredina srednjih mješevnih temperatura perioda jun-avgust.
9. Srednja jesenna temperatura - aritmetička sredina srednjih mješevnih temperatura perioda septembar-novembar.
10. Normalna temperatura (tzv. „normala“) – sabiju se srednje temperature (mješevne, sezonske, vegetacionog perioda, godišnje) za period od minimum 30 godina (30 godina je standardni klimatski period) i dobijena vrijednost podijeli brojem godina (ako se posmatra 30 godina, onda sa 30).
11. Broj karakterističnih dana – broj dana u datoju vremenskoj jedinici sa određenom temperaturom. Može se računati za jedan mjesec ili jednu godinu, a mogu i minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti za klimatski period. Karakteristični dani su:
  - ✓ Mrazni dan – dan sa minimalnom temperaturom ispod  $0^{\circ}\text{C}$  ( $T_n < 0^{\circ}\text{C}$ ),
  - ✓ Ledeni dan - dan sa **maksimalnom** temperaturom ispod  $0^{\circ}\text{C}$  ( $T_x < 0^{\circ}\text{C}$ ),
  - ✓ Ljetnji dan – dan sa  $T_x \geq 25^{\circ}\text{C}$ ,
  - ✓ Tropski dana – dan sa  $T_x \geq 30^{\circ}\text{C}$ ,
  - ✓ Tropska noć – dan sa  $T_n > 20^{\circ}\text{C}$ ,
12. Apsolutna maksimalna temperatura – najviša izmjerena temperatura u nekom periodu (obično se određuje za mjesec i godinu).
13. Apsolutna minimalna temperatura – najniža izmjerena temperatura u nekom periodu (obično se određuje za mjesec i godinu).
14. Apsolutno kolebanje temperature – razlika između apsolutnog maksimuma i apsolutnog minimuma temperature (određuje se uglavnom za dati mjesec i godinu).

15. Periodsko godišnje kolebanje temperature ili normalno godišnje kolebanje ili prosječna godišnja amplituda – razlika između normalne mjesecne temperature najtoplijeg i najhladnjeg mjeseca.

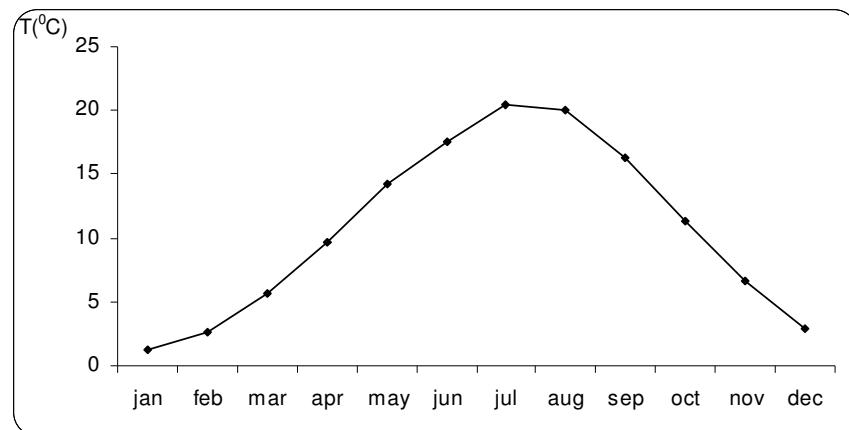
16. Neperiodsko godišnje kolebanje temperature - razlika između mjesecne temperature najtoplijeg i najhladnjeg mjeseca u jednoj godini.

## Prikazivanje temperature

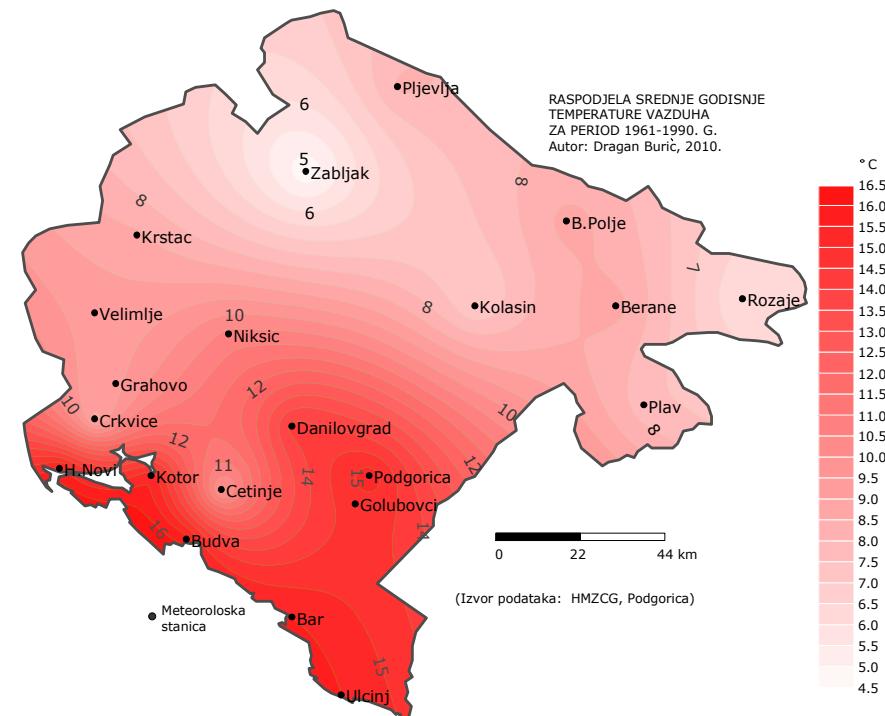
Tabelarno

Grafički – grafikoni (krive i izlomljene linije)

Prostorna raspodjela kartografski – izolinijama (izoterna, izotalantoza)



Godišnji tok temperature vazduha u Nikšiću,  
period 1961-1990.



Izotermna karta Crne Gore za period 1961-1990.

## Pitanja

1. Šta je toplota, a šta temperatura?
2. Napisati formulu za pretvaranje temperature iz jedne u drugu skalu - Celzijusovu, Farenhajtovu i Reomirovu?
3. Kako se izračunava srednja mjesecna temperatura?
4. Šta su izoterme i izotalantoze?
5. Kako se zagrijava i hlađi vazduh?
6. Šta je vertikalni termički gradijent i kako se izračunava?
7. Šta je inverzija i izotermija?
8. Koji se instrumenti koriste za mjerjenje temperature vazduha?
9. Definisati: mrazni dan, ledeni dan, ljetnji dan, tropski dan i tropsku noć?
10. Šta su temperaturne sume?
11. Izračunati temperaturni gradijent na profilu Plužine – Žabljak, ako je nadmorska visina prve stanice 780m, a druge 1450 m, srednja godišnja temperatura prve je  $8,1^{\circ}\text{C}$ , a druge  $4,6^{\circ}\text{C}$  za klimatski period?. Svesti srednju godišnju temperaturu Plužina na morski nivo?
12. U tabeli su date vrijednosti srednje mjesecne temperature vazduha u Podgorici u  $^{\circ}\text{C}$ , za period 1961-1990. Izračunati:
  - ✓ Srednju godišnju
  - ✓ Srednju temperaturu godišnjih doba
  - ✓ Srednju temperaturu tople i hladne polovine godine
  - ✓ Prosječnu godišnju amplitudu
  - ✓ Vrijednosti srednje mjesecne i srednje godišnje temperature izraziti u  $^{\circ}\text{F}$  i  $^{\circ}\text{R}$
  - ✓ Izračunati temperaturnu sumu i broj dana kada su srednje dnevne temperature  $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ?

Srednja mjesecna temperatura vazduha u Podgorici, za period 1961-1990.													
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	god
Sr. mjes. tem ( $^{\circ}\text{C}$ )	5.0	6.8	10.0	13.9	19.0	22.8	26.0	25.6	21.4	15.9	10.5	6.5	
Sr. mjes.tem ( $^{\circ}\text{F}$ )													
Sr. mjes.tem ( $^{\circ}\text{R}$ )													
Temperaturne sume ( $^{\circ}\text{C}$ )													

### 3. VAZDUŠNI PRITISAK

**Definicija** – vazdušni ili atmosferski pritisak je pritisak (sila) vazdušnog stuba presjeka od  $1\text{ cm}^2$  i visine od topografske površine do gornje granice atmosfere na  $1\text{ cm}^2$  Zemljinu površinu. Veoma je značajan meteorološki elemenat, posebno u prognozi vremena – izobarske karte čine osnovni sinoptički materijal, jer od raspodjele pritiska zavisi pravac i jačina vjetra, a od karaktera vazdušnih masa zavisi razvoj vremena.

Gustina suvog vazduha je 773 puta manja od gustine vode ( $1\text{g/cm}^3$ ). To znači da je  $1\text{cm}^3$  suvog vazduha, pod tzv. normalnim uslovima (vazdušni pritisak  $760\text{ mm Hg}$ ,  $T = 0^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 45^\circ$  i na morskom nivou – uslovi tzv. standardne atmosfere), težak svega  $0,001293$  grama ( $1/773$ ) ili  $1,29\text{ kg/m}^3$ . Pošto vazduh ima tako malu gustinu, on je nevidljiv. Dakle, normalni vazdušni pritisak (na  $T = 0^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 45^\circ$  i morskom nivou) iznosi  $760\text{ mm}$ . Mjerenje vazdušnog pritiska zasnovano je na određivanju visine živinog stuba koji drži ravnotežu vazdušnom stubu istog poprečnog presjeka, a visine do gornje granice atmosfere. Visina živinog stuba mjeri se u milimetrima (mm), pa se i vazdušni pritisak izražava u mm, a u meteorologiji i milibarima (mb) ili hektopaskalima (hPa). Matematički, pritisak ( $P$ ) se definiše kao odnos sile ( $F$ ) koja je ravnomjerno raspoređena na površini  $S$  i vertikalno na nju:  $P=F/S$  ( $1\text{N/m}^2$ ). Sila  $F$  je težina, u ovom slučaju žive koja drži ravnotežu vazdušnom stubu, a težina zavisi od gustine ( $p$ ), visine živinog stuba ( $h$ ) i gravitacionog ubrzanja ( $g$ ), pa se pritisak može izraziti kao:  $P=phg$

Živa (Hg) se pokazala kao dobar materijal za mjerenje temperature vazduha i vazdušnog pritiska – jedini tečni metal, dobro reaguje na promjene ova dva klimatska elementa i velike je gustine. Živa je ogromne gustine –  $1\text{cm}^3$  žive težak je  $13,5951\text{ g}$  ili  $1\text{m}^3$  žive težak je  $13595,1\text{ kg}$ . To znači da živin stub visine od  $760\text{ mm}$  ( $76\text{ cm}$ ) i poprečnog presjeka od  $1\text{ cm}^2$  ima težinu  $1033,2\text{ g}$  ili  $1,033\text{ kg}$  ( $76\text{ cm} \cdot 13,5951 = 1033,2\text{ g}$ ).

Prema tome, normalni vazdušni pritisak iznosi  $1,033\text{ kg/cm}^2$ . Pritisak od  $1,033\text{ kg/cm}^2$  naziva se jedna fizička atmosfera ( $1\text{ atm} = 1,033\text{ kg/cm}^2 = 1013,25\text{ mb}$ ).

Primjenom formule  $P=phg$ , dobija se da je pritisak živinog stuba:  $P = 13595,1\text{ kg/m}^3 \cdot 0,76\text{ m} \cdot 9,81\text{ m/s}^2 = 101325\text{ kg}\cdot\text{m/s}^2\cdot\text{m}^2$ . Međutim, na ovaj način normalni vazdušni pritisak nije izražen u nekoj posebnoj jedinici, komplikovano je baratati sa ovoliko jedinica mjere  $\text{kg}\cdot\text{m/s}^2\cdot\text{m}^2$ . Skraćivanjem,  $1\text{ kg}\cdot\text{m/s}^2$  je  $1\text{N}$  (njutn), a  $1\text{N/m}^2$  je  $1\text{Pa}$  (paskal). Paskal je jedinica SI sistema (međunarodni sistem jedinica), pa je normalni vazdušni pritisak  $P = 101325\text{ Pa}$ . Da bi se radilo sa manjim brojevima, jer je paskal mala jedinica, koristi se veća jedinica od paskala, a to je hektopaskal (hPa,  $1\text{ hPa} = 100\text{ Pa}$ ), pa je normalni vazdušni pritisak  $1013,25\text{ hPa}$  ( $101325/100 = 1013,25$ ). Osim hPa, u meteorologiji se pritisak izražava i u barima (bar), odnosno preciznije u milibarima (mb), mada je ova jedinica vansistemska - van SI sistema. Milibar je  $1000$ -ti dio bara. Odnos hPa i mb je  $1/1$ , tj.  $1\text{hPa} = 1\text{mb}$ .

Dakle, **normalni vazdušni pritisak na nivou mora iznosi  $760\text{ mm} = 1013,25\text{ hPa} = 1013,25\text{ mb}$ .**

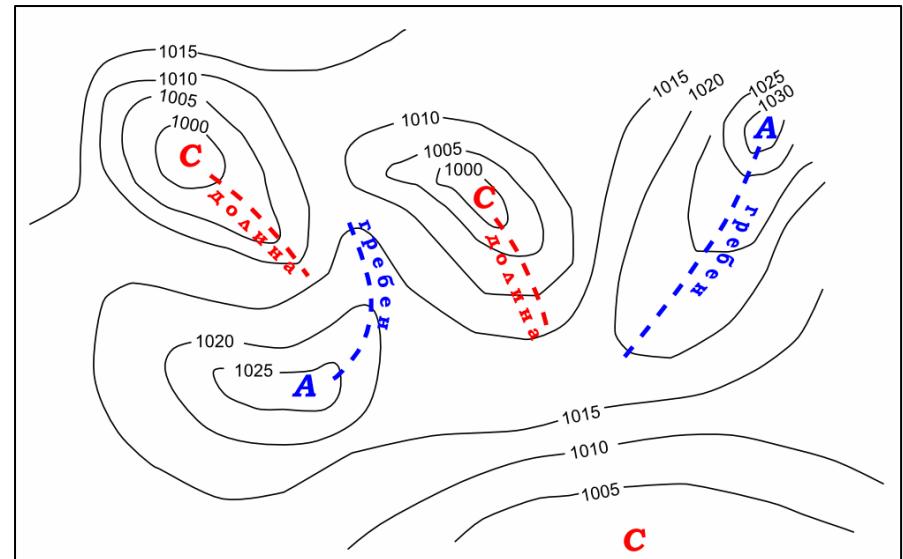
Odnos mm i mb je:  $1\text{ mb} = 0,75\text{ mm Hg}$ ;  $1\text{ mm Hg} = 1,33\text{ mb}$ .

## Promjene vazdušnog pritiska sa visinom

U stabilnoj ili mirnoj atmosferi, vazdušni pritisak se ne mijenja u horizontalnom pravcu. Međutim, atmosfera je rijetko kada stabilna. Sa porastom nadmorske visine pritisak uvijek opada, zato što se skraćuje vazdušni stub i smanjuje gustina vazduha. Na morskom nivou  $1 \text{ m}^3$  suvog vazduha, pri  $T = 0^\circ\text{C}$ , težak je 1,29 kg, a na 12 km visine svega 255 g. U prizemnom gušćem sloju vazduha, vazdušni pritisak brže opada sa visinom, u prosjeku oko 1 mm na svakih 10,5 m visine. Na većim visinama vazdušni pritisak sporije opada, na visini od 3-4 km pritisak opada 1 mm na svakih 16,5 m visine, a na 5 km visine 1 mm na 20 m visine. Dakle, promjena vazdušnog pritiska sa visinom u funkciji je gustine vazduha, a gustina vazduha je u funkciji je temperature (što je temperatura niža, vazduh je gužći i teži, i obratno). Veličina koja pokazuje koliko pritisak opada sa visinom naziva se [barometarska stopa](#), ili, visina do koje se treba popeti da bi pritisak opao za 1 mm ili 1 mb. Očigledno je da vazdušni pritisak sa visinom ne opada linearno, već eksponencijalno, a to znači da se vrijednost barometarske stope mijenja sa visinom. Vazdušni pritisak se mijenja i u horizontalnom pravcu. Veličinu opadanja vazdušnog pritiska u horizontalnom pravcu pokazuje [barometarski gradijent](#). Linija koja povezuje tačke u prizemlju (mjesta) ili na nekoj visini naziva se [izobara](#). One ograničavaju površ sa istim pritiskom, takva površ naziva se [izobarska površ](#). Izobarska površ nije horizontalna, već je njena topografija slična reljefnoj.

## Barički reljef

Prostorna raspodjela vazdušnog pritiska na površini Zemlje prikazuje se kartama sa izobarama – [izobarske karte](#). Na njima je predstavljen pritisak sveden na morski nivo. To je neophodno jer meteorološke stanice leže na različitim nadmorskim visinama, a da bi se mogli upoređivati pritisci i analizirati vrijeme, potrebno je pritisak redukovati na nivo mora. Prikaz raspodjele vazdušnog pritiska pomoću izobara naziva se **izobarski ili barički reljef**. Izobarama se, slično kao i izohipsama na topografskoj karti, prikazuju oblasti (polja) nižeg ili višeg pritiska, zato se koristi pojam barički "reljef". Na izobarskim kartama zapažaju se različiti oblici baričkog reljefa: depresije (minimumi – primarni i sekundarni), anticikloni (maksimumi – primarni i sekundarni), sedlo, dolina i greben.



**C (ciklon)** - predio niskog vazdušnog pritiska.  
**A (anticiklon)** - predio visokog vazdušnog pritiska  
**Međusistemi:** dolina, greben i sedlo.

## Cikloni i anticikloni

Kao posljedica nejednakog zagrijavanja Zemljine površine, raspodjela atmosferskog pritiska je neravnomerna, a to uslovljava postojanje barskih sistema. Dva osnovna tipa barskih sistema su ciklon ili oblast niskog pritiska i anticiklon ili oblast visokog pritiska.

**Ciklon** je polje ili oblast niskog vazdušnog pritiska. To je veliki pokretni atmosferski vrtlog, prečnika 200 do 400 km, a u umjerenim širinama oko 1000 i više km (može i do 5000 km). Jedan je od osnovnih oblika baričkih tvorevina. Pritisak vazduha u ciklonima je najmanji u centru (ispod 760 mm ili 1013 mb), dok se od centra prema periferiji povećava. U ciklonu je strujanje vazduha ka centru (vazdušne struje konvergiraju ka centru), odnosno na sjevernoj hemisferi u smjeru suprotnom kazaljci na satu, a na južnoj polulopti je obratno.

Pritisak vazduha u **anticiklonima** je najveći u centru (viši od 1013 mb), a strujanje vazduha je od centra ka periferiji u smjeru kretanja kazaljke na satu na sjevernoj polulopti, dok je na južnoj suprotno. Dakle, anticiklon je polje visokog vazdušnog pritiska.

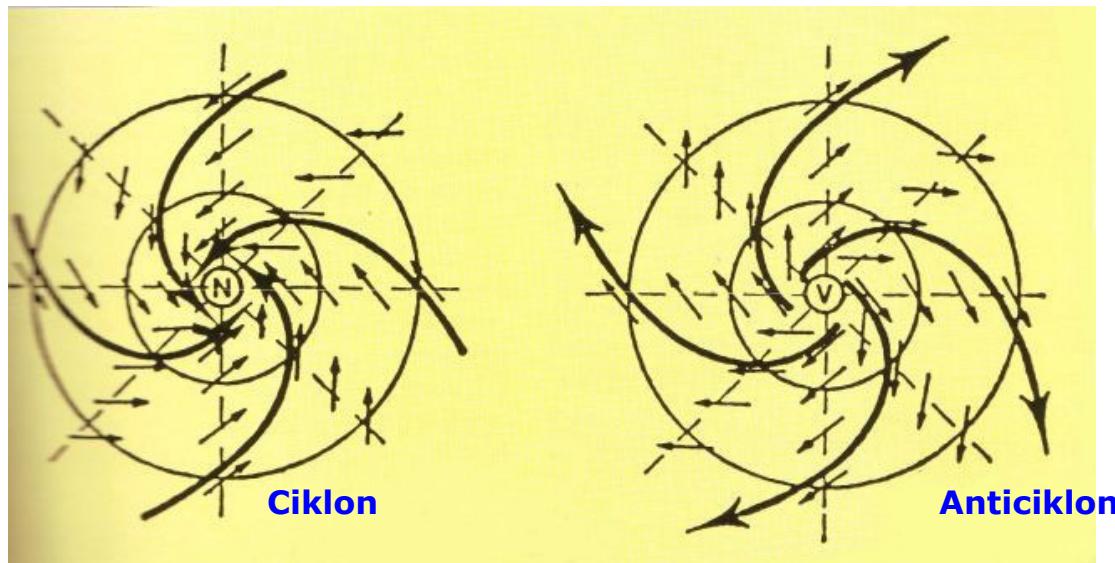
Pored opisanih osnovnih tipova barskih sistema, postoje i sporedni, i to:

**Dolina** - to je izduženi dio od centra ciklona koji se nalazi izmedju dvije oblasti višeg pritiska.

**Grebен** – izduženi dio centra anticiklona koji se nalazi izmedju dvije oblasti nižeg pritiska.

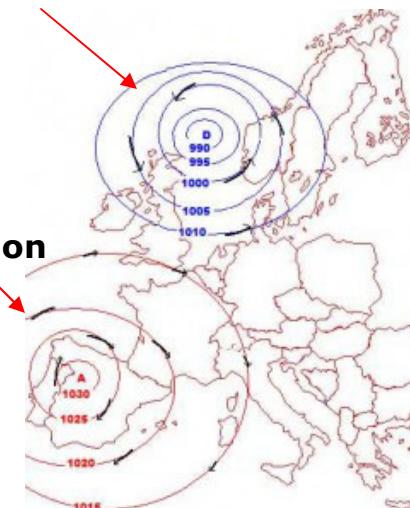
**Sedlo** – barička oblast izmedju dva unakrsno rasporedjena ciklona i anticiklona.

Ciklon i anticiklon kreću se prosječnom brzinom oko 30-40, odnosno oko 20 km/h, a traju oko 2, a mogu i po 7-8 i više dana. Atmosferski frontovi se stvaraju u ciklonu, tako da je vrijeme u depresijama (ciklonima) uglavnom uslovljeno frontalnim oblačnim sistemima i padavinama. U anticiklonu nema vazdušnih frontova i oni su obično nosioci lijepog vremena.

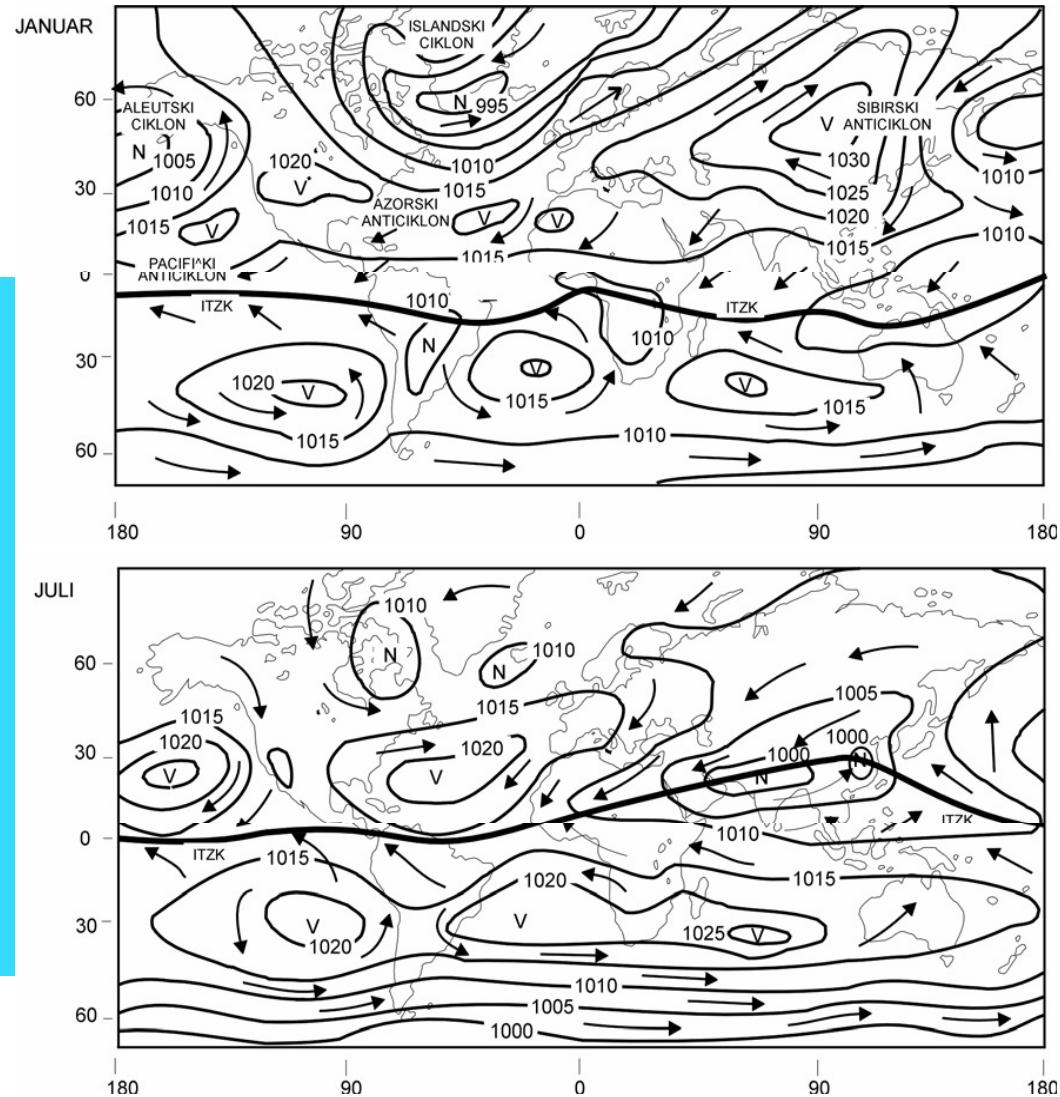
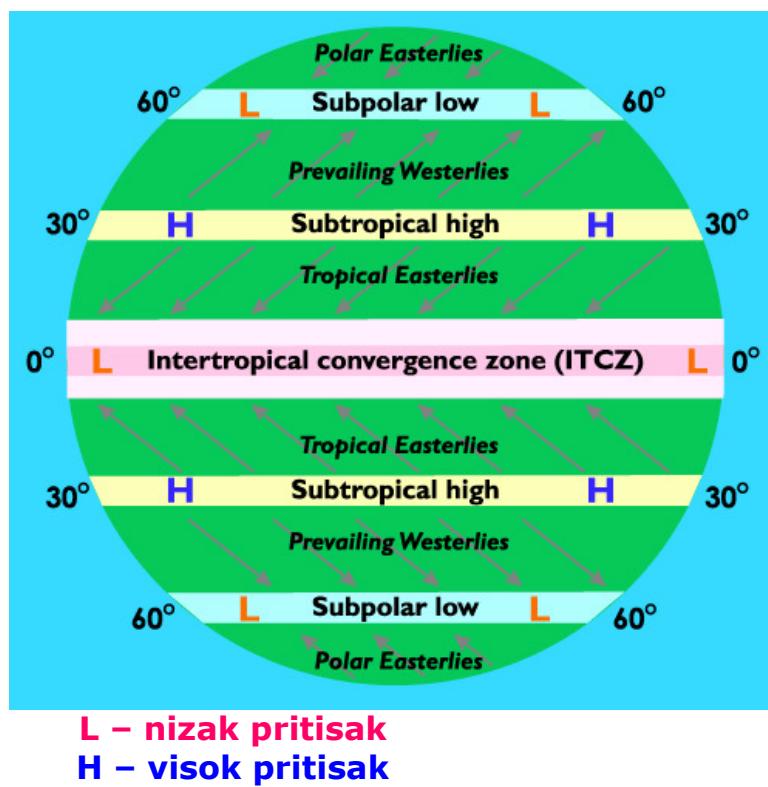


Depresija (ciklon)

Anticiklon



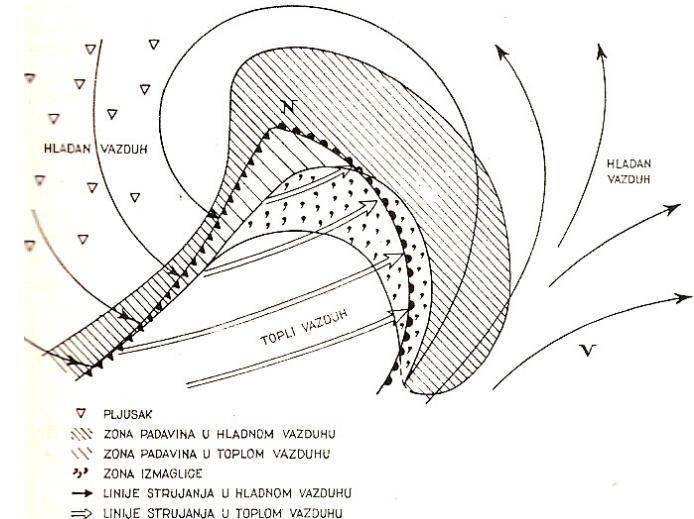
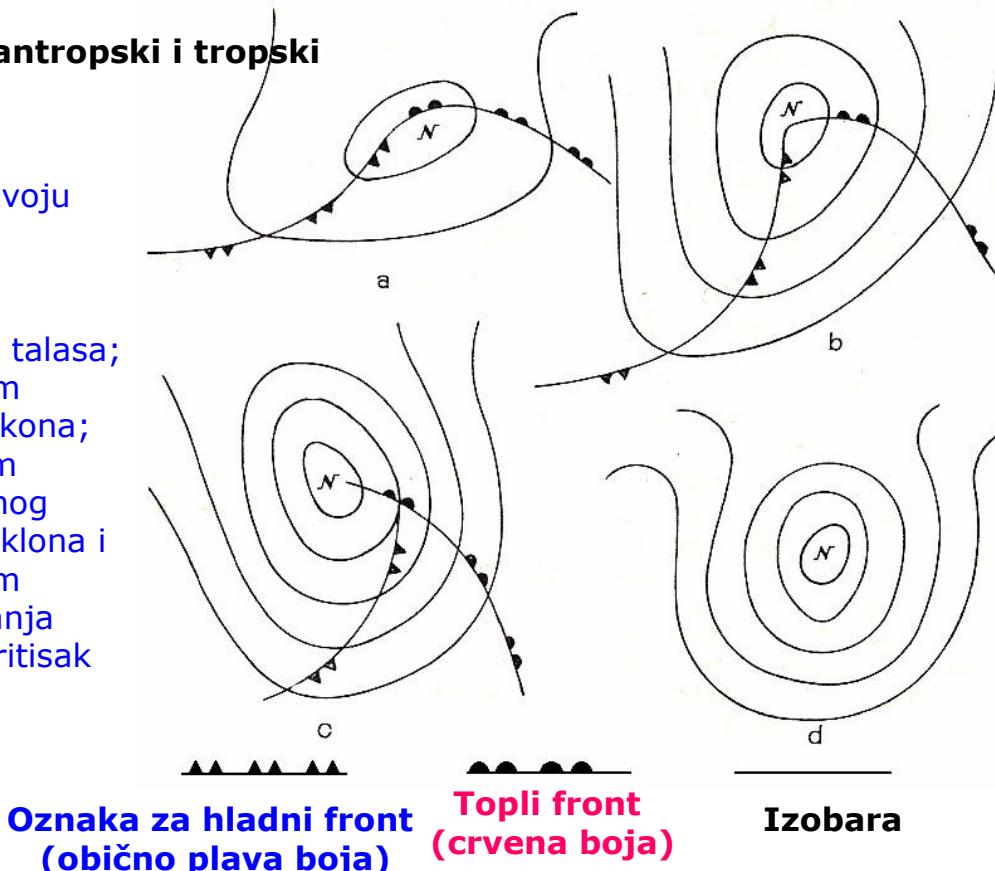
**Aktivni centri atmosfere** – oblasti niskog i visokog pritiska uzrokovani dinamičkim ili termičkim karakterom.  
Mogu biti: stalni (permanentni) i sezonski aktivni centri atmosfere.



**Raspodjela vazdušnog pritiska i cirkulacija vazduha u prizemlju za januar i jul. Pravac vjetra je prikazan strelicama. Tanje linije su izobare prizemnog pritiska, a deblje linije daju položaj intropske zone konvergencije (ITZK).**

## Ciklon: vantropski i tropski

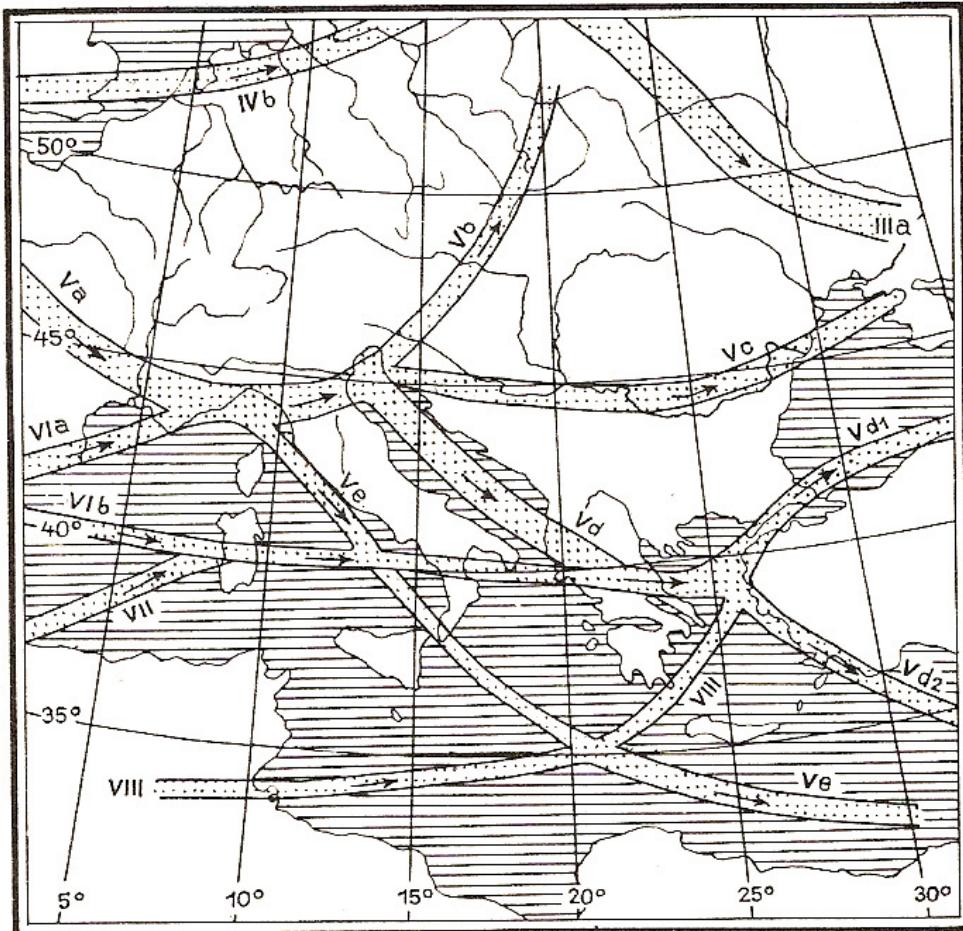
Faze u razvoju ciklona: a) stadijum stvaranja frontalnog talasa; b) stadijum mладog ciklona; c) stadijum maksimalnog razvijenja ciklona i d) stadijum popunjavanja ciklona (pritisak raste)



## Vrijeme u mладom ciklonu

Depresija i ciklon su sinonimi, pojmovi koji se poistovjećuju. Međutim, po pravilu, **depresija** je polje niskog pritiska u vantropskim širinama, najčešće je prečnika 2500-3000 km. Ciklon je pojam koji se vezuje za polje niskog pritiska u tropskim širinama. **Tropski cikloni** obuhvataju mnogo manju površinu, u prosjeku prečnika oko 500-600 km, ali su zato mnogo jači, dublji – jaki vazdušni vrtlozi u kojima je brzina vjetra uglavnom iznad 35 m/s, a maksimalna izmjerena je 75 m/s (270 km/h).

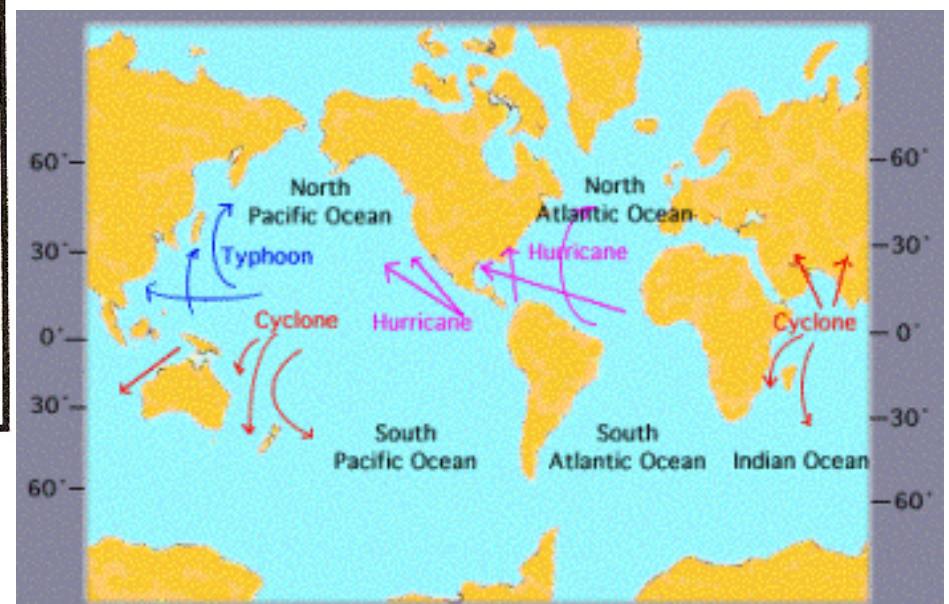
Na glavnim frontovima cikloni se rijetko stvaraju pojedinačno, obično se formira po nekoliko, a svaki se, po pravilu, kreće putanjom koja leži južnije od putanje prethodnog. To su **serije ciklona**. U umjerjenim širinama sjeverne hemisfere jaki zapadni vjetrovi uslovjavaju sve baričke tvorevine da se kreću od zapada prema istoku. Cikloni se puno brže kreću nego anticiklona.



**Putanje depresija iznad Evrope po van Beberu**



**Infracrvena slika depresije sa centrom iznad Zapadne Evrope**



**Područja na Zemlji u kojima nastaju tropski cikloni**

Tropski cikloni se najčešće javljaju krajem ljeta i u pojedinim predjelima na Zemlji imaju različite nazive: u Atlantiku, **Srednjoj Americi i u istočnom dijelu sjevernog Pacifika** zapadno od Kalifornije i Meksika – **harikeni ili uragani**, u Indijskom okeanu sjeverno od ekvatora, u Arapskom moru i Bengalskom zalivu – **kardonasosi**, istočno od Filipina – **bagujosi**, **uz zapadne obale Pacifika** (u Južnom kineskom moru) – **tajfuni**, istočno od Madagaskara, zapadno od Australije, kod Hebridskih i Samoa ostrva – **vili-vili (ili vili-viles)**.



**Uragan (hariken) Katrina (kraj avgusta 2005)**



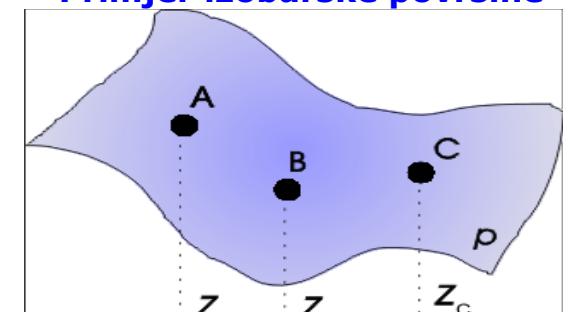
**Satelitski snimak uragana Katrina**

Uragan Katrina opustošio je obale Meksičkog zaliva. Kao ciklon I kategorije stigao je 25. avgusta do obala Floride, a samo četiri dana kasnije, 29. avgusta kada je stigao do obala Luizijane i New Orleansa, dosegnuo je kategoriju V – vjetar je duvao brzinom od 235 km/h. Katrina je okarakterisana kao najveća prirodna katastrofa u istoriji SAD-a. Pogodila je područje površine oko 233 000 km<sup>2</sup>, a smrtno je stradalo oko 1800 ljudi, dok je oko milion ljudi ostalo bez krova nad glavom, šteta je procijenjena na oko 200 milijardi dolara (saopštenje WMO, Press Release No. 943 ).

Prostorna raspodjela vazdušnog pritiska na visini u slobodnoj atmosferi se prikazuje na kartama baričke ili apsolutne topografije. Na njima je pomoću izohipsi predstavljena visina neke izobarske površine, a time i reljef te izobarske površine. To su visinske karte koje se izrađuju na osnovu radiosondiranja atmosfere, a od značaja su u sinoptičkoj meteorologiji. Na slici je prikazana topografija izobarske površi sa datim pritiskom  $p$ . Na toj površi nalaze se tri tačke: A, B i C. Tačka A je najudaljenija od nivoa mora, na najvećoj nadmorskoj visini, a tačka B je na najmanjoj visini. Visine se daju u geopotencijalnim metrima ( $z$ ), odnosno:  $z_A > z_C > z_B$ . Geopotencijal u tački A je najveći, a u tački B najmanji.

Na primjer, na karti apsolutne topografije 850 milibarske površi ( $AT = 850 \text{ hPa}$ ) je predstavljena visina na kojoj je pritisak iznad neke tacke 850 mb. Ta visina nije data u običnim metrima, nego u geopotencijalnim metrima, a oni nijesu konstanta, jer zavise od geografske širine (to je posledica razlike u ubrzaju zemljine teže iznad polova i na ekvatoru). Geopotencijalni metar je približan običnom metru, kreće se od 0.9-1.1 obični (geometrijski) metar.

### Primjer izobarske površine



### Barometarski gradijent

Gradijent pritiska ili barometarski gradijent pokazuje promjenu vazdušnog pritiska u horizontalnom pravcu. Gradijent je vektorska veličina (određen pravcem, smjerom i intenzitetom), pa je barički gradijent osnovni uzrok horizontalnog strujanja u atmosferi, odnosno nastanka vjetra i pokretanja vazdušnih masa. Ova činjenica ukazuje da promjena vazdušnog pritiska u horizontalnom pravcu od posebnog značaja za praćenje promjena fizičkog stanja atmosfere i vremena. Smjer barometarskog gradijenta je od mjesta višeg ka mjestu nižeg vazdušnog pritiska, a intenzitet gradijenta ( $G$ ) se računa po formuli:

$$G = (\Delta P / L) \cdot 111,1 \text{ (mm/stepen meridijana)}$$

$\Delta P$  – razlika u vazdušnom pritisku između dva mesta

$L$  – rastojanje između ta dva mesta u km

111,1 km – vrijednost jednog meridijanskog stepena

Primjer: Odredi barometarski gradijent između Podgorice i Nikšića, ako je pritisak u prvom mjestu 1016 mb, u drugom 1014 mb, a rastojanje 50 km?

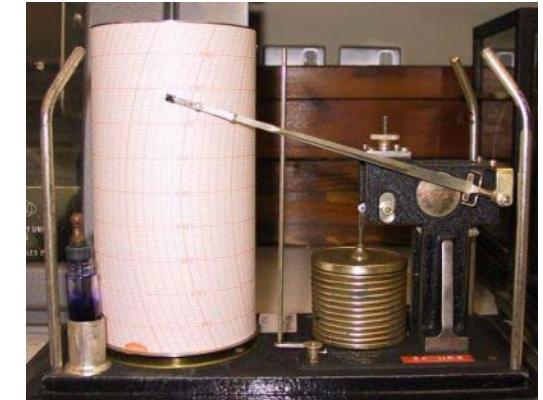
$$G = (\Delta P / L) \cdot 111,1 = ((1016 - 1014) / 50) \cdot 111,1 = (2 / 50) \cdot 111,1 = 0,04 \cdot 111,1 = 4,4 \text{ mb/111,1 km}$$

Dakle, na 111,1 km vazdušni pritisak se mijenja za 4,4 mb.

Vazdušni pritisak se mjeri pomoću živinog barometra, aneroida i barografa.

## PARAMETRI VAZDUŠNOG PRITISKA

1. Srednji dnevni pritisak – aritmetička sredina terminskih vrijednosti vazdušnog pritiska.
2. Srednji mjesecni pritisak - aritmetička sredina srednjih dnevnih vrijednosti za dati mjesec.
3. Srednji godišnji pritisak - aritmetička sredina srednjih mjesecnih vrijednosti za datu godinu.
4. Normalni mjesecni pritisak - aritmetička sredina srednjih mjesecnih vrijednosti za dati mjesec u višegodišnjem periodu (po pravili za 30-godišnji period).
5. Normalni godišnji pritisak - aritmetička sredina srednjih godišnjih vrijednosti u višegodišnjem periodu (po pravili za 30-godišnji period).
6. Srednji minimalni pritisak – aritmetička sredina najnižih izmjerenih pritisaka za datu vremensku jedinicu u višegodišnjem periodu (računa se za mjesec i godinu). Npr. izdvoje se najniži pritisci u januaru mjesecu za period od 1951-2000. godine. Saberu se te vrijednosti i podijele brojem godina.
7. Srednji maksimalni pritisak – aritmetička sredina maksimalnih izmjerenih pritisaka za datu vremensku jedinicu u višegodišnjem periodu (računa se za mjesec i godinu).
8. Apsolutni minimum pritiska – najniži izmjereni pritisak za datu vremensku jedinicu.
9. Apsolutni maksimalni pritiska – najviši izmjereni pritisak za datu vremensku jedinicu.
10. Amplituda pritiska – razlika između najvišeg i najnižeg izmjerenog pritiska u nekoj vremenskoj jedinici (mjesecu ili godini).
11. Normalno kolebanje pritiska – aritmetička sredina amplituda pritiska u višegodišnjem periodu (za mjesec ili godinu).
12. Apsolutno kolebanje pritiska – razlika između apsolutnog maksimuma i apsolutnog minimuma u klimatskom periodu.



Barograf



Aneroid

## **Pitanja**

1. Šta je vazdušni pritisak - definicija?
2. Koji su uslovi standardne atmosfere i koliki je normalni vazdušni pritisak?
3. Nabrojati i definisati oblike baričkog reljefa?
4. Šta su izobare?
5. Šta je barometarski gradijent?
6. Odredi barometarski gradijent između Ulcinja i Pljevalja, ako je pritisak u prvom mjestu 1017 mb, u drugom 758 mm, a rastojanje 190 km?

#### 4. VJETAR

Kretanja vazduha ili pravac vazdušnih strujanja može biti: horizontalan (vjetar, advekcija), vertikalni (konvekcija), kos na prerekama (uzlazna-ascedentna, silazna-descedentna).

➤ Definicija – približno horizontalno strujanje vazduha iz oblasti višeg ka oblasti nižeg vazdušnog pritiska (ili, strijanje vazduha u horizontalnom pravcu od hladnjeg ka topljem mjestu, obalasti).

➤ Kako nastaje vjetar – zbog razlika u vazdušnom pritisku na Zemljinoj površini, a one su posljedica nejednakog zagrijavanja.

➤ Koje sile djeluju na čestice vazduha (gradijentna, sila teže, Koriolisova, trenja i centrifugalna).

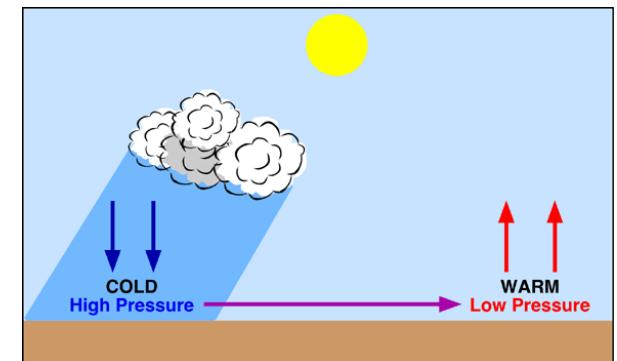
➤ Struktura vjetra (mahovitost i nemir vjetra).

➤ Tišine ili kalme (brzina vjetra  $\leq 0,2 \text{ m/s}$ ).

➤ Značaj vjetra kao klimatskog elemnta.



#### Nastanak vjetra



Vjetar se određuje sa dva elementa: smjerom i brzinom, i to na 10 m visine iznad tla.

➤ **Smjer** vjetra označava se prema strani svijeta iz koje vazduh duva.

Za označavanje smjera vjetra koriste se međunarodne oznake za strane svijeta:

N -North (sjever), E - East (istok), S – South (jug) i W – West (zapad). Kombinacijom ovih slova može se označiti pravac vjetra iz 32 smjera. U tu svrhu upotrebljava se **ruža vjetrova**. U sinoptičkoj meteorologiji upotrebljava se ruža vjetrova iz 36 pravaca.

➤ **Brzina** vjetra se određuje pomoću instrumenata (m/s, km/h, miljama (1eng milja=1609 m) i čvorovima (1čvor=0,51 m/s), a **jačina** na osnovu izmjerenih brzina koristeći Boforovu skalu (u Boforovim stepenima, 0-12). Jačina vjetra predstavlja pritisak koji on vrsi na vertikalnu površinu.

➤ **Čestina vjetra** je broj pojavljivanja vjetra iz određenog pravca ili broj tišina.

➤ **Pritisak vjetra**:  $P=k \cdot V^2 (\text{kg/m}^2)$

k – koeficijent čija vrijednost zavisi od brzine vjetra (za  $V < 15 \text{ m/s}$ ,  $k=0,125$ , za  $V > 15 \text{ m/s}$ ,  $k=0,076$ )

V – brzina vjetra (m/s), obično se uzima maksimalna brzina vjetra

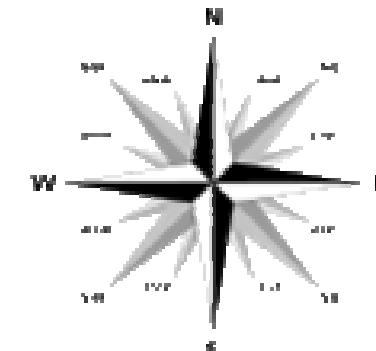
➤Instrumenti za mjerjenje pravca (smjera) i brzine vjetra (vjetrokaz, anemometar i anemograf).



anemometar

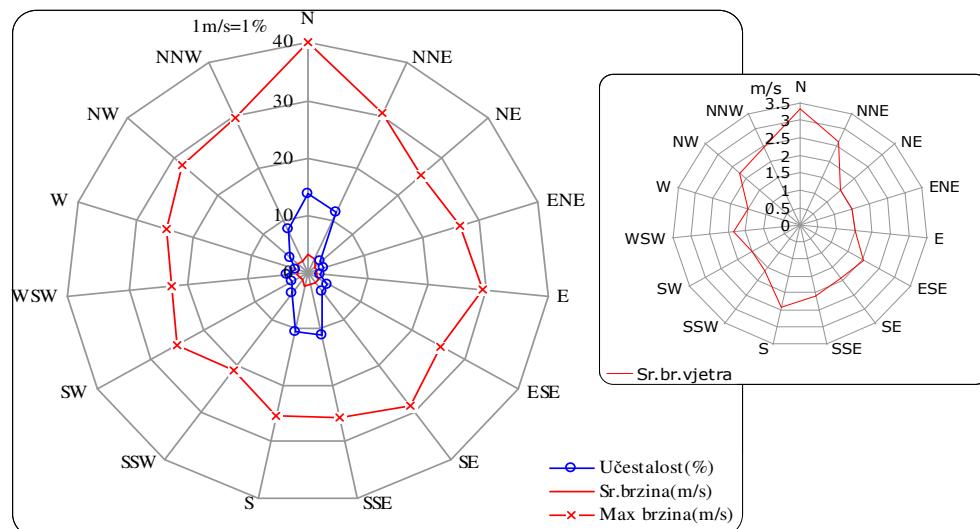


anemograf



Oznake za pravac (smjer) vjetra

Prikazivanje vjetra – tabelarno i grafički, polarnim dijagramom, pomoću ruže vjetra



**Godišnja - anemografska - ruža  
učestalosti pravaca (%),  
srednjih 10-ominutnih  
(ruža-desno) i maksimalnih  
brzina vjetra za Podgoricu (1985-1999)**

Srednja učestalost pravaca ( % ) i brzine vjetrova (m/s) u Podgorici (1985-1999)

Vjetar	Pravac															C (tihoo )
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	NW	NNW	
Učes. (%)	13.8	11.5	2.9	2.7	2	3.7	3.8	11.1	10.4	4.4	2.9	3.4	1.9	3.8	8.3	8.4
Sr.bzr.(m/s)	3.3	2.6	1.5	1.5	1.5	2	1.9	2.1	2.4	1.6	1.5	1.8	1.5	2.2	2.4	////
Max.br.(m/s)	40	30.4	25	26.2	29.2	25.4	28.5	25.6	25.3	21	25.2	22.5	24.6	28.1	29.5	////

## Boforova skala

Jačina po Boforu	Naziv vjetra	Brzina, m/s	Opis pojave ne kopnu
0	Tisina	0-0,2	Ticho, dim se dize uspravno uvis
1	Lak povjetarac	0,3-1,5	Prvac vjetra se zapaza po kretanju dima
2	Povjetarac	1,6-3,3	Vjetar se osjeca na licu, vetrokaz se pokrece
3	Slab povjetarac	3,4-5,4	Lisce I grancice se stalno klate, razvijaju se lake zastave
4	Umjeren vjetar	5,5-7,9	Vjetar dize prasinu I listove hartije,pokreće male grane
5	Umjerenog jak vjetar	8-10,7	Tanja lisnata stabla pocinju da se ljuštaju
6	Jak vjetar	10,8-13,8	Pokreću se velike grane, cuje se zujanje zica
7	Vrlo jak vjetar	13,9-17,1	Drveće se ljušta, hodanje uz vjetar je otezano
8	Olujni vjetar	17,2-20,7	Vjetar lomi grane na drveću, hodanje protiv vjetra je nemoguce
9	Oluja	20,8-24,4	Mala ostecenja na zgradama(otkidanje oluka...)
10	Zestoka oluja	24,5-28,4	Cupa drveće iz zemlje, velike stete na zgradama
11	Orkanska oluja	28,5-32,6	Vrlo rijetka pojava, razaranje velikih razmjera
12	Orkan	32,7-36,9	Uništavajuće dejstvo

## Vrste vjetrova

Po trajanju, vjetar može biti:

1. stalan (planetarni vjetrovi),
2. periodičan (dnevni i sezonski vjetrovi) i
3. lokalni (lokalni vjetrovi).

### 1. Stalni vjetrovi

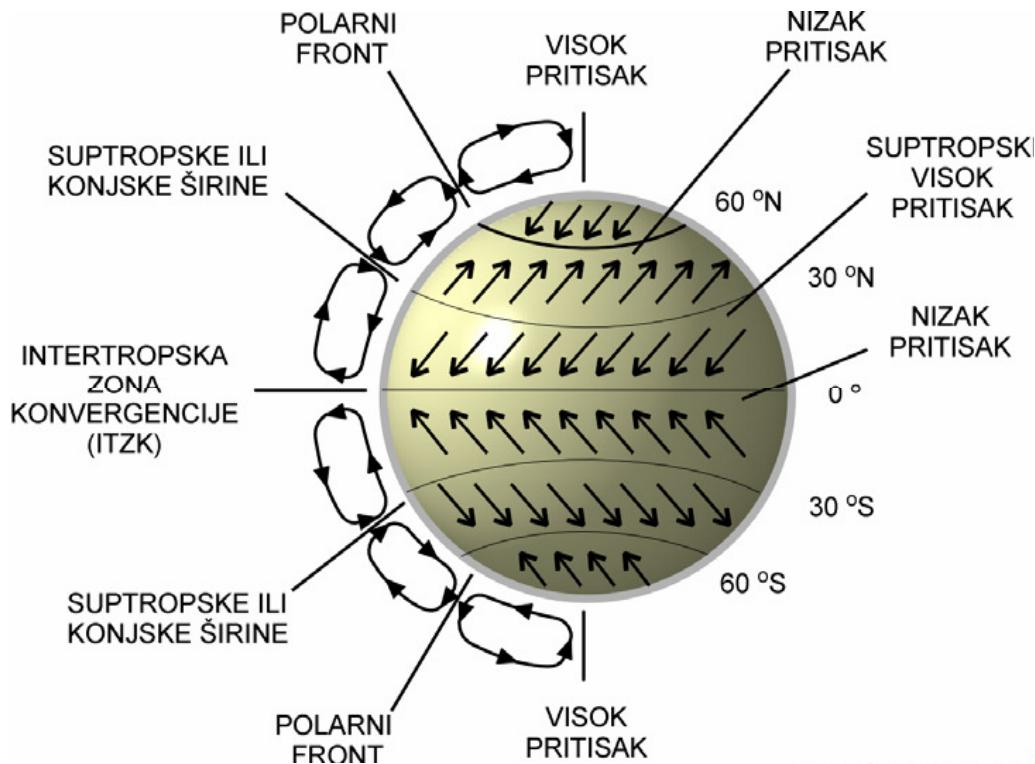
Razlike u zagrijavanju nižih i viših širina (na ekvatoru i polovima) i kopnenih i vodenih površina izazivaju i razlike u vazdušnim pritiscima. Iz tog razloga se u atmosferi iznad Zemljine površine obrazuju stalne vazdušne struje, koje sačinjavaju **opštu cirkulaciju vazdušnih struja u atmosferi**. Zahvaljujući opštoj cirkulacije atmosfere (OCA) vrši se razmjena vazdušnih masa između viših i nižih širina, između kontinentalnih i okeanskih površina i između nižih i viših slojeva troposfere. OCA omogućuje kruženje vode u prirodi, a time posredno i život na Zemlji. OCA zavisi od geografske raspodjele vazušnog pritiska i posledica je nekoliko činilaca, a najvažniji su: loptast oblik Zemlje (zbog čega je nejednako zagrijavanje njene površine Sunčevim zračenjem), revolucija Zemlje (zbog koje se mijenja intenzitet zagrijavanja svakog mjesta tokom godine), rasporeda kopna i mora (zbog čijih se različitih topotnih kapaciteta nejednako zagrijavaju vazdušne mase iznad kontinentalnih i vodenih površina) i rotacije Zemlje (koja uslovjava pojavu devijacijske ili Koriolisove sile koja skreće vazdušne mase od njihovog prvobitnog pravca).

Opšta cirkulacija atmosfere se može definisati, dakle, kao stalni vjetrovi iznad Zemljine površine. U stalne vjetrove spadaju; pasati i antipasati, zapadni vjetrovi i polarni vjetrovi.

**Pasati** su prizemni vjetrovi, koji duvaju od oko  $30^{\circ}\phi$  prema ekvatoru (od povratnika ka ekvatoru). Zbog Koriolisove sile, na sjevernoj polulopti imaju NE smjer, a na južnoj SE. **Antipasati** su visinski vjetrovi (na visini 3-5 km), koji duvaju od ekvatora ka  $30^{\circ}\phi$  i imaju suprotan smjer od pasata (SW na sjevernoj, odnosno NW na južnoj polulopti).

**Zapadni vjetrovi** su prizemni vjetrovi koji duvaju u umjerenim širinama na obje hemisfere ( $35-65^{\circ}\phi$ ). Nazivaju se još i tropске struje ili tropski vjetrovi, jer dolaze iz tropskih širina. Oni nemaju pravi zapadni pravac, ali im se sve više približava zapadnom smjeru sa udaljavanjem od suptropskih širina. U umjerenim širinama na visini duvaju istočni vjetrovi (NE na sjevernoj, a SE smjera na južnoj polulopti).

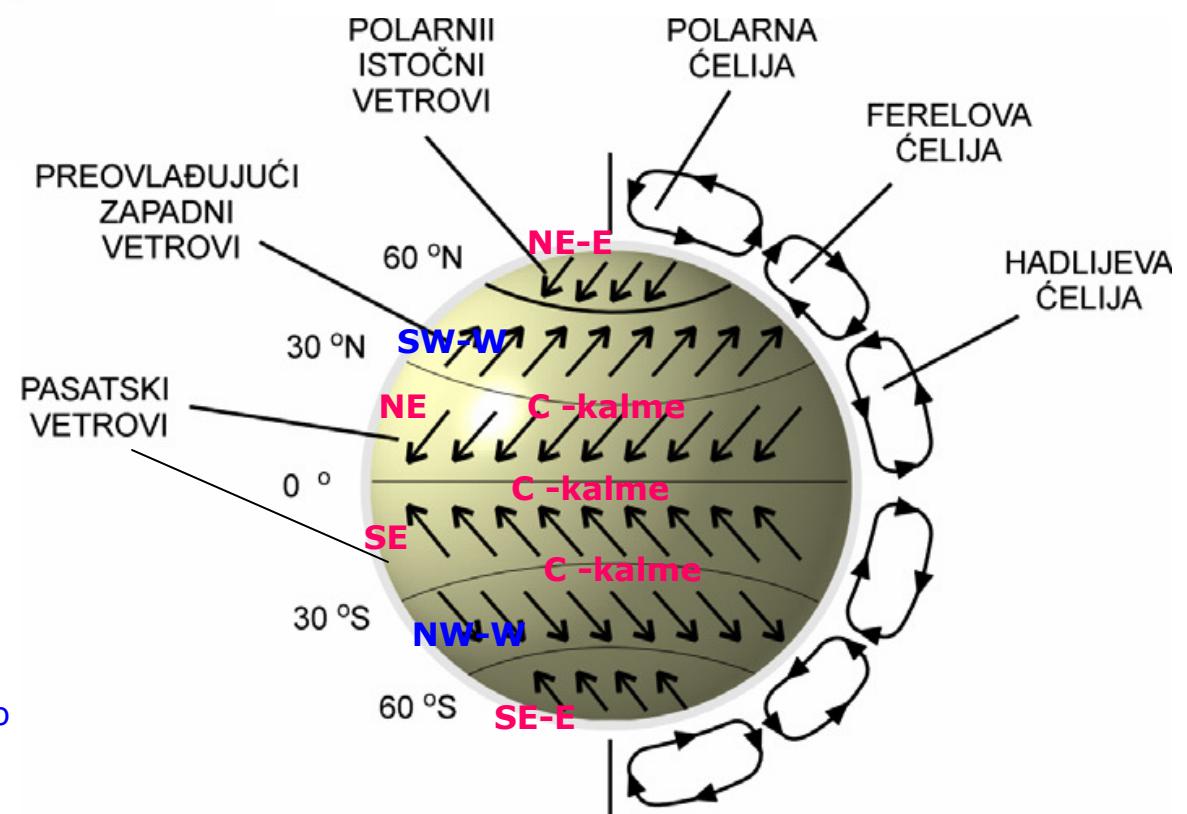
**Istočni vjetrovi** su prizemni vjetrovi koji duvaju u polarnim širinama ( $65-90^{\circ}\phi$ ). Nazivaju se još i polarni vjetrovi ili polarne struje, jer duvaju od polova ka stožernicima (polarnicima). Na sjevernoj polulopti imaju NE, skoro E smjer, a na južnoj JE, skoro E smjer, zbog devijacijske sile. U polarnim širinama na visini duvaju zapadni vjetrovi (SW na sjevernoj, a NW smjera na južnoj polulopti).



Raspored prizemnog pritiska i tri cirkulacione ćelije na obje hemisfere

10

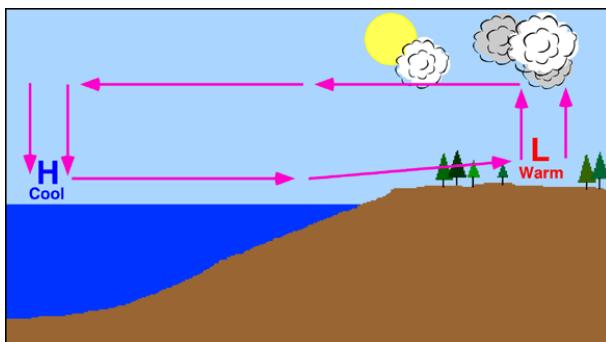
Stalni planetarni vjetar u prizemlju (prizemni vjetar) i tri cirkulacione ćelije na obje hemisfere (radi lakšeg pamćenja: pravac vjetra na južnoj hemisferi se dobija posmatranjem pravca vjetra na sjevernoj kao odraz predmeta u ogledalu).



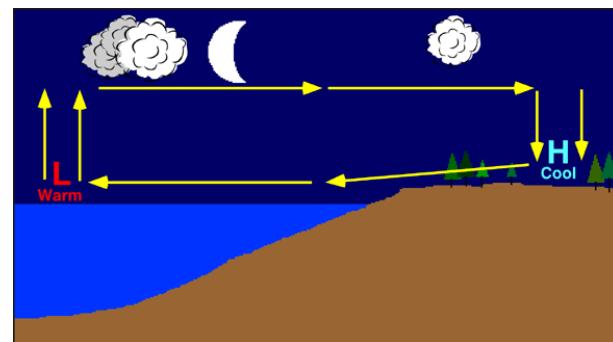
## 2. Periodični vjetrovi

U jednom dijelu vremena vazduh struji u jednom smjeru, a u drugom u suprotnom smjeru. Ovi vjetrovi mogu biti sa dnevnim i godišnjim periodom.

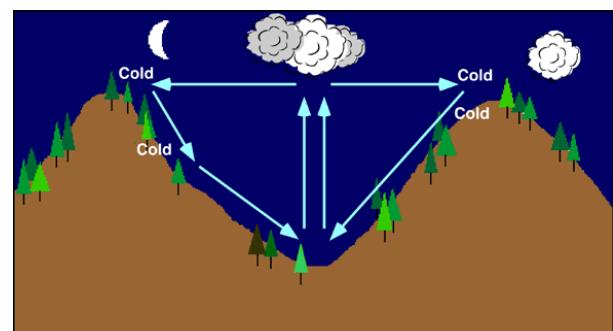
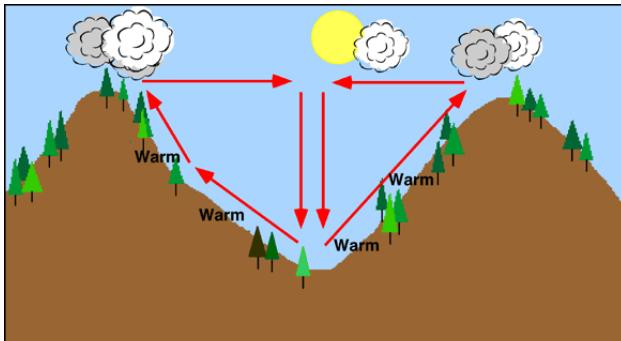
Vjetrovi sa dnevnim periodom ili **dnevni vjetrovi** su oni koji u toku dana duvaju u jednom smjeru (**danik**), a u toku noći u suprotnom smjeru (**noćnik**). U njih spadaju: vjetar s mora i vjetar s kopna, zatim dolinski i gorski vjetar. Na našem primorju vjetar s mora naziva se maestral (ima pravac NW-SW), a vjetar s kopna burin (NE smjera)



Danik (gornja slika – vjetar s mora, donja – dolinski vjetar ili anabatski vjetar



Noćnik (gornja slika – vjetar s kopna, donja – gorski vjetar ili katabatski vjetar

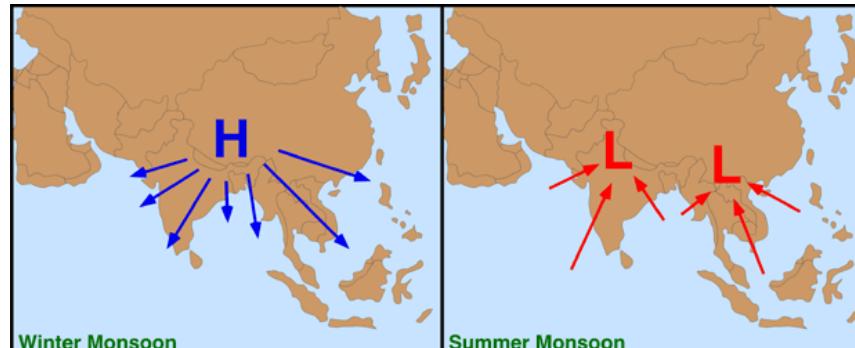


**Vjetar s mora** nastaje između 8 i 9 ujutro, duva brzinom do 5-6 m/s, a **vjetar s kopna** znatno posle zalaska Sunca, duva brzinom do 3-4 m/s. U umjerenim širinama – samo pri mirnom vremenu.

Vjetrovi sa godišnjim periodom su oni koji pola godine duvaju sa okeana ka kopnu, a u drugoj polovini godine obratno – sa kopna ka oceanu. Najpoznatiji sezonski ili periodični vjetrovi su **monsuni**.

Tropski monsuni – Indokina (Jugoistočna Azija), Indonezija.

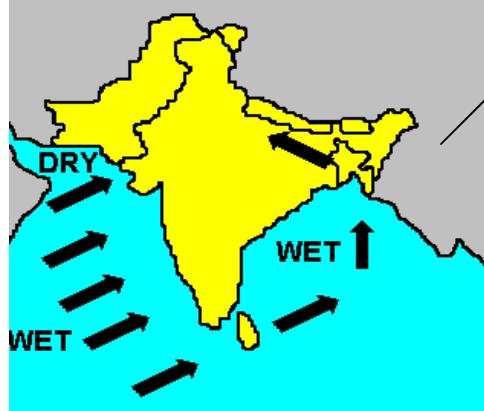
Vantropski monsuni – Koreja, Japanska ostrva, Aljaska itd.



Zimski monsun

Ljetnji monsun

WET MONSOONS (June-Sept.)



Ljetnji monsuni - vlažni vjetrovi, koji donose obimne padavine jer duvaju sa mora (viši vazdusni pritisak) ka kopnu (niži vazdusni pritisak). Duvaju u periodu od juna do septembra.

DRY MONSOONS (Sept. - March)



→ Zimski monsuni - veoma suvi vjetrovi, duvaju sa kopna (viši vazdusni pritisak) ka moru (niži vazdusni pritisak). Duvaju u periodu od septembra do marta

### 3. Lokalni vjetrovi

Lokalni vjetrovi su karakteristični za pojedine oblasti na Zemljinoj površini. Značajni su zato što podržavaju manje-više iste vremenske prilike. Nastaju pod uticajem lokalnih prirodnih uslova i imaju uvjek gotovo isti Pravac. Poznati lokalni vjetrovi na Balkanu su: bura, jugo, košava, vardarac.

#### Bura (NE smjer)



**Bura** (NE smjer) – slapovit i jak (na udare do 50 m/s), uglavnom zimski vjetar, suv i hladan. Duva od kopna prema moru duž istočne obale Jadranskog mora kada je nizak pritisak iznad mora a visok iznad Panonske Nizije.

**Jugo** ili široko (uglavnom SE smjera) – topao, jak vjetar koji duva često zimi. Nastaje kada je visok pritisak nad Sjevernom Afrikom a nizak nad sjevernim dijelom Sredozemnog mora.

**Košava** (NE, E i SE smjera) – suv vjetar. Javlja se kada je visok pritisak iznad Ukrajine a nizak nad zapadnim Sredozemljem i Jadranom. Pravac uslovljen reljefom. Karakteristična za sjeveroistočni dio Srbije.

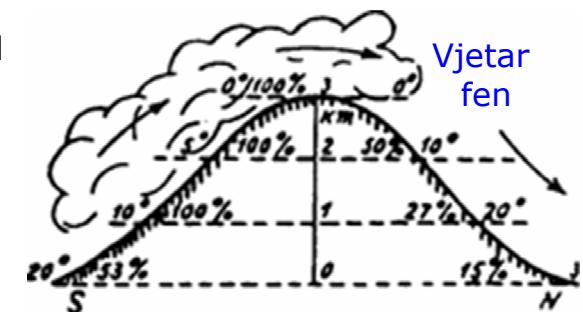
**Vardarac** – zimski vjetar, suv i hladan koji duva od Šarplanine dolinom Vardara prema Egejskom Moru.

**Maestral** – vjetar s mora koji duva u toku ljeta kada su dani topli i vedri na istočnoj obali Jadrana (dnevni vjetar).

U lokalne spada i vjetar fen. **Fen** je jak i slapovit planinski vjetar koji donosi topliji nego sto je bio vazduh prije duvanja fena. Duva na zavjetronoj strani brda, planine. Fen donosi vedro i toplo vrijeme. U zimskom periodu izaziva lavine i naglo topljenje snijega. Ljeti ako dugi duva može da osuši vazduh i da brzo proširi šumske požare.

**Slapoviti vjetrovi** duvaju na mahove (udare) i imaju karakter silaznih strujanja. To su orografski vjetrovi – bura, fen, košava.

#### Vjetrovi na Jadranu



**Šematski prikaz  
vremenskih  
zbivanja pri  
obrazovanju  
fenskog vjetra**

## **PARAMETRI VJETRA**

Zbog mahovitosti i nemira vjetra, sa anemometara ili anemografskih traka očitava se srednja 10-minutna brzina i isto tako pravac vjetra. Maksimalna brzina vjetra je udar vjetra u datom trenutku.

### **Parametri čestine vjetra**

1. Dnevna čestina – broj pojavljivanja vjetra određenog pravca ili broj tišina tokom jednog dana (taj broj zavisi od broja termina osmatranja, od 3-24).
2. Mjesečna čestina – zbir dnevnih čestina (određenog pravca ili tišina) tokom jedog mjeseca.
3. Godišnja čestina – zbir mjesecnih čestina (određenog pravca ili tišina) tokom jedne godine.
4. Srednje čestine – računaju se za dan, mjesec, godinu ili drugu vremensku jedinicu u % ili ‰, i to tako što se saberi čestine određenog pravca ili čestine tišina i podijele ukupnim brojem osmatranja, a rezultat se pomnoži sa 100 ili sa 1000.

### **Parametri brzine i jačine vjetra**

1. Srednja dnevna brzina (jačina) vjetra iz svih pravaca – zbir brzina vjetra iz svih pravaca, tj. u svim dnevnim terminima podijeljen sa brojem termina.
2. Srednja dnevna brzina (jačina) vjetra za svaki pravac posebno – podijeli se zbir brzina vjetra iz određenog pravca sa dnevnom čestinom vjetra iz tog pravca.
3. Srednja mjesечna brzina (jačina) vjetra iz svih pravaca – zbir srednjih dnevnih brzina iz svih pravaca u nekom mjesecu podijeljen sa brojem dana u tom mjesecu.
4. Srednja mjesecna brzina (jačina) vjetra za svaki pravac posebno – zbir brzina iz određenog pravca tokom mjeseca podijeljen sa mjesecnom čestinom vjetra iz toga pravca.
5. Srednja godišnja brzina (jačina) vjetra iz svih pravaca – zbir srednjih mjesecnih brzina iz svih pravaca podijeljen sa brojem mjeseci (12).
6. Srednja mjesecna brzina (jačina) vjetra za svaki pravac posebno – zbir brzina iz određenog pravca tokom jedne godine podijeljen sa godišnjom čestinom vjetra iz toga pravca.
7. Srednja višegodišnja brzina (jačina) vjetra iz svih pravaca – računa se za dan, mjesec, godinu ili neku drugu vremensku jedinicu, i to tako što se saberi srednje brzine iz svih pravaca za datu vremensku jedinicu tokom više godina i podijele brojem godina.
8. Srednja višegodišnja brzina (jačina) vjetra za svaki pravac posebno – računa se za dan, mjesec, godinu ili neku drugu vremensku jedinicu, i to tako što se saberi terminske brzine datog pravca za datu vremensku jedinicu tokom više godina i podijele zbirom čestina vjetra iz tog pravca.

## Pitanja

1. Kako nastaje vjetar?
2. Kakav je značaj vjetra kao klimatskog elemnta?
3. Kako se određuje pravac vjetra?
4. Šta su kalme?
5. Šta je čestina vjetra?
6. Šta je ruža vjetrova?
7. Koji su stalni vjetrovi?
8. Šta su monsuni?
9. Koji su najpoznatiji lokalni vjetrovi u našim predjelima?
10. Kako nastaje vjetar bura i jugo i gdje se javljaju?
11. Izračunati pritisak koji vrši vjetar u  $\text{kg/m}^2$  u Podgorici pri udaru od 40 m/s?
12. Zašto je u Sahari stalno vedro i samim tim suvo, a u oblasti ekvatora gotovo uvijek promjenljivo i kišovito?
13. Hladan vazduh je teži pa mu je i pritisak viši, objasniti zašto je onda nad Saharom visok pritisak?

## **5. ISPARAVANJE**

Definicija.

Značaj isparavanja kao klimatskog elemnta.

Faktori isparavanja.

Isparljivost (potencijalna ili moguća evaporacija).

Instrumenti za mjerjenje isparavanja – isparitelji ili evaporimetri i evaporografi.



**Isparitelj**

## **Indirektne metode za određivanje isparavanja**

Zbog objektivnih razloga, isparavanje se često određuje putem empirijskih formula, definisanih na osnovu izmjerene vrijednosti isparavanja i jednog ili više meteoroloških elemenata od kojih ono najviše zavisi (temperatura, vjetar, vlažnost vazduha itd).

Za određivanje visine isparene vode (u mm) koriste se različite empirijske formule:

Majerova jednačina:

$$E = (e_x - e_m) \cdot (15 + 3,6 \cdot V)$$

$e_x$  - srednja mjesecna vrijednost maksimalnog napona vodene pare (mb), koji odgovara srednjoj mjesecnoj temperaturi vazduha

$e_m$  - srednja mjesecna vrijednost napona vodene pare (mb), koji odgovara srednjoj mjesecnoj temperaturi vazduha

(oba podataka se dobijaju iz psihrometarskih tablica)

V - srednja mjesecna brzina vjetra na visini od 10 m (m/s).

Primjer:

Srednja januarska temperatura je  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Toj temperaturi, iz psihrometarskih tablica, odgovara  $e_x = 6,33$  mb, a  $e_m = 5,61$  mb.  $V = 3,3$  m/s.

$$E = (e_x - e_m) \cdot (15 + 3,6 \cdot V) = (6,33 - 5,61) \cdot (15 + 3,6 \cdot 3,3) = 18,8 \text{ mm}$$

## **Potencijalna evapotranspiracija**

Formula Ivanova:

$$E_p = 0,0018 \cdot (T + 25)^2 \cdot (100 - U)$$

T - srednja mjesecna temperatura vazduha

U - srednja mjesecna relativna vlažnost vazduha

## **PARAMETRI ISPARAVANJA**

Isparavanje se mjeri svakog dana u 7h, a računaju se sledeći parametri:

1. Dnevno isparavanje – izmjerena količina vode koja ispari u mm od 7h prethodnog do 7h sledećeg dana (u toku 24 časa)
2. Mjesečno isparavanje – zbir dnevnih sumi isparavanja u toku jednog mjeseca.
3. Godišnje isparavanje – zbir mjesecnih sumi isparavanja u jednoj godini.
4. Prosječno isparavanje – računa se za mjesec i godinu, kada se zbir svih vrijednosti isparavanja za datu vremensku jedinicu podijeli brojem godina.

## **Predstavljanje isparavanja**

- ✓ Tabelarno
- ✓ Grafički (linija ili histogram)
- ✓ Prostorna raspodjela kartografski (izovaporama)

## **Pitanja**

1. Kakav je značaj isparavanja kao klimatskog elementa?
2. Koji faktori utiču na isparavanje?
3. Koja je razlika između isparavanja i isparljivosti?
4. Šta je dnevno isparavanje i u čemu se izražava?
5. Izračunati sumu isparavanja za jul mjesec, čija je srednja mjesecna temperatura  $20,2^{\circ}\text{C}$ ? Toj temperaturi, iz psihrometarskih tablica, odgovara  $e_x = 23,68 \text{ mb}$ , a  $e_m = 16,10 \text{ mb}$ . Srednja mjesecna brzina vjetra je  $V = 2,7 \text{ m/s}$ .

## 6. VLAŽNOST VAZDUHA

Voda – jedina materija koja se u prirodnim uslovima nalazi u sva tri agregatna stanja.

### **Opšti pojmovi: mržnjenje, prehladena voda, isparavanje, kondenzacija, sublimacija, latentna toplota.**

Vodena para u vazduhu čini vazduh vlažnim. Vodena para je lakša od vazduha i to u odnosu 0,622:1, a to znači da što je vazduh vlažniji to je i lakši. U atmosferi se rasprostavlja difuzijom i najviše strujanjem vazduha (konvekcijom i turbulencijom). Kada vazduh pri datoj temperaturi sadrži maksimalnu količinu vodene pare, onda je on zasićen vodenom parom (odnosno, vodena para je zasićena). Ako se vazduhu koji je, na određenoj temperaturi, zasićen vodenom parom doda još vodene pare ili ako se rashladi, onda on postaje prezasićen i taj višak vodene pare se pretvara u tečno stanje. Količina vodene pare u vazduhu je od ogromnog značaja, jer se njenom kondenzacijom i sublimacijom stvaraju oblaci iz kojih se izlučuju padavine (kiša, snijeg), stvara magla itd., što govori da je vlažnost vazduha veoma značajan meteorološki, ali i bioklimatski element.

Sadržaj vodene pare u vazduhu se može brojčano izraziti preko nekoliko veličina: napona vodene pare, absolutne vlažnosti (apsolutna vlaga), specifične vlažnosti, relativne vlažnosti, deficita zasićenosti i tačke rose.

✓ **Napon vodene pare ( $e$ , mb)** – svi gasoviti sastojci vazduha imaju svoj parcijalni pritisak ili napon, a svi zajedno čine vazdušni pritisak. Prema tome, napon ili pritisak vodene pare je parcijalni pritisak vodene pare u ukupnom vazdušnom pritisku. Kada je vazduh zasićen vodenom parom, onda se njen napon označava kao maksimalni napon ili pritisak vodene pare, a obelježava se sa  $e_x$  ili  $E$ .

✓ **Apsolutna vlažnost ( $q$ , g/m<sup>3</sup>)** – količina (težina) vodene pare u jedinici zapremine vazduha.

✓ **Specifična vlažnost ( $S$ , g/kg)** – količina vodene pare u jedinici težine vazduha.

✓ **Relativna vlažnost vazduha ( $U$ , %)** – stepen zasićenosti vazduha vodenom parom u procentima. U meteorologiji i klimatologiji se ova veličina najčešće koristi. Ako je  $U=0\%$  znači da je vazduh potpuno suv, a ako je  $U=100\%$  znači da je vazduh zasićen vodenom parom.

Dobija se pomoću formule:  $U = (e/e_x) \cdot 100$  ili  $U = (q/q_x) \cdot 100$

✓ **Deficit zasićenosti ( $D$ , mb)** – pokazuje koliko u vazduhu nedostaje vodene pare pa da bude zasićen. Dobija se:

$$D = e_x - e \text{ ili } D = q_x - q$$

✓ **Tačka rose ( $T_{rt}$ )** – temperatura vazduha na kojoj stvarna sadržina vodene pare predstavlja maksimalni napon vodene pare ( $e=e_x$ ). Na temperaturi rosne tačke dolazi do pretvaranja vodene pare u tečno ili čvrsto stanje (kondenzacija i sublimacija). Pri maksimalnom naponu vodene pare  $T_{rt}$  je jednaka temperaturi vazduha.

Sadržina vodene pare u vazduhu zavisi, prije svega, od temperature vazduha. Npr. na  $T=-5^{\circ}\text{C}$ ,  $1\text{m}^3$  vazduha može da sadrži maksimalno 3,4 g vodene pare, a na  $T=25^{\circ}\text{C}$ ,  $1\text{m}^3$  vazduha može da sadrži maksimalno 23 g vodene pare. Zato se ove veličine dobijaju uglavnom preko temperature vazduha, odnosno funkcija su temperature. Napon voedene pare (stvarni i maksimalni) dobija se preko psihrometarskih tablica.

## PARAMETRI VLAŽNOSTI VAZDUHA

Vlažnost vazduha mjeri se pomoću psihrometra, higrometra i higrograфа. Pomoću psihrometra (temperature suvog i vlažnog termometra) se mogu odrediti sve veličine vlažnosti vazduha, preko tablica ili računskim putem. Higrometar i higrograf direktno pokazuju relativnu vlažnost vazduha u procentima, koja se najčešće koristi pri analizi klime.

Najčešće korišćeni parametri vlažnosti vazduha:

1. Srednja dnevna relativna vlažnost – aritmetička sredina terminskih vrijednosti.
2. Srednja mjesечna relativna vlažnost – aritmetička sredina srednjih dnevnih vrijednosti za dati mjesec.
3. Srednja godišnja relativna vlažnost – aritmetička sredina srednjih mjesecnih vrijednosti za datu godinu.
4. Normalna relativna vlažnost – računa se za mjesec i godinu, kao aritmetička sredina srednjih mjesecnih ili srednjih godišnjih vrijednosti za klimatski period.
5. Srednja terminska relativna vlažnost – aritmetička sredina vrijednosti u nekom terminu za dati mjesec. Obično se koriste klimatološki termini: 7, 14 i 21h. Npr. saberemo vrijednosti relativne vlage u 7h u nekom mjesecu i zbir podijelimo sa brojem termina, tj. brojem dana u tom mjesecu.
6. Broj dana sa karakterističnom vlažnošću – broj dana (zbir dana) u nekoj vremenskoj jedinici (mjesecu, godini) u kojima je vlažnost vazduha bila ispod ili iznad određenih vrijednosti (30%, 50%, 60%...95%).

## Predstavljanje isparavanja

- ✓ Tabelarno
- ✓ Grafički (linija ili histogram)
- ✓ Prostorna raspodjela kartografski (izohumidama).

## Pitanja

1. Šta vazduh čini vlažnim?
2. Kakav je klimatski značaj vodene pare?
3. Koje su veličine vlažnosti vazduha?
4. Šta je relativna vlažnost vazduha i kako se izračunava?
5. Kako se prikazuje geografski (prostorni) raspored relativne vlažnosti vazduha?
6. Šta je psihrometarska diferencija i zašto se javlja?
7. Koliko iznosi tačka rose vazduha, ako je na temperaturi vazduha od  $25,2^{\circ}\text{C}$  maksimalni napon vodene pare 18,36 mb?
8. Izračunati relativnu vlažnost i deficit zasićenosti ako su sa psihrometra očitane temperature suvog termometra od  $17,8^{\circ}\text{C}$  i vlažnog od  $14,4^{\circ}\text{C}$ , a iz tablica maksimalni napon od 20,39 mb i stvarni napon od 13,69 mb?
9. Izračunati srednju dnevnu relativnu vlagu u Nikšiću, ako su u 7, 14 i 21h izmjerene vrijednosti od (u %): 78, 55 i 69?



Higrograf



Higrometar

## 7. OBLAČNOST

Oblak je skup kapljica vode ili/i kristala leda (može i oba zajedno) u atmosferi. **Na osnovu** oblika oblaka može se približno utvrditi o kojoj vrsti vazdušnih strujanja se radi na visini (slaba, jaka strujanja), dok pravac i brzina kretanja oblaka govore o pravcu i brzini vjetra na visini. Značajnost oblaka u meteorologiji i klimatologiji je sledeća: slabe Sunčeve zračenje, smanjuju osunčavanje, smanjuju Zemljino izračivanje i iz njih se mogu izlučivati padavine.

Oblačnost je stepen pokrivenosti vidljivog nebeskog svoda oblacima. Za potrebe meteorologije (sinoptike – prognoze vremena), oblačnost se izražava u osminama (od 0 do 8), a za potrebe klimatologije u desetinama (od 0 do 10). Može se izraziti i u procentima. Oblačnost se ne mjeri pomoću nekog instrumenta nego se određuje vizuelno (od oka). Npr. oblačnost 0 (0%) znači da je nebo potpuno vero, bez ijednog oblačka, a oblačnost 1 (10%) znači da na nebu postoji makar mali oblačak, ili oblačnost 4 (40%) znači da je 4/8 (ili 4/10) vidljivog neba pokriveno oblacima, ili oblačnost 10 (100%) znači da je nebo potpuno pokriveno oblacima (vedrina se uopšte ne vidi).

Dakle, oblačnost (količina i visina donje baze oblaka) je meteorološki element, a oblaci (rod i vrsta oblaka) meteorološka pojava.

Po međunarodnom meteorološkom kodeksu, dani se prema srednjoj dnevnoj količini oblačnosti dijele na vedre, umjereno oblačne i tmurne. Vedar dan je dan u kome je srednja dnevna oblačnost <2/10, tmuran (mutan) dan – srednja dnevna blačnost > 8/10, a oblačan dan – srednja dnevna oblačnost od 20 do 80% pokrivenosti neba oblacima (2/10-8/10).

Pretvaranje količine oblačnosti iz desetina u osmine, i obratno											
Desetine	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Osmine	0	1	2	2	3	4	5	6	6	7	8

Pretvaranje količine oblačnosti iz desetina ili osmina u procente vrši se po obrazcu:

$$O(\%) = n \cdot 100,$$

n – osmotrena količina oblačnosti

Npr. osmotrena je oblačnost od 4/10, biće:  $O(\%) = n \cdot 100 = 4/10 \cdot 100 = 40\%$

## Raspoznavanje oblaka

Značaj raspoznavanja oblaka, tj. njihovog izgleda (oblika) i visine donje baze je u sledećem:

Pravac i brzina kretanja oblaka ukazuje na pravac i brzinu vazdušnih strujanja na visini. Oblik oblaka ukazuje na vrstu vazdušnih struja u slobodnoj atmosferi. Npr., jednolični i slojeviti oblaci ukazuju na "mirna" strujanja u atmosferi, da proces kondenzacije nije buran. Sa druge strane, oblaci gomilastog oblika ukazuju da u atmosferi ima jakih uzlaznih struja, pa su uslovi za stvaranje kumulonimbusa povoljni. Ako su oblaci na nebu u rastrgnutom obliku (u obliku rastrgnutih krpica), to znači da u atmosferi vladaju jaka turbulentna kretanja (komešanja) vazduha.

Prema spoljašnjem izgledu (obliku) oblaci se mogu podijeliti na: gomilaste (kumulusi, kumulonimbusi), slojevite (stratusi, altostratusi) i perjasto-pramenasti (cirusi). Između ovih glavnih grupa postoje pralazni oblici: slojevito-gomilasti (stratokumulusi), perjasto-slojeviti (cirostratusi), perjasto-gomilasti (cirokumulusi) itd.

U Međunarodnom atlasu oblaka, oblaci su podijeljeni prema visini njihove donje baze u tri grupe rodova: visoki, srednji i niski oblaci. Oblaci se formiraju u troposferi i nalaze se na visinama od nivoa mora, odnosno same Zemljine površine pa do gornje granice troposfere (18 km u tropskim, 13 km u umjerjenim i 8 km u polarnim predjelima). Svaki rod oblaka se dijeli na vrste i podvrste.

**Po međunarodnom dogovoru,  
određena su tri sloja (ujedno i  
tri grupe rodova) u okviru kojih  
se javlja 10 rododoba oblaka**

DBurić

Sloj	Visina prostiranja oblaka	Rodovi
Niski	zemljina površina - 2km	Stratus Stratokumulus Kumulus Cumulonimbus
Srednji	2-4km (polarne širine) 2-7km (umjerene širine) 2-8km (tropske širine)	Altokumulus Altostratus Nimbostratus
Visoki	3-8km (polarne širine) 5-13km (umerene širine) 6-18km (tropske širine)	Cirus Cirokumulus Cirostratus
Oblaci vertikalnog razvoja	zemljina površina – 18 km	Nimbostratus Kumulonimbus

## Klasifikacija oblaka

Po načinu postanka oblaci se dijele u dvije grupe:

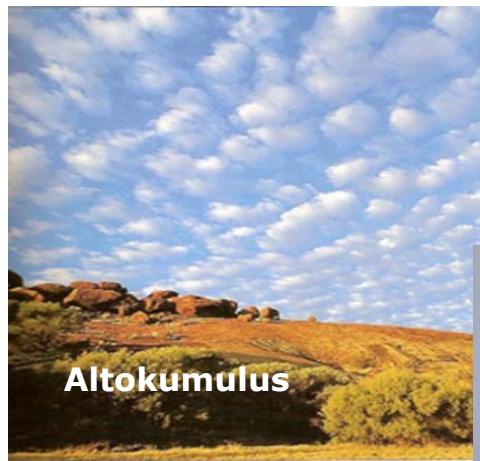
1. Stabilni oblaci – stvaraju se u tzv. stabilnoj atmosferi (pri lijepom vremenu), bez uzlaznih vazdušnih strujanja. To su slojeviti i talasasti oblaci: St, Sc, Ac, Cc. Oni se obrazuju hlađenjem vazduha i oni ukazuju da u atmosferi nema uzlaznih vazdušnih strujanja.
2. Nestabilni oblaci – obrazuju se jakim uzlaznim strujanjem, posebno pri uzdizanju vlažnog vazduha, u tzv. nestabilnoj atmosferi. To su: Cu, Cb, Ns.

Pljuskovite padavine, praćene grmljavinom, daju **Cb**. Padavine slabog do umjerenog intenziteta, jednolične i dugotrajnije, daju **Ns**. Rijetko daju padavine **Cu**. Padavine slabog intenziteta daju **As**. Rijetko daju padavine slabog intenziteta **St i Sc**. Padavine ne daju **Ci, Cc, Cs i Ac**.

DBurić

RODOVI	VRSTE	PODVRSTE
Cirrus (Ci)	fibratus uncinus spissatus castellanus floccus	intortus radiatus vertebratus duplicatus
Cirrocumulus (Cc)	stratiformis lenticularis castellanus floccus	undulatus lacunosus
Cirrostratus (Cs)	fibratus nebulosus	duplicatus undulatus
Altocumulus (Ac)	stratiformis lenticularis castellanus floccus	translucidus perlucidus opacus duplicatus undulatus radiatus lacunosus
Altostratus (As)		translucidus opacus duplicatus undulatus radiatus
Nimbostratus (Ns)		
Stratocumulus (Sc)	stratiformis lenticularis castellanus	translucidus perlucidus opacus duplicatus undulatus radiatus lacunosus
Stratus (St)	nebulosus fractus	opacus translucidus undulatus
Cumulus (Cu)	humilis mediocris congestus fractus	radiatus
Cumulonimbus (Cb)	calvus capillatus	

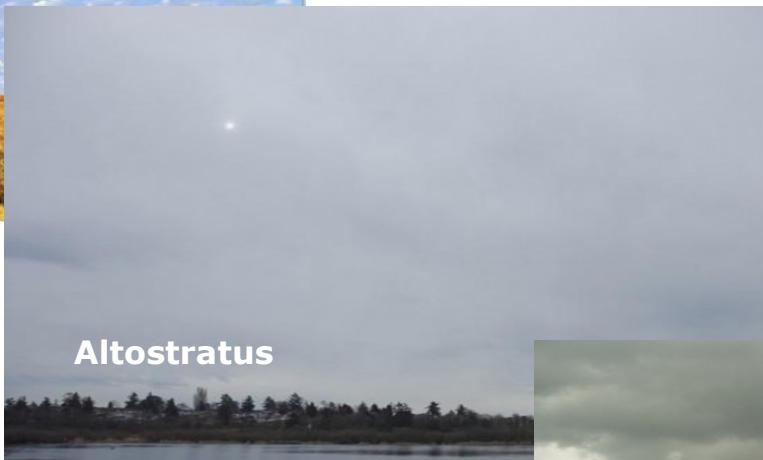
## SREDNJI OBLACI

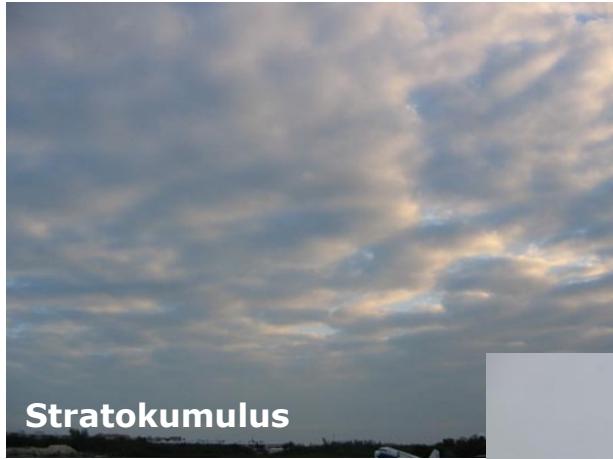


Cirus

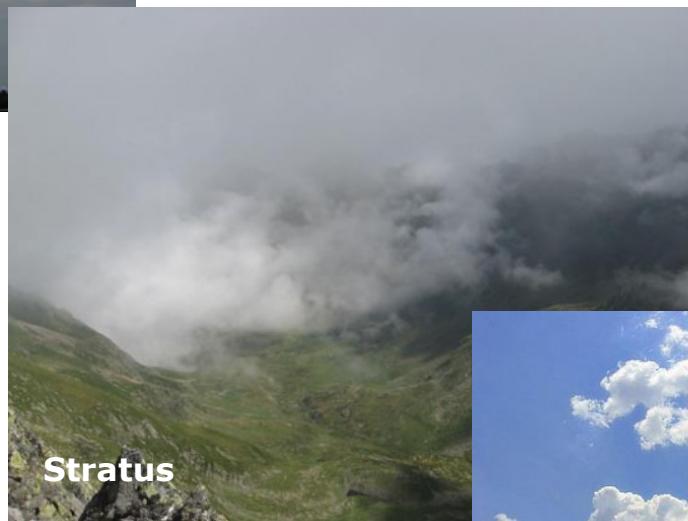


## VISOKI OBLACI

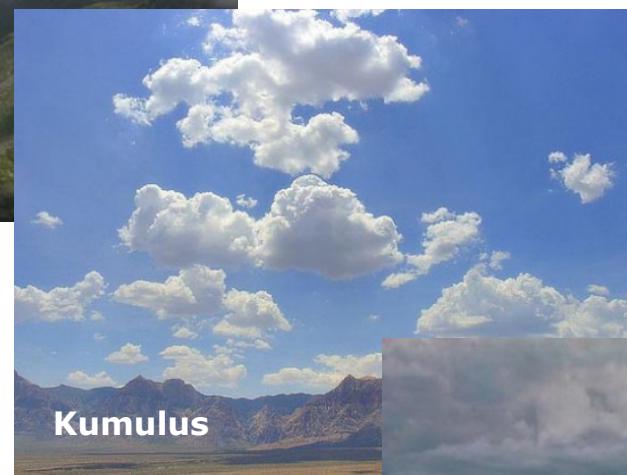




**Stratokumulus**



**Stratus**



**Kumulus**

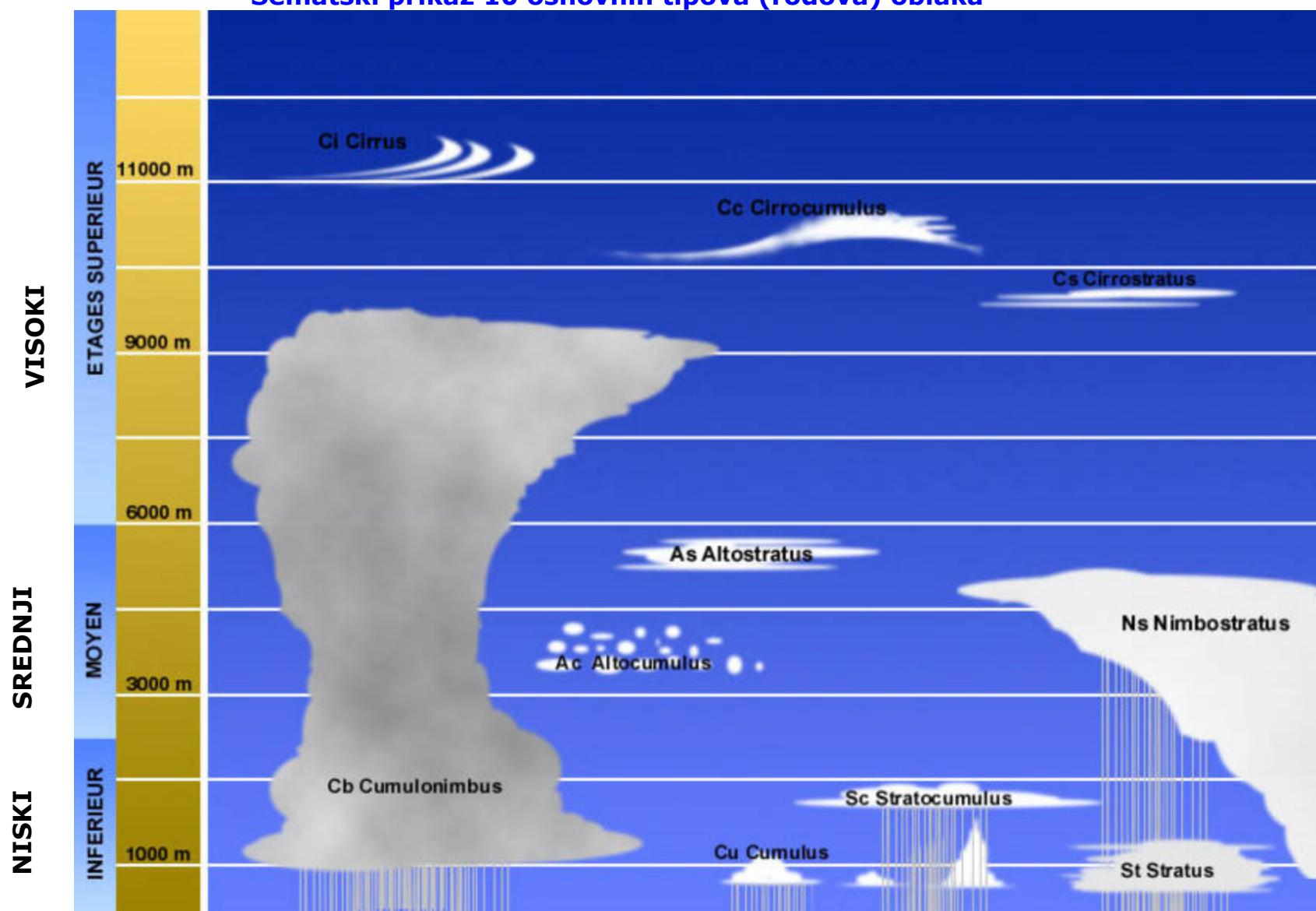


**Kumulonimbus**

**NISKI OBLACI**

DBurić

## Šematski prikaz 10 osnovnih tipova (rodova) oblaka



## Koeficijent stabilnosti vedrog i mutnog vremena

Koeficijenti stabilnosti vedrog i mutnog vremena predstavljaju mjeru stabilnosti vedrog i mutnog vremena. Koeficijenti stabilnosti vedrog vremena ( $k_v$ ) dobija se kao odnos čestine vedrih termina ( $n_{vt}$ ) i vedrih dana ( $n_{vd}$ ) u nekom vremenskom periodu:

$$k_v = n_{vt}/n_{vd}$$

Koeficijenti stabilnosti vedrog vremena ( $k_v$ ) dobija se kao odnos čestine vedrih termina ( $n_{vt}$ ) i vedrih dana ( $n_{vd}$ ) u nekom vremenskom periodu:

$$k_m = n_{mt}/n_{md}$$

Vedar termin je onaj u kome je osmotrena oblačnost  $<2/10$ , a mutan u kome je osmotrena oblačnost  $>8/10$ .

Koeficijent stabilnosti ima vrijednost 1 u periodima sa potpuno vedrim (mutnim) vremenom. Što je stabilnost manja to je čestina vedrih (mutnih) termina veća od čestine vedrih (mutnih) dana i tada je vrijednost koeficijenta znatno veća od 1.

Primjer: U mjesecu septembru 1940. godine u Nišu je osmotrena 53 puta oblačnost  $<2/10$ , a tog mjeseca je bilo 17 vedrih dana. Izračunati koeficijent stabilnosti vedrog vremena?

Prvo treba broj vedrih termina i vedrih dana izraziti u procentima od ukupnog broja termina, odnosno ukupnog broja dana u septembru. U ovom mjesecu ima 90 termina ( $3*30$ ), pa se postavlja proporcija:

$$53/90=x/100; 90x=53*100; x=(53*100)/90; x=59\%$$

$$\text{Broj vedrih dana (17) u \% od ukupnog broja dana u septembru (30): } 17/30=4/100; x=57\%$$

Na kraju izračunati koeficijent stabilnosti vedrog vremena:  $k_v = n_{vt}/n_{vd} = 59/57 = 1,03$ . Dakle,  $k_v$  je sko 1, pa je u ovom mjesecu u Nišu vedro vrijeme bilo stabilno.

## PARAMETRI OBLAČNOSTI

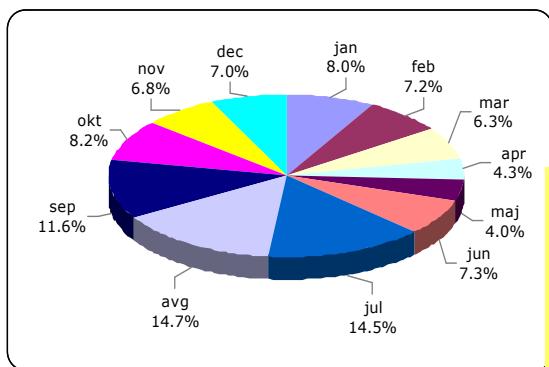
Oblačnost se osmatra svaki sat na glavnim stanicama, odnosno u klimatološkim terminima na klimatološkim stanicama. U klimatološkim analizama razmatraju se sledeći parametri oblačnosti, uglavnom:

1. Srednja dnevna oblačnost – aritmetička sredina terminskih vrijednosti (satnih, sinoptičkih ili klimatoloških termina) za dati dan.
2. Srednja mjesecna oblačnost – aritmetička sredina srednjih dnevnih vrijednosti za dati mjesec.
3. Srednja godišnja oblačnost – aritmetička sredina srednjih mjesecnih vrijednosti za datu godinu.
4. Normalna oblačnost – aritmetička sredina srednjih vrijednosti oblačnosti neke vremenske jedinice (najčešće za mjesec i godinu) u višegodišnjem periodu (po pravili klimatskom periodu).
5. Broj vedrih dana – broj dana u kojima je srednja dnevna oblačnost bila  $<2/10$  u datoј vremenskoј jedinici (datom mjesecu ili datoј godini).
6. Broj oblačnih dana – broj dana u kojima je srednja dnevna oblačnost bila  $>8/10$  u datoј vremenskoј jedinici (datom mjesecu ili datoј godini).
7. Srednji broj vedrih dana – aritmetička sredina broja vedrih dana za mjesec ili godinu u višegodišnjem periodu. Npr. srednji broj vedrih dana za januar u Podgorici u periodu 1961-1990. godine dobija se kada se ukupan broj ovih dana za sve januare od 1961. do 1990. podijeli sa brojem godina (30).
8. Srednji broj oblačnih dana – aritmetička sredina broja oblačnih dana za mjesec ili godinu u višegodišnjem periodu. Npr. srednji godišnji broj vedrih dana u Podgorici u periodu 1961-1990. godine dobija se kada se ukupan broj ovih dana za sve godine od 1961. do 1990. podijeli sa brojem godina (30).

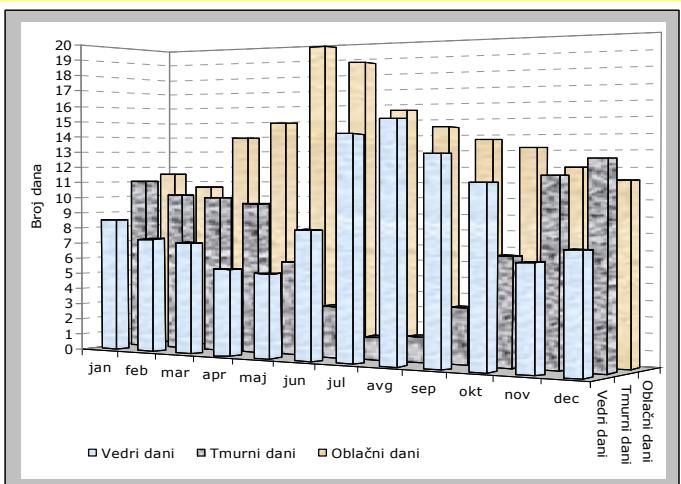
Prikazivanje oblačnosti

- ✓ Tabelarno
- ✓ Grafički (linija ili histogram)
- ✓ Prostorna raspodjela kartografski (izonefama).

**Prosječan broj vedrih, tmurnih i oblačnih dana po mjesecima u Podgorici, računat za period 1961-2000.**



**Procentualno učešće vedrih dana po mjesecima u odnosu na njihov ukupan broj u toku godine - Golubovci (1978 -2000)**



## **Pitanja**

1. Šta su oblaci, a šta je oblačnost?
2. Kako se izražava oblačnost?
3. Šta su izonefe?
4. Kako se definiše vedar, oblačan i tmuran (mutan) dan?
5. Jednog dana u Nikšiću je osmotrena sledeća oblačnost (u klimatološkim terminima): 0/10, 8/10 i 4/10.  
Pretvoriti ove vrijednosti u 8-nama i %? Izračunati srednju dnevnu oblačnost?
6. O čemu nam govori oblik i kretanje oblaka?

## 8. PADAVINE (HIDROMETEORI ILI ATMOSFERSKI TALOZI)

**Definicija** – svi oblici kondenzovane i sublimirane vodene pare, koji se na zemljinoj površini pojave u tečnom ili čvrstom stanju. Postoje dvije vrste padavina – niske i visoke. Niske padavine se obrazuju neposredno na topografskoj površini i predmetima na njoj, to su: rosa, slana, inje i poledica. Visoke padavine se obrazuju u oblacima i iz njih padaju na Zemljinu površinu, to su sledeći oblici: kiša, snijeg, susnješica, grad, sugradica i krupa.

Padavine su meteorološke pojave i zato se one obilježavaju simbolima, a njihova visina ili količana su meteorološki elementi.

**Padavine i temperatura vazduha su dva najvažnija klimatska elemnta.**

**Količina ili visina padavina** – visina vode koja je od padavina nastala u mm ili lit/m<sup>2</sup>. **1 mm = 1 lit/m<sup>2</sup>**

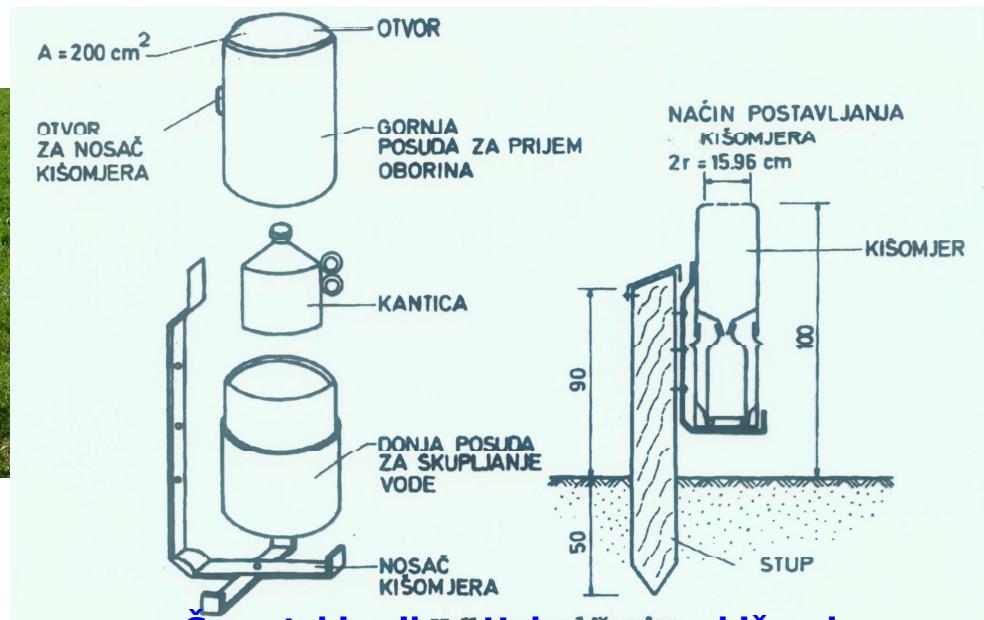
Količina padavina se mjeri instrumentima: kišomjer, pluviograf (ombrograf) i totalizator.



**Pluviograf**

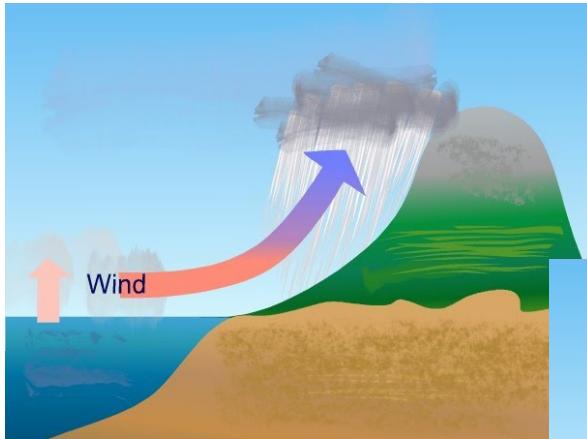


**Kišomjer**



**Šematski prikaz Helmhahofovog kišomjera**

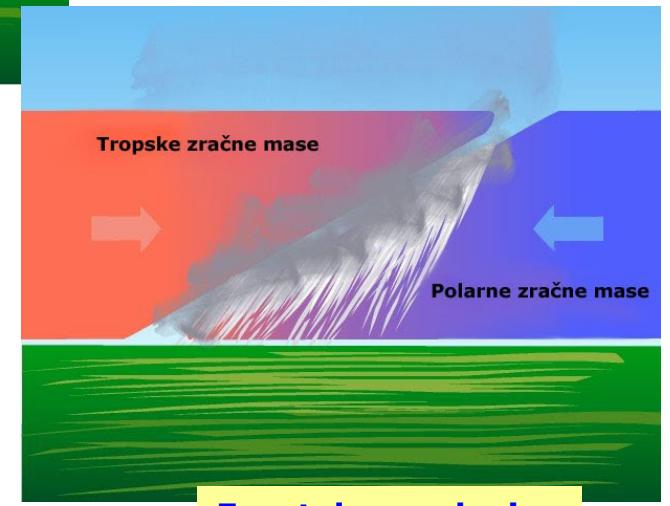
**Padavine: izdizanje vazduha → hlađenje → kondenzacija i sublimacija → padavine.**  
**Po genezi (načinu nastanka) dijele se na: frontalne, orografske i konvektivne?**



**Orografske padavine**



**Konvektivne padavine**



**Frontalne padavine**

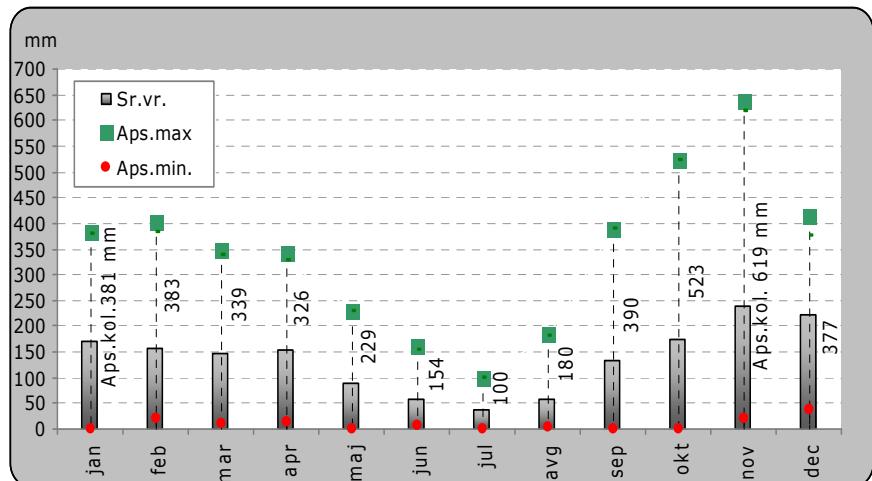
## PARAMETRI PADAVINA

Najmanja mjerljiva količina padavina je 0,1 mm. Dan sa količinom padavina  $\geq 0,1$  mm naziva se **padavinski ili kišni dan**. Najvažniji parametri padavina su:

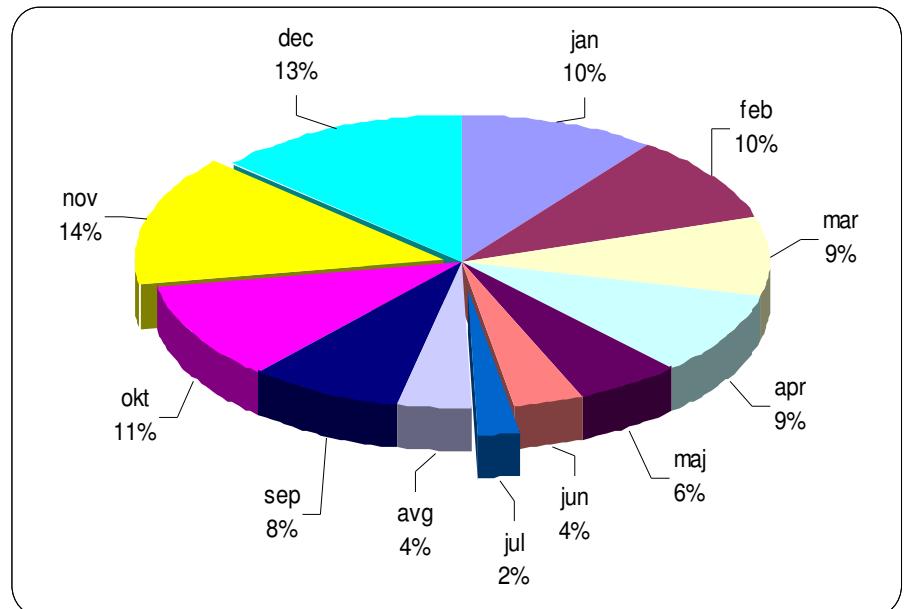
1. Dnevna količina padavina – količina padavina u mm koja se izluči u toku 24 časa, izmjerena u 7h ujutru po SEV (6h po UTČ). Ta količina, izmjerena u 7h, odnosi se na dan kada je izmjerena, a obuhvata padavine u toku prethodna 24h (od 7h juče do 7h danas).
2. Mjesečna količina padavina – suma (zbir) dnevnih količina padavina za dati mjesec.
3. Godišnja količina padavina - suma mjesečnih količina padavina za datu godinu.
4. Sezonska količina padavina - suma mjesečnih količina padavina za dato godišnje doba.
5. Količina padavina toplice (hladnije) polovine godine – suma mjesečnih količina u periodu april-septembar u dатој godini (hladnija polovina godine - suma mjesečnih količina u periodu oktobar-mart od prethodne (okt+nov+dec) do sledeće godine(jan+feb+mar)).
6. Srednja (prosječna) količina padavina – aritmetička sredina količene padavina za datu vremensku jedinicu u višegodišnjem periodu (po pravilu klimatskom). Računa se za dan, mjesec, godišnje doba, polovinu godine, vegetacioni period, godinu.
7. Maksimalna količina padavina – iz višegodišnjeg perioda izdvoji se vremenska jedinica sa najviše padavina (dnevna, mjesečna, godišnja, sezonska).
8. Minimalna količina padavina – iz višegodišnjeg perioda izdvoji se vremenska jedinica sa najmanje padavina (dnevna (rijetko), mjesečna, godišnja, sezonska).
9. Broj dana sa padavinama – broj dana u dатој vremenskoj jedinici (mjesec, godišnje doba, godina) sa padavinama  $\geq 0,1$  mm, 1.0 mm, 10,0 mm, 20,0 mm, 50,0 mm. Srednji broj dana sa padavinama jednakim ili iznad ovih pragova je njihova aritmetička sredina u višegodišnjem periodu (po pravilu klimatskom).
10. Minimalan broj padavinskih pada – uglavnom se određuje za godinu, tako što se u višegodišnjem periodu izdvoji godina sa najmanjim brojem dana sa padavinama  $\geq 0,1$  mm.
11. Maksimalni broj padavinskih pada – uglavnom se određuje za godinu, tako što se u višegodišnjem periodu izdvoji godina sa najvećim brojem dana sa padavinama  $\geq 0,1$  mm.
12. Dužina kišnog perioda – broj uzastopnih dana sa količinom padavina  $\geq 0,1$  mm.
13. Dužina sušnog perioda – broj uzastopnih dana bez padavina.
14. Maksimalna dužina kišnog perioda – u višegodišnjem nizu izdvoji se najduži kišni period.
15. Maksimalna dužina sušnog perioda – u višegodišnjem nizu izdvoji se najduži sušni period.

## Prikazivanje padavina

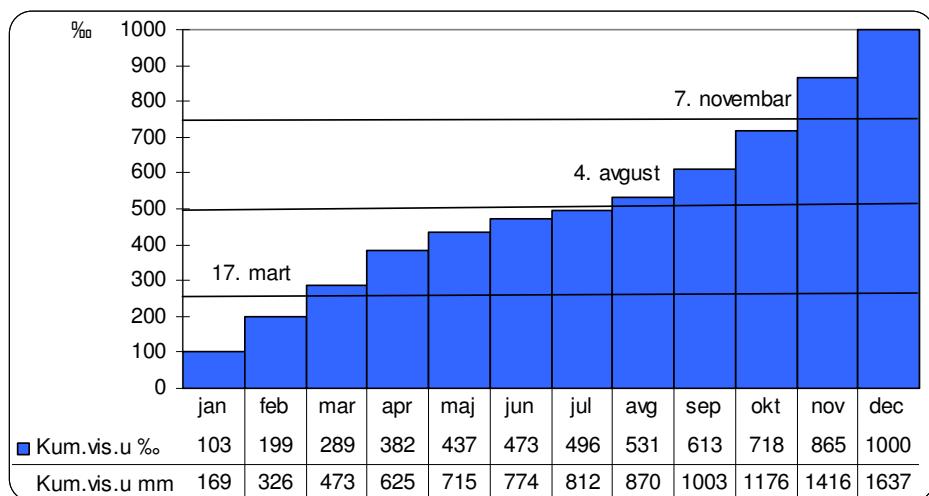
- ✓ Tabelarno
- ✓ Grafički (uglavnom pomuću histograma – stubiči ili pravougaonici)
- ✓ Prostorna raspodjela kartografski (izohijetama).



Raspored padavina u Podgorici tokom prosječne godine i absolutno mješeviće  
kolebanje (1961-2000)



Procentualno učešće mješeviće u godišnjoj sumi padavina, Podgorica (1961-2000)



Kumulativne visine padavina u Podgorici za period 1961-2000. godine

Pluviometrijski režim – raspodjela padavina u godini (po mjesecima ili godišnjim dobima)

## Izrada izohijetnih karata

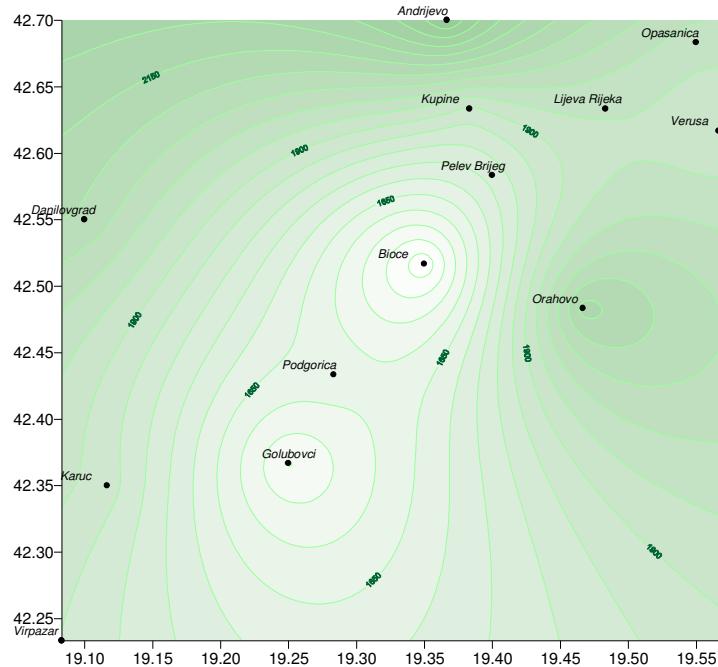
Raspodjela padavina na nekom prostoru (manjoj ili većoj teritorijalnoj jedinici), ali i drugih klimatskih elemenata (Sunčevog zračenja, osunčavanja, temperature vazduha, vazdušnog pritiska itd), predstavlja se izolinijama.

Izolinije – linije koje spajaju tačke sa istom vrijednošću datog klimatskog elementa. Izohijete su linije koje spajaju tačke sa istom količinom padavina. Pri povlačenju izohijeta vrijednosti intervala između njih određuju se prema amplitudi padavina za cijelu teritoriju. Na godišnjim izohijetnim kartama intervali između izohijeta su 25 mm ili 50 mm, ali mogu biti i manji i veći, što zavisi od razlike u količini padavina na posmatranom prostoru.

Često je potrebno uraditi i interpolaciju – umetanje izolinija između dvije susjedne izohijete, npr. između izohijete od 100 mm i 200 mm treba umetnuti izohijetu od 150 mm. Najčešće se koriste dva načina interpolisanja izohijeta: grafički i analitički.

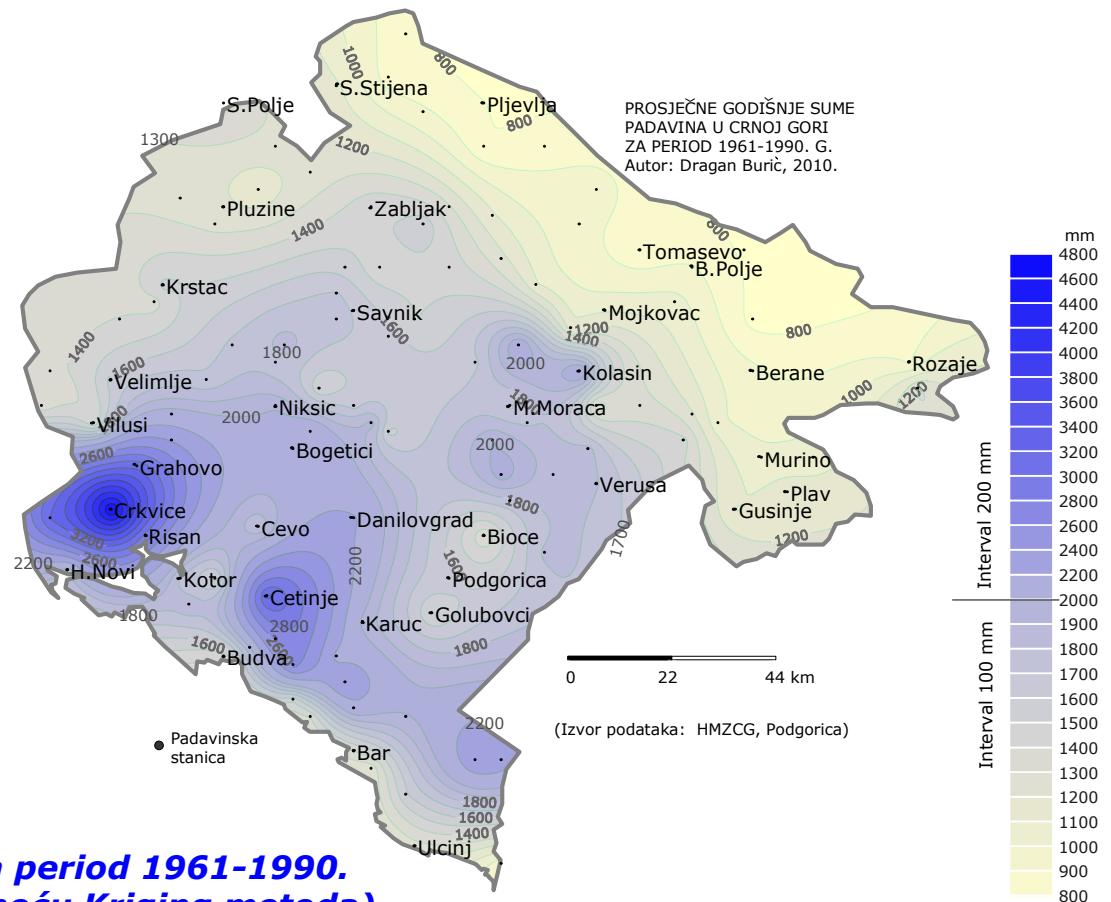
**Grafička interpolacija** izohijeta zasniva se na korišćenju razmjernika. Metod se satoji u sledećem: napravi se uska papirna traka sa milimetarskom podjelom. Razmjernik (papirna traka) se postavi između dvije stanice na karti. Na papirnoj traci se crticama označe te dvije stanice i pored njih upiše vrijednost padavina, npr. 500 mm i 600 mm. Zatim se izvrši podjela u zavisnosti od vrijednosti intervala. Npr., ako je interval 25 mm, onda se između te dvije stanice na papirnoj traci označe tri kratke linije ili tačke na istom odstojanju, koje označavaju vrijednosti od 525, 550 i 575 mm. Na kraju se na karti pored tih crtica olovkom obilježe položaji, tj. tačke kroz koje se izvlače izohipse.

**Analitička interpolacija** se više koristi u klimatologiji za određivanje tačke između dvije stanice kroz koju treba da prođe odgovarajuća izohipsa. Npr. između stanica od 190 mm i 230 mm treba ucrtati izohijete na svakih 10 mm (interval je 10 mm), postupak je sedeći. Prvo se lenjirom izmjeri rastojanje na karti između te dvije stanice, npr. to rastojanje je 2,5 cm (25 mm). Zatim se izračuna razlika u padavinama između te dvije stanice, u konkretnom slučaju to je 40 mm. Na osnovu te dvije vrijednosti izračuna se koju količinu padavina nosi određeno jedinično rastojanja, koristeći obrazac (količnik razlike padavina i rastojanja između te dvije stanice):  $\Delta R / \Delta L$ . U konkretnom slučaju biće:  $\Delta L / \Delta R = 40 / 25 = 0,63$  mm, a to je vrijednost padavina koja se mijenja na svakom milimetru rastojanja između te dvije stanice. Dakle, rastojanju od 1 mm na karti odgovara razlika u padavinama od 0,63 mm. Položaj izohijete od 200 mm (tačke između stanica kroz koju će proći ta izohijeta, od 200 mm) dobija se množenjem dobijene vrijednosti od 0,63 mm sa razlikom padavina od 200 mm od bilo koje stanice. Od iste stanice se mjeri dobijeno rastojanje. Npr. razlika od izohijete od 190 do 200 mm je 10 mm. Dakle, množimo 0,63 sa 10, to je 6,3 mm. Postavimo lenjur između te dvije stanice i od stanice sa 190 mm izmjerimo 6,3 mm u pravcu druge stanice. Označimo tu tačku na karti i to je tačka kroz koju treba da prođe izohipsa od 200 mm. Od te tačke izmjerimo još 6,3 mm i dobijemo tačku kroz koju treba da prođe izohijeta od 210 mm (ili od stanice sa 190 mm izmjerimo 12,6 mm). Na isti način se vrši interpolacija između svih najbližih stanica i na kraju se povlače izohijete kroz dobijene tačke. Metodom sjenčenja ili metodom bojenja površina između izohijeta, može se pojačati efekat očiglednosti na karti.



**Raspored padavina na teritoriji opštine Podgorica i neposrednom okruženju  
(interpolacija je urađena pomoću Kriging metoda korišćenjem programa SURFER)**

2350  
2300  
2250  
2200  
2150  
2100  
2050  
2000  
1950  
1900  
1850  
1800



(Izvor podataka: HMZCG, Podgorica)

DBurić

**Izohijetna karta Crne Gore za period 1961-1990.  
(interpolacija je urađena pomoću Kriging metoda)**

mm  
4800  
4600  
4400  
4200  
4000  
3800  
3600  
3400  
3200  
3000  
2800  
2600  
2400  
2200  
2000  
1900  
1800  
1700  
1600  
1500  
1400  
1300  
1200  
1100  
1000  
900  
800

Interval 200 mm

Interval 100 mm

## **Određivanje količine padavina za neku teritoriju**

Poznavanje prosječne količine padavina na nekoj teritoriji ima veliki praktični značaj. Npr. u hidrologiji je od značaja visina padavina u slivu, jer ona utiče na proticaj rijeka, zatim u geomorfologiji, jer je voda osnovni agens koji izaziva različite vrste erozije, i generalno utiče na mnoge ljudske aktivnosti i ljudski život uopšte. Najčešće se izračunava prosječna godišnja količina padavina na nekoj teritoriji, a za te potrebe koriste se 4 metoda: metod aritmetičke sredine, metod izohijeta, metod kvadrata i metod izravnjavanja (metod Tisenovih poligona).

**Metod aritmetičke sredine** - jednostavan, ali najmanje precizan. Dobija se kao odnos zbiru visine padavina svih stanica ( $\Sigma R_i$ ) na datoj teritoriji (sliv, regija, državna teritorija) i broja stanica (n):  $R_o = \Sigma R_i / n$

**Metod Tisenovih poligona** (metod izravnjavanja) – bazira se na izdvajanju površina koje obuhvataju pojedine meteorološke stanice, tako da je svaka tačka unutar poligona bliža meteo stanici koju on sadrži nego bilo kojoj drugoj stanici. To se postiže na taj način što se susjedne stanice spoje pravim linijama (površina sliva je izdijeljenja na skup trouglova), a potom se povlače simetrale strana (simetrale sa vododjelnicom predstavljaju mrežu poligona). Izračunaju se površine svakog poligona. Na kraju se prosječna visina padavina nad datim slivom dobija kao odnos zbiru proizvoda površina pojedinih poligona ( $f_i$ ) i visine padavina stanice datog poligona ( $R_i$ ) sa ukupnom površinom sliva ( $\Sigma f$ ):  $R_o = (\Sigma R_i \cdot f_i) / \Sigma f$

**Metod izohijeta** – zasniva se na planimetrisanju karte sa izohijetama. Ovaj metod je najprecizniji, ali njegova primjena zahtijeva detaljnu analizu vertikalnih gradijenata padavina. Postupak je sledeći: prvo se uradi karta izohijeta sliva metodom prostorne interpolacije (na bazi intervala (obično 25, 50 ili 100 mm), izolinijama se povežu tačke u slivu sa istom visinom padavina). Zatim se izmjere površine između susjednih izohijeta (planimetrom ili pomoću milimetarske hartije). Na kraju se prosječna visina padavina nad datim slivom dobija kao odnos zbiru proizvoda površina između izohijeta ( $f_i$ ) i srednje visine padavina između njih ( $x_i$ ) sa ukupnom površinom sliva ( $F$ ):  $R_o = (R_1 \cdot f_1 + R_2 \cdot f_2 + \dots + R_n \cdot f_n) / F$

**Metod kvadrata** – posmatrana teritorija se podijeli na jednakе kvadrate, čija veličina zavisi od veličine teritorije i broja osmatračkih stanica. Za svaki kvadrat se izračuna srednja visina padavina kao aritmetička sredina padavina svih stanica u kvadratu. Ako u kvadratu nema stanica, onda se padavine dobijaju interpolacijom između susjednih stanica. Zatim se izračunaju površine pojedinačnih kvadrata. Na kraju se prosječna količina padavina na datoј teritoriji dobija kada se zbir srednje količine padavina svih kvadrata podijeli sa ukupnim brojem kvadrata (n):  $R_o = \Sigma R_i / n$

## **Relativno godišnje kolebanje padavina**

Najznačajnije karakteristike padavina su suma i njihov režim (raspodjela u toku godine). Veličina koja pokazuje ravnomjernost ili neravnomjernost padavina u toku prosječne godine je relativno godišnje kolebanje padavina ( $r$ ). Izražava se u procentima, a predstavlja odnos razlike prosječno najvlažnijeg (R<sub>n</sub>) i najsuvljeg (R<sub>n</sub>) mjeseca i prosječne godišnje sume padavina (R<sub>g</sub>):  $r=((R_g-R_n)/R_g)\cdot 100\ (%)$

Ukoliko je relativno godišnje kolebanje padavina manje, utoliko je pluviometrijski režim ravnomjerniji. Ako je raspodjela padavina po mjesecima, u toku godine, potpuno ravnomjerna, r ima vrijednost nula.

## **Čestina padavina (broj kišnih ili padavinskih dana)**

Pod padavinskim ili kišnim danom podrazumeva se dan u kome je pao  $\geq 0,1$  mm padavina. Primjera radi, u prosječnoj godini Podgorica ima 115,6 padavinskih dana (period 1961-2000).

## **Intenzitet padavina**

Intenzitet padavina (i) je odnos između visine (R) i čestine (broj padavinskih dana) padavina (nr) za dati period vremena (mjesec, godina, a može i za kraći ili duži period):  $i=R/nr$ . Npr. podaci u tabeli pokazuju prosječan intenzitet padavina po padavinskom danu u mjesecima i godini u Podgorici. Intenzitet padavina za jedan padavinski čas se može precizno odrediti sa pluviografske trake.

## **Vjerovatnoća padavina**

Vjerovatnoća padavina (c) se dobija iz odnosa broja dana sa padavinama (nr), u mjesecu ili nekom drugom vremenskom periodu i ukupnog broja dana za dati period (n). Ovi podaci se mogu praktično iskoristiti u turizmu, poljoprivredi i sl. Npr. u Podgorici najveću vjerovatnoću padavina imaju jesenji i zimski mjeseci - novembar 0,44, decembar 0,41, januar 0,36 i februar 0,39, ali i rani proljećni mjeseci - mart i april. Tako npr. na svakih 10 novembarskih dana treba očekivati 4,4 kišna dana. Naravno, najmanju vjerovatnoću imaju ljetnji mjeseci - juli 0,17, avgust 0,18, ali i septembar 0,22.

**Prosječan broj padavinskih dana, intenzitet padavina po padavinskom danu i vjerovatnoća padavina - Podgorica (1961-2000)**

Padavine	Mjeseci												god
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
Br.pad.d.	11.2	10.9	10.7	12.2	9.4	7.8	5.3	5.5	6.7	9.9	13.3	12.7	116
Int.p/pad.d.	15.1	14.4	13.8	12.5	9.6	7.5	7.1	10.6	19.8	17.4	18.0	17.4	14.2
Vjer.padav.	0.36	0.39	0.35	0.41	0.3	0.26	0.17	0.18	0.22	0.32	0.44	0.41	0.32

# Pitanja

1. Kakav je značaj i koje vrste padavina po obliku postoje?
  2. Kako nastaju padavine – genetski tipovi?
  3. Kako se definiše padavinski dan?
  4. Objasni postupak analitičke prostorne interpolacije?
  5. Koji metodi se koriste za određivanje padavina na nekoj teritoriji?
  6. Objasni metod izohijeta i Tisenovih poligona?
  7. Kako se izračunava relativno godišnje kolebanje padavina, čestina padavina, intenzitet padavina i vjerovatnoća padavina?
  8. U tabeli su date mjesecne sume padavina u Beranama za period 1981-1990. godine. Izračunaj:
    - a) godišnje sume; b) maksimalne, minimalne i srednje mjesecne i srednje godišnje sume; c) relativno godišnje kolebanje na osnovu srednjih vrijednosti.

## Mjesečne sume padavina u Beranama za period 1981-1990.

Mjesec													
Godina	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	god
1981	68.2	70.3	97.6	111.8	63.7	30.7	40.1	113.7	67.3	110.9	81	178	
1982	32.9	16.5	44.2	89.5	23.2	60.2	85.7	99	14.7	43.6	54.4	74.3	
1983	17.5	141.8	34.6	28.4	50.6	121.9	113.6	77.1	96.9	19.1	79.4	81.1	
1984	151.4	86.6	96.8	73.2	48.4	37.6	13.3	62.9	114.3	38.3	48.4	20	
1985	135.4	57	86.1	131.8	53.1	82.2	24.6	57.8	19	18.5	370.6	45.1	
1986	119	163.8	28.6	61.8	78.3	135.8	55.7	21.4	21.1	75.3	2.4	56.1	
1987	187.8	15.8	59.2	64.1	82	56	12.1	53.7	33.4	32.4	119.9	111.7	
1988	58.2	101.1	85.4	79.4	24.4	112.3	13.9	11.2	115.7	44.2	164.2	109.2	
1989	4.4	61	72.2	81.9	91	160.7	57.6	158.1	109.8	105.2	137	14.9	
1990	12.4	18.1	31.1	167	69	10.4	25.4	31.1	48.5	65.4	78.3	111.1	

## 9. SNIJEŽNI POKRIVAČ

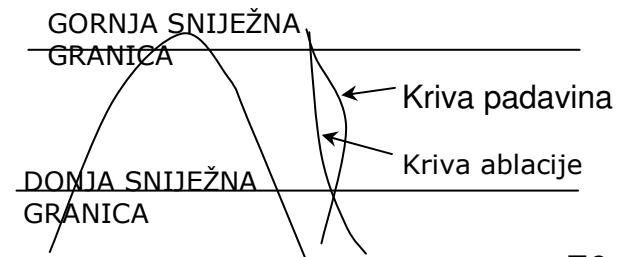
**Snijeg** pripada vrsti visokih padavina i meteorološkim pojavama. **Sniježni pokrivač** nastaje kao posledica padanja snijega i pripada meteorološkim (klimatskim) elementima. Sniježni pokrivač je važan klimatski element za srednje i više geografske širine, kao i za više nadmorske visine na nižim geografskim širinama. Podaci o sniježnom pokrivaču su bitni mnogim privrednim granama. Npr. poljoprivrednike interesuje sniježni pokrivač kao zaštitnik ozimih usjeva od zimskih mrazeva, a od njega se dobija i zaliha vode u zemljištu koja služi biljkama za vrijeme suvih proljećnih dana. Hidrolozima je taj podatak potreban zbog nivalne retencije i prognoze velikih voda na rijekama. Podaci o sniježnom pokrivaču potrebni su i vodoprivredi, posebno za potrebe dobijanja električne energije (punjenje akumulacija za hidroelektrane). U građevinarstvu se rade procjene opterećenja krovnih konstrukcija od snijega, opasnosti od lavina (usova) itd. Dalje, sniježni pokrivač ima veliki značaj za sve vrste saobraćaja, posebno kopnenog (drumskog, željezničkog i gradskog).

✓ **Sniježna granica** – visina na kojoj je količina palog snijega izjednačena sa njegovim isparavanjem i otapanjem – bilans sniježnih padavina jednak je nuli. Visina ove granice zavisi od klimatskih uslova, pa se zato naziva **donja klimatska sniježna granica ili „nivo 365“**. Iznad te granice je količina palog snijega veća od količine ukupnih gubitaka (isparavanja i otapanja) i nastaje akumulacija (nagomilavanje) sniježnih masa – bilans sniježnih padavina je pozitivan, zbog čega dolazi do formiranja "vječitog snijega". Ali, to nagomilavanje snijega iznad ove granice je samo do izvjesne visine na kojoj je količina sniježnih padavina toliko mala (zbog suvoće vazduha) da se sav snijeg istopi i ispari, bez obzira na nisku temperaturu – to je **gornja klimatska sniježna granica**. Ispod donje sniježne granice bilans sniježnih padavina je negativan, pa se sniježni pokrivač ne zadržava duže od jedne godine.

✓ **Hionosfera** – oblast akumulacije sniježnih padavina (oblast između donje i gornje sniježne granice). U tropskim i značajnom dijelu umjerenih širina postoji samo donja klimatska sniježna granica.

### Visina donje klimatske sniježne granice

Oblast	Geografska širina	Visina KSG u m
Zemlja Franje Josifa	82°	50-100
Spicberg	80°	460
Island	64-67°	600-1300
Pirineji	42-43°	2600-2900
Alpi	46-47°	2700-2900
Kavkaz	40-44°	2700-3800
Himalaji	27-34°	4900-6000
D Burić	Afrika	0-3°
	Argentina	29°
		6400



## **PARAMETRI SNIJEGA**

Na meteorološkim stanicama bilježi se snijeg kao pojava – početak padanja snijega i završetak (trajanje padanja snijega u toku dana) i mjeri se visina sniježnog pokrivača u 7h po SEV (u 6h po UTC ili ZEV) svakog dana dok on postoji pomoću snijegomjerne letve (snijegomjer), kao i gustina snijega pomoću snijegomjerne vase. Najčešće se analiziraju sledeći parametri snijega:

1. Broj dana sa snijegom – broj dana sa padanjem snijega u kojima je pao snijega  $\geq 0,1$  mm vodenog ekvivalenta.
  2. Broj dana sa sniježnim pokrivačem – broj dana u kojima se na slobodnoj i ravnoj površini obrazovao sniježni pokrivač visine  $\geq 1$  cm.
  3. Srednji godišnji broj dana sa snijegom – aritmetička sredina godišnjeg broja dana sa padanjem snijega u nekom višegodišnjem periodu.
  4. Maksimalni godišnji broj dana sa snijegom – najveći zabilježeni broj dana sa padanjem snijega u toku jedne godine u nekom višegodišnjem periodu.
  5. Srednji godišnji broj dana sa sniježnim pokrivačem – aritmetička sredina godišnjeg broja dana sa sniježnim pokrivačem u nekom višegodišnjem periodu.
  6. Maksimalni godišnji broj dana sa sniježnim pokrivačem – najveći zabilježeni broj dana sa sniježnim pokrivačem u toku jedne godine u nekom višegodišnjem periodu.
  7. Maksimalna visina sniježnog pokrivača – najviša izmjerena visina sniježnog pokrivača u nekom periodu (mjesec, godina, višegodišnji period).
  8. Prosječna visina sniježnog pokrivača - aritmetička sredina visina sniježnog pokrivača izmjerenih u 7h svakog dana sa sniježnim pokrivačem u nekom periodu.
  9. Prosječna godišnja količina vode od snijega – izračunava se kada se ukupna visina vode od snijega (mjerjenjem zapremine sniježnice pomoću kišomjera) za svaku godinu sabere i podijeli sa brojem godina posmatranog perioda.
  10. Najraniji datum pojave prvog snijega – najranije zabilježeni datum kada je padao snijeg u toku višegodišnjeg perioda.
  11. Najkasniji datum pojave poslednjeg snijega - najkasnije zabilježeni datum kada je padao snijeg u toku višegodišnjeg perioda.
  12. Najraniji datum obrazovanja sniježnog pokrivača – najranije zabilježeni datum u toku višegodišnjeg perioda kada se formirao sniježni pokrivač.
  13. Najkasniji datum iščezavanja sniježnog pokrivača – najkasniji zabilježeni datum u toku višegodišnjeg perioda do kada je postojao sniježni pokrivač.
- Prikazivanje sniježnih parametara se može vršiti tabelarno, grafički (najčešće pomoću histograma) i kartografski (prostorna raspodjela pomoću izolinija).

## Mjerenje visine sniježnog pokrivača

Visina sniježnog pokrivača se izražava u centimetrima (cm). Mjerenje je vrlo jednostavno. Za to se koristi *snijegomjerna letva (lenjir) od drveta ili metala*. To je graduirani štap na kojem je nacrtana skala u centimetrima. Postavlja se na ravnom mjestu koje nije zaklonjeno od strane okolnih objekata, a ne smije biti ni u privjetrini ni u zavjetrini. Zato se mjerenje vrši na dva do tri mesta unutar meteorološkog kruga, a onda se visina određuje kao aritmetička sredina. Osim ukupnog sniježnog pokrivača, mjeri se i novonapadali snijeg.

Kada je visina snijega  $\geq 5$  cm, određuje se i njegova gustina, pomoću snijegomjrne vase. Vaga mjeri težinu uzorka snijega određene zapremine. Uzorak se uzima pomoću cilindra na vagi. Kada se težina uzorka snijega podijeli sa njegovom zapreminom, dobija se gustina snijega u  $\text{g/cm}^3$  (gustina je masa tijela u jedinici njegove zapremine). Gustina novog snijega koji je rastresit i suv je mala, svega  $0,1 \text{ g/cm}^3$ , ako duže leži na zemlji oko  $0,3 \text{ g/cm}^3$ , dok je njegova gustina pri topljenju i vodnjavog snijega oko  $0,8 \text{ g/cm}^3$ .

## Izračunavanje zalihe vode u snijegu

Zaliha vode u snijegu (Zvs) ili visina vode u mm od istopljenog snijega, može se izračunati pomoću formule:

**Zvs=hs·ps·10 (mm)** - množi se sa 10 da bi se cm pretvorili u mm

hs – visina sniježnog pokrivača

ps – gustina snijega u  $\text{g/cm}^3$

Primjer:  $hs=30 \text{ cm}$ ,  $ps=0,25 \text{ g/cm}^3$ , biće: **Zvs=hs·ps·10 = $30 \cdot 0,25 \cdot 10 = 75 \text{ mm}$**  ( $30 \text{ cm}=300 \text{ mm}$ , pa je  $300 \cdot 0,25=75 \text{ mm}$ )

## Pitanja

1. Šta je snijeg, a šta sniježni pokrivač?
2. Šta je sniježna granica?
3. Kako se mjeri visina sniježnog pokrivača?
4. Izračunati zalihu vode u snijegu (visinu vode u mm od istopljenog snijega), ako je visina sniježnog pokrivača 75 cm i gustina snijega  $0,23 \text{ g/cm}^3$ ?



**Graduirana letva za  
mjerenje sniježnog  
pokrivača**

## **KLIMATSKI FAKTORI**

Na klimu nekog mjesta ili područja utiču brojni faktori. Klimatski faktori su oni činioci koji modifikuju solarnu ili matematičku klimu i pretvaraju je u stvarnu (fizičku ili realnu). To znači da je mehanizam koji formira klimu na Zemlji veoma složen, odnosno radi se o kompleksnom sistemu koji u sebe uključuje najbitnije elemente geografske sredine: atmosferu, okeane, ledeni pokrivač, kopno, biljni pokrivač, čovjeka (klimatski sistem je sistem Zemljina površina-atmosfera). Klimatski modifikatori se mogu podijeliti u tri osnovne grupe, i to: astronomski, geografski i meteorološki.

✓ **Astronomski** klimatski činioci su:

- ❖ udaljenost Zemlje od Sunca,
- ❖ nagib Zemljine ose prema ravni ekliptike,
- ❖ rotacija i revolucija Zemlje,
- ❖ Intenzitet Sunčevog zračenja.

✓ **Geografski** klimatski faktori su:

- ❖ geografska širina,
- ❖ geografska dužina,
- ❖ reljef,
- ❖ raspored kopna i mora,
- ❖ morske struje,
- ❖ osibine tla,
- ❖ vegetacija i
- ❖ čovjek.

✓ **Meteorološki** klimatski faktori su:

- ❖ fizičko-hemijski sastav atmosfere,
- ❖ cirkulacija atmosfere,
- ❖ polja meteoroloških elemenata.

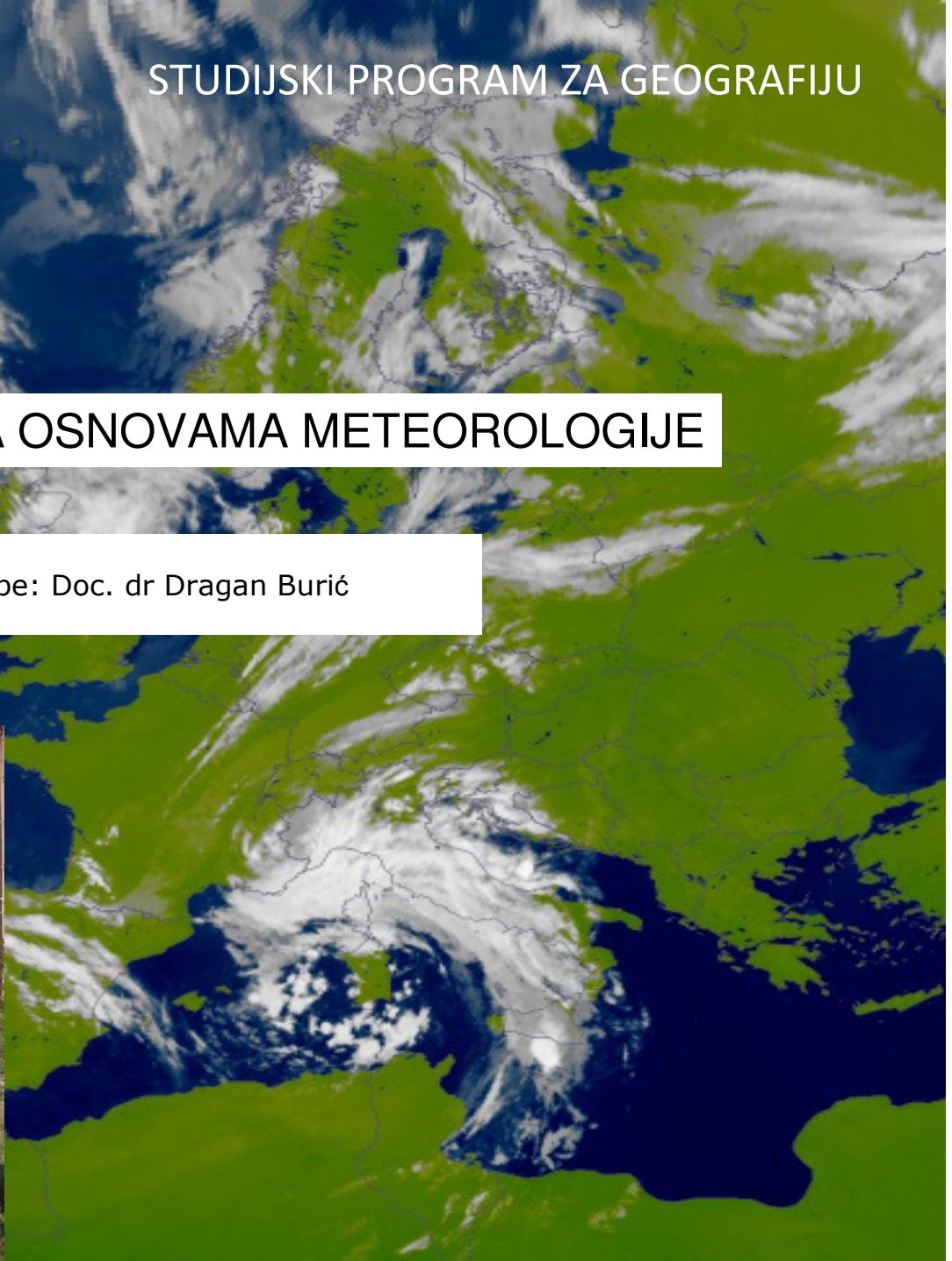


Univerzitet Crne Gore  
Filozofski fakultet - Nikšić

STUDIJSKI PROGRAM ZA GEOGRAFIJU

## KLIMATOLOGIJA SA OSNOVAMA METEOROLOGIJE

Predavanja i vježbe: Doc. dr Dragan Burić



## **KLIMATSKI FAKTORI**

Na klimu nekog mjesta ili područja utiču brojni faktori. Klimatski faktori su oni činioci koji modifikuju solarnu ili matematičku klimu i pretvaraju je u stvarnu (fizičku ili realnu). To znači da je mehanizam koji formira klimu na Zemlji veoma složen, odnosno radi se o kompleksnom sistemu koji u sebe uključuje najbitnije elemente geografske sredine: atmosferu, okeane, ledeni pokrivač, kopno, biljni pokrivač, čovjeka (klimatski sistem je sistem Zemljina površina-atmosfera). Klimatski modifikatori se mogu podijeliti u tri osnovne grupe, i to: astronomski, geografski i meteorološki.

✓ **Astronomski** klimatski činioci su:

- ❖ udaljenost Zemlje od Sunca,
- ❖ nagib Zemljine ose prema ravni ekliptike,
- ❖ rotacija i revolucija Zemlje,
- ❖ Intenzitet Sunčevog zračenja.

✓ **Geografski** klimatski faktori su:

- ❖ geografska širina,
- ❖ geografska dužina,
- ❖ reljef,
- ❖ raspored kopna i mora,
- ❖ morske struje,
- ❖ osibine tla,
- ❖ vegetacija i
- ❖ čovjek.

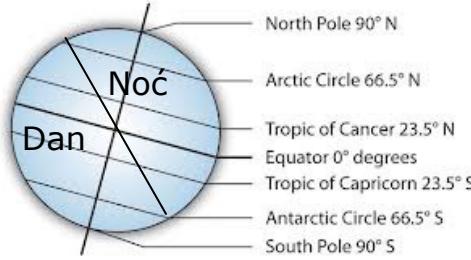
✓ **Meteorološki** klimatski faktori su:

- ❖ fizičko-hemijski sastav atmosfere,
- ❖ cirkulacija atmosfere,
- ❖ polja meteoroloških elemenata.

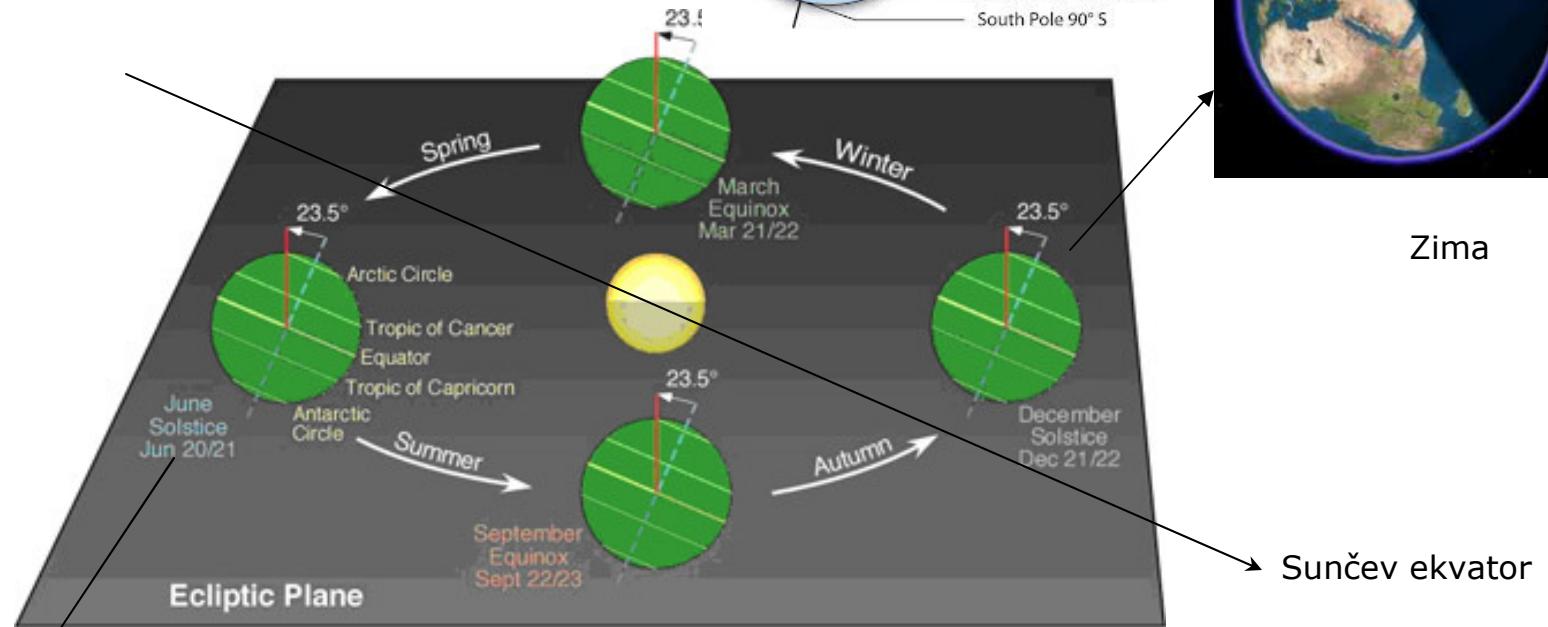
## ASTRONOMSKI FAKTORI KLIME

**Posledica rotacije Zemlje je smjena dana i noći**

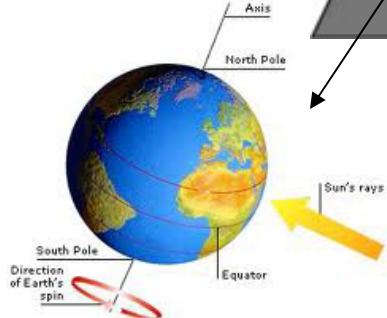
**Posledica revolucije je nejednako trajanje dana i noći,  
smjena godišnjih doba, postojanje toplotnih pojaseva**



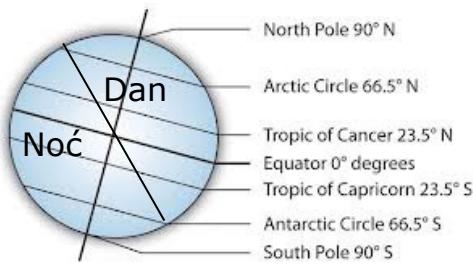
Zima



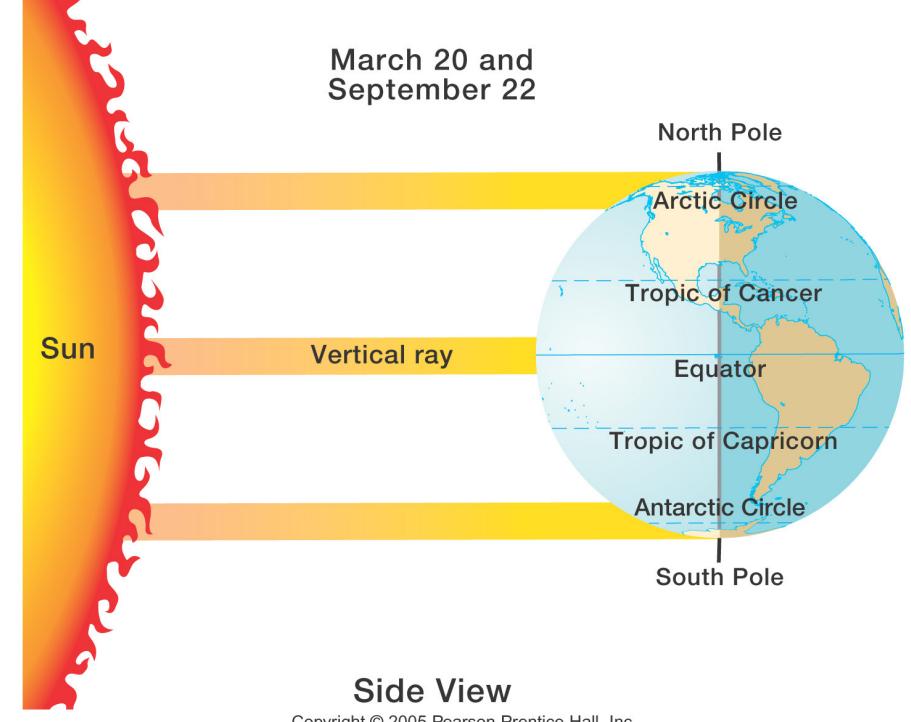
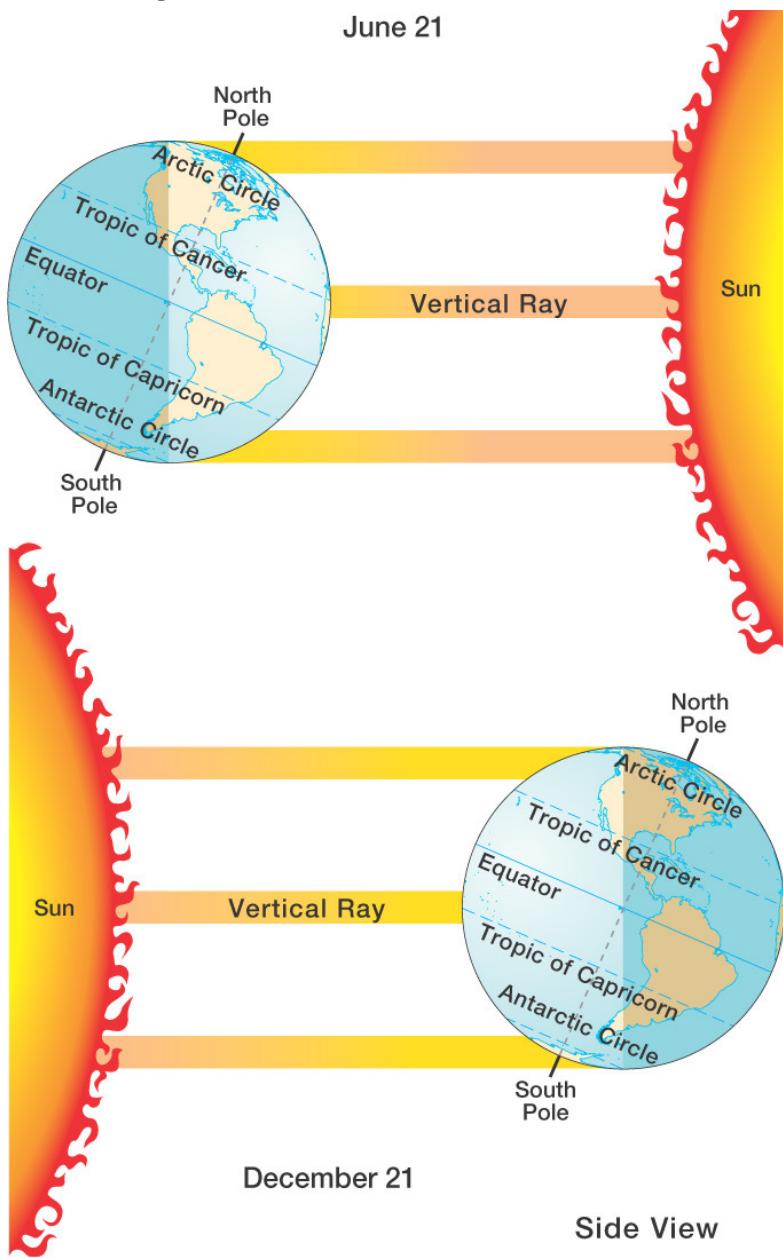
Sunčev ekvator



Ljeto



## Izdvajanje karakterističnih paralela uslijed astronomskih faktora (dvije polarnice, dvije povratnice i ekvator)



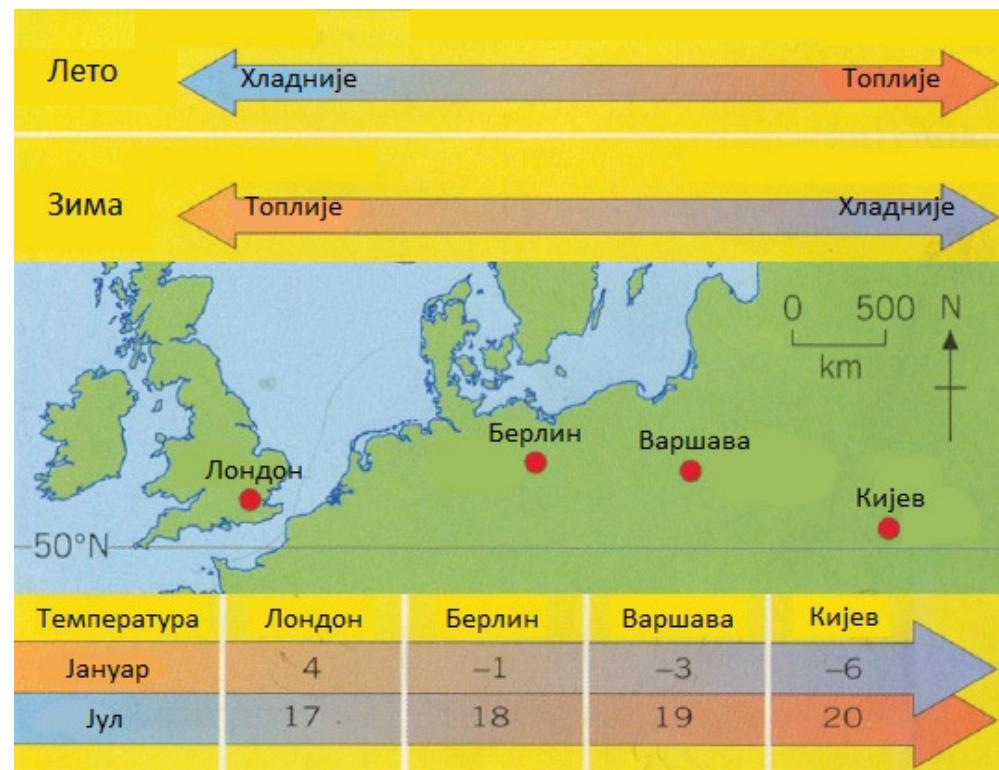
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

## Geografski faktori kao modifikatori klime

**Geografska širina** - sa porastom geografske širine, zgog sfernog oblika Zemlje i deklinacije Sunca, smanjuje se intenzitet Sunčevog zračenja, smanjuje se temperatura vazduha, povećava se godišnje kolebanje temperature.

**Geografska dužina** – ima posredan uticaj na klimu, preko udaljenosti od mora u zonalnom smislu. Time ona određuje stepen kontinentalnosti, odnosno maritimnosti klime, ali to važi uglavnom samo za umjerene širine na kontinentima. Dva najvažnija kriterijuma na osnovu kojih se izdvajaju oblasti sa preovlađujućim uticajem maritimne i preovlađujućim uticajem kontinentalne klime su režimi temperature i padavina. U oblasti maritimne klime više padavinana se izluči u zimskoj polovini godine nego u ljetnjoj i jesen je toplija od proljeća. U oblasti kontinentalne klime više padavinana se izluči u ljetnjoj polovini godine i proljeće je toplije od jeseni.

### Atlantik je značajan modifikator klime



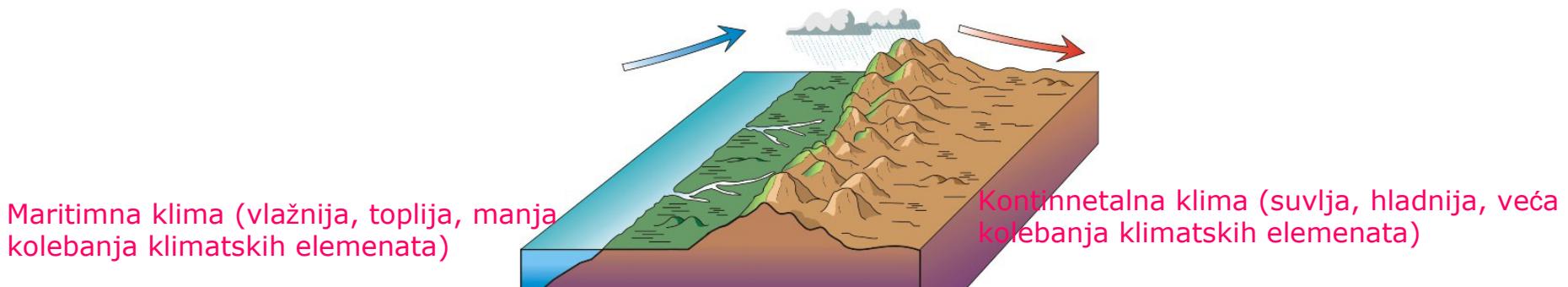
## Uticaj reljefa na klimu

Reljef je jedan od značajnijih klimatskih faktora, posebno ako je raščlanjen i vertikalno diseciran. Reljef na klimu utiče svojim makro i mezo formama. Planine i kotline, kao makro forme, na klimu utiču višestruko: pravcem pružanja u odnosu na dominantne vazdušne mase, nadmorskom visinom, raščlanjenotočju, eksponacijom (orientacijom pojedinih elemenata reljefa) itd. Posebne klimatske karakteristike dolaze riječnim dolinama i prevojima u planinskim sistemima. Pod uticajem reljefa obrazuju se i posebne varijante klime: nizijska i planinska klima sa nekoliko varijeteta.

Ispitivanja uticaja reljefa na klimu obuhvataju, prije svega, utvrđivanje uticaja **visine**, a to se postiže preko izračunavanja vertikalnih gradijentnih klimatskih elemenata koji se dosta pravilno mijenjaju sa visinom: vazdušni pritisak, temperatura vazduha, količina padavina, brzina vjetra, sniježni pokrivač itd. U višim predjelima, do nivoa kondenzacije, veća je učestalost i količina padavina. Na planinama blizu mora količina i učestalost padavina je veća nego na planinama koje su duboko u unutražnjosti kopna.

Od reljefa znatno zavisi trajanje i intenzitet insolacije, a time i radijacije. Na sjevernoj polulopti, najviše toploće dobijaju južne strane uzvišenja, a ostale eksponacije, posebno osojne padine, mnogo manje, na južnoj polulopti je oratno. Uticaj orientacije padina se utvrđuje mjerenjem vrijednosti klimatskih elemenata na padinama različite eksponacije na nekoj planini ili udunljenju, a zatim se utvrđuju razlike.

Posebno je značajan uticaj pravca pružanja, visine i dužine planinskih vijenaca u odnosu na izvor vlage. Treba istaći da je ispitivanje uticaja reljefa na klimu dosto kompleksno, jer se uticaj ni jednog faktora ne može posmatrati izolovano već kao međudejstvo sa ostalim faktora (geografska širina, vegetacija, geologija terena itd.).



## Uticaj vodenih površina na klimu

Uticaj vode kao klimatskog činioca se može pokazati na primjeru Jadranskog mora i crnogorskog kopna. Naime, zbog različitih fizičkih osobina, Jadransko more i susjedno kopno se različitom brzinom zagrijavaju i hlađe.

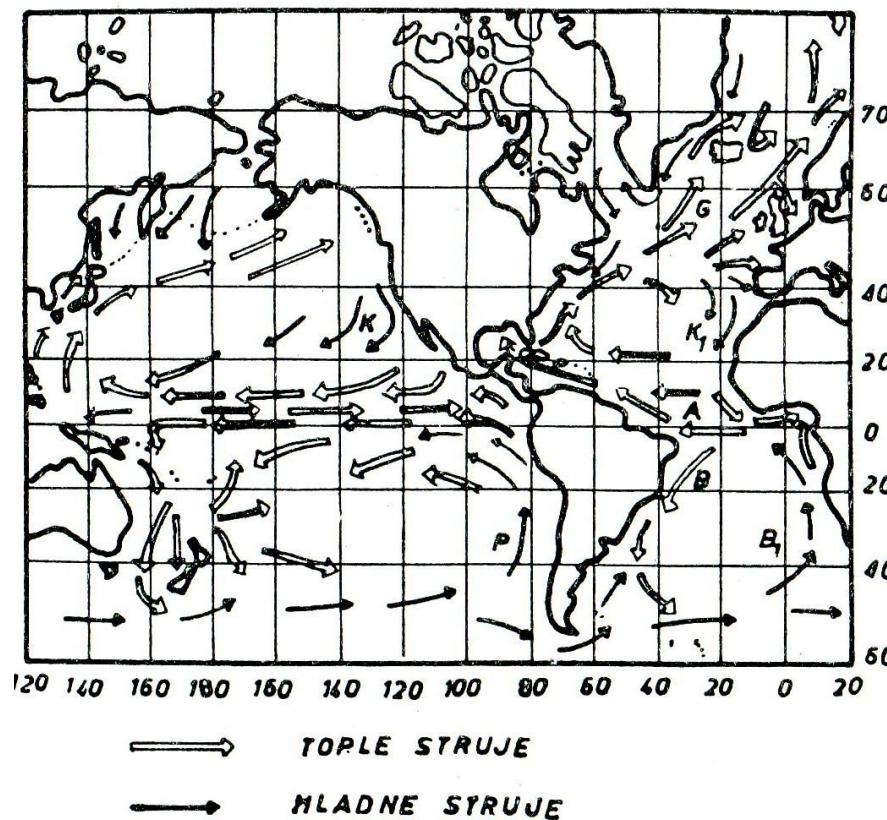
**Zapreminska specifična toplota** vode je znatno veća nego kopna i vazduha. Morska voda je donekle **dijatermna** i, najzad, veliki značaj u toplotnim procesima imaju i konvektivne vodene struje. Iz tih razloga, uticaj Sunčeve energije u vodi Jadranskog mora osjeti se do oko 20 m u toku dana, odnosno do oko 150 m dubine u toku godine. U ljetnjem dijelu godine Jadran akumulira od 1 460 000 do 1 880 000 J/m<sup>2</sup> toplotne. Ta ista toplota se izda u hladnijoj polovini godine. Kod kopna se pri Sunčevoj radijaciji najviše zagrije tanak površinski sloj - apsorpcioni aktivni sloj. Prenošenje toplotne u dublje slojeve kopna se vrši samo sa čestice na česticu, tako da se kolebanja temperature osjeti u prosjeku do oko 50-60 cm u toku dana, odnosno do oko 10-12 m dubine u toku godine. Dakle, Jadransko more se, u toplijem dijelu godine, sporo i slabo zagrijava, ali ima znatno veći **toplotni kapacitet** od kopna Podgorice. Isto tako se, u hladnjem dijelu godine, sporije hlađi od podgoričkog kopna. To utiče da Jadran u ljetnjem dijelu godine akumulira znatno veću količinu toplotne od kopna Podgorice. Toplotu koju kopno akumulira izrači se početkom zime, pa se tada, tokom januara, i javljaju minimalne temperature površinskog sloja tla u Podgorici. Toplotna morska voda troši se gotovo do početka proljeća. Tada se, krajem februara ili početkom marta, i javljaju minimalne temperature površinskog sloja vode Jadrana. Iz ovih razloga, more je zimi toplije, a ljeti hladnije od kopna. Te razlike u toplotnom stanju podloge imaju veliki uticaj na toplotno stanje vazduha. Na istoj geografskoj širini, vazduh iznad kopna je ljeti mnogo topliji nego iznad vodene površine. Zimi je obratno. Na taj način se Jadransko more, prije svega u uzanom primorskom dijelu kopna, javlja kao značajan regulator klime, djelujući ublažujuće na zimske hladnoće i ljetne žege. Iz predhodnog izlazi da Jadransko more umanjuje stepen kontinentalnosti klime, odnosno utiče na temperaturu, vlažnost vazduha, oblačnost, padavine...

Koliki je uticaj nekog vodenog objekta na klimu zavisi od njegove površine i zapremine. Majveći uticaj imaju okeani i mora tako da oni u svom priobalju formiraju posebnu klimu (maritimna ili okeanska). Njihov prostorni uticaj može biti umanjen ako se uz obalu pruža visoka planinska barijera (primjer Dinarske planine duž Jadranske obale). Manja jezera i rijeke imaju prostorno manji uticaj na klimu, odnosno izražen je samo u priobalju.

Pri proučavanju uticaja vodenih površina na klimu ispituju se dva aspekta: veličina uticaja na klimatske elemente neposredno uz obalu i veličina opadanja uticaja sa udaljavaljem od obale.

## Uticaj okeanskih struja na klimu

Stalni vjetrovi obrazuju okeanske struje koje imaju isti pravac kao vjetrovi. Na svom putu nailaze na kontinente i mijenjaju pravac (npr. Ekvatorijalna struja se dijeli na Golfsku i Brazilsku). Tople struje na obalama izazivaju povećanje relativne vlažnosti vazduha, oblačnosti i količine padavina. Topla Golfska struja kreće se duž obala severozapadne Evrope. Na atlantskim obalama Francuske uspijevaju kamelije, bambusi i smokve, uz obale Norveške ima višanja, jabuka i žita sve do  $65^{\circ}\text{N}$  i i ječma do  $70^{\circ}\text{N}$ . Generalno, prisustvo vodenih basena najviše utiče na temperaturu vazduha.



## **Uticaj tla na klimu**

Ispitivanje uticaja tla na klimu podrazumijeva dobro poznavanje tipova zemljišta neke teritorije, njihovog fizičkog i hemijskog sastava, a zatim dovođenje u vezu parametara klimatskih elemenata sa vrstom zemljišta iznad koga su ti elementi mjereni. Ovakva istraživanja se najviše sprovode u agroklimatologiji.

Zemljište djeluje na, prije svega, bilans zračenja. Taj uticaj zemljišta se ostvaruje preko albeda, terestričkog zračenja i apsorpcije toplove. U suvim pustinjskim predjelima velika su kolebanja temperature tla i vazduha u toku 24h.

Zbog velikog uticaja tla na temperaturne prilike vrše se mjerena temperature ne samo na 2 m iznad tla već i na njegovoj površini, malo dubini i maloj visini iznad tla.

Treba istaći da i klima utiče na formiranje zemljišta i da samo stanje tla zavisi od zbivanja u atmosferi.

## **Uticaj vegetacije na klimu**

Vegetacija kao modifikator klime utiče najviše na temperaturu vazduha, vlažnost vazduha, oblačnost, padavine i vjetar. Najvažnija su tri uzroka djelovanja vegetacije na klimu. Prvi je specifična toploto biljaka, koja je znatno veća od svih vrsta tla i stijena, a to je posledica velike količine vode u biljkama. Drugi je aktivni sloj, koji kod biljnog pokrivača (trava, žbunje, drveće) ne propušta Sunčeve zračenje do Zemljine površine već ih zadržava u gornjim površinama vegetacije. I treći, biljni pokrivač stvara vrlo složene uslove isparavanja, koje se vrši i sa aktivnog sloja vegetacije i sa zemljišta, ali pod složenim uslovima.

Od svih biljnih formacija najveći uticaj na klimu imaju šume. Ispitivanje uticaja šuma obuhvata mjerjenja meteoroloških elemenata u šumama, na proplancima, ivicama šume i u slobodnom polju.

Razmatranje uticaja vegetacije na klimu obuhvata dva aspekta:

- ✓ uticaj biljnog pokrivača na klimu u njegovoj unutrašnjosti i
- ✓ uticaj biljnog pokrivača na klimu okolnog prostora i mogućnost izmjene klime u tom prostoru u slučaju uništavanja vegetacije, npr. sječa šuma.

## Uticaj cirkulacije atmosfere na vrijeme i klimu

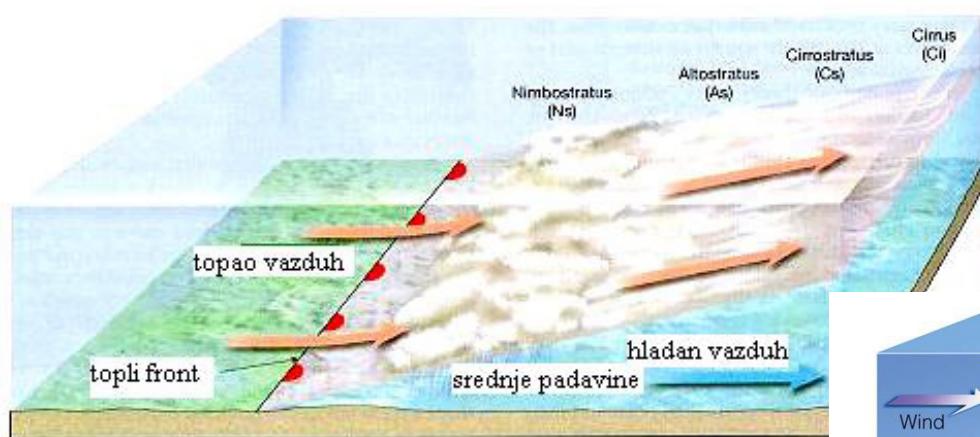
Vrijeme i klima nekog mesta ili teritorije su odraz, prije svega, odlika opšte cirkulacije atmosfere u tom prostoru. Te odlike se najlakše uočavaju na sezonskim kartama pritiska, temperature i strujanja. Najčešće se koriste karte pritiska, strujanja i temperature vazduha na nivou mora (prizemne karte) i karte apsolutne topografije na 850, 700 i 500-omilibarskoj površini (karte AT 850, 700 i 500 hPa).

Raspored aktivnih centara atmosfere (ciklona i anticiklona) i trajanje njihove dominacije iznad određenih teritorija direktno utiču na sve klimatske elemente. Za potrebe klimatologije se utvrđuje veza karakteristika opšte cirkulacije atmosfere i osnovnih karakteristika klime nekog područja. Osunčavanje, ekstremi temperature i padavina, broj vedrih i oblačnih dana, čestina i snaga vjetrova itd, samo su neki statistički pokazatelji uticaja cirkulacije atmosfere na klimu. Ovo govori koliki je značaj vazdušnih masa na vrijeme i klimu - vrijeme je onakvo kakva je vazdušna masa koja dolazi, toplo ili hladno, vlažno ili suvo. **Vazdušna masa** se definiše kao ogromna kolicina vazduha koja zahvata velika prostranstva u kojoj se meteorološki elementi u horizontalnom pravcu ravnomjerno mijenjaju. Po mjestu stvaranja, odnosno po svom porijeklu, vazdusne mase mogu da budu kontinentalne i morske (maritimne). Prema temperaturi, VM mogu biti hladne i tople. Prema geografskoj klasifikaciji (izvorišnoj oblasti u kojoj se formiraju) vazdusne mase mogu biti: arktičke (antarktičke), polarne, tropске i ekvatorijalne. Svaka od ovih vazdušnih masa može da bude morska ili kontinentalna, u zavisnosti od mesta stvaranja. Hladne vazdusne mase su one koje se kreću u topliju sredinu i donose zahladjenje. Tople vazdusne mase su one koje se kreću u hladniju sredinu i donose zatopljenje. Na granici gdje se dodiruju dvije vazdušne mase različitih fizičkih osobina gradjeni meteorološki elemenata se brzo povećavaju i nastupaju nagle vremenske promjene. Upravo se na **vazdušnim frontovima** - površima diskontinuiteta (granične ili dodirne zone različitih vazdušnih masa) - dešavaju nagla pogoršanja vremena. Frontovi se dijele na dva osnovna tipa: hladni i topli.

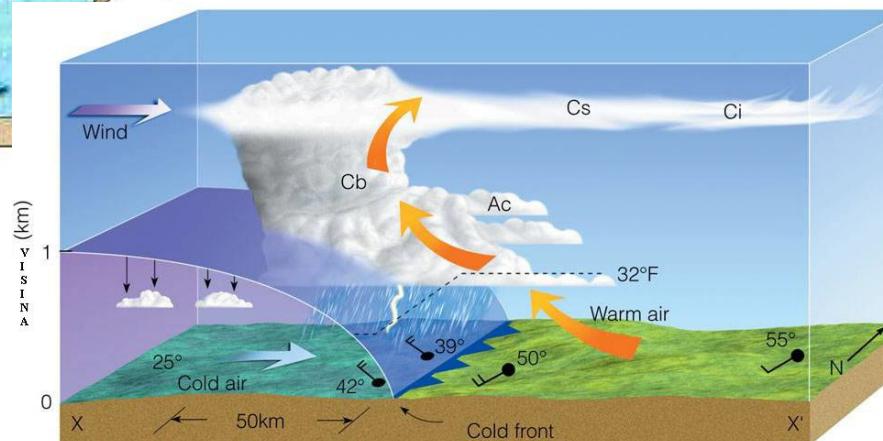
**Hladni front** nastaje kada se hladan vazduh kreće u pravcu toplog. Topli vazduh odstupa i zamjenjuje ga hladni. Ovaj front donosi zahladjenje. Postoje hladni frontovi prve vrste (sporo se kreću) i hladni frontovi druge vrste (brzo se kreću i premještaju). Kod hladnog fronta prve vrste sistem oblaka je sličan toplom frontu. Hladni front druge vrste nastaje naglim dizanjem toplog vazduha uslijed čega dolazi do stvaranja kumulonimbusa koji se razvijaju do tropopauze i iz njih padaju jaki pljuskovi praćeni grmljavinom i jakim vjetrom.

**Toplim frontom** naziva se onaj kod koga se topli vazduh kreće u pravcu hladnog. Hladan vazduh odstupa a zamjenjuje ga topli. Ovaj front donosi zatopljenje. Na 800-1000 km ispred linije fronta oblaci se pojavljuju redom: prvo ciruci (Ci), zatim Cirostratusi (Cs) i altostratusi (As, počinje kiša) i na kraju nimbostratusi (Ns). Zona padavina rasprostire se ispred linije fronta, ljeti na 200-300 km, a zimi i do 400 km. Ispred fronta se ponekad stvara magla čija šrina dostize do 200 km.

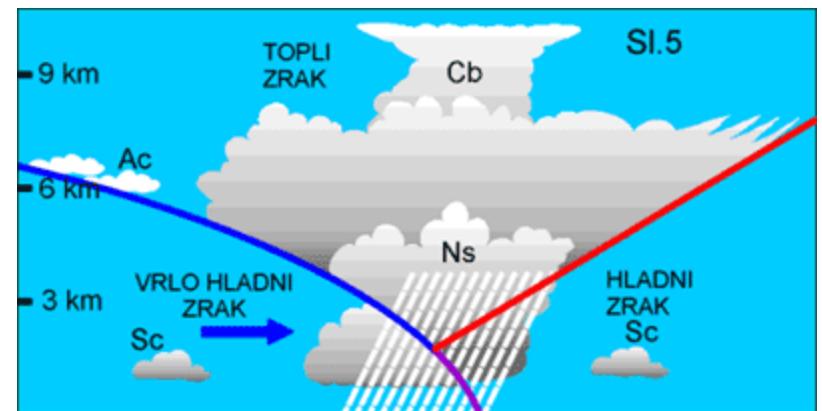
Postoje i složeni frontovi ili **frontovi okluzije**, koji nastaju spajanjem toplog i hladnog fronta. U odnosu na geografsku raspodjelu vazdušnih masa, frontovi mogu biti: arktički, koji dijeli arktički i polarni vazduh, polarni (dijele polarni i tropski vazduh), tropski (dijele tropski i ekvatorijalni vazduh).



**Nastajanje toplog fronta**



**Nastajanje hladnog fronta**



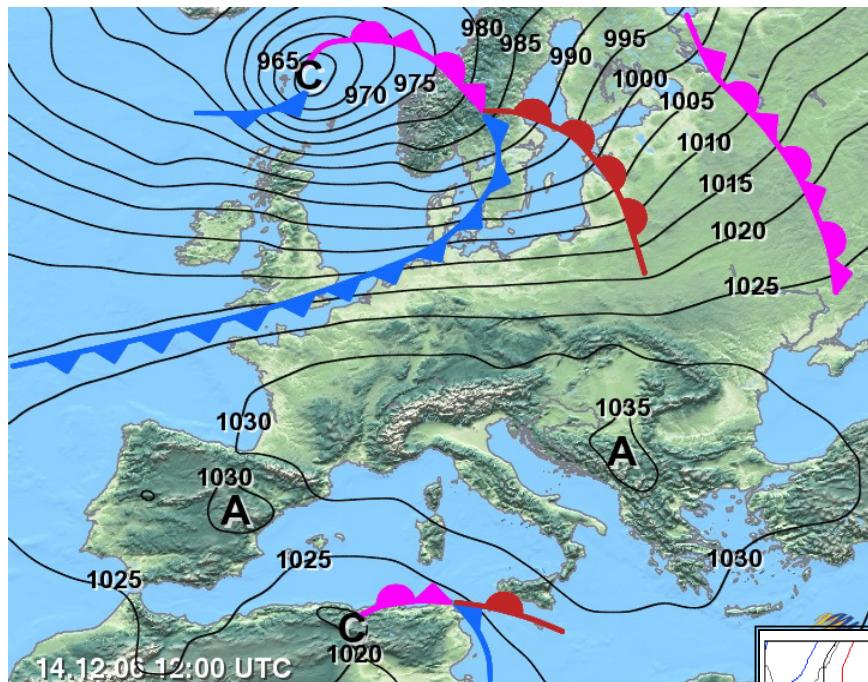
**Nastajanje fronta okluzije**

DBurić

Uticaj cirkulacije atmosfere na klimu najbolje se može vidjeti na primjeru Crne Gore. Crna Gora leži u umjerenim geografskim širinama gdje je vrijeme u najvećoj mjeri uslovljeno stalnom razmjenom vazdušnih masa. Ta razmjena se vrši u sklopu opšte i regionalne atmosferske cirkulacije, odnosno posredstvom vrtloga velikih razmjera - ciklona i anticiklona. Ovi činioci, uz geografsku širinu, orografiju i Jadran (Mediteran), predstavljaju najznačajnije faktore koji utiču na vrijeme i klimu Crne Gore. Opšta atmosferska cirkulacija uslovljava stalnu zonalnu raspodjelu vazdušnog pritiska. Crna Gora se nalazi između dva stalna aktivna ili akciona centra atmosfere, koja su dinamičkog porijekla - Azorskog anticiklona (oblast visokog vazdušnog pritiska u sumpropskim širinama) i Islandske depresije (oblast niskog vazdušnog pritiska u subpolarnim širinama). Ovakav položaj Crne Gore uslovljava da se preko nje odvija intenzivna cirkulacija vazdušnih masa, odnosno smjenjivanje tropskog vazduha iz nižih i polarnog iz viših širina. Nejednako zagrijavanje velikih kopnenih i vodenih masa uslovljava pojavu akcionalih centara sezonskog karaktera. Crna Gora se nalazi i između takvih baričkih centara atmosfere. U istočnim, sjevernim i centralnim djelovima Evroazije zimi se temperature vazduha spuštaju i do  $50^{\circ}\text{C}$  ispod nule, što uslovljava formiranje Sibirskog anticiklona. U tom periodu godine nad toplijim Atlantikom vazdušni pritisak je nizak. Tada se u našim krajevima osjeća uticaj Islandske depresije. Ljeti, uslijed pomjerenja sumpropskog pojasa visokog pritiska ka sjeveru i rashlađujućeg uticaja Atlantika, dominira Azorski anticiklon, dok je nad Arabijom (Karači depresija) i nad južnim dijelom Azije pritisak nizak. Dakle, i ljeti i zimi preko Crne Gore se, zbog ovih razlika u raspodjeli vazdušnog pritiska, osjećaju naizmjenični uticaji Atlantika i Evroazijskog kopna. Slično Atlantiku ponaša se i Sredozemno more. Nad Sredozemnim morem je u hladnijem dijelu godine nizak vazdušni pritisak. Sredozemlje je poznato po živoj ciklonskoj aktivnosti, posebno njegov zapadni dio i područje Đenovskog zaliva. Mada se zimi, za razliku od pomenutog prosječnog stanja, nad Sredozemljem i južnom Evropom može formirati i polje visokog vazdušnog pritiska. Tada je nad južnom Evropom lijepo vrijeme, i ta stabilnost zna da potraje i više dana. Ljeti je Sredozemlje pod uticajem Azorskog anticiklona, koji uslovljava dugotrajniju stabilnost vremena.

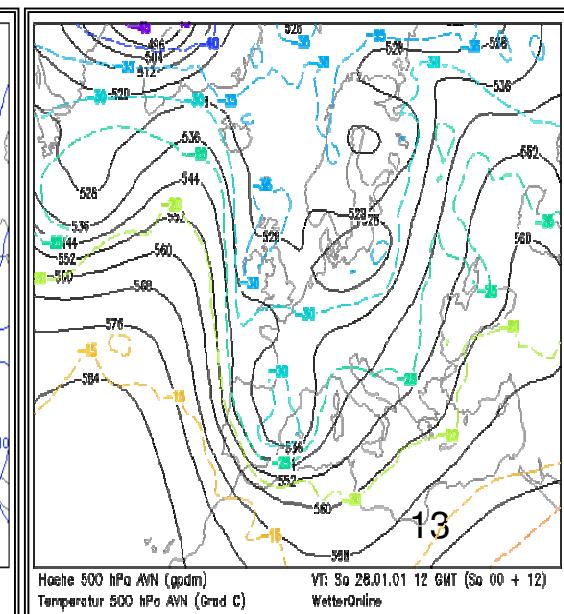
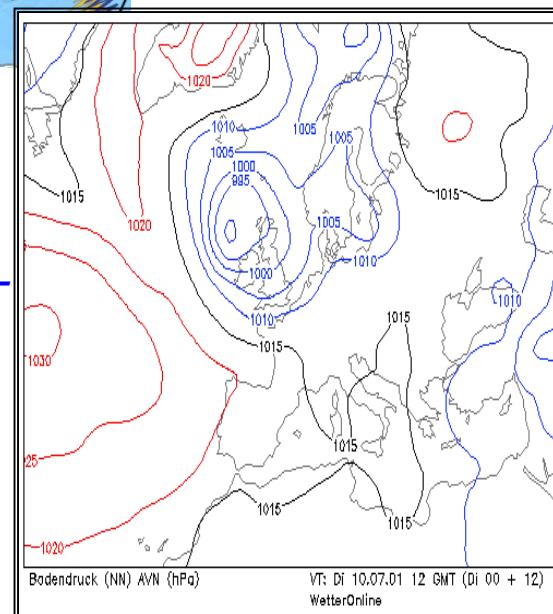
U naše predjеле najviše prodire hladni polarni i topao tropski vazduh. Hladni polarni vazduh porijeklom je, uglavnom, iz Finoskandinavije ili Srednje Evrope, zatim umjerenih ili viših širina Atlantika i, rijetko, iz Sibira. Topao tropski vazduh porijeklom je iz oblasti Azora, Sredozemlja i Sjeverne Afrike. Upravo je ovo razlog što se klima nekog predjela može posmatrati i kroz karakteristična vremenska stanja koja dominiraju u tim predjelima.

Na vrijeme i klimu u Crnoj Gori uticaja ima i sjeverna Afrika, odakle dolaze talasi toplog vazduha, bogatog pustinjskom prašinom. Iz predhodnog izlazi da najveći uticaj na vrijeme u Crnoj Gori imaju: Islandska i Mediteranska depresija, kao i cikloni koji se formiraju u Đenovskom zalivu, potom ljeti Azorski, a zimi Sibirski i anticikloni iznad srednje Evrope i sjeverne Afrike.

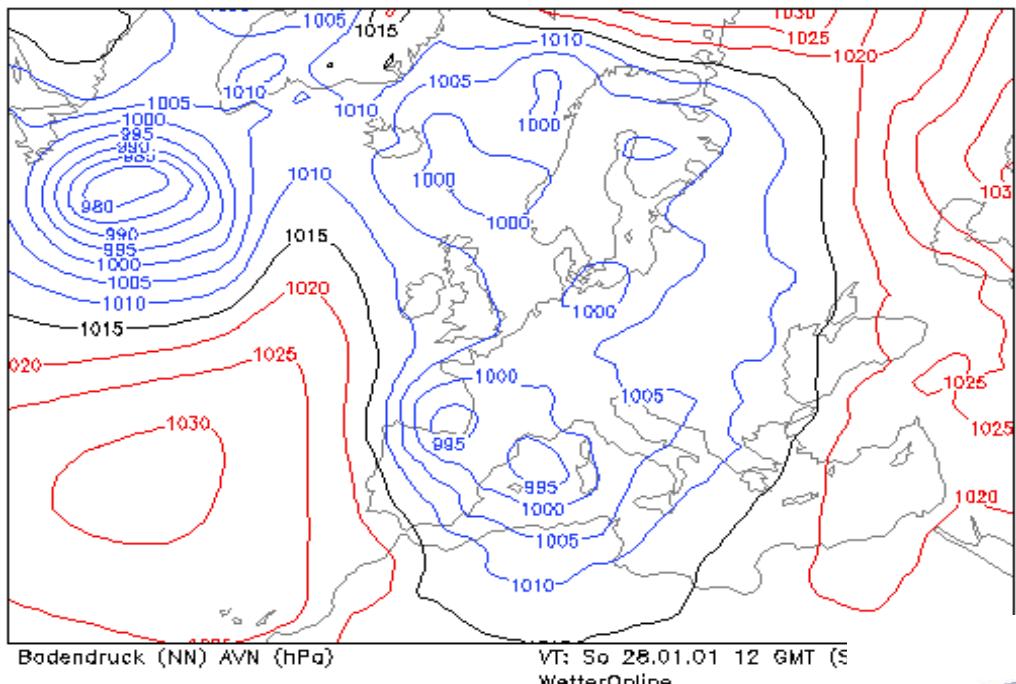


**Anticiklon nad južnom Evropom, sjeverno - depresija sa frontovima (prizemna sinoptička karta)**

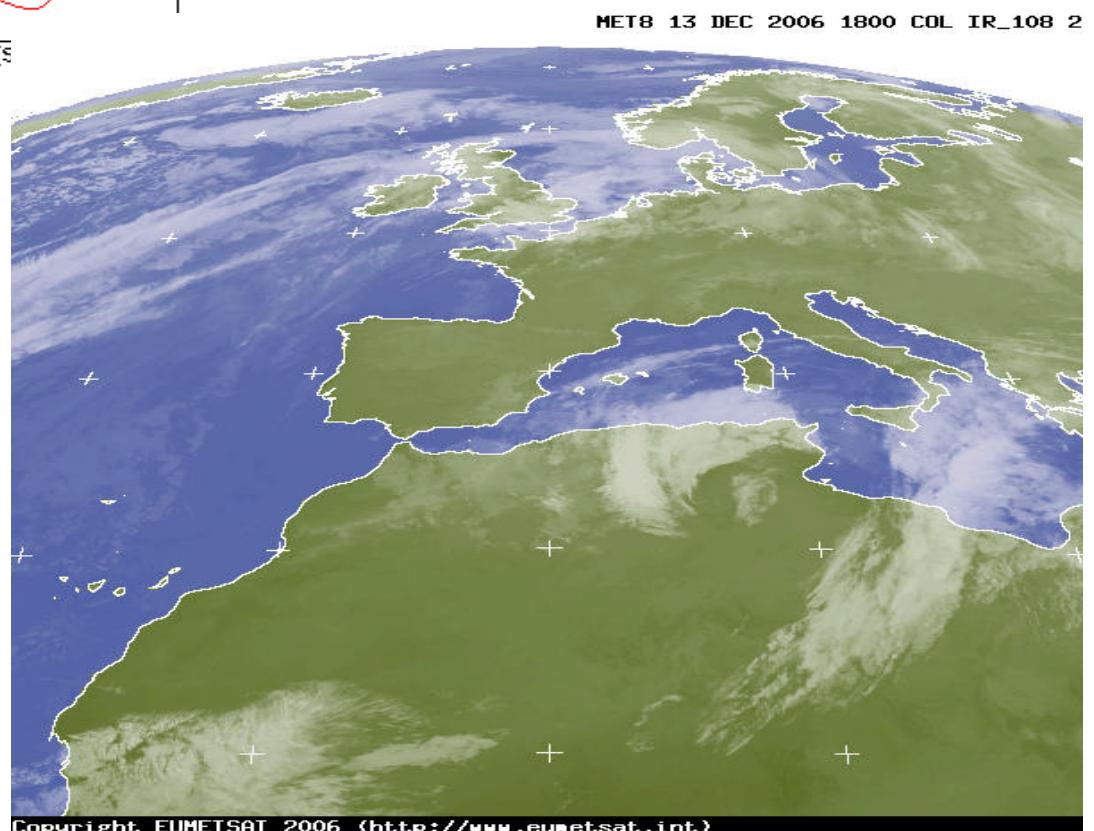
**Prizemna (lijevo) i visinska (desno – struktura atmosfere na visini 500 milibarske površine) sinoptička karta – aktivna Islandska depresija**



DBurić



*Centar ciklona blizu Đenove (Ligursko more), zapadno centar anticiklona blizu Azora - prizemna sinoptička karta*



*Satelitski snimak, centar ciklona u Tirenskom i Sjevernom moru*

DBurić

## Vremenske nepogode

Vremenske nepogode su nagla pogoršanja vremena u toku čijeg trajanja se izluče obilne padavine, praćene grmljavinom (električno pražnjenje oblaka – munja ili sijevanje i grom), jak vjetar, grad itd. Vremenske nepogode po genezi mogu biti termičke (toplote) i frontalne. **Toplote nepogode** nastaju usled pregrijanosti prizemnog vazduha nad kopnom, naglog izdizanja, hlađenja, kondezelacije vodene pare i obilnog izlučivanja kiše i grada sa grmljavinskim procesima. Javljuju se ljeti, obično oko 14-15h. – u ekvatorijalnim širinama one su svakodnevna popodnevna pojava (zenitne kiše). Ovakve pojave ne traju dugo, jer su lokalne prirode. U nepogode lokalnog karaktera spadaju i jaki vazdušni vrtlozi – vihori, trube (pijavice) i tornada.

Vihori su vrtložna strujanja vazduha malih dimenzija, prečnika od 1 do 100 m, vertikalnog prostiranja do 1 km, a nastaju zbog lokalnih termičkih uslova. To mogu biti vihori pijeska ili pješčane oluje u pustinjama, ili vihori prišine u našim predjelima. Vazdušne stuje koje se uzdižu u vihorima imaju oblik spirale, što se primjećuje po prašini, lišću ili drugim lakinim predmetima koje vazduh podiže sa zemlje i uvlači u unutrašnjost vihor.

Pijavice ili trube ili trombe su jači vazdušni vrtlozi koji se spuštaju iz središnjeg dijela oblaka ka površini zemlje u vidu podužeg crijeva, koje je pri vrhu i pri dnu ljevkasto prošireno. Tako da je taj stub između oblaka i zemlje vidljiv, ima oblik slonove surle. Ovakve vazdušne tvorevine zovu se trube ili trombe ako se pojave iznad kopna, a pijavice ako se obrazuju iznad mora. Vrtložno strujanje u obliku spirale je prošireno pri vrhu i pri dnu. Ta proširenja se javljaju zato što vazdušna struja uvlači u vrtlog djelove oblaka odozgo, a prašinu ili vodu odozdo. Pijavice su prečnika obično oko 10 m, a trombe oko 100-200 m. Pijavice traju svega nekoliko minuta, dog vrtlozi iznad kopna mogu trajati duže, do nekoliko časova. Ima ih u našim predjelima, na Jadranu i iznad kopna, najčešće početkom jeseni – oktobar.

Tornado je veoma jak vjetar sa vertikalnom ili malo iskošenom osom (izuzetn jaka vrtložna strujanja), sa prečnikom od nekoliko 10-a metara. Pritisak u tornadu je veoma nizak. Tornado ima izgled oblačnog stuba, koji se spušta u vidu ljevketa iz niske baze moćnog kumulonimbusa. Najčešće se javlja u SAD. Nestaje posle 300-350 km pređenog puta, ostavljajući na cijeloj dužini uzani pojasi pustoši – katastrofalna rušenja, često i sa ljudskim žrtvama. Neposredno prije prolaza tornada (svega par minuta), vlada gotovo tiho vrijeme, bez vjetra. Vazduh u tornadu, koji se kreće odozdo naviše, može dostići brzinu i do 300 m/s. Predmeti koje usisa tornado uvijek padaju spolja, nikada unutar tornada.

Vrtlog trombe, pijavice i tornada je vidljiv jer su mu zidovi istog sastava kao i kod oblaka.

**Frontalne nepogode** nastaju na hladnom frontu, naročito II reda, pri prolazu duboke depresije ili ciklona, kada je velika labilnost atmosfere. Često se nazivaju i vrtložne nepogode. Ove nepogode čine olujni udari vjetra, jaki pljuskovi kiše, grada ili snijega. Po prelasku jedne frontalne nepogode preko nekog mjesa vazdušni pritisak naglo raste, a temperatura vazduha opada. Za razliku od termičkih, koje su lokalne, frontalne nepogode su većih dimenzija, imaju regionalni karakter, veću brzinu kretanja i znatno su rasprostranjenije od termičkih, ali ih nikada nema u tropskom pojusu. Razlikuju se od termičkih i po tome što nemaju vremensku pravilnost u pojavljivanju – mogu se pojaviti u bilo koje dobi dana i godine, što zavisi od vremena prolaska vazdušnog fronta preko nekog mjesa.



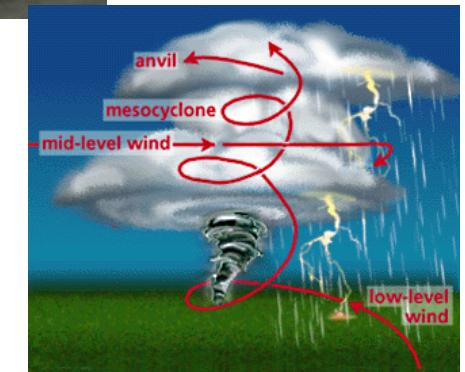
Pijavica naad Jadranom



Tromba u Hrvatskoj



Tornado



Šema strujanja  
u tornadu

### Pitanja za domaći

1. Nabrojati klimatske faktore?
2. Objasni uticaj geografske širine i geografske dužine na klimu?
3. Objasni uticaj reljefa na klimatske elemente?
4. Kakav je uticaj vodenih površina klimu?
5. Kako cirkulacija atmosfere utiče na klimu?
6. Šta su vazdušne mase i kako se dijele?
7. Šta su vazdušni frontovi i kako se dijele?
8. Šta su vremenske nepogode i kako se dijele?
9. Šta je pijavica, a šta tornado?
10. U tabeli su date srednje mjesecne vrijednosti temperature i padavina za Nikšić. Odrediti da li ovo mjesto ima maritimni ili kontinentalni režim padavina i temperature?

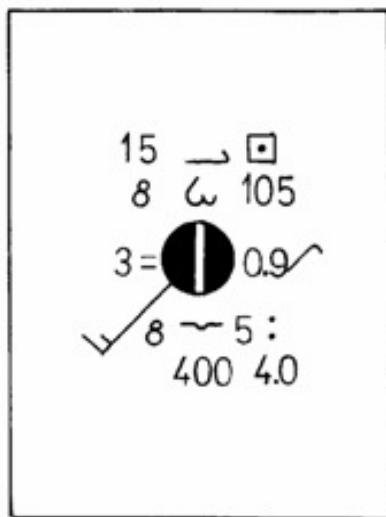
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
Sr. vr.T (°C)	1.3	2.6	5.7	9.6	14.2	17.5	20.5	20.1	16.3	11.4	6.6	2.9
Sr. vr.R (mm)	208.4	194.4	185.6	170.2	108.2	92.7	63.0	86.3	138.1	202.0	297.8	239.1

## SINOPTIČKE KARTE

Sinoptičke ili vremenske karte su geografske karte nekog dijela Zemljine površine ili cijele Zemlje na kojima je prikazano stanje vremena u određenom trenutku – analitičke, kao i one na kojima je, pomoću matematičkih formulacija, dat razvoj vremena za određeni vremenski period u budućnosti – prognostičke karte. Postoje prizemne i visinske sinoptičke karte. Prizemne koriste podatke sa meteoroloških stanica na Zemljinoj površini, a na visinskim kartama su dati podaci sa radiosondažnih stanica koje vrše mjerjenja u slobodnoj atmosferi. U suštini, visinska vremenska karta je vremenska karta koja pokazuje visine standardnih izobarskih površina (850 mbar, 700 mbar, 500 mbar i dr.) na kojima se one nalaze. U novije vrijeme se sve više koriste meteorološke karte na kojima su date, prije svega, fotografije oblačnih sistema snimljene iz meteoroloških satelita. Prizemne sinoptičke karte se izrađuju za sve sinoptičke termine (svaka tri ili šest časova, počev od 00h po UTČ) i prikazuje, dakle, stvarno (trenutno) stanje vremena nad određenim područjem. Na ovim kartama su kružićima predstavljene meteorološke stanice, a oko kružića pomoću simbola i brojki vrijednosti meteoroloških elemenata i stanja meteoroloških pojava u datom trenutku. Dakle, predstavljena je prostorna raspodjela meteoroloških elemenata i pojava u datom trenutku.

Na sinoptičkoj karti je data površina koja se, u odnosu na oblast za koju se daje prognoza vremena, dalje prostire na zapad nego na istok. To je potrebno zbog preovlađujućih kretanja vazduha i atmosferskih poremećaja u umjerenim širinama od zapada ka istoku. Za potrebe naše zemlje, sinoptička karta obuhvata cijeli kontinent sa susjednim djelovima Atlantskog i Sjevernog okeana, Arike i Azije (prostor 30-75° N i 30° W-50° E).

### Unošenje podataka na prizemnoj sinoptičkoj karti

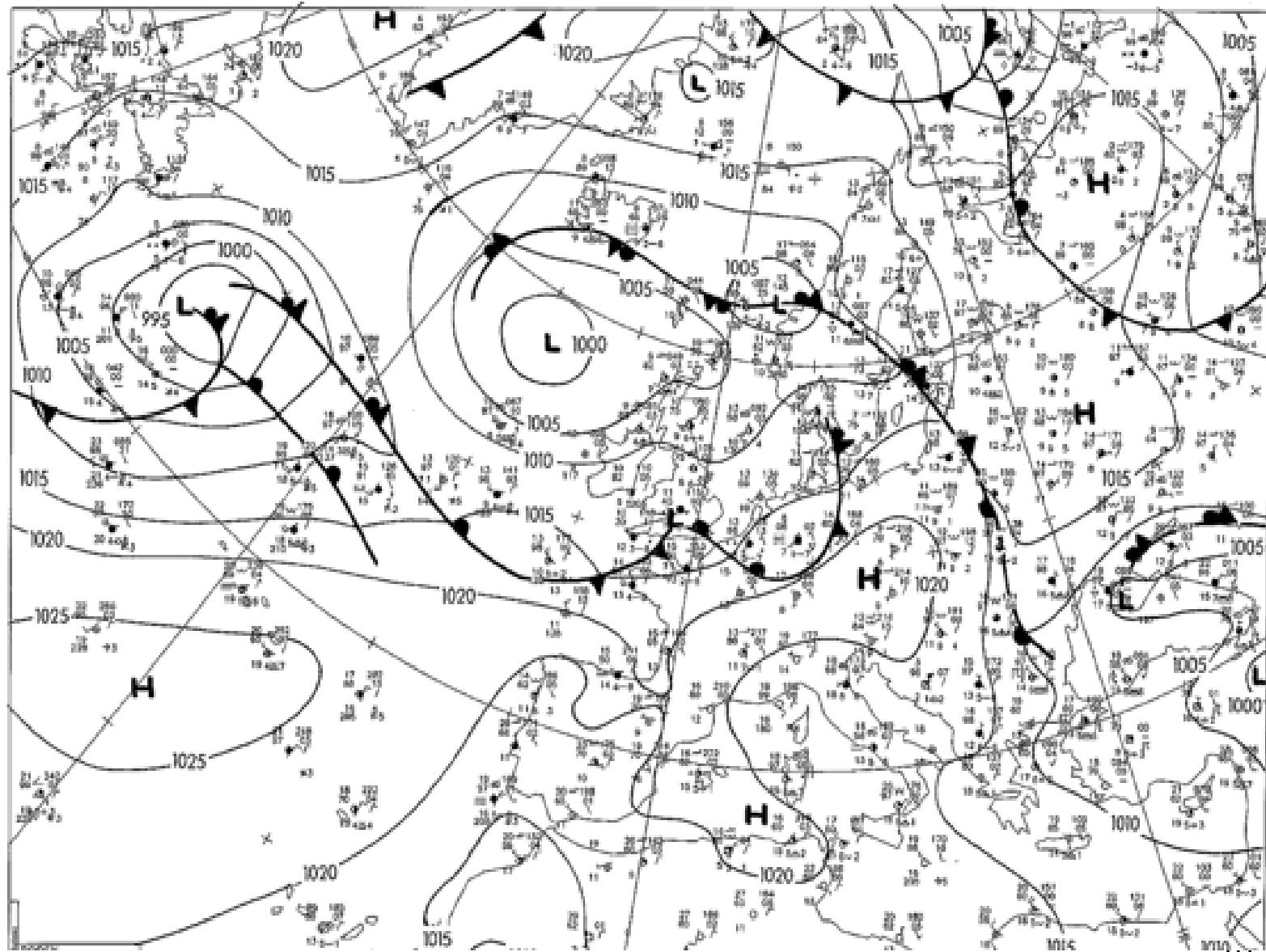


**Model rasporeda meteoroloških elemenata i pojava na prizemnoj sinoptičkoj karti**

### Značenja brojki i oznaka

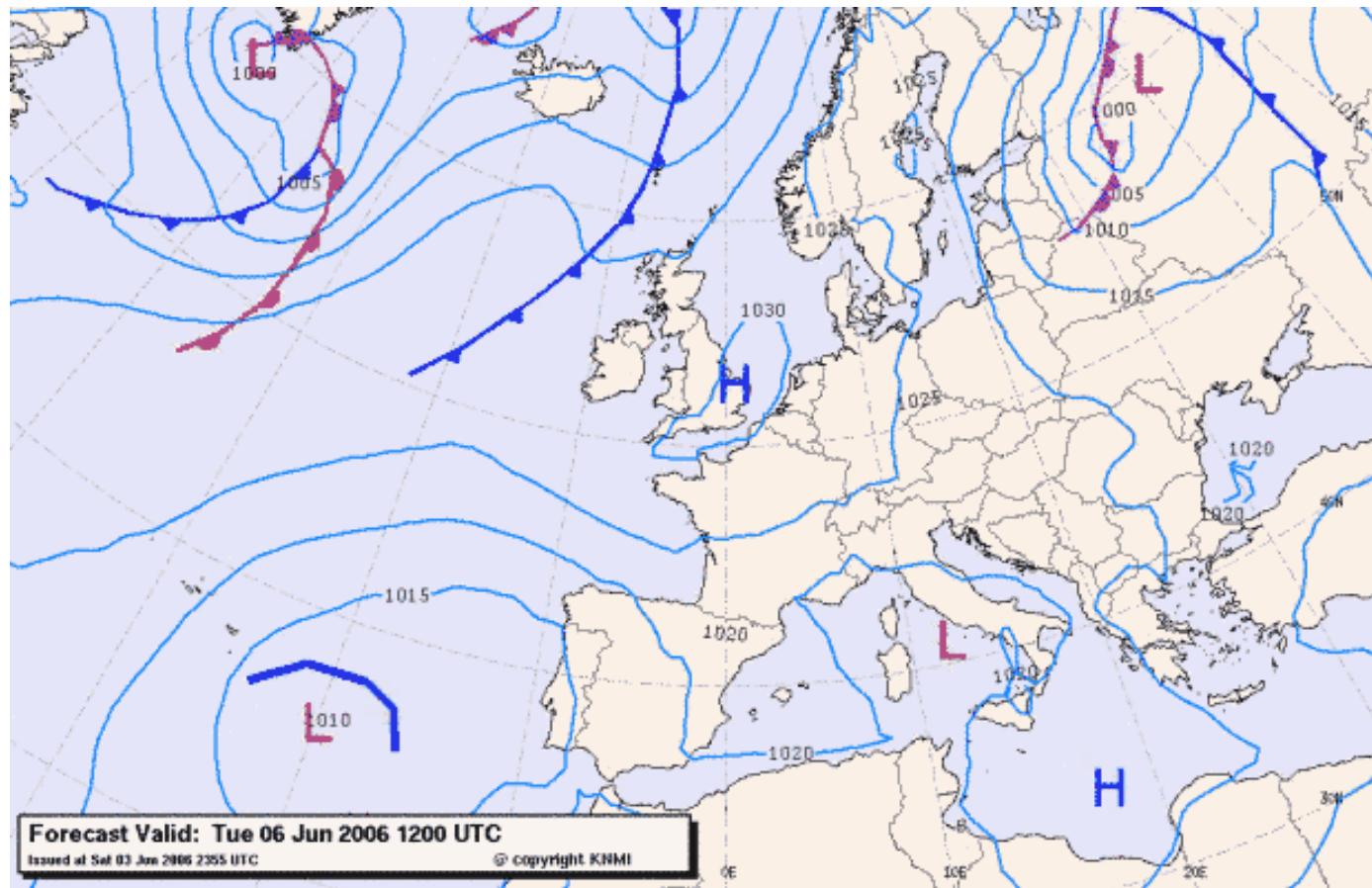
Tn	Tx	Vrsta visokih oblaka	Stanje tla	
	Temperatura vazduha	Vrsta srednjih oblaka	Vazdušni pritisak	
Horizontalna vidljivost	Sadašnje vrijeme	Oblačnost	Tendencija pritiska	Karakteristika tendencije pr.
	Temperatura tačke rose	Vrsta niskih oblaka	Količina niskih oblaka	Prošlo vrijeme
		Podaci o talasima	Visina padavina	

**Prizemna sinoptička karta nad Evropom. Karta je rezultat analize osmotrenih i izmjerениh podataka, a opisuje postojeće stanje atmosfere u prizemlju u analiziranom trenutku vremena (12.jun 2000. godina u 12 UTC)**



**Danas se unošenje podataka na kartu i izvlačenje izolinija vrši uz pomoć računara**

**Sinoptička situacija u Europi 6.6.2006. u 14h SEV (12h po svjetskom vremenu (SV) ili UTČ)**



Sinoptičke karte se najčešće koriste u prognozi vremena. Da bi se moglo predvidjeti vrijeme u budućnosti, potrebna je analiza, ili tačnije , dijagnoza vremena u datom momentu. Cilj sinoptičke analize je da se na osnovu raspodjele meteoroloških elemenata u atmosferi utvrde položaj, osobine i pravac kretanja vazdušnih masa i frontova, raspored ciklona i anticiklona. Ta analiza se vrši pomoću izolinija, frontova i drugih simbola, kao i boja, koji se koriste jedinstveno (jednoobrazno) u cijelom svijetu.

## **Prognoza vremena**

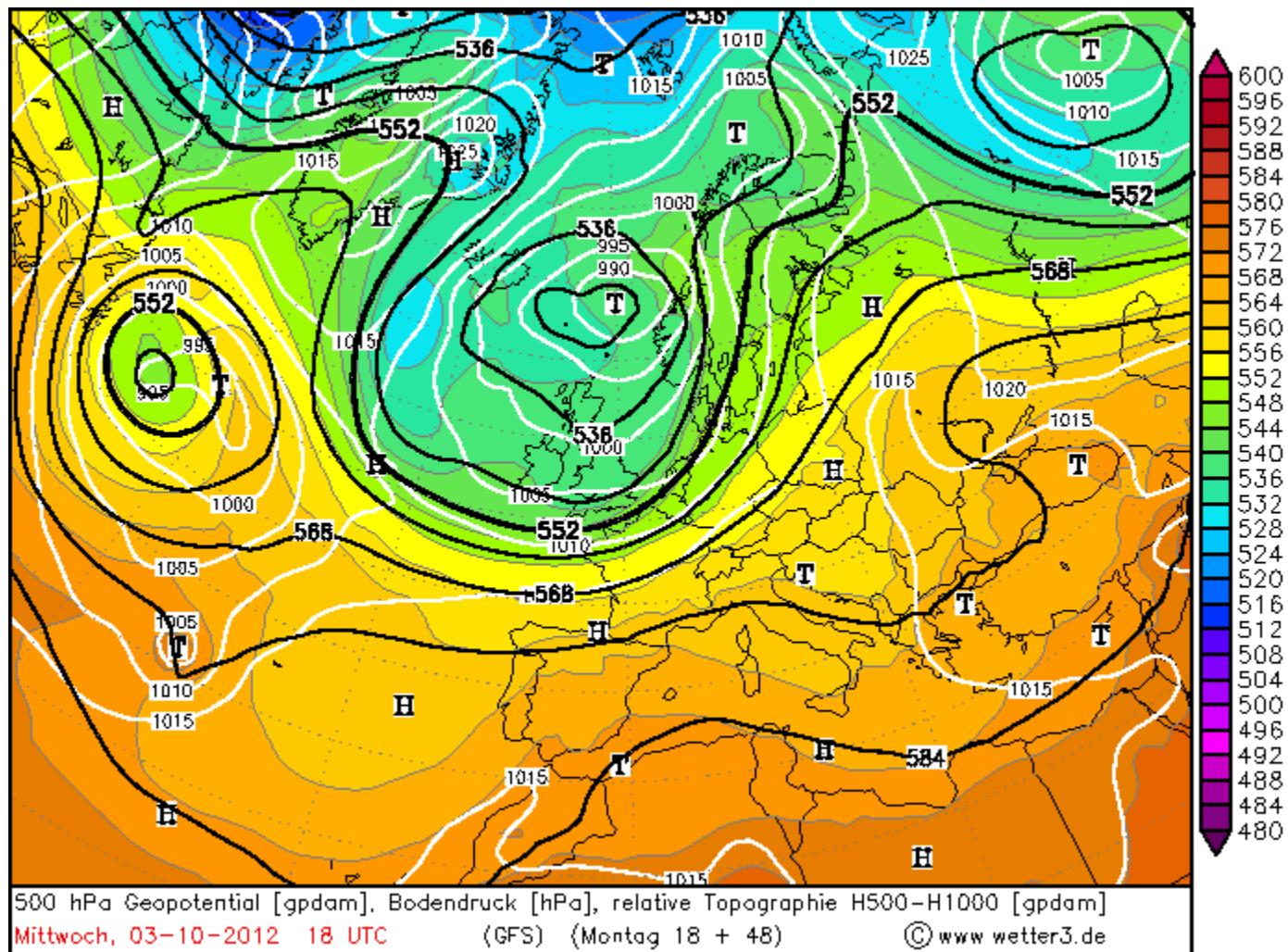
Na osnovu analize stanja atmosfere u datom momentu pristupa se prognozi vremena u budućnosti. Najveći problem kod prognoze vremena je predvidjeti promjenu vremena, odnosno utvrditi vrijeme (momenat) nastupanja promjene vremena, mesta gdje će se dogoditi i u čemu će se sastojati te promjene.

Prema dužini prognostičkog perioda prognoza vremena se može podijeliti na: vrlo kratkoročnu (do 12 sati), kratkoročnu (do tri dana unaprijed), srednjoročnu (do deset dana unaprijed) i dugoročnu (duže od deset dana) prognozu. Obično se rade kratkoročne i prognoze vremena do 5 dana. Za potrebe pomorstva, vazduhoplovstva, vodoprivrede itd., rade se prognoze specijane namjene, koje su prilagođene za praktičnu primjenu u tim djelatnostima.

Za sastavljanje prognoze vremena koriste se ručunske (matematičke) metode. Na bazi trenutnog stanja vremena (polazni uslovi), sistemom jednačina proračunavaju se meteorološki parametri za određeno vrijeme unaprijed za svaku tačku u dатој oblasti. Kao polazni uslovi uzimaju se: vazdušni pritisak, temperatura, gustina vazduha, parametri vjetra itd. Danas se numeričko modeliranje vrši pomoću posebnih kompjuterskih programa. Numerička prognoza vremena kreće sa stanovišta da se trenutno vremensko stanje i razvoj procesa mogu predstaviti matematičkim formulacijama fizičkih zakona. Odnosno, koristi se sistem parcijalnih nelinearnih diferencijalnih jednačina. Počevši od trenutnog stanja rješava se sistem jednačina za svaku tačku u određenoj oblasti i za svaki korak u vremenu. Pri tome, koriste se globalni modeli koji pokrivaju cijelu planetu i regionalni koji pokrivaju ograničenu oblast. Za manje ograničene oblasti koriste se modeli finije rezolucije (krupnije razmjere) sa gušćom mrežom tačaka u kojim se vrši računanje. Modeli fine rezolucije početne uslove uzimaju iz globalnih modela koji imaju znatno grublju rezoluciju. U HMZ Crne Gore su u operativnoj upotrebi Eta, WRF i NMM model (modeli fine fezolucije). Nestovanjem (ugnježđivanjem modela u model) dolazi se do veoma fine horizontale i vertikalne rezolucije, a kao rezultat dobija prognostički materijal visoke preciznosti. Kao početni i bočni uslovi koriste se podaci AVN GFS globalnog modela iz Washingtona (USA) i Evropskog centra za srednjoročnu prognozu vremena, ECMWF iz Redinga (UK).

Kada je prognoza vremena u pitanju, treba uvijek imati na umu da još uvijek postoji dosta nepoznanica, jer atmosfera nije u tolikoj mjeri izučena da se mogu uočiti i prognozirati svi procesi, zato su greške neizbjegne. To znači da svaka prognoza nosi određeni rizik, a posebno je ta pouzdanost smanjena kada se radi o dugoročnim prognozama

## Prognostička karta – struktura atmosfere na nivou mora i 500-milibarskoj površi (AT 500 hPa)

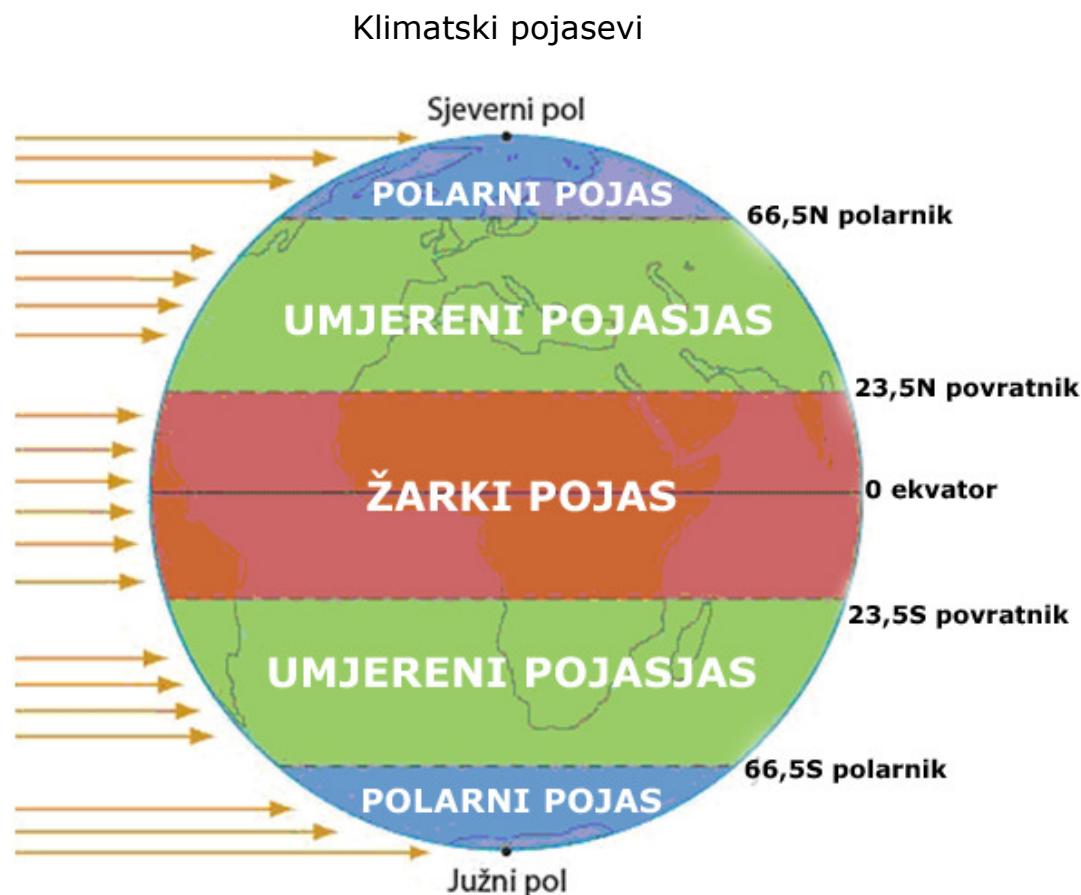


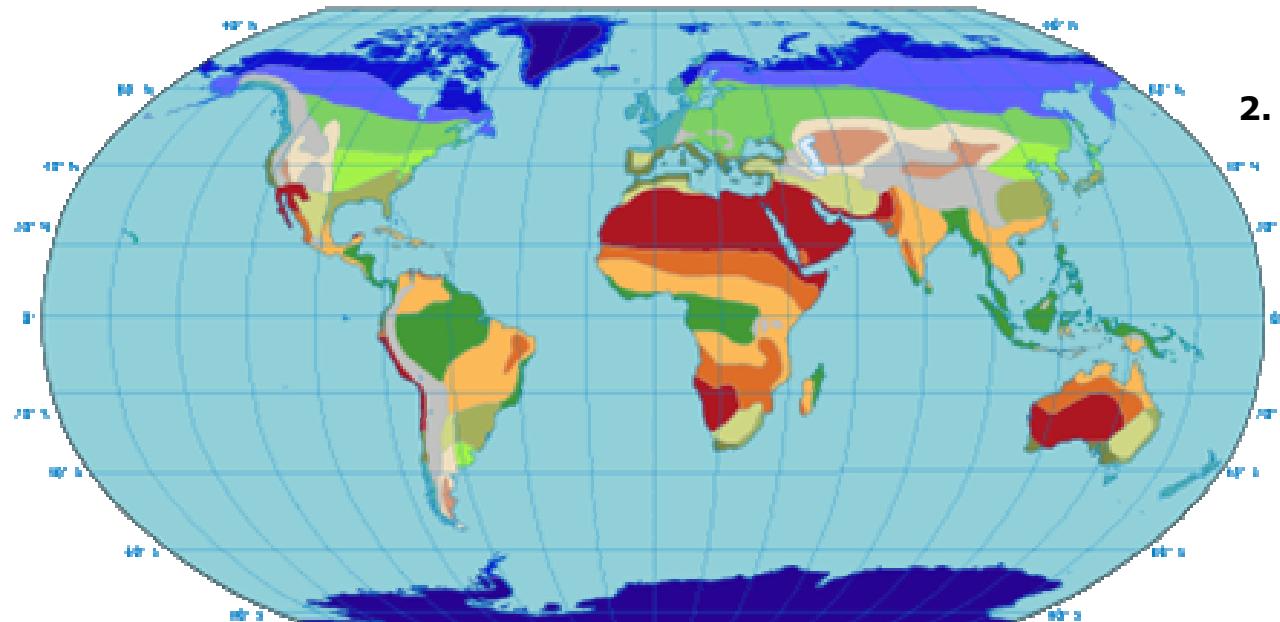
## KOMPLEKSNE KLIMATSKE ANALIZE

Kompleksne klimatske analize podrazumijevaju klasifikaciju klima (klimatsko rejoniranje), analizu klime na osnovu klimadijagrama, klimatskih razglednica, klimatskih profila, fitofenoloških karata, klimatskih indeksa itd.

### KLASIFIKACIJA KLIMA

#### 1. Solarna klima





**Tropske klime**

- [Green] Tropička vlažna klima
- [Orange] Savanska klima
- [Red-orange] Srednjoevropska klima (stepe)
- [Dark red] Aridna akcija (pustinje)

**Suptropske klime**

- [Dark green] Mediteranska (suva ljeta)
- [Olive green] Vlažna subtropska
- [Light green] Suva subtropska

**Umjerene klime**

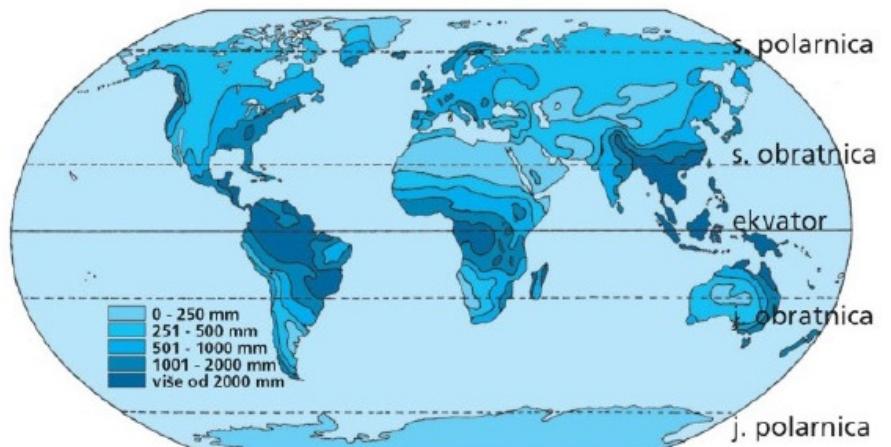
- [Light green] Vlažna kontinentalna (srednja godina)
- [Medium green] Vlažna kontinentalna (srednja godina)
- [Blue] Klima stepa
- [Light orange] Srednja kontinentalna (srednja godina)
- [Orange] Srednja kontinentalna (srednja godina)
- [Teal] Morava klima
- [Dark teal] Polarna negativna primjera

**Hladne klime**

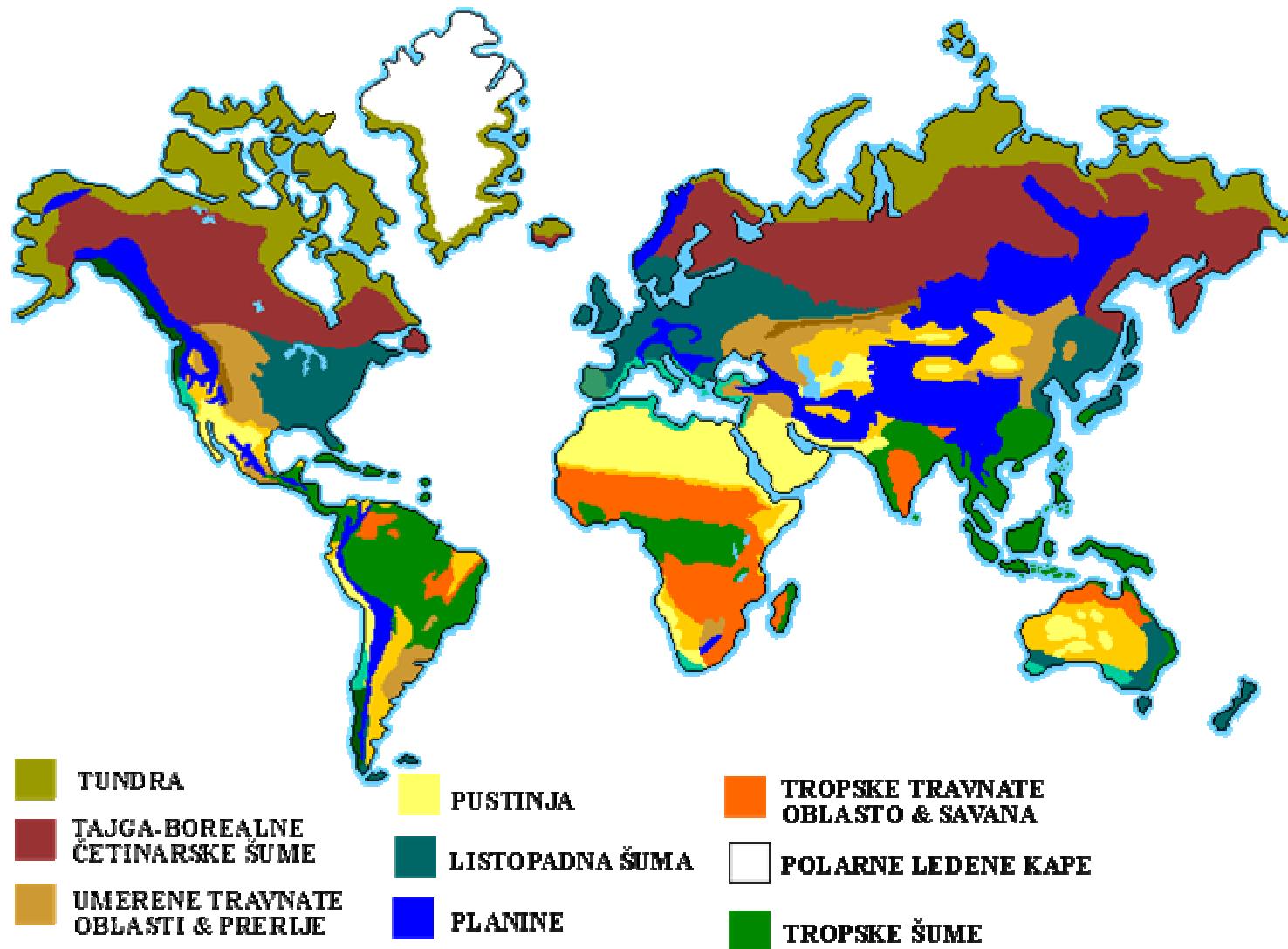
- [Dark blue] Klima tundre
- [Medium blue] Klima vjetrenog leda i hladnoće
- [Grey] Planinske klime

## 2. Fizička ili realna (stvarna) klima -klimati i tipovi klime-

RASPORED PADAVINA NA ZEMLJI



## KLIMA I VEGETACIJA



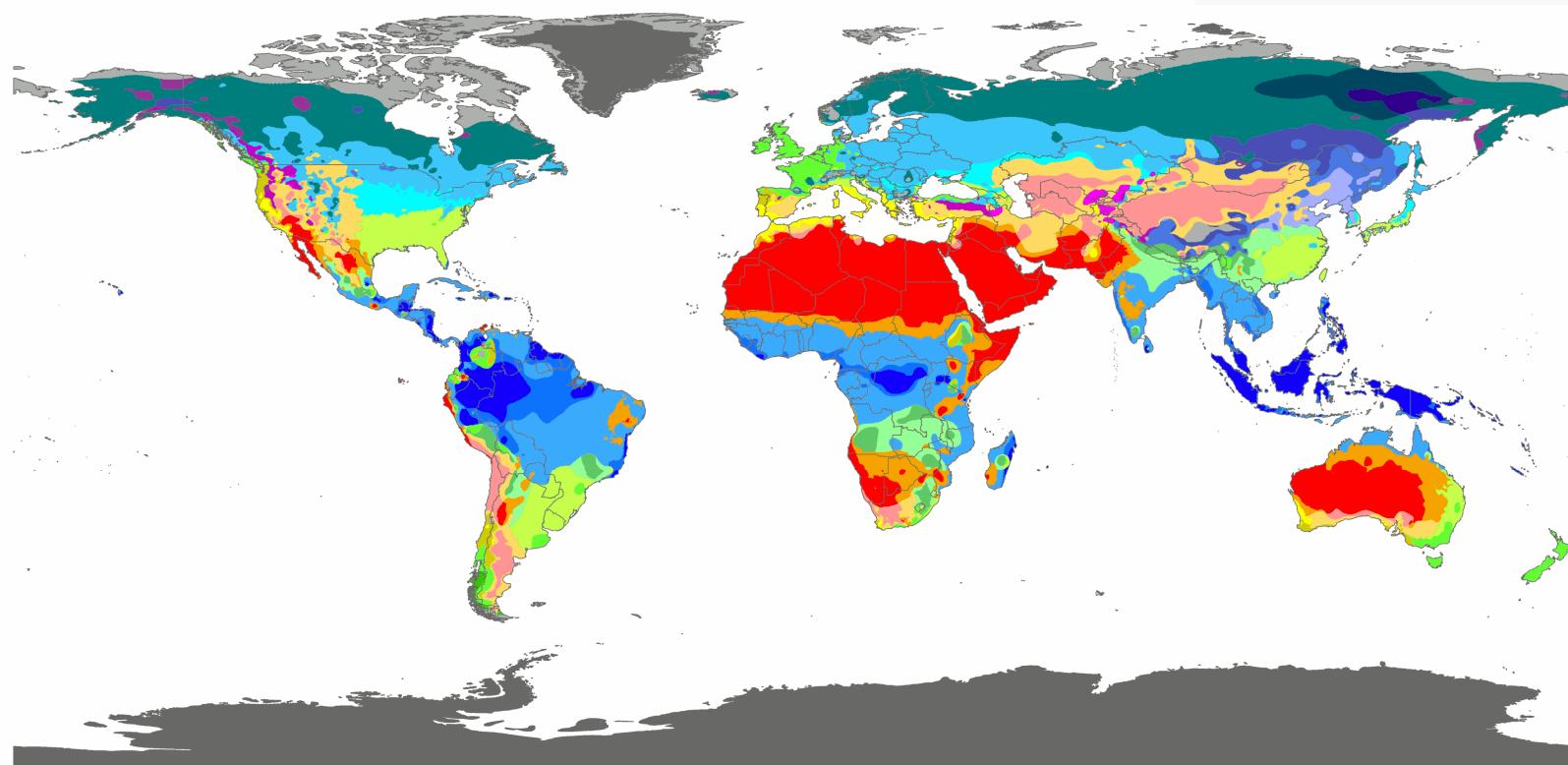
## Kepenova klasifikacija klima

Osnovni cilj svih klimatskih proučavanja je da se, na osnovu uzroka nastanka godišnjeg toka klimatskih elemenata, njihovih ekstremnih vrijednosti i specifičnih klimatskih pokazatelja, klima nekog mesta ili teritorije što vjernije prikaže, odnosno opiše. Često se pri tom ide u preveliku opširnost i komplikovanost. Da bi se to pojednostavilo, klima može da se prikaže tzv. klimatskom formulom, koju je u literaturu uveo njemački klimatolog V. Kepen. Gotovo sve razvijenije zemlje za didaktičke potrebe primjenjuju Kepenov sistem, koji se danas najviše koristi u svijetu. Kepenevi kriterijumi su egzaktni, jednostavnii i lako razumljivi. Karakteristične vrijednosti temperature i padavina, koje se uzimaju kao granične između klimatskih tipova, određene su prema efektivnim uticajima u biljnom, životinjskom i svijetu čovjeka. Tako na primjer, kada je  $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$  to označava približnu granicu tropskog bilja. Ukoliko je  $t_{\min} < -3^{\circ}\text{C}$ , stvoreni su uslovi za trajni sniježni pokrivač zimi. Ili, ako je  $0^{\circ}\text{C} < t_{\max} < 10^{\circ}\text{C}$  to odgovara granicama tundra, a  $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$  označava granicu vječitog leda, itd. Sve klime na Zemlji Kepen je svrstao u tri nivoa - klimate, tipove i podtipove. Klimate je odredio na osnovu vrijednosti određenih srednjih temperatura vazduha. Sve klime na svijetu Kepen je grupisao u pet klimata ili razreda. Oni se označavaju velikim slovima latinice - A, B, C, D i E. Tako su npr. u B klimatu sistematizovane suve klime, u C razredu su grupisane umjereno tople kišne klime itd. Klimatske tipove, kao nižu klimatsku kategoriju, odredio je na osnovu režima padavina, a podtipove prema režimu temperature. Klimatski podtipovi se označavaju malim, a tipovi i velikim slovima latinice. Pri određivanju klimatske formule za neko mjesto, prvo se određuje razred, zatim tip i na kraju podtip (treće slovo) klime. Po Kepenovom sistemu klasifikacije postoji 12 različitih klimatskih tipova (po dva ili tri tipa u svakom klimatu): 3(A)+2(B)+3(C)+2(D)+2(E). Nazivi klimatskih tipova su sledeći:

<b>Af</b> - prašumska klima,	<b>Cs</b> - sredozemna (mediteranska) klima,
<b>Aw</b> - savanska klima,	<b>Cw</b> - umjereno topla kišna (sinajska) klima,
<b>Am</b> - monsunska klima,	<b>Df</b> - vlažna borealna (sniježno-šumska) klima,
<b>BW</b> - pustinjska klima,	<b>Dw</b> - borealna klima sa suvom zimom,
<b>BS</b> - stepska klima,	<b>ET</b> - klima tundre,
<b>Cf</b> - umjereno topla i vlažna klima,	<b>EF</b> - klima vječitog leda.

# World map of Köppen-Geiger climate classification

Kepenova klasifikacija klima



THE UNIVERSITY  
OF  
MELBOURNE

Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh	Cwc	Cfc	Dsc	Dwc	Dfc		
	BSk			Dsd	Dwd	Dfd		

Contact : Murray C. Peel (mpeel@unimelb.edu.au) for further information

**DATA SOURCE :** GHCN v2.0 station data  
Temperature (N = 4,844) and  
Precipitation (N = 12,396)

**PERIOD OF RECORD :** All available

**MIN LENGTH :** ≥30 for each month.

**RESOLUTION :** 0.1 degree lat/long

## Kepenova klasifikacija klima

DBurić

KLIMAT (RAZRED)	A	B	C	D	E
KLIMATSKI TIP	f,m,w	w,s	w,f,s	T,F	
KLIMATSKI PODTIP		h,k	a,b,c,d		

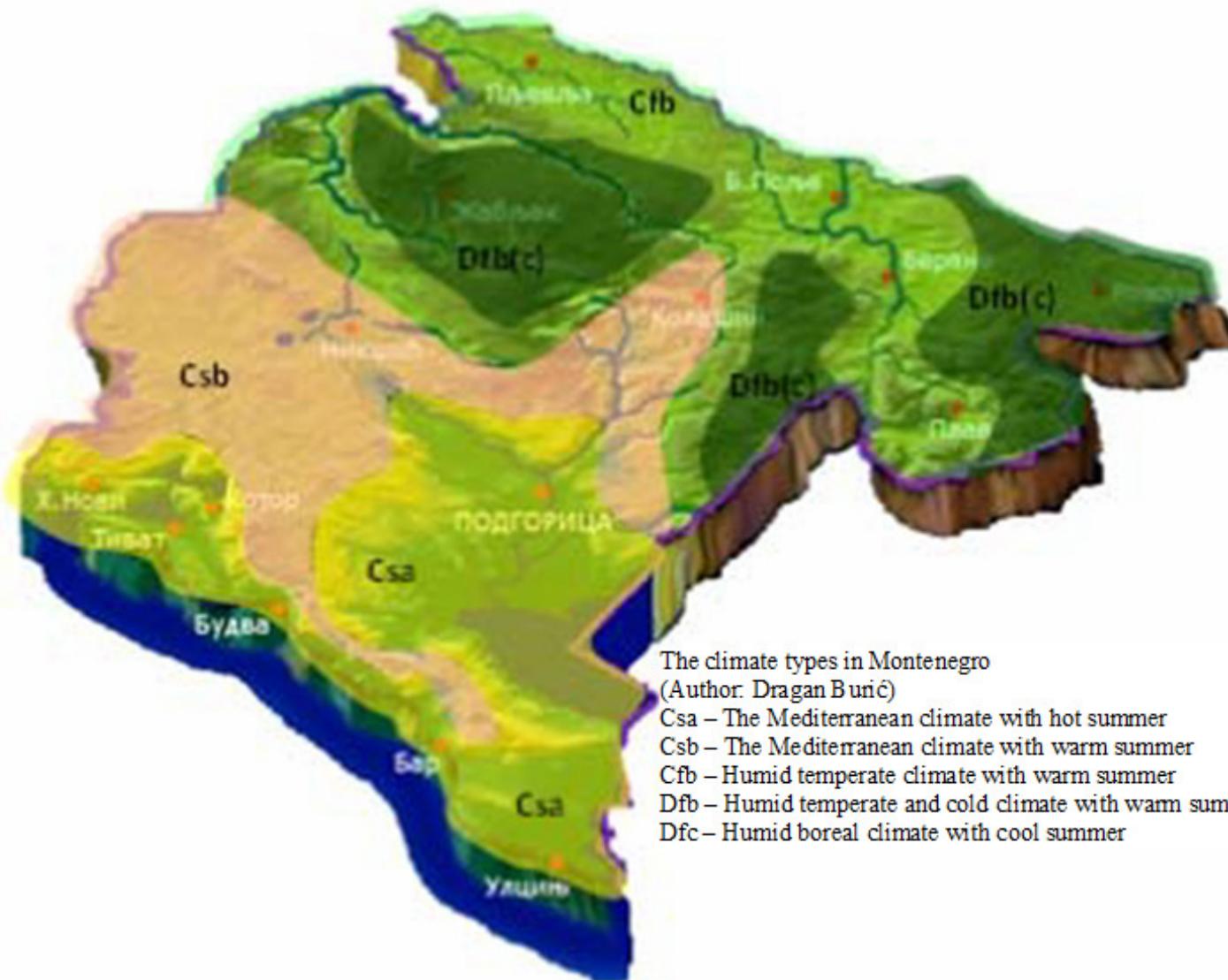
## **KEPENOVA KLASIFIKACIJA KLIMATA U CRNOJ GORI PO D. BURIĆU**

Na osnovu podataka referentnog klimatskog perioda, 1961-1990. godina, u Crnoj Gori su zastupljeni umjereno topli (C) i umjereno hladni (D) klimat. Umjereno topli klimat rasprostranjen je u nižim, dok je u višim planinskim predjelima u unutrašnjosti zemlje, uglavnom iznad 1000 mm, zastupljen D klimat (tabl. 1.1.1 i karta 1.1.1).

Tabela 1.1.1. Kepenov sistem u Crnoj Gori (po D. Buriću)

Klimatski razred (klimat)	Klimatski tip	Klimatski podtip	Naziv
C	Cs	Csa	sredozemna klima s vrućim ljetom
		Cs/ s"/b	prelazna varijanta etezijske klime s toplim ljetom
	Cf	Cfb	umjereno topla i vlažna klima s toplim ljetom
D	Df	Dfb	umjereno hladna i vlažna klima s toplim ljetom
		Dfc	vlažna borealna klima sa svježim ljetom

Prvi klimat (C) se javlja sa dva tipa, Cs i Cf. U okviru sredozemne ili tzv. etezijske klime (Cs) izdvajaju se dva podtipa, Csa i Csb. Umjereno topli i vlažni klimatski tip (Cf) je zastupljen sa jednim podtipom – Cfb. Drugi klimat (D) se javlja u visočijim predjelima, i to sa Df tipom i dva podtipa, Dfb (na visinama uglavnom do 1500 mm) i Dfc (na visinama uglavnom iznad 1500 mm). Dakle, po Kepenovim kriterijumima u Crnoj Gori su zastupljena tri klimatska tipa, odnosno pet podtipova.



Karta 1. Opšta klimatska rejonizacija Crne Gore po kriterijumima V. Köppen-a na osnovu standardnog klimastkog perioda 1961-1990. godina: Cs/s''/ - sredozemna klima /prelazna varijanta etezijske klime/; Cf – umjereno topla i vlažna klima; Df – umjereno hladna i vlažna klima;

Osnovu Kepenove klasifikacije čini, dakle, hidrotermička analiza – analiza količine padavina i temperature vazduha. Tako se, na osnovu godišnjeg toka ova dva klimatska elementa, pojave sušnih i kišnih intervala, graničnih vrijednosti i sl., dobija kombinacija oznaka koje čine klimatsku formulu. Umjesto dugih i zamornih opisivanja klime, jednostavno se napiše niz slovnih oznaka, odnosno iz klimatske formule, znajući značenja upotrijebljenih slova, saznajemo bitne karakteristike podneblja. Kvalitet ove klasifikacije je i u tome što klimatska formula može da se dopunjuje novim oznakama, ako specifičnost klime to dozvoljava.

Radi potpunijeg opisa, izdvojeno je nekoliko varijeteta, odnosno klimatskih formula sa 3-5 slova. Ovo govori da Crna Gora predstavlja pravi "mozaik klima". Značenja upotrijebljenih oznaka detaljnije klimatske rejonizacije Crne Gore data su u tabeli 1.1.2.

#### Kepenova klasifikacija klima

PRVO SLOVO - KLIMAT (RAZRED)	A	B	C	D	E
DRUGO SLOVO - KLIMATSKI TIP	f,m,w	w,S	w,f,s	T,F	
TREĆE SLOVO - KLIMATSKI PODTIP		h,k	a,b,c,d		

Tabela Značenja upotrijebljenih slova

Oznaka	Naziv	Odlike*
C	Umjereno topla klima	$-3^{\circ}\text{C} < T_{\text{srmn}} < 18^{\circ}\text{C}$
D	Umjereno hladna klima	$T_{\text{srmx}} > 10^{\circ}\text{C}; T_{\text{srmn}} < -3^{\circ}\text{C}$
s	Veoma suvo ljeto	$R_{\text{srmx}} > 3R_{\text{srmn}}$
s''	Uglavnom suvo ljeto, sekundarni min. padavina uglavnom u rano proljeće ( $s'' \approx f$ )	$R_{\text{srmx}} < 3R_{\text{srmn}}$ , uglavnom slabo izražen sekundarni min. R
w	Padavinama bogatija ljetnja polovina godine	Manje padavina zimi
f	Vlažna klima	Bez sušnog doba
a	Žarko ljeto	$T_{\text{srmx}} > 22^{\circ}\text{C}$
b	Toplo ljeto	$T_{\text{srmx}} < 22^{\circ}\text{C}; > 4T_{\text{srm}} > 10^{\circ}\text{C}$
c	Svježe ljeto	$T_{\text{srmn}} > -38^{\circ}\text{C}; < 4T_{\text{srm}} > 10^{\circ}\text{C}$
x	Primarni max. padavina početkom ljeta, krajem ljeta znatno vedrije	Sekundarni max. R slabo izražen
x''	Primarni max. padavina u jesen, sekundarni u proljeće	Sekundarni max. R jače izražen

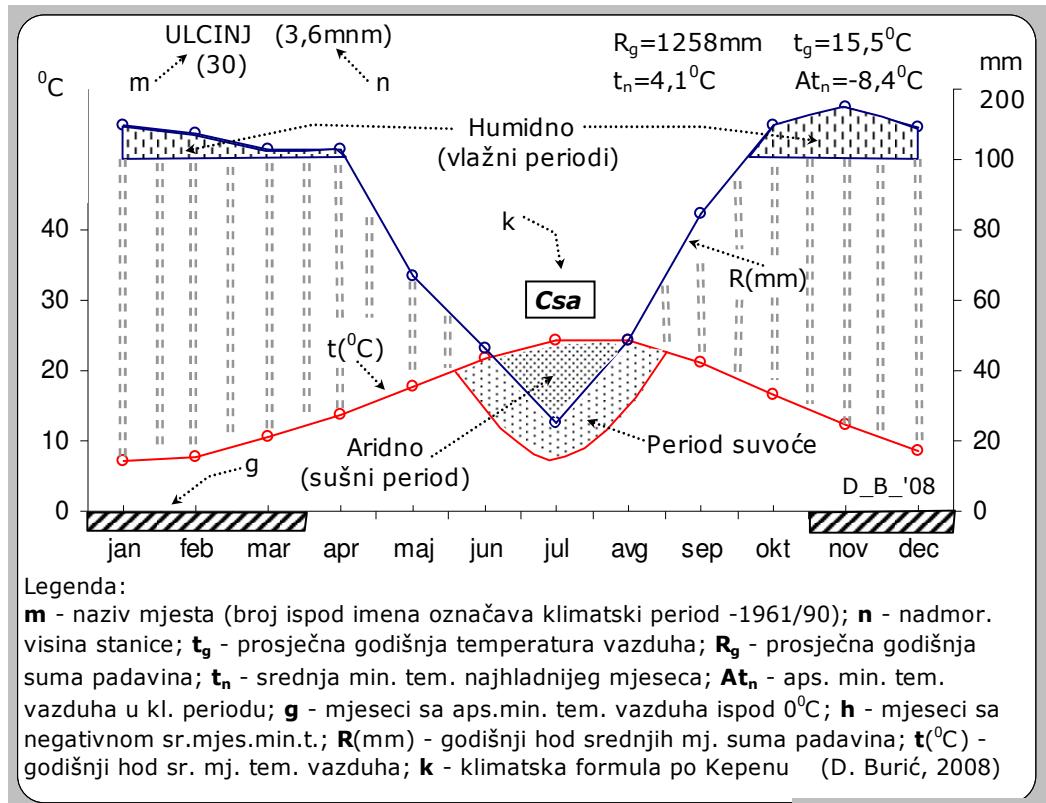
\* $T_{\text{srmn}}(R_{\text{srmn}})$  - Srednja mjesečna temperatura najhladnijeg mjeseca (suma padavina najsuviljeg mjeseca)  
 $T_{\text{srmx}}(R_{\text{srmx}})$  - Srednja mjesečna temperatura najtoplijeg mjeseca (suma padavina najvlažnijeg mjeseca)

Režim i godišnji hod temperature vazduha je na svim stanicama isti. U srednjoj vrijednosti, najtoplji mjesec je jul, a najhladniji januar. Po Kepenovim kriterijumima, oznake za temperaturu mogu biti C ili D, zavisno od vrijednosti januarske, odnosno a, b ili c, zavisno od vrijednosti julske temperature. Kod padavina je situacija drugačija. Ipak, tok i raspored srednjih vrijednosti ova dva klimatska elementa ukazuje da značajan dio Crne Gore pripada submediteraskoj i tipičnoj mediteranskoj zoni mediteranskog klimatskog područja.

### ***Osnovne karakteristike klimatskih tipova i podtipova***

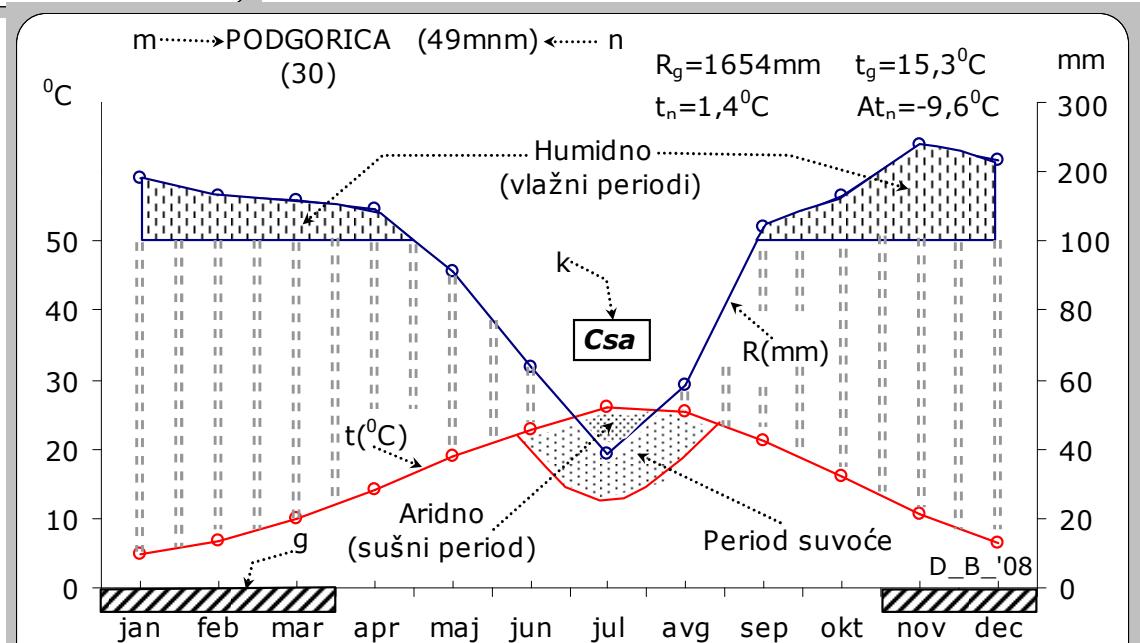
Godišnji tok temperature vazduha i padavina (prosječne mjesecne vrijednosti) je, za pojedine meteorološke stanice u Crnoj Gori, prikazan metodom klimadijagrama po H. Valteru (H. Walter). Osnovna specifičnost klimatskog dijagrama po Valteru se ogleda u tome što se krivulje temperature i padavina nalaze u određenom odnosu (1:2, 1:3 i 1:10). Odnos temperature vazduha i količine padavina do 100 mm je 1:2 ( $10^{\circ}\text{C}=20 \text{ mm}$ ), a preko 100 mm odnos je 1:10. Ako se pri odnosu 1:2 krive temperature i padavina siječku, onda se taj period karakteriše kao sušan, a ako se pri odnosu 1:3 krive temperature i padavina siječku, onda se taj period karakteriše kao period suvoće. Ovakva vrsta hidrotermičkih dijagrama ima veliku praktičnu primjenu. Na ovaj način se sušni i kišni periodi, i uopšte termički i padavinski režim, potpuno jasno ističu. Pri određenom odnosu krivulja, u sušnom periodu godine se kriva padavina spušta ispod temperaturne – aridnost. U kišnom periodu je kriva padavina iznad temperaturne. Klimadijagram po Valteru pruža i niz drugih korisnih informacija. Tako je negativna srednja mjesecna minimalna temperatura vazduha, kao nepovoljno doba godine, prikazano na apscisi crnom površinom za dati mjesec. Ukoliko je apsolutni minimum u datom mjesecu ispod  $0^{\circ}\text{C}$ , to je prikazano kosom šrafurom na apscisi.

**1. Csa** podtip se karakteriše žarkim, suvim i vedrim ljetom, odnosno blagom i kišovitom zimom - tipična etezijska (sredozemna) klima. Ovaj podtip ima prosječnu temperaturu najhladnijeg mjeseca između  $-3^{\circ}\text{C}$  i  $18^{\circ}\text{C}$  (oznaka C). Ljeto je najsuvljje doba godine (oznaka s), a srednja temperatura najtoplijeg mjeseca je viša od  $22^{\circ}\text{C}$  (oznaka a). U podtipovima Cs tipa klime maksimalna količina padavina javlja se u novembru, a najmanja je u julu – primorje i Zetsko-bjelopavlička ravnica. Treba istaći da se, prije svega u termičkom režimu, klima Podgoričko-skadarske kotline i Bjelopavličke ravnice donekle razlikuje od prave sredozemne klime - ljeta su nešto toplija, a zime malo hladnije u odnosu na podneblje Crnogorskog primorja. Ova posebna varijanta sredozemnog podneblja (Podgorica, Danilovgrad) naziva se submediteranska klima.

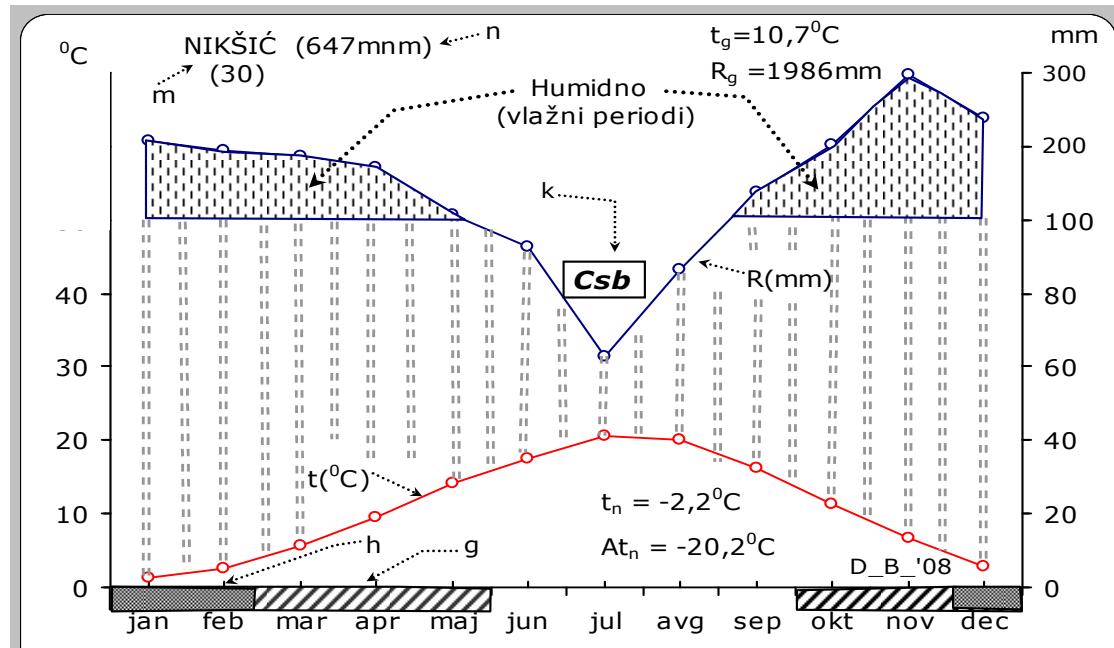


**Klimadijagram po Valteru i Kepenov  
Csa podtip klime za Ulcinj i Podgoricu**

DBurić

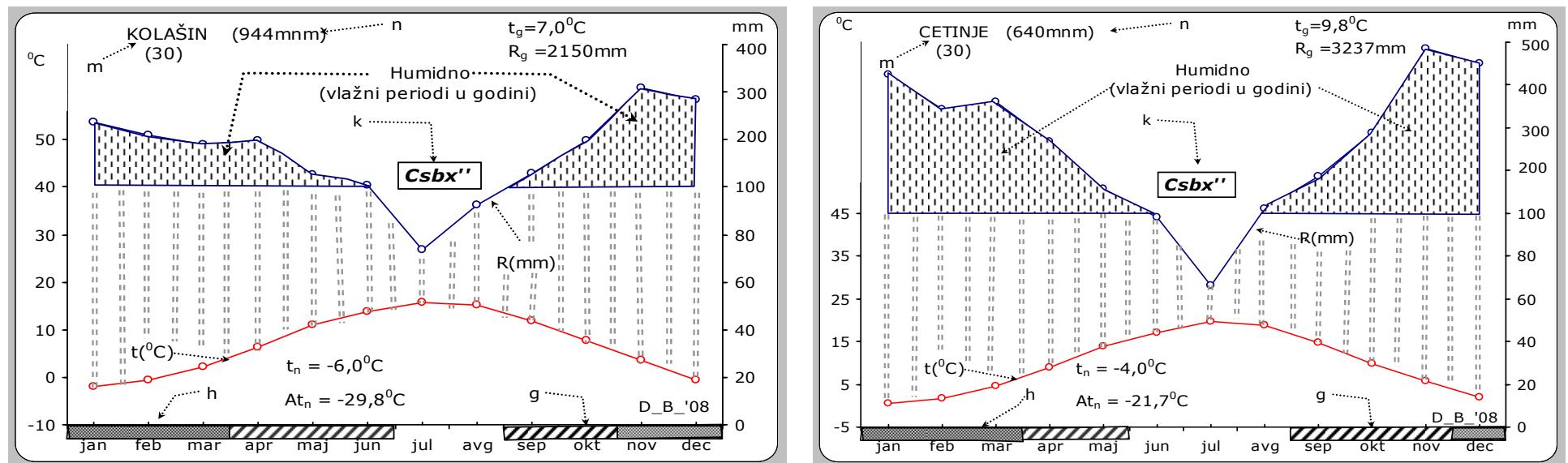


**2. Csb** podtip se razlikuje od prethodnog po tome što ima srednju mjesecnu temperaturu najtoplijeg mjeseca nižu od  $22^{\circ}\text{C}$  (oznaka b). U mjestima koja imaju ovaj podtip, vrijednosti mjesecne temperature su preko cijele godine niže u odnosu na prethodni podtip. Dakle, ljeta su nešto svježija, a zime hladnije. Uzrok tome je udaljenost od mora i reljefne karakteristike, prije svega vaća nadmorska visina – Nikšić, Grahovo.



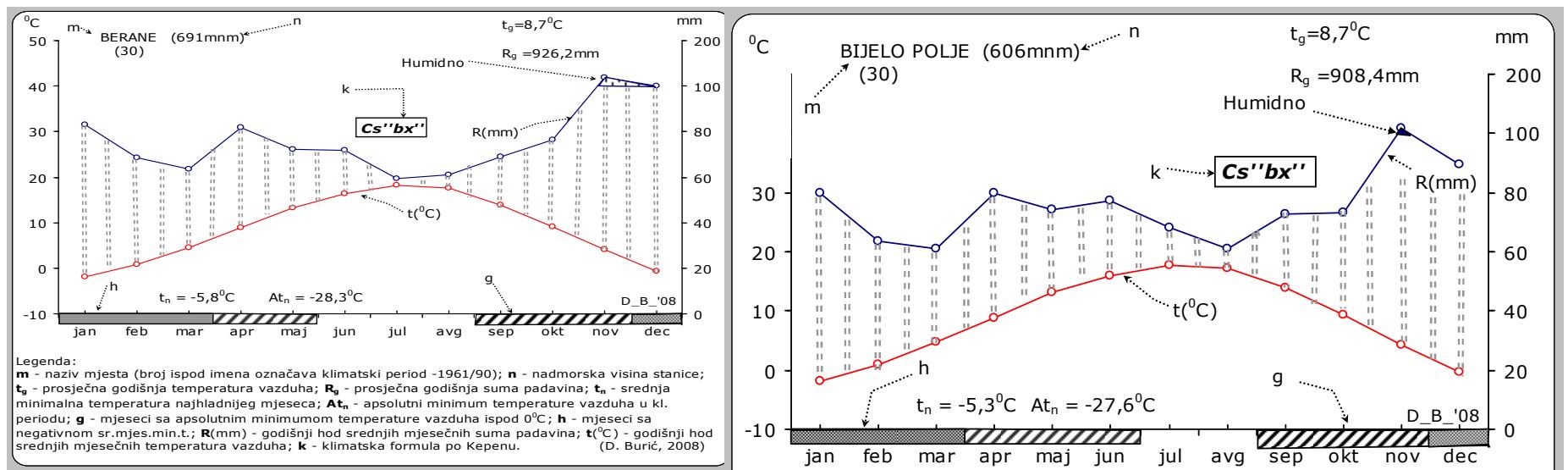
*Klimadijagram po Valteru i Kepenov Csb podtip klime za Nikšić  
(oznake su iste samo je dodato h - mjeseci sa negativnom sr. mj. min. tem.)*

**3. *Csbx''*** podtip je takođe prelazna varijanta etezijske klime, koji se razlikuje od prethodnih po tome što se pored primarnog javlja i sekundarni (*x''*), uglavnom jasnije izražen, maksimum padavina. U *Csa* i *Csb* podtipovima postoji po jedan, veoma izrazit, maksimum i minimum padavinama. Kod ovog podtipa se mjesечne sume padavina smanjuju od novembra (primarni max) do početka proljeća, kada se javlja sekundarni maksimum (u martu ili aprilu) – Cetinje, Crkvice, Krstac, Kolašin.



**Klimadijagram po Valteru i Kepenov *Csbx''* podtip klime za Kolašin i Cetinje**

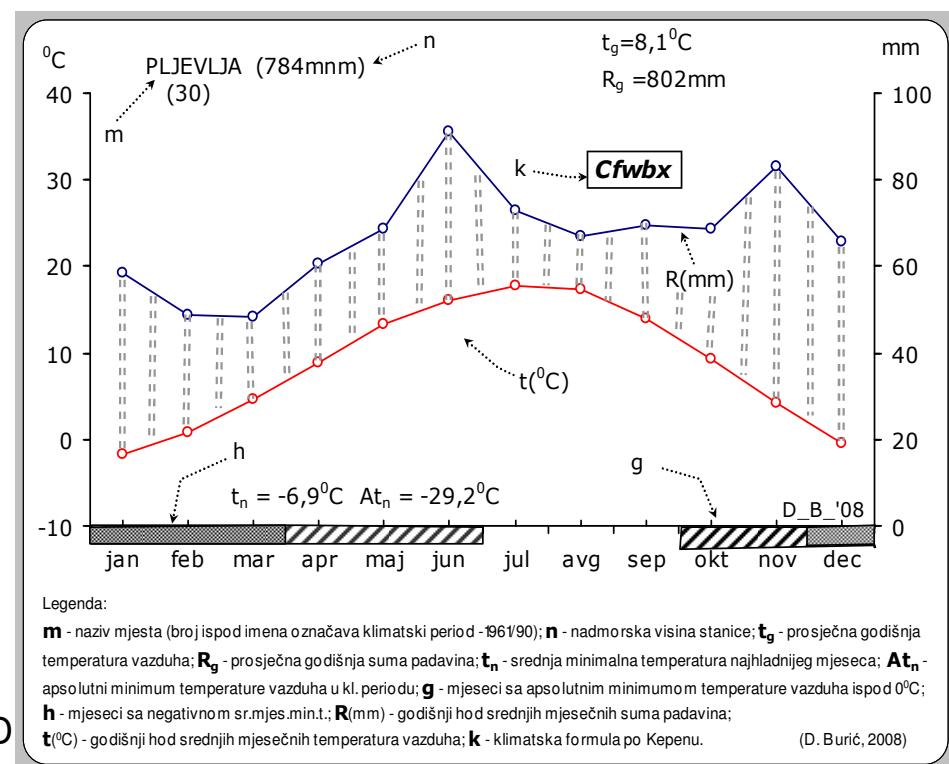
**4. *Cs''bx''*** – prelazna varijanta etezijske klime, veoma slična prethodnoj. Izdvojena je kao posebna zbog visine i odnosa u količini padavina između najvlažnijeg i najsuvljeg mjeseca. U mjestima koja imaju ovaj podtip godišnja suma padavina je manja u odnosu na prethodne podtipove Cs klime (oko 1:2). Osim toga, odnos između najsuvljeg i najvlažnijeg mjeseca stoji u razmjeri manjoj od 1:3, uglavnom oko 1:2 (oznaka s''). Kod prethodnih podtipova su padavine u najvlažnijem jesenjem mjesecu tri i više puta veće od akumuliranih padavina u najsuvljem ljetnjem mjesecu (oznaka s). Dakle, kod ovog podtipa klime jača uticaj kontinentalnosti na režim padavina – Berane, B.Polje, Plav.



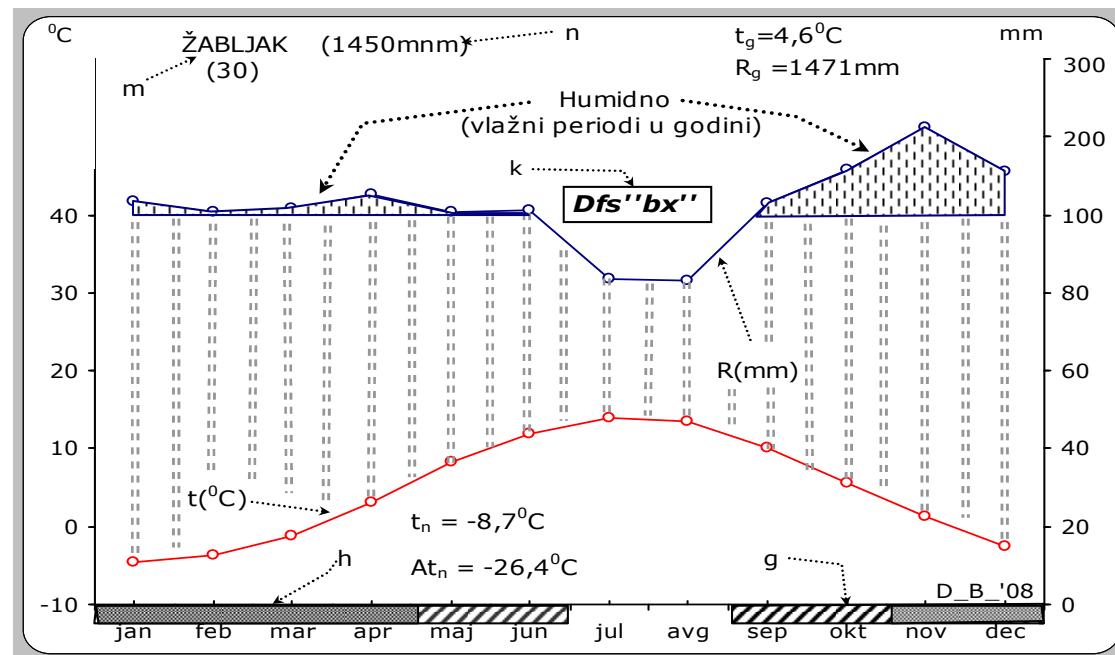
**Klimadijagram po Valteru i Kepenov *Cs''bx''* podtip klime za Berane i B.Polje**

**5. Cfwbx** podtip je varijanta umjerenog toplog i vlažnog klimata. Godišnja suma padavina je prilično ravnomjerno raspoređena na sve mjesecce – oznaka f. Ipak, ljetnja polovina godine je bogatija padavinama, odnosno zimska suma padavina je nešto manja od ljetnje (oznaka w). Maksimalna količina padavina se javlja u rano ljeto - primarni junske maksimum (oznaka x), a minimalna krajem zime ili početkom proljeća (mart). Ovo je odlika kontinentalnog pluviometrijskog režima. Karakteristika kontinentalnog podneblja ogleda se i u godišnjoj sumi padavina. Mjesta u Crnoj Gori koja imaju odlike ovog podtipa klime (sa oznakom w - Pljevlja, Rožaje) dobijaju najmanje padavina u prosječnoj godini – oko 850 lit/m<sup>2</sup>/god.

Uticaj kontinentalnosti i nadmorske visine na klimatske karakteristike, posebno na režim padavina, odlično pokazuje Valterov dijagram. Naime, kao rezultat jačanja ovih uticaja nestaju sušni periodi (Cetinje, Nikšić, Kolašin, Berane, B. Polje, Plav, Rožaje). Sjevernije od pomenute uslovne linije (vidi kartu 1.2) do izražaja dolaze kontinentalne odlike klime. Valterov dijagram, takođe, odlično pokazuje izčezavanje i humidnih perioda (rezultat jačanja uticaja kontinentalnosti - Pljevlja, Rožaje), kao i ravnomjernost padavina u prosječnoj godini (manja amplituda krive padavina). Tipičan predstavnik Cfwbx podtipa klime su Pljevlja sa okolinom.



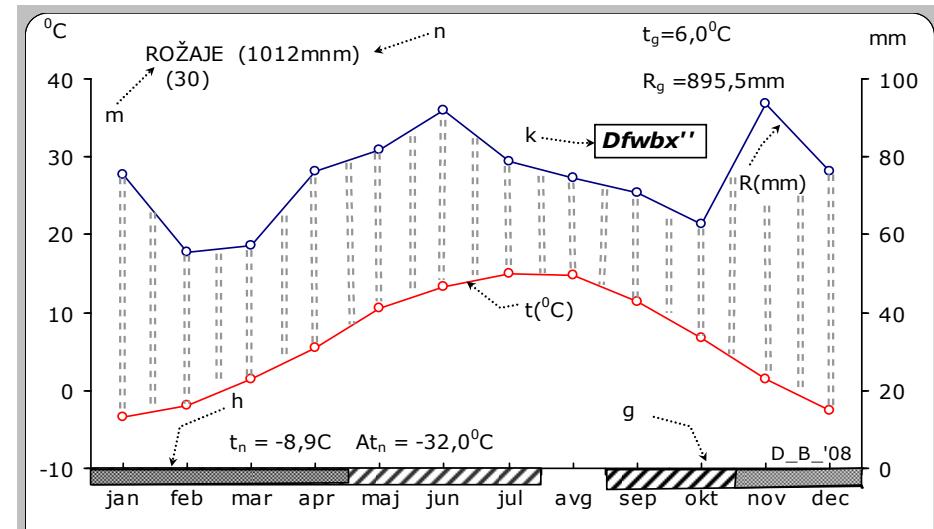
**6. *Dfs''bx''* i *Dfs''cx''*** podtipovi zastupljeni su u planinskim predjelima kontinentalne Crne Gore, uglavnom iznad 1000 mm. Ovi podtipovi imaju temperaturu vazduha najhladnjeg mjeseca ispod  $-3^{\circ}\text{C}$ , a najtoplijeg iznad  $10^{\circ}\text{C}$  (oznaka D). To je umjereno hladna ili tzv. borealna ili sniježno-šumska i stalno vlažna klima (f). To potvrđuje i Valterov klimadijagram (nema aridnog perioda). Ipak, ljetnja suma padavina je manja od zimske (oznaka s''). Primarni uticaj na pojavu vlažnih perioda u godini (januar-jun i septembar-decembar) ima nadmorska visina. Zime su hladne i sniježne. Do oko 1500 mm prosječna temperatura vazduha najtoplijeg mjeseca je niža od  $22^{\circ}\text{C}$  (oko  $14\text{--}15^{\circ}\text{C}$ ), ali četiri i više mjeseci u prosečnoj godini imaju temperaturu višu od  $10^{\circ}\text{C}$  (oznaka b). Na visinama iznad 1500 mm ljeta su svježa, odnosno manje od 4 mjeseca u toku godine imaju prosječnu temperaturu višu od  $10^{\circ}\text{C}$  (oznaka c). Primarni maksimum padavina je u jesen, a sekundarni u proljeće (oznaka x'') – Žabljak.



**Klimadijagram po Valteru i Kepenov *Dfs''bx''* podtip za Žabljak**

**7. Dfwbx'' i Dfwcx''** podtipovi se razlikuje od prethodna dva (Dfs"bx" i Dfs"cx") samo po tome što je toplija polovina godine bogatija padavinama, odnosno zimska suma padavina je nešto manja od ljetnje (oznaka w). Međutim, primarni ekstremi padavina su u kasnu jesen i zimu (primarni max. u novembru, a min. u februaru – oznaka x"). Sekundarni maksimum padavina je neznatno manji od primarnog i javlja se krajem proljeća ili u rano ljeto (jun). Klimadijagram po Valteru pokazuje veliku sličnost u režimu padavina (svakako i temperature) Rožaja i Pljevalja, odnosno izražen uticaj kontinentalnosti. Razumije se, u termičkom smislu su, zbog uticaja nadmorske visine, Rožaje hladnije od Pljevalja – u prosjeku za oko  $2^{\circ}\text{C}$ . Tipičan predstavnik Dfwbx'' podtipa klime su Rožaje.

### Klimadijagram po Valteru i Kepenov Dfwbx'' za Rožaje



Po uobičajenim klimatskim rejonizacijama u Crnoj Gori se izdvaja nekoliko klima: mediteranska, submediteranska, varijante umjereno-kontinentalne, kontinentalne i planinske klime. Kepenova klasifikacija se donekle razlikuje od uobičajenog klimatskog zoniranja. Po Kepenovim principima, Crnogorsko primorje se odlikuje sa izrazitim mediteranskim klimatskim karakteristikama. Zetsko-bjelopavlička kotlina približno u odnosu 1:2 krive temperature i padavina siječku, onda se taj period karakteriše kao sušan, ripada submediteranskoj klimatskoj zoni. Jadransko-sredozemni i submediteranski klimatski areali pripadaju tipičnom sredozemnom klimatskom području (Csa), koga karakterišu veoma topla, čak i žarka, duga i suva ljeta i blage i kišovite zime. U prosječnoj godini, Podgorica je grad sa najvišom srednjom julkom temperaturom ( $26,0^{\circ}\text{C}$ ) i najvećim brojem tropskih dana (67,4 dana) u Crnoj Gori i današnjim državama bivše Jugoslavije. U ostalim predjelima mediteranskog pluviometrijskog režima, do oko 1000 mm, idući ka sjeveru i sjeveroistoku zemlje, varijante mediteranske klime prelaze u varijante umjereno tople i vlažne klime. (Csb,Csbx'',Cs''bx''). Kraška polja i kotline u unutrašnjosti zemlje imaju oštriju klimu. Ljeta su umjereno topla, a zime hladne. Temperaturne inverzije ("jezero" hladnog vazduha) se zimi javljaju u kotlinama Čehotine, Limske doline, Tare, Pive i kraškim poljima – Cetinjsko, Nikšićko. Dnevne i godišnje amplitudne temperature su velike. Krajnji sjever i sjeveroistok zemlje dobija najmanje padavina u prosječnoj godini, ali su zato najravnomjernije raspoređene po mjesecima. Tipična umjereno topla i vlažna klima karakteriše Pljevaljsku kotlinu (Cfbwx). U višim planinskim predjelima kontinentalne Crne Gore, uglavnom iznad 1000 mm, klima je sve oštrija. To su varijante umjereno hladne klime - Dfs"bx", Dfs"cx", Dfwbx'', Dfwcx''. Ljeto na planinama traje kratko i ono je prohladno, a zime se hladne, sniježne i duge.

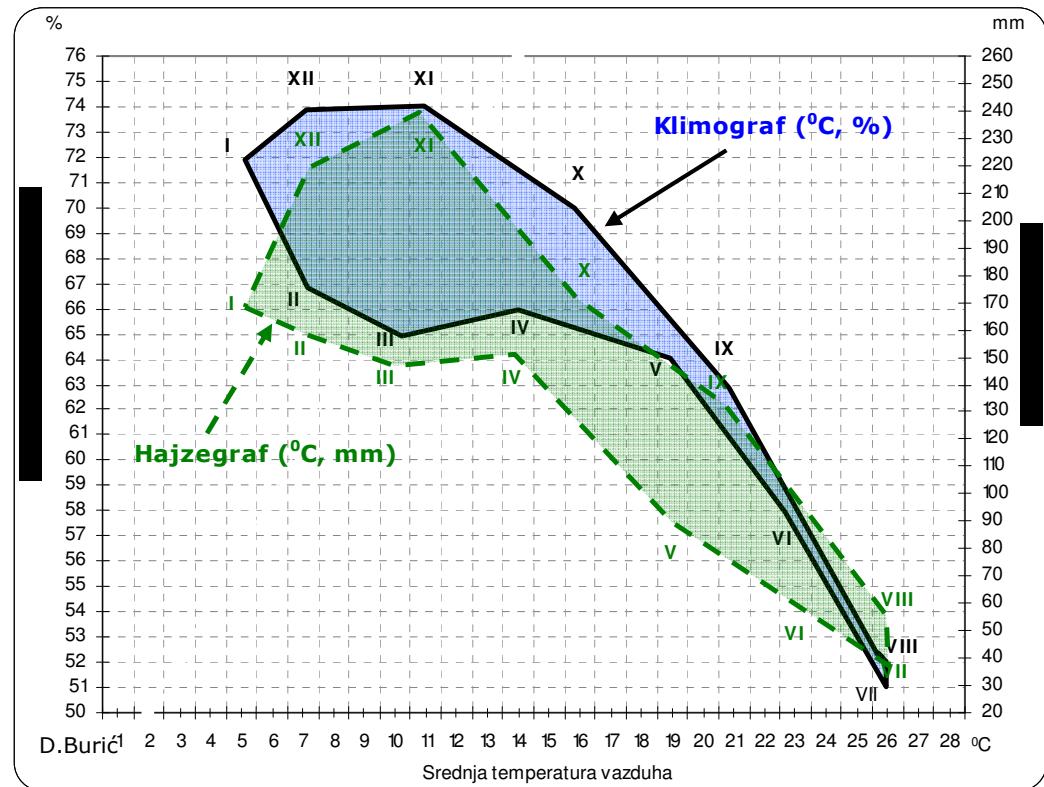
## Klimadijagrami ili klimagrami

Promjene osnovnih klimatoloških elemenata, odnosno međusobna zavisnost temperature vazduha, relativne vlažnosti i padavina, uglavnom se prikazuje pomoću klimadijagraha. Već je bilo riječi o tipu ovih dijagrama po Valteru, a ovdje će se pomenuti još dva: klimograf i hajzegraf. Primjer je dat za Podgoricu.

**Klimograf** je grafički prikaz odnosa temperature vazduha i relativne vlažnosti. Na apscisi su date srednje mjesecne temperature, a na lijevoj ordinati srednje mjesecne vrijednosti relativne vlažnosti vazduha. Na osnovu oblika klimografa (puna linija na graf. 19) može se konstatovati da je od januara do jula i od avgusta do decembra manje izdužen s lijeva na desno, nego u vertikalnom pravcu. To znači da je u Podgorici, u prosječnoj godini, manje kolebanje temperature vazduha ( $21,0^{\circ}\text{C}$ ) u odnosu na amplitudu relativne vlažnosti (23,1%). Dalje se zaključuje da su u periodu novembar - mart manje promjene kod oba elementa nego u periodu april - oktobar, pri čemu je relativna vlažnost veća u aprilu nego u periodu maj - septembar. Iz oblika klimografa zapaža se da su mjeseci od oktobra do januara znatno vlažniji u odnosu na period februar - maj. Pri tome se naročito ističe novembar u odnosu na mart i decembar u odnosu na februar, iako su temperaturne razlike male, svega  $0,6^{\circ}\text{C}$  i  $-0,2^{\circ}\text{C}$ . Takođe se konstatiše da relativna vlažnost vazduha opada u periodu januar - jul sa porastom temperature, a raste u periodu avgust - decembar sa padom temperature vazduha. Izuzetak je april, u kojem je relativna vlažnost veća za 1,2% u odnosu na mart.

**Međusobne veze temperature vazduha,  
relativne vlažnosti vazduha i padavina,  
Podgorica (1961-2000)**

DBurić



**Hajzegraf** je grafički prikaz međusobne veze srednjih mjesecnih temperatura vazduha i srednjih mjesecnih visina padavina. Isprekidana linija na grafiku dobijena je, dakle, na osnovu presjeka temperature vazduha (skala za temperaturu je, takođe, na apscisi) i padavina (skala za padavine je na desnoj ordinati).

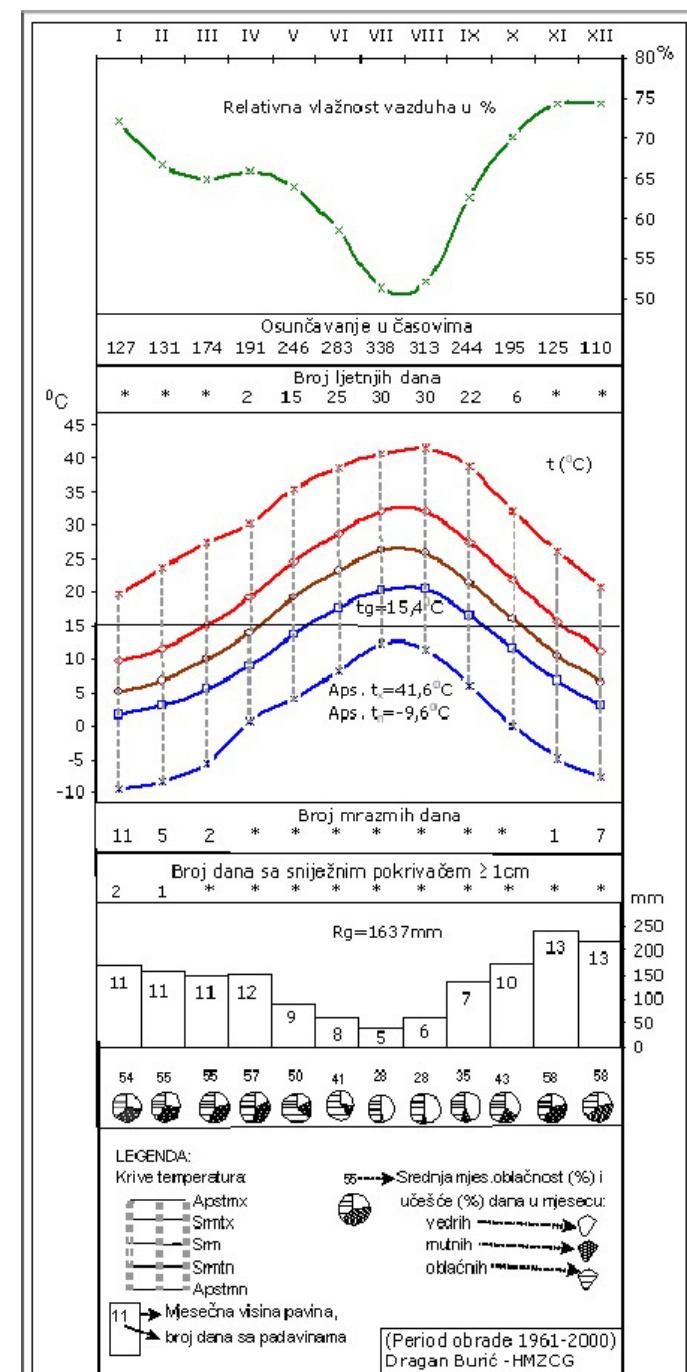
Iz oblika hajzegrafa može se konstatovati da se zimski mjeseci (decembar, januar i februar) nalaze u oblasti relativno hladnog i vlažnog stanja, sa prosječnom temperaturom od  $6,20^{\circ}\text{C}$  i zimskom sumom padavina od 547 mm, dok je u ljetnjim mjesecima (jun - avgust) veoma toplo i suvo stanje, sa prosječnom ljetnjom temperaturom od  $25,10^{\circ}\text{C}$  i ljetnjom sumom padavina od 155 mm. Od januara do jula, posebno u periodu april - jul, je znatno povećanje temperature vazduha i smanjenje visina padavina. S druge strane, u periodu avgust - decembar je obrnuta situacija, dakle, temperatura vazduha opada, a povećava se visina padavina, sa maksimalnim vrijednostima u julu i avgustu, odnosno kod padavina u novembru i decembru.

Klimograf i hajzegraf ukazuju da godišnji tokovi padavina i relativne vlažnosti vazduha imaju sličan hod. Međutim, godišnji tok temperature vazduha je obrnut u odnosu na ova dva klimatska elementa. Izvjesna podudarnost tokova vlažnosti vazduha i padavina, odnosno njihova nepodudarnost u odnosu na temperaturu vazduha, je jedna od osnovnih klimatskih karakteristika Podgorice.

### Pitanja za domaći

- Šta su sinoptičke karte i kakva je razlika između prizemnih i visinskih sinoptičkih karata?
- Šta je osnovni cilj klimatskih klasifikacija?
- Koje su principi Kepenove klimatske klasifikacije?
- Šta je Kepenova klimatska formula?
- Nabrojati Kepenove klimate ili razrede?
- Koje su osnovne karakteristike i koje prostore na Zemlji obuhvataju klimati po Kepenu – A, B, C, D i E klimat.
- Klima Crne Gore po Kepenu?
- Šta su klimagrami?
- Šta je hajzegraf?
- Objasniti postupak izrade klimadijagrama po Valteru?
- Šta je klimatska razglednica i koja je svrha njene izrade?

### Klimatska razglednica Podgorice



## **Fitofenološke karte**

Na meteorološkim stanicama vrše se osmatranja i bilježe datumi listanja i cvjetanja voćaka, klasanja i žetve pšenice, zrenja plodova, opadanja lišća itd. Fenologija je naučna disciplina koja se bavi proučavanjem zakonitosti javljanja određenih faza u životu i razvoju biljaka i životinja i njihovu zavisnost od faktora spoljašnje sredine.

Fenologija se dijeli na fitofenologiju ili fenologiju biljaka i zoofenologiju ili fenologiju životinja. Fitofenologija se mnogo više razvila od zoofenologije, pa se pod fenološkim osmatranjima najčešće podrazumijevaju samo faze razvića kod biljaka. Sezonske pojave u biljnem svijetu, ali i pojave u životinjskom svijetu, u tolikoj mjeri zavise od godišnje smjene klimatskih uslova da mogu poslužiti kao indikatori nastupanja određenih vrijednosti klimatskih elemenata (temperature, vlažnosti, osunčavanja itd) u onim mjestima gdje se osmatranja atmosfere ne obavljaju. Fenološki podaci, zajedno sa meteorološkim služe kao osnova za proučavanje uticaja vremena i klime na razviće biljaka.

U našoj hidrometeorološkoj službi vrše se sledeća fenološka osmatranja: datumi pojave prvih listova, prvog cvjetanja, završetak cvjetanja, početak zrenja plodova mnogih biljnih vrsta (jabuka, kruška, trešnja, višnja, kivi, nar, vinova loza itd), zatim datumi početka i završetka poljskih radova, zatim početak sadnje, nicanja, zrenja ratarskih kultura (krompir, kukuruz itd) itd. Ovi i mnogi drugi podaci se upisuju u posebne izvještaje, koji se dostavljaju nacionalnom centru u Podgorici.

Prostorna i vremenska raspodjela pojedinih faza u razviću biljaka prikazuje se na **fitofenološkim kartama**. Linije koje na karti povezuju datume nastupanja faza razvića nazivaju se **izofene**. Npr. na karti se može prikazati dozrijevanje rane pšenice na nekoj teritoriji sa izolinijama koje predstavljaju redni broj dana u godini.

## Klimatski indeksi

Osnovni klimatski elementi daju realnu sliku klime nekog mjesta ili teritorije, ali vrlo često je potrebno odrediti i neke specifičnosti klime. Tada se pristupa analizi dopunskih klimatskih pokazatelja, odnosno kombinovanih klimatskih elemenata. Oni se dobijaju (izračunavaju) iz dva ili više osnovnih klimatskih elemenata na osnovu njihove vrijednosti iz istog klimatskog perioda. To su tzv. **klimatski indeksi**. Klimatski indeksi kompleksno prikazuju klimu nekog mjesta, a i svakako utiču na njenu kvalitetniju karakterizaciju.

### Langov kišni faktor

Još 1915. godine **R.Lang** je u klimatologiju uveo tzv. **kišni faktor** ( $KF_g$ ), koji se i danas redovno primjenjuje kod analize aridnosti klime. Dobija se iz odnosa godišnje količine padavina ( $/R_{srg}$ ) i srednje godišnje temperature ( $T_{srg}$ ):  $KF_g = R_{srg} / T_{srg}$

Prema veličini kišnog faktora, Lang je izdvojio nekoliko klimatskih oblasti:

- $KF < 20$  – klima je pustinjska
- $KF 20-40$  – klima je polupustinjaska
- $KF 40-60$  – klima je semiaridna (stepe i savane)
- $KF 60-100$  – klima je semihumidna (slabe šume)
- $KF 100-160$  – klima je humidna (visoke šume)
- $KF > 160$  – klima je perhumidna (tundre)

Primjer:

Prema odnosu padavina i temperature (prosjek perioda 1961-2000), za Podgoricu je dobijena vrijednost kišnog faktora od 106,3 (1637,4/15,4), što prema gradaciji Langa kazuje da klima Podgorice može da se okarakteriše kao **humidna**, ali na donjoj granici humidnosti (prema Langu, humidne klime imaju vrijednost kišnog faktora između 100 i 160).

## Gračaninov kišni faktor

Godine 1950. M.Gračanin uvodi kišni faktor za svaki mjesec u godini, kao odnos mjesecne sume padavina i srednje mjesecne temperature za dati mjesec:  $KF_m = R_{sm} / T_{sm}$

Na osnovu vrijednosti mjesecnog kišnog faktora, klima pojedinih mjeseci se karakteriše:

- ❖ ako je  $KF_m < 3,3$  klima je aridna;
- ❖  $KF_m 3,3 - 5$  klima je semiaridna;
- ❖  $KF_m 5 - 6,6$  klima je semihumidna;
- ❖  $KF_m 6,6 - 13,3$  klima je humidna i
- ❖  $KF_m > 13,3$  klima je perhumidna.

Primjer:

Prema vrijednostima mjesecnih sumi padavina i srednjih mjesecnih temperatura u Podgorici, izračunat je mjesecni kišni faktor i na osnovu njega izvedeni odgovarajući zaključci:

- ✓ Tri ljetna mjeseca se svrstavaju u aridne.
- ✓ Maj je semiaridan, a septembar semihumidan.
- ✓ April i oktobar su humidni.
- ✓ Od novembra do marta je period velike vlažnosti, odnosno ovi mjeseci su perhumidni.

### **Srednje mjesecne i godišnje temperature i sume padavina za Podgoricu (1961-2000) i odgovarajuće vrijednosti kišnog faktora**

Stanica	Mjeseci												
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
Podgorica	5.2	6.8	10.0	13.9	19.1	23.2	26.2	25.9	21.3	16.0	10.6	6.6	15.4
Sr.vr.T( $^{\circ}$ C)	169	157	147	152	90	59	38	58	133	173	240	221	1637
KF po Gračaninu	32.5	23.1	14.7	11.0	4.7	2.5	1.4	2.3	6.2	10.8	22.6	33.5	

Prema ovim pokazateljima, ljeto se u Podgorici karakteriše kao veoma sušno, a zima kao veoma vlažna, dok bi prelazna godišnja doba bila zaista prelazna.

## Termički koeficijent

Kontinentalnost klime može se odrediti na više načina. Termička kontinentalnost se određuje tzv. *termodromskim koeficijentom Knera*. Izračunava se pomoću formule:

$$K = \frac{(t_x - t_{IV})}{A} \cdot 100\%, \text{ gdje je:}$$

$t_x$  - prosječna oktobarska;  $t_{IV}$  - prosječna aprilska temperatura vazduha;

A - prosječno godišnje kolebanje temperature vazduha.

Oktobar i april uzimaju se zato što su njihove prosječne vrijednosti najbliže godišnjoj temperaturi vazduha. Prema podacima iz prethodne tabele za Podgoricu, prosječna aprilska (13,9) je niža za  $1,5^{\circ}\text{C}$ , a prosječna oktobarska (16,0) viša za  $0,6^{\circ}\text{C}$  u odnosu na prosječnu godišnju temperaturu. Ako je  $K > 15$  u tom predjelu vlada maritimna klima. U predjelima kontinentalne klime  $K < 15$ . Ukoliko ovaj koeficijent ima manju vrijednost, utoliko je kontinentalnost klime izrazitija. Kada je njegova vrijednost negativna, kontinentalnost klime je jako izražena. Za Podgoricu, termodromski koeficijent ima vrijednost 10,0. Dakle, i ovaj pokazatelj govori da se na ovom području prepliću uticaji maritimnosti i kontinentalnosti u termičkom pogledu, pa bi se na osnovu termodromskog koeficijenta moglo reći da klima Podgorice ima slaba kontinentalna obilježja.

## Ideks suše

Indeks suše čuvenog francuskog geografa Emanuela de Martona ( I ) je još jedan od često primjenjivanih pokazatelja aridnosti klime. Izračunava se iz odnosa godišnje sume padavina ( $R_{srg}$ ) i srednje godišnje temperature ( $t_{srg}$ ) uvećane za 10:  $\text{IS}_g = R_{srg} / (T_{srg} + 10)$

Indeks suše se može izračunati i za svaki mjesec posebno, ali je formula malo izmijenjena:

$$\text{IS}_m = 12 \cdot R_{srm} / (T_{srm} + 10)$$

Prema de Martonu, ako je:

- ❖ IS < 5, radi se o izrazito pustinjskim, areičnim oblastima;
- ❖ IS od 5 - 10, radi se o graničnim pustinjskim endoreičnim oblastima;
- ❖ IS od 10 - 20, odvodnjavanje je egzoreično (spoljašnje) ili endoreično (unutrašnje), klima – stepska (dominira stepska vegetacija);
- ❖ IS od 20 - 30, odvodnjavanje je egzoreično, a vegetacija šumovita stepa;
- ❖ IS od 30 - 40, odvodnjavanje je egzoreično, a vegetacija šumska;
- ❖ IS > 40, obilno egzoreično odvodnjavanje, a šume pokrivaju sav prostor.

Primjer:

Na osnovu mjesечnih i godišnjih temperatura i padavina u Podgorici, indeks suše de Martona ima sljedeće vrijednosti:

Vrijednosti indeksa suše (mjesечne i godišnja) u Podgorici (1961-2000)

Indeks	suše	Mjeseci												god
		jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
Sr.vrij.		133,6	112,0	88,4	76,5	37,3	21,1	12,5	19,5	50,9	79,8	139,8	159,8	64,5

Prema podacima iz prethodne tabele, može se zaključiti sljedeće:

- ✓ Samo juli bi se svrstao u djelimično sušne mjesecce (stepska vegetacija).
- ✓ Bliske vrijednosti, odnosno granične sušne vrijednosti imaju još avgust i juni, dok ostali mjeseci i pored visokih temperatura imaju velike vrijednosti indeksa suše.
- ✓ Najveće vrijednosti imaju jesenji i zimski mjeseci (period novembar - februar).
- ✓ Godišnja vrijednost indeksa suše pokazuje veliku vlažnost, koja omogućava stalno i obilno odvodnjavanje.

## Intenzitet suše

Čuveni srpski geograf-klimatolog T. Rakićević je postavio formulu za određivanje intenziteta suše za pojedine mjeseca:  $INTS = (R_m \cdot n_{kd}) / (T_m + n_{td})$

$R_m$  – mjesечna suma padavina

$n_{kd}$  – broj kišnih dana u mjesecu

$T_m$  – srednja mjesечna temperatura

$n_{td}$  – broj tropskih dana

**Srednje mjesечne vrijednosti temperature, padavina, broja padavinskih dana i broja tropskih dana za Podgoricu (1961-2000) i odgovarajuće vrijednosti intenziteta suše**

Stanica	Mjeseci											
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Podgorica												
Sr.vr.T( $^{\circ}C$ )	5.2	6.8	10.0	13.9	19.1	23.2	26.2	25.9	21.3	16.0	10.6	6.6
Sr.vr.R(mm)	169	157	147	152	90	59	38	58	133	173	240	221
Br.pad.d.	11.2	10.9	10.7	12.2	9.4	7.8	5.3	5.5	6.7	9.9	13.3	12.7
Br.trop.dana	0	0	0	0	2.3	11.7	23.1	22	8.1	0.2	0	0
INTS	364.0	251.7	157.3	133.4	39.5	13.2	4.1	6.7	30.3	105.7	301.1	425.3

Dobijene vrijednosti intenziteta suše same po sebi ne govore ništa. Zato se mora definisati gradacija i na osnovu nje tumačiti dobijeni rezultati.

## **Indeks ljetnjeg vremena**

Pri analizi klime turističkih destinacija, vrlo često se koristi tzv. **indeks ljetnjeg vremena**. Primjena ovog indeksa pokazaće se na primjeru Podgorice. Kako je Podgorica značajna po tranzitnom, a u planu je i brži razvoj ostalih vidova turizmu, značajno je ukazati i na ovaj klimatski indeks. U klimatologiju ga je uveo engleski klimatolog **Polter**, a odnosi se na analizu ljeta, kao najvažnijeg godišnjeg doba, naročito u primorskim ljetovalištima. Indeks ljetnjeg vremena (ILV) izračunava se pomoću formule:

$$ILV = \sum t_{lm} + S_l - R_l, \text{ gdje je:}$$

$\sum t_{lm}$  - suma srednjih mjesecnih temperatura vazduha tri ljetna mjeseca;

$S_l$  - ljetna suma osunčavanja i  $R_l$  - prosječna ljetna količina padavina.

Ako je ILV veći od 700, klimatski uslovi za razvoj turizmu su povoljni, i što je ta vrijednost veća od ove to su i uslovi povoljniji. U Podgorici je vrijednost indeksa ljetnjeg vremena: ILV = 849. Dakle, očigledno da je klima tokom ljeta veoma povoljna za razvoj turizma.

**Prema svim pomenutim pokazateljima za Podgoricu (analiza klimatskih indeksa) može se zaključiti sljedeće:**

- ✓ U cjelini gledano, klima Podgorice se karakteriše kao slaboaridna do slabohumidna sa znatnim oscilacijama tokom godine.
- ✓ Toplij period godine, naročito ljetni mjeseci, ima karakteristike aridne klime.
- ✓ Hladniji period godine, naročito period novembar - februar, ima karakteristike humidne, pa čak i perhumidne klime.
- ✓ Prelazna godišnja doba su prelazna i u smislu vlažnosti, tako da pokazuju oznake semiaridne (maj) i semihumidne (septembar) klime.

## Bioklimatski indeks

Osjećaj topote ili hladnoće čovjek vezuje uglavnom za temperaturu vazduha. No, osim temperature, koja nesumnjivo ima vrlo važnu, ponekad i presudnu ulogu, na naš osjećaj utiče i vjetar, vlažnost vazduha i zračenje Sunca. Visoke temperature i velika vlažnost ljeti djeluju neugodno i javlja se osjećaj sparine. Strujanje vazduha, odnosno vjetar, pospješuje odvođenje topote s površine tijela. Zato vjetar zimi pojačava osjećaj hladnoće i skupa sa temperaturom ključno definiše osjećaj spoljašnjih prilika od strane našeg organizma.

Osim osnovnih klimatskih pokazatelja, za potpuniji klimatski prikaz neophodno i važno je izvršiti i bioklimatsku analizu. Za bioklimatska razmatranja koriste se kombinovani klimatski elementi, odnosno nekoliko bioklimatskih veličina, kao što su: klimatska osjetljivost, efektivna temperatura, ekvivalentna efektivna temperatura, rezultujuća temperatura, ekvivalentna temperatura itd. Tako npr. klimatska osjetljivost predstavlja bioklimatsku veličinu u kojoj sudjeluje temperatura i vlažnost vazduha, ili ekvivalentna efektivna temperatura predstavlja kompleks temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha i brzine vjetra. Bioklimatske karakteristike Podgorice određene su na osnovu godišnjeg toka temperature vazduha ( $t$ ) i napona vodene pare ( $e$ ). Uz pomoć ova dva klimatska elementa, formulom  $Becolda$  ( $E_t = t + 2e$ ), izračunate su ekvivalentne temperature u Podgorici i date u tabeli. *Ekvivalentne temperature se definišu kao temperature suvog vazduha koju bi on imao kada bi se u vlažnom vazduhu sva vodena para kondenzovala i pri tom sva oslobođena toplota prešla na suv vazduh.*

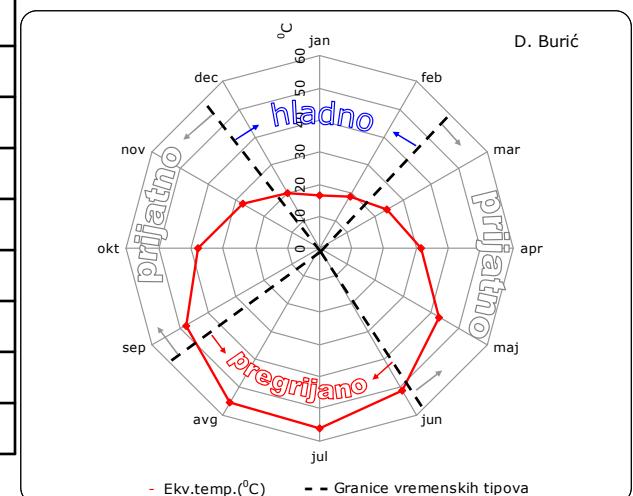
**Srednje ekvivalentne temperature (godišnja i mjesечne) u Podgorici za period 1961-2000. godine**

$E_t$	Mjeseci												god	
	(°C)	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
Sr. vrijed.	16,4	18,6	24,0	31,5	42,9	51,4	55,8	55,3	47,9	37,6	27,4	19,6	35,8	

Na osnovu mjesечnih vrijednosti ekvivalentnih temperatura određeni su fiziološki osjećaji topote i preovladavajući vremenski tipovi. Poznata **Krigerova** antropoklimatska klasifikacija dopunjena je na tri vremenska tipa i devet fizioloških osjećaja topote. Dobijeni rezultati ukazuju na sljedeće (graf. i tabl.)

**Vremenski tipovi i fiziološki osjećaji toplote prema Et u Podgorici (period obrade 1961-2000)**

Vremenski tipovi	Klasifikacija	Fiziološki osjećaj topline - klase	Primjenjeno za Podgoricu mjeseci i $E_t$ u $^{\circ}\text{C}$ ( )
<b>HLADNI</b>	$\text{Et} < 5^{\circ}\text{C}$	<i>Vrlo hladno</i>	nema
	$\text{Et} 5 - 18^{\circ}\text{C}$	<i>Hladno</i>	januar ( $16,3^{\circ}\text{C}$ )
<b>PRIJATNI</b>	$\text{Et} 18 - 22^{\circ}\text{C}$	<i>Veoma prohladno</i>	feb ( $18,5^{\circ}\text{C}$ ) i dec ( $19,6^{\circ}\text{C}$ )
	$\text{Et} 22 - 30^{\circ}\text{C}$	<i>Svježe</i>	mart ( $24,0^{\circ}\text{C}$ ) i nov ( $27,4^{\circ}\text{C}$ )
<b>PREGRIJANI</b>	$\text{Et} 30 - 40^{\circ}\text{C}$	<i>Ugodno</i>	apr ( $31,5^{\circ}\text{C}$ ) i okt ( $37,7^{\circ}\text{C}$ )
	$\text{Et} 40 - 50^{\circ}\text{C}$	<i>Toplo</i>	maj ( $43,0^{\circ}\text{C}$ ) i sep ( $48,0^{\circ}\text{C}$ )
<b>PREGRIJANI</b>	$\text{Et} 50 - 58^{\circ}\text{C}$	<i>Malo zaporno</i>	jun ( $51,4^{\circ}\text{C}$ ), jul ( $55,8^{\circ}\text{C}$ ) i avg ( $55,3^{\circ}\text{C}$ )
	$\text{Et} 58 - 70^{\circ}\text{C}$	<i>Zaporno</i>	nema
	$\text{Et} > 70^{\circ}\text{C}$	<i>Veoma zaporno</i>	nema



**Klasifikacija vremenskih tipova prema Et\_i, Podgorica (1961-2000)**

- ✓ **Hladni vremenski tip** ( $5^{\circ}\text{C} < E_t < 22^{\circ}\text{C}$ ) zastupljen je samo u tri zimska mjeseca i to klasama veoma prohladno u februaru ( $E_t = 18,6^{\circ}\text{C}$ ) i decembru ( $E_t = 19,6^{\circ}\text{C}$ ) i hladno u januaru ( $E_t = 16,4^{\circ}\text{C}$ ).
- ✓ **Prijatni vremenski tip** ( $22^{\circ}\text{C} < E_t < 50^{\circ}\text{C}$ ) najduže traje. Zastupljen je u šest mjeseci, proljećni i jesenji. Klasa svježe karakteristična je za mart ( $E_t = 24^{\circ}\text{C}$ ) i novembar ( $E_t = 27,4^{\circ}\text{C}$ ), ugodno je u aprilu ( $E_t = 31,5^{\circ}\text{C}$ ) i oktobru ( $E_t = 37,6^{\circ}\text{C}$ ), a toplo u maju ( $E_t = 42,9^{\circ}\text{C}$ ) i septembru ( $E_t = 47,9^{\circ}\text{C}$ ). Dakle, maj i septembar su mjeseci sa najpovoljnijim bioklimatskim karakteristikama.
- ✓ **U pregrijanom vremenskom tipu** ( $50^{\circ}\text{C} < E_t < 70^{\circ}\text{C}$ ) dominira klasa malo zaporno, i to u sva tri ljetnja mjeseca, junu ( $E_t = 51,4^{\circ}\text{C}$ ), julu ( $E_t = 55,8^{\circ}\text{C}$ ) i avgustu ( $E_t = 55,3^{\circ}\text{C}$ ), a i pored visokih ljetnjih temperatura klase zaporno i veoma zaporno nijesu zastupljene.
- ✓ Posmatrano u cjelini (na osnovu godišnjih vrijednosti temperature vazduha i napona vodene pare) u Podgorici je **u g o d n o**, sa srednjom godišnjom ekvivalentnom temperaturom od  $35,8^{\circ}\text{C}$ .

Ovakve i slične analize imaju veliki praktični značaj, koriste se za potrebe turizma, u medicini (klimaterapija) i drugim oblastima.

Bioklimatski indeksi se primjenjuju i u agroklimatologiji. Jedna od često korišćenih formula je:

$$BKI = \frac{\sum t_{av} \cdot S_v}{10 \cdot R_v \cdot d_v}$$

$\sum t_{av}$  - suma aktivnih temperatura u periodu vegetacije

$S_v$  - osunčavanje u periodu vegetacije

$R_v$  - suma padavina u periodu vegetacije

$d_v$  - dužina perioda vegetacije u danima

### Pitanja za domaći

1. Šta su klimatski indeksi i kakav je njihov značaj?
2. Kako se računa Langov kišni faktor i klasificuje klima po njemu?
3. Kako se definiše Gračaninov kišni faktor i klasificuje klima po njemu?
4. Kako se računa i šta pokazuje termički koeficijent?
5. Kako se računa indeks suše i intenzitet suše?
6. Kako se računa indeks suše i indeks ljetnjeg vremena i šta oni pokazuju?
7. Šta je bioklimatski indeks?
8. U tabeli su date vrijednosti srednjih mjesecnih i godišnjih temperatura i padavina u Nikšiću za period 1961-1990. godine. Izračunaj:
  - a) Langov kišni faktor za godišnju vrijednost,
  - b) kišni faktor po Gračaninu za svaki mjesec,
  - c) godišnji i mjesecni indeks suše po E.de Martonu i
  - d) termički koeficijent?

Srednje mjesecne vrijednosti temperature vazduha i količine padavina u Nikšiću, period 1961-1990.												
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
Sr. vr.T (°C )	1.3	2.6	5.7	9.6	14.2	17.5	20.5	20.1	16.3	11.4	6.6	2.9
Sr. vr.R (mm)	208.4	194.4	185.6	170.2	108.2	92.7	63.0	86.3	138.1	202.0	297.8	239.1

- ❖ I KOLOKVIJUM – DO KLIMATSKIH FAKTORA (20 bodova)
- ❖ II KOLOKVIJUM – OD KLIMATSKIH FAKTORA DO KRAJA (20 bodova)
- ❖ TEST I DOMAĆI – CJELOKUPNO GRADIVO (PRAKTIČNI ZADACI) (po 5 bodova)
- ❖ DATUM ODRŽAVANJA – BIĆE ISTAKNUT NA OGLASNOJ TABLI



**HVALA NA PAŽNJI!**