

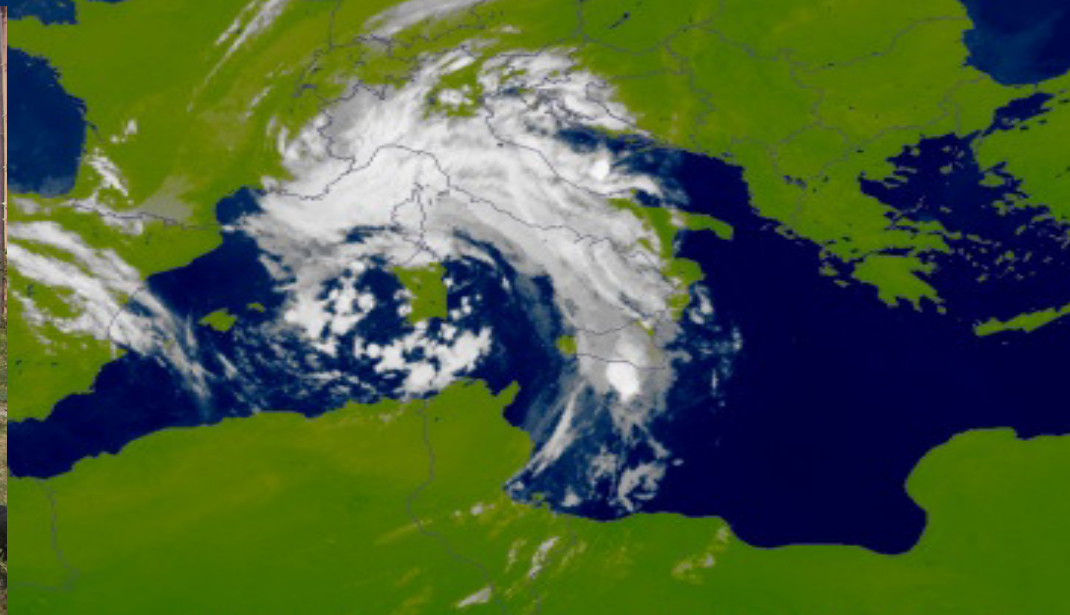


Univerzitet Crne Gore
Filozofski fakultet - Nikšić

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 bit 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 elementa 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 (prosjeaka) za $1,1^{\circ}\text{C}$.

Osnovni klimatski elemnti su:

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

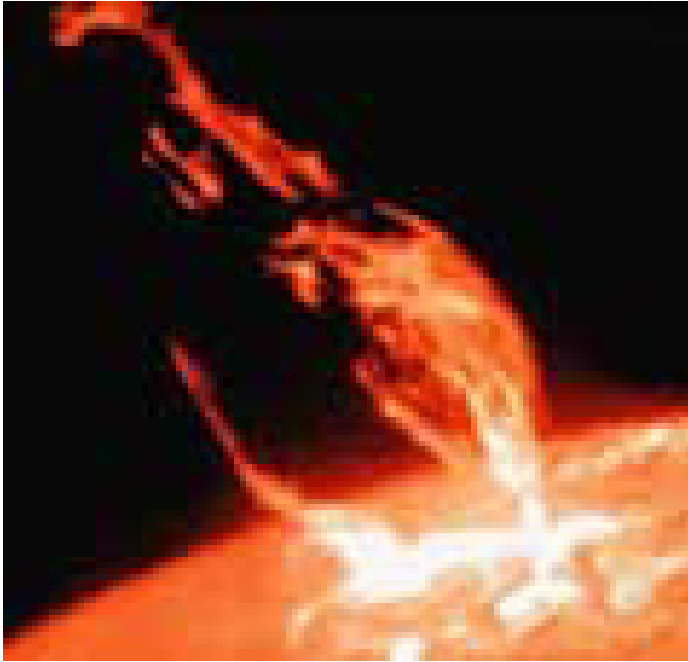
1. SUNČEVO ZRAČENJE

Sunčeva energija je osnovni pokretač gotovo svih pojava i procesa u Zemljinoj atmosferi. Ona direktno ili indirektno utiče na promjene svih meteoroloških elemenata. 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. Sunčevo 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 dopijeva sasvim mali dio – dvomilijarditi.

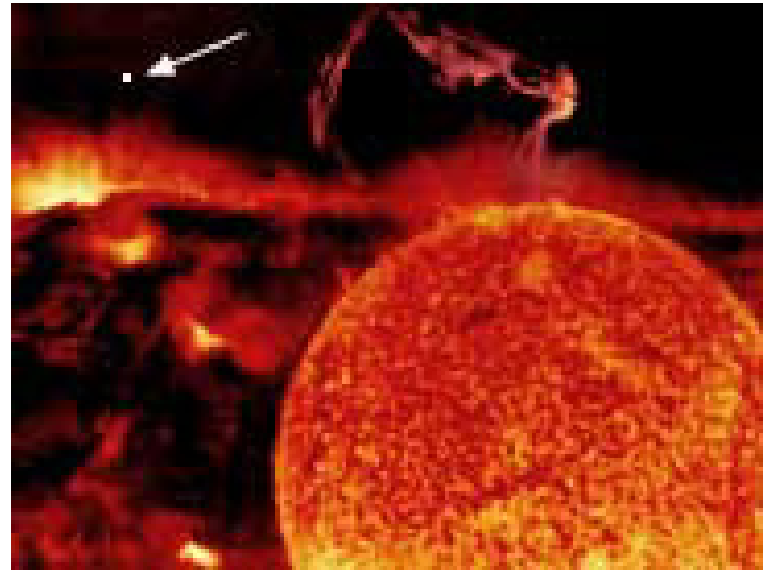
Sunce - gotovo jedini izvor toplote Zemljine površine i njene atmosfere, izvor svjetlosti i, generalno, izvor cjelokupnog života na Zemlji.

Osnovni podaci o Suncu:

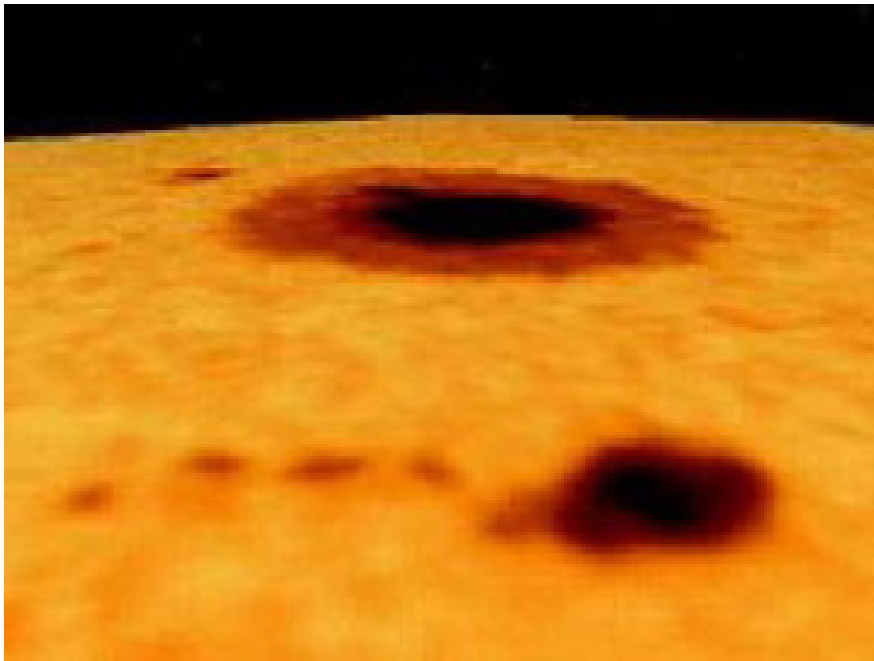
- ✓ Poluprečnik Sunca je 1,4 miliona km, ili 109 puta veći od Zemljinog (6371 km).
- ✓ Zapremina Sunca je 1 300 000 puta veća od Zemljine (1 083 milijarde km³).
- ✓ Sunce spada u grupu patuljastih zvijezda. U njegovoj građi najviše ima vodonika (oko 74% njegove mase ili 92% njegove zapremine) i helijuma (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/cm³ (Zemlje oko 5,5 g/cm³). U jezgru Sunca gustina je oko 160 g/cm³. 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 njegovoj unutrašnjosti oko 16 miliona °C (zbog termonuklearnih procesa).
- ✓ Na površini Sunca se zapažaju ispuččenja, udubljenja, svjetlije i tamnije površine. Svjetlije površine imaju temperaturu oko 7000°C, a nazivaju se baklje, buktinje ili fakule. Tamnije površine su Sunčeve pjege, sa temperaturom oko 4500°C. To su udubljenja u fotosferi Sunca (fotosfera – vidljivi dio Sunčeve površine), odnosno vrtložna kretanja usijanih gasova. Sunčeve pjege 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 mlazevi 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 postojanje i drugi ciklusi sa pojačanom i smanjenom Sunčevom aktivnošću, koji traju nekoliko desetina i stotina godina.
- ✓ Osim elektromagnetnog 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 dopijaju u našu atmosferu.



Protuberance



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



Sunčeve pjege

Sunce emituje energiju u vidu elektromagnetnih 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 dopijevaju paralelni. Sunčevi zraci imaju različitu talasnu dužinu (λ) i različitu frekvenciju (učestalost). Zraci manjih talasnih dužina imaju veću energiju i frekvenciju, i obratno.

Raspodjela Sunčeve zračne energije po talasnim dužinama naziva se **spektar**. 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 λ 0,40-0,76 mk, svjetlost u užem smislu, izazivaju u ljudskom oku osjećaj boja, sastoji se uglavnom od 6 duginih 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, cjelokupno Sunčevo 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 toplote 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 m² u 1 sekundi, pa se **intenzitet zračenja izražava u J/m²·s ili u W/m² (1J/s=1W)**

❖ **Solarna konstanta** (1380 J/m²s = 1,38 kJ/m²s = 1,38kW/m²).

KOMPONENTE ZRAČENJA SUNCA, ATMOSFERE I ZEMLJE

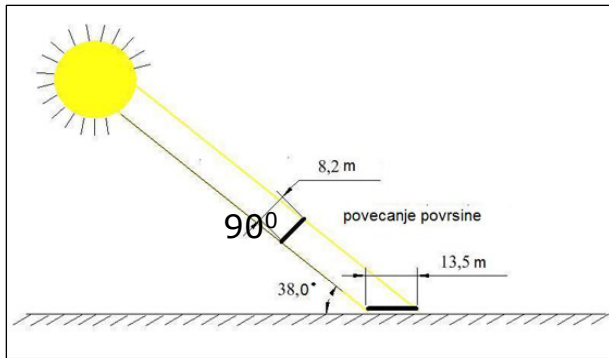
- ✓ Selektivna apsorpcija (atmosfera zadržava u prosjeku oko 15-18% Sunčevog zračenja).
- ✓ Difuzna refleksija ili rasturanje zraka (zbog ove pojave pri vedrom vremenu nebo ima plavičastu boju, a pri oblačnom sivkastobijelu).
- ✓ Direktno Sunčevo zračenje (I).
- ✓ Difuzno ili nebesko zračenje (i).
- ✓ Globalno zračenje ($I_g = I + i$).
- ✓ Reflektovano zračenje (Rg).
- ✓ 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

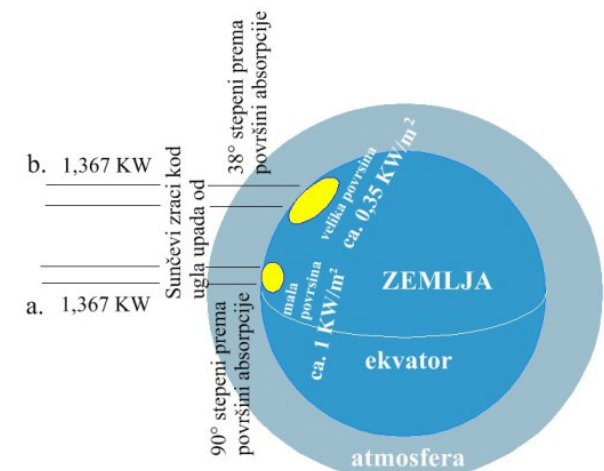
Zagrijanost Zemljine površine, pa time i vazduha iznad nje, odnosno količina primljene zračne energije ili toplotne energije, zavisi najviše od visine Sunca iznad horizonta (ugla pod kojim Sunčevi zraci padaju na datu površinu). Što je ugao Sunčevih zraka veći i zagrijavanje je veće. Upadni ugao Sunčevih 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 uslovljavaju 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.

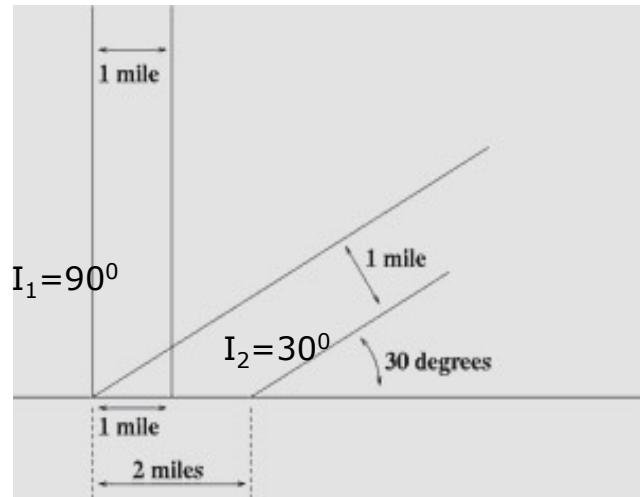


Osvijetljena ili ozračena površina pri normalnim i kosim zracima

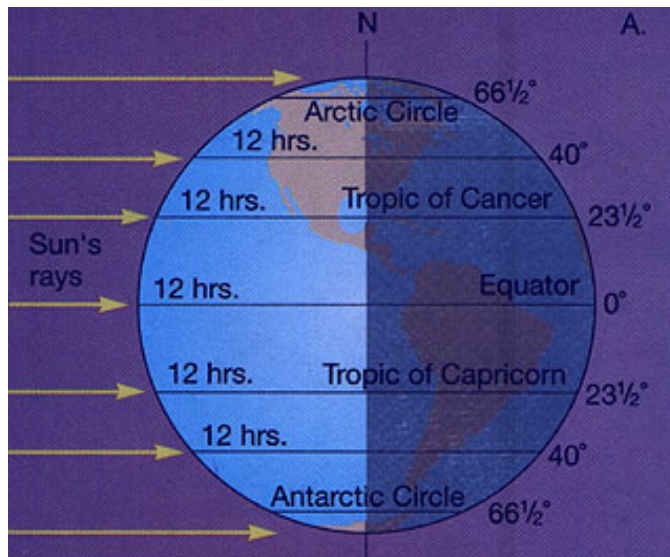
Najjače zagrijavanje je kada snop Sunčevih zraka pada pod pravim uglom na datu površinu. Ako taj isti snop Sunčevih zraka pada pod kosim uglom, onda će obasjavati veću površinu i ista količina Sunčeve energije biće raspoređena na veću površinu, a to znači da će ona biti manje zagrijana. Drugim riječima,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



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



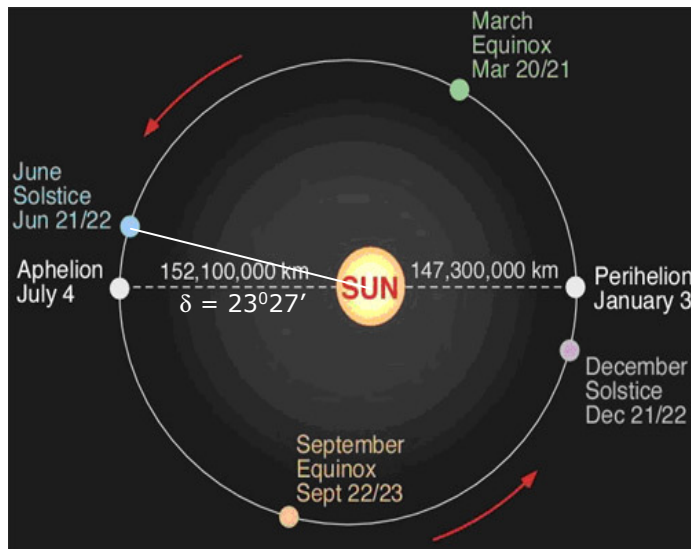
$I_1 = \sin \alpha$ ($\sin 90 = 1$)
 $I_2 = I_1 \cdot \sin \alpha$ (ako je $\alpha = 90^\circ$ onda je $I_2 = I_1$, ako je $\alpha = 0^\circ$ onda je $I_2 = 0$, jer je $\sin 0 = 0$).
 Visina Sunca nad horizontom (upadni ugao koji zaklapaju njegovi zraci sa topografskom površinom) opada sa porastom geografske širine, zbog sfernog oblika Zemlje i deklinacije Sunca.



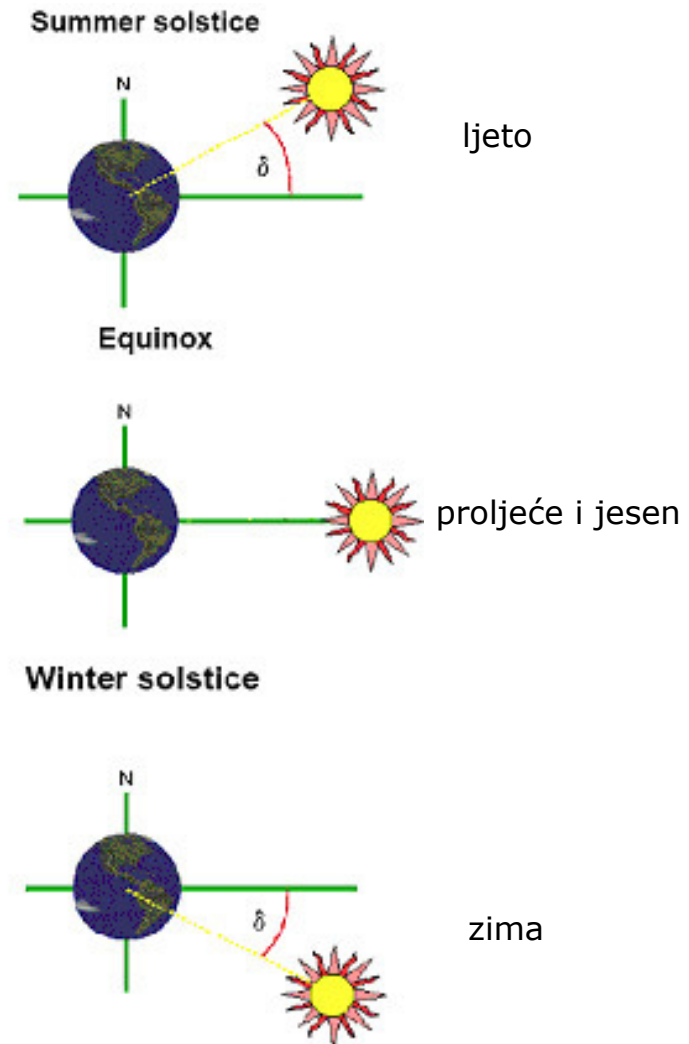
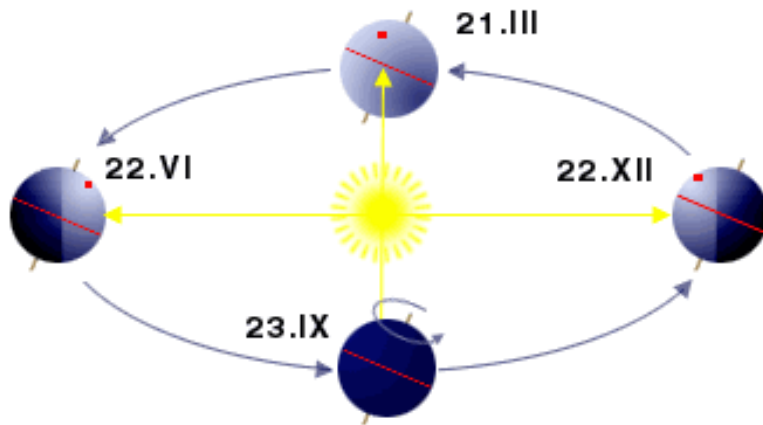
Upadni ugao Sunčevih zraka opada sa porastom geografske širine

Odnos između upadnog ugla Sunčevih zraka i geografske širine (φ) se može prikazati preko trigonometrijske funkcije cosinus:
 $I_2 = I_1 \cdot \cos \varphi$ (važi samo kada je Sunce u zenitu iznad ekvatora, za vrijeme ekvinokcija (ravnodnevnica))

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 (δ) u 4 karakteristična trenutka u godini

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

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

Uticaj upadnog ugla Sunčevih zraka na stepen zagrijanosti podloge dobro objašnjava Lambertov zakon koji glasi: **intenzitet zagrijavanja na horizontalnoj površini od 1cm² proporcionalan je sinusu ugla pod kojim Sunčevi zraci padaju na tu površinu, odnosno intenzitet zagrijavanja proporcionalan je kosinusu geografske širine.**

Primjer:

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

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

Za ljeto (21. jun): $\alpha = (90 - 42^{\circ}26') + 23^{\circ}27' = 71^{\circ}01'$

Za zimu (22. decembar): $\alpha = (90 - 42^{\circ}26') - 23^{\circ}27' = 24^{\circ}07'$

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 (I_u) nego u Oslu (I_o) u podne za vrijeme ravnodnevnica? Ulcinj leži približno na $42^{\circ}N$, a Oslo na $60^{\circ}N$. Sve ostale faktori zanemariti, osim upadni ugao Sunčevih zraka.

Koristimo obrazac: $I_2 = I_1 \cdot \cos\varphi$ 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 ravnodnevnica, zagrijavanje veće za oko 0,49 djelova jedinice ili 49% nego u Oslu.

TRANSMISIONI KOEFICIJENT

Zbog selektivne apsorpcije i difuzne refleksije, Sunčevo zračenje koje padne na gornju granicu atmosfere ne dopiye do Zemljine površine u svom cjelokupnom iznosu, već znatno manje, oslabljeno. Odnos između količine zračne energije koja dopiye 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 Sunčevo 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 cjelokupne Sunčeve energije koja padne na gornju granicu atmosfere do Zemljine površine dopiye 57% u vidu direktnog i difuznog zračenja. Transimisioni 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/m²)
 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 nadmorsku 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 protivzračebnje atmosfere, pa je efektivno izračivanje toplote sa Zemljine površine manje. Najintenzivnije protivzračenje atmosfere je u ekvatorijalnim predjelima, gdje je velika količina oblačnosti, a atmosfera je najtoplija 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 Angstrom:

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

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.

TOPLOTNI BILANS

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

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

$$Q_k = I_g - R$$

$$Q_d = E_t - E_a$$

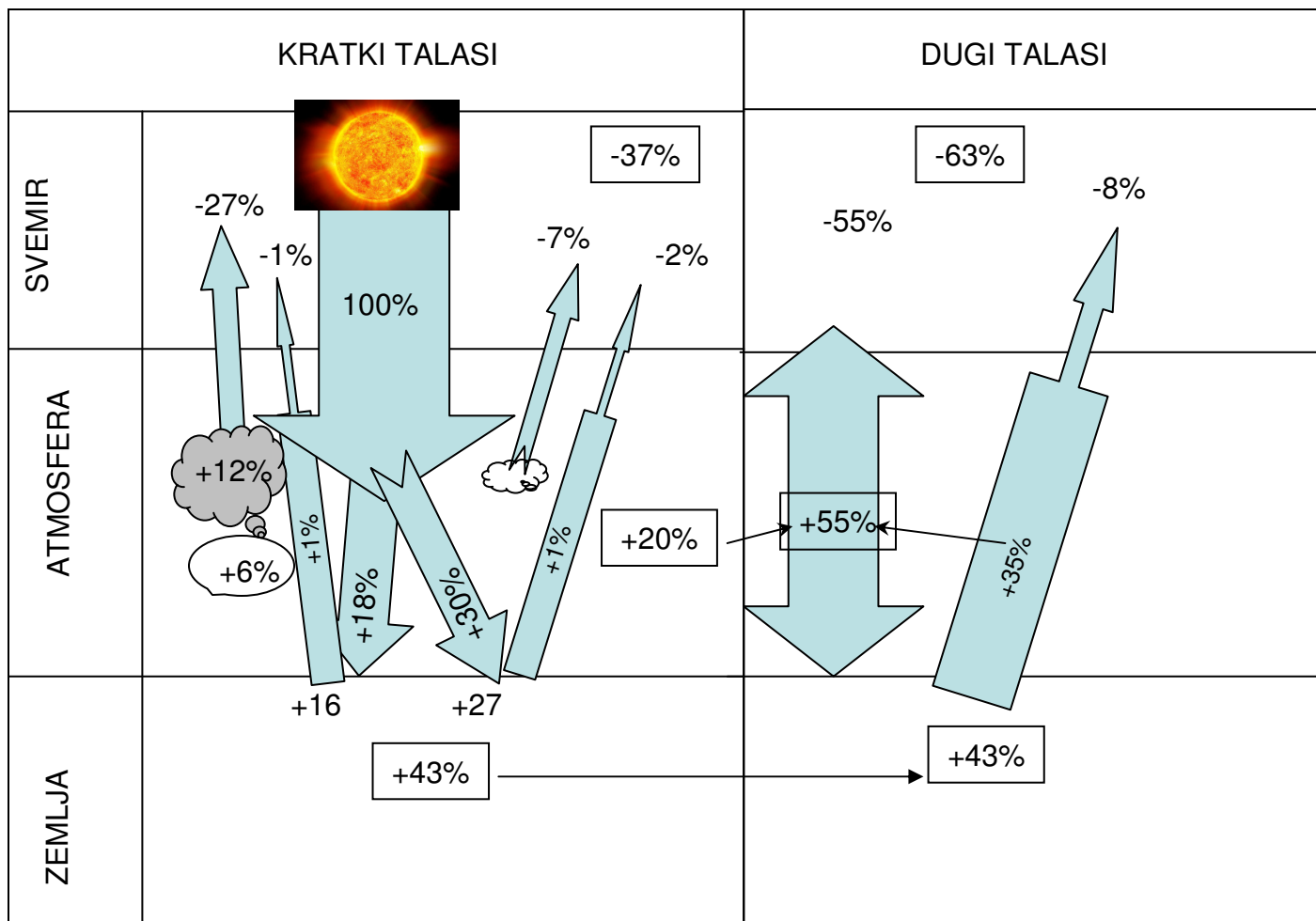
Na gornjoj granici atmosfere, na 1 m² površine koja je normalna na pravac Sunčevih zraka, dospije količina energije oko 1380 J u jednoj sekundi. To je solarna konstanta (1,38 kJ/m²s). Međutim, Zemlja je sfernog oblika, a ne ravnog i pošto je jedna njena polovina uvijek u sjenci, svaki m² gornje granice atmosfere svake sekunde dobije u prosjeku 4 puta manje energije, **oko 345 J/m²s (345 W/m²)**, odnosno u prosjeku: dnevno oko 29,8 MJ/m²dan (345·60·60·24=29808 KJ/m²dan), godišnje oko 10887 MJ/m²god (29,808 MJ/m²dan·365,25 dana=10887 MJ/m²god).

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 dijelovi 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 vasioni 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° N i 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 TOPLOTNOG BILANSA U SISTEMU ATMOSFERA - ZEMLJA



PARAMETRI RADIJACIJE

Pojedine komponente zračenja se određuju pomoću instrumenata - neposrednim mjerenjem. Postoji i bilansometar ili bilansograf koji mjeri gotovo sve lemente radijacije u 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 govori 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 (J/m^2s ili W/m^2) i sume zračenja (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 J/m^2s . Mjeri se pomoću pirheliometra. 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 (J/m^2s) – 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 izmjerenih terminskih vrijednosti neke komponente zračenja (W/m^2).
- 10.Mjesečni intenzitet zračenja: aritmetička sredina dnevnih intenziteta zračenja (W/m^2).
- 11.Godišnji intenzitet zračenja: aritmetička sredina mjesečnih intenziteta zračenja (W/m^2).
- 12.Prosječni višegodišnji intenzitet zračenja: aritmetička sredina datih vrijednosti zračenja (za dan, mjesec, sezonu, godinu) u datom vremenskom periodu (W/m^2).
- 13.Časovna suma zračenja – ukupna količina zračenja u toku 1 časa date komponente zračenja (J/m^2h), računa se računski ($J/m^2s \cdot 60s \cdot 60min$).
- 14.Dnevna suma zračenja – zbir časovnih suma (J/m^2dan).
- 15.Mjesečna suma zračenja – zbir dnevnih suma.
- 16.Prosječna dnevna suma zračenja za dati mjesec – dobija se dijeljenjem mjesečne sume sa brojem dana tog mjeseca.
- 17.Godišnja suma zračenja – zbir mjesečnih suma.
- 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 datoj jedinici vremena zadrži jedinična površina. To je razlika $Q_k - Q_d$.

Parametri osunčavanja

Osunčavanje je trajanje sisanja 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 progoretine na heliografskoj traci u toku obdanice.
2. Mjesečno osunčavanje – zbir dnevnih vrijednosti u datom mjesecu.
3. Godišnje osunčavanje – zbir mjesečnih suma u datoj godini.
4. Srednje dnevno osunčavanje – godišnja suma date godine podijeljena sa brojem dana u toj godini.
5. Prosječno mjesečno osunčavanje – zbir svih suma osunčavanja za dati mjesec u višegodišnjem periodu podijeljen sa brojem godina tog perioda.
6. Prosječno godišnje osunčavanje – zbir svih godišnjih suma osunčavanja u višegodišnjem periodu podijeljen sa brojem godina tog perioda.
7. Prosječno dnevno osunčavanje – zbir svih srednjih dnevnih suma 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.

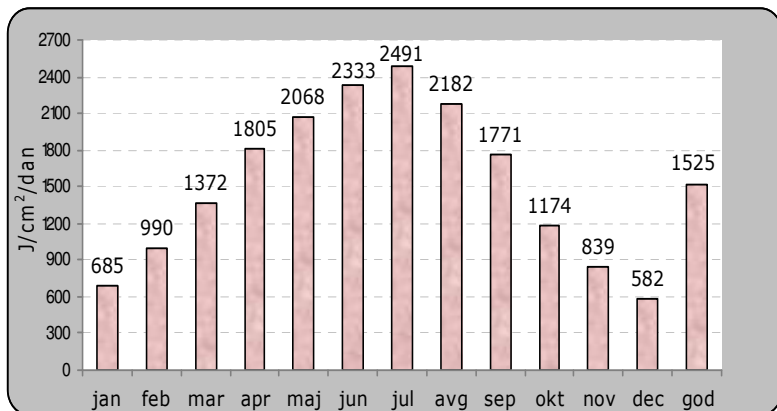


Heliograf, u pozadini meteorološki krug

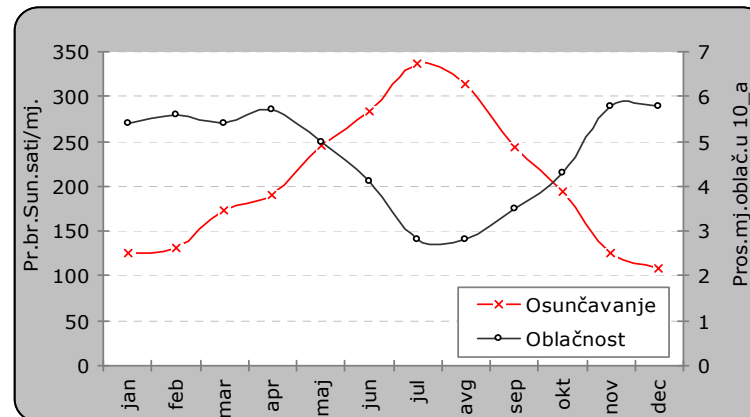
PRIKAZIVANJE RADIJACIJE I OSUNČAVANJA

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 | 127 | 131 | 174 | 191 | 246 | 283 | 338 | 313 | 244 | 195 | 125 | 110 | 2477 |
| Sr.vr.(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 |
| sr.v. | 116.4 | 125.2 | 172.9 | 190.3 | 248.5 | 281.7 | 339.1 | 314.0 | 247.4 | 204.7 | 117.9 | 108.4 | 2454.2 |
| max | 206.8 | 211.6 | 230.7 | 262.1 | 307.9 | 321.1 | 392.6 | 362.1 | 313.9 | 291.2 | 211.3 | 176.3 | 2714 |
| min | 48.9 | 54.7 | 93 | 139.7 | 131 | 232.5 | 265.6 | 246.6 | 178 | 98.7 | 55.5 | 47.4 | 2231.8 |
| st.d. | 40.7 | 44.8 | 41.2 | 33.7 | 41.4 | 24.9 | 30.1 | 29.3 | 38.4 | 48.4 | 36.8 | 36.8 | 140.4 |

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 difuzna refleksija?
11. Komponente kratkotalnog 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 mjesečno 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 mjesečno 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 toplote, što je pogrešno. Naime, toplota je oblik energije koji nastaje od unutrašnjeg nevidljivog kretanja molekula. Toplota je vezana za izvjesnu masu tijela (količinu), odnosno ima kvantitativnu vrijednost i izražava se u kalorijama (cal) ili džulima (J). Toplotno 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 (⁰).

Temperatura vazduha spada u najvažnije meteorološke elemente, jer promjene toplotnog stanja vazduha uslovljavaju 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 toplote za Zemljinu površinu i atmosferu:

- ✓ Primarni (glavni) izvor toplote 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 mjerenje 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 mjerenje temperature:

Farenhajt

tačka mržnjenja vode na 32⁰F, tačka ključanja vode 212⁰F

Reomir

tačka mržnjenja vode na 0⁰R, tačka ključanja vode 80⁰R

Celzijus

tačka ključanja vode na 0⁰C, tačka mržnjenja vode 100⁰C.

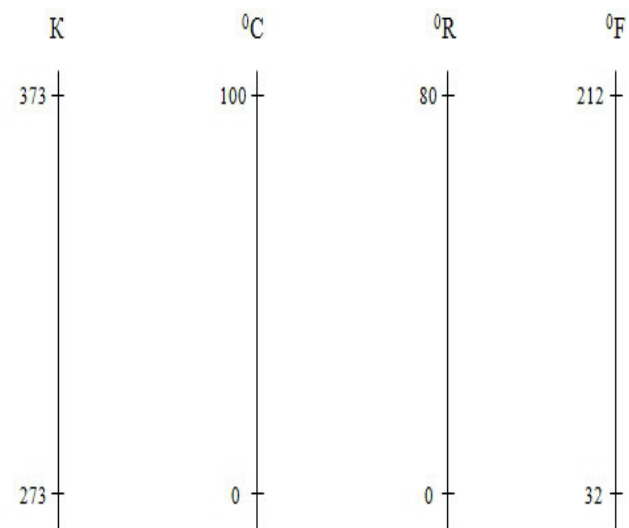
Kasnije su Line i Štremer obrnuli ove tačke.

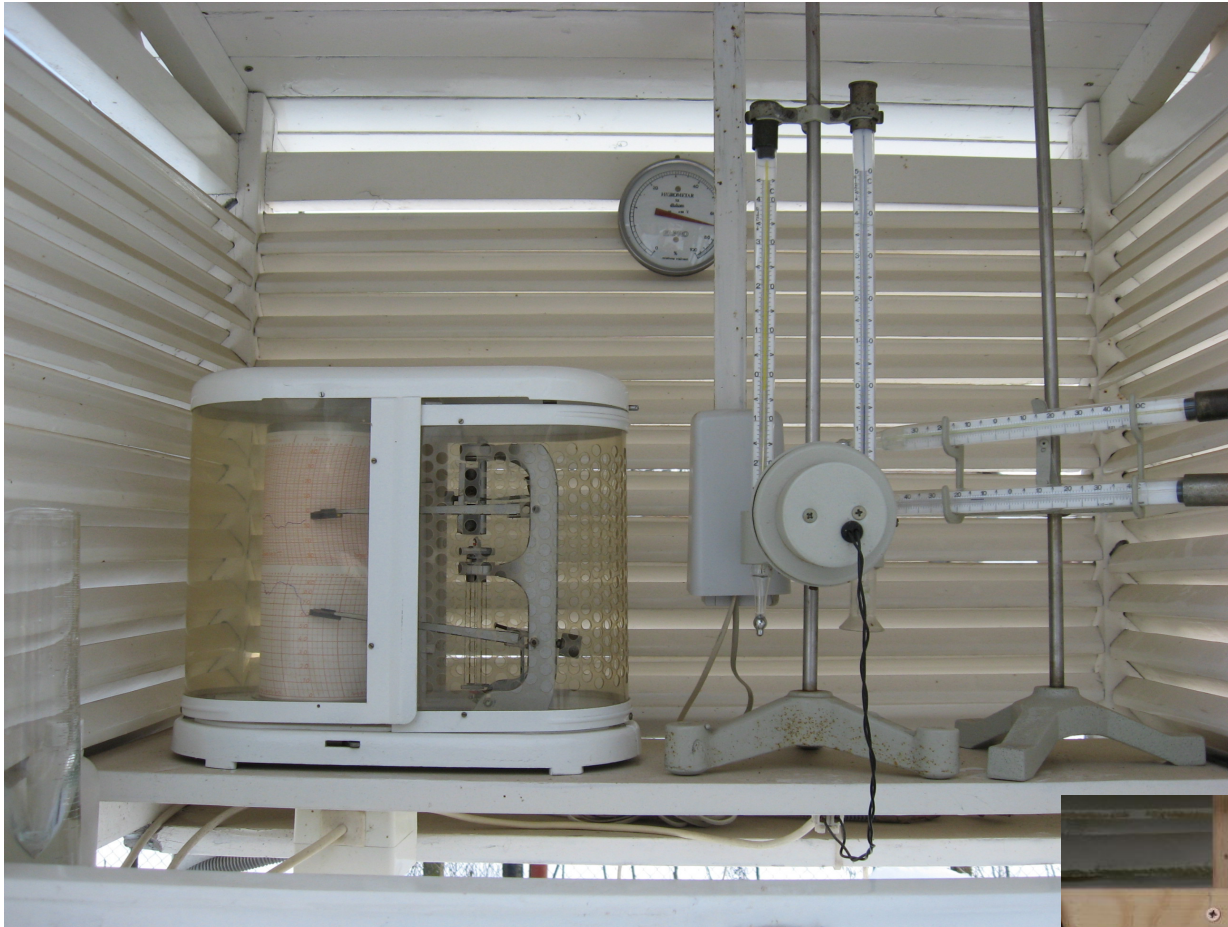
Dakle, pri mjerenju temperature koriste se ove tri skale (Reomirova, Celzijusova i Farenhajtova skala), kao i apsolutna temperatura (K). Kod nas se, i uopšte u Evropi (osim u Britaniji - ⁰F), koristi Celzijusova skala (⁰C).

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

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

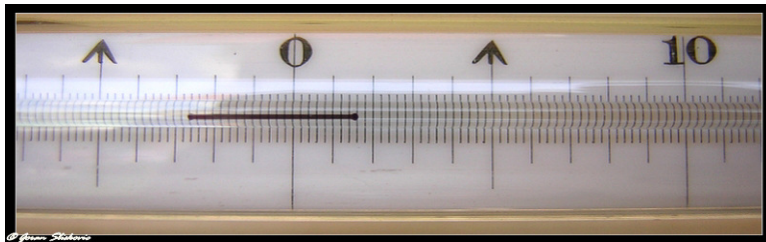
Apsolutna temperatura (termodinamička temperatura): $T=273+t$ (0K = -273⁰C; 0⁰C=273K)





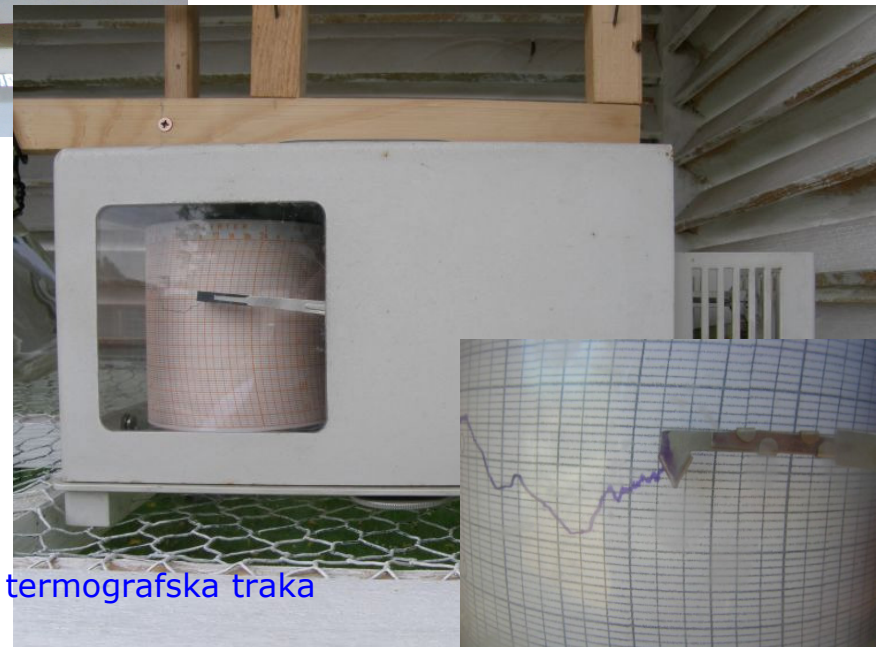
Unutrašnjost meteorološkog zaklona sa psihrometrom (kombinacija suvog i mokrog termometra), maksimalnim i minimalnim termometrom, termografom i higrometrom (za relativnu vlažnost vazduha).

Higrometar



Dio minimalnog termometra

DBurić



Termograf i termografska traka

Zagrijavanje i hlađenje vazduha

Zagrijavanje vazduha

- Zemljinom radiacijom (neposrednim prolaskom tamnih toplotnih dugotalasnih zraka kroz vazduh, koje izračuje Zemljina površina a vazduh apsorbuje) – najznačajniji izvor toplote za vazduh.
- Apsorpcijom Sunčevog kratkotalnog zračenja.
- Kondukcijom, tj. sporim molekularnim provođenjem toplote od podloge sa čestice na česticu vazduha.
- Konvektivnim vazдушnim 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 hladnijom podlogom (pojava temperaturne inverzije).
- Pri isparavanju vode.

S obzirom na to da se prizemni sloj vazduha zagrijava i hladi uglavnom od podloge, a da se razmjena (prenošenje) toplote vrši pri haotičnom komešanju čestica, tj. posredstvom vazдушnih 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 toplote Zemljine površine, diatermnosti i provodljivosti toplote. 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/cm³); vode (4,19 J/cm³), kopna (2,05-2,51 J/ J/cm³) i vazduha (0,0013 J/cm³).

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

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

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

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

ΔT – razlika između najviše i najniže srednje mjesečne temperature u prosječnoj godini ($^{\circ}C$).

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:

$$\Delta T = 15,7 - 12,2 = 3,5^{\circ}C.$$

Specifična toplota kopna je $2,31 J/cm^3$.

Količina akumulirane toplote kopna je:

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

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

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

Specifična toplota vode je $4,186 J/cm^3$.

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

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

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 presjeka 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 rjeđi, pa više gubi toplotu nego što je apsorbira, 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 uvijek duva od prostora sa nižom temperaturom ka prostoru sa višom temperaturom), i na kraju, sa izdizanjem zagrijanog prizemnog vazduha on se adijabatski hladi.

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:

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

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

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

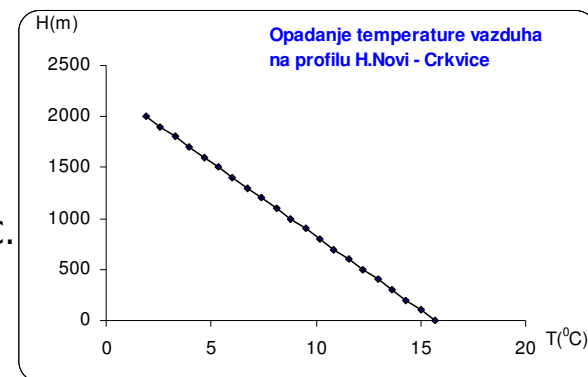
Vrijednost temperaturnog gradijenta se mijenja, i u prostoru i u vremenu, ali u prosjeku u troposferi iznosi oko $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ visine (na svakih 100 m visine temperatura opada za $0,6^{\circ}\text{C}$).

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 – Crkvice? 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 $9,1^{\circ}\text{C}$.

$$\begin{aligned} \text{TG} &= (\Delta T / \Delta H) \cdot 100 = (T_1 - T_2 / H_2 - H_1) \cdot 100 = ((15,6 - 9,1) / (937 - 10)) \cdot 100 = \\ &= (6,5 / 927) \cdot 100 = 0,00697 \cdot 100 = \mathbf{0,69^{\circ}\text{C}/100\text{m}} \end{aligned}$$



Pomoću vrijednosti temperaturnog gradijenta možemo izračunati **temperaturu vazduha na bilo kojoj visini** (T3), pomoću formule: $T3 = T1 - (TG/100) \cdot \Delta H$, gdje je:

T1 – izmjerena temperatura na nekoj stanici

TG – temperaturni gradijent

ΔH – visinska razlika između mjesta čiju temperaturu tražimo (Tx) i mjesta (stanice) čija je temperatura poznata (T1): $\Delta H = Tx - T1$

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

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

$$T1 = 15,6^{\circ}\text{C}$$

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

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

$$T3 = T1 - (TG/100) \cdot \Delta H = 15,6 - (0,69/100) \cdot 490 = 15,6 - (0,0069) \cdot (500 - 10) = 15,6 - (0,0069 \cdot 490) = 15,6 - 3,381 = \mathbf{12,2^{\circ}\text{C}}$$

Ako računamo u odnosu na temperaturu Crkvice, biće:

$$T1 = 9,1^{\circ}\text{C}$$

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

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

$$T3 = T1 - (TG/100) \cdot \Delta H = 9,1 - (0,69/100) \cdot (500 - 937) = 9,1 - (0,0069) \cdot (-437) = 9,1 - (0,0069 \cdot (-437)) = 9,1 - (-3,015) = 9,1 + 3,015 = \mathbf{12,1^{\circ}\text{C}}$$

Pri izradi izotermnih karata, srednje mjesečne i srednje godišnje **temperature se svode na nivo mora** (To), po obrazcu:

$$T_o = T_s + (TG/100) \cdot H_s, \text{ gdje je:}$$

Ts-temperatura na nekoj stanici

Hs-nadmorska visina te stanice

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

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

Fo-redukovana vrijednost

Fs-vrijednost na nekoj stanici

Hs-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°C, za krompir oko 2000°C, za ječam oko 1900°C, za pirinač oko 4000°C itd. Najkraće rečeno, temperaturna suma predstavlja zbir srednjih dnevnih temperatura iznad određenog praga temperature. Obično su to pragovi od 5, 10 i 15°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°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 umanje za veličinu biološkog minimuma dobijaju se efektivne temperature. Primjera radi, ako biološki minimum za početak rasta ozime pšenice iznosi 5°C, a temperatura u nekom danu iznosi 15,6°C, onda je aktivna temperatura tog dana 15,6°C, a efektivna 10,6 °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 suma

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 (≥ 5 , 10 ili 15°C).

Grafički metod određivanja temperaturnih suma

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. Rastojenja između dva uzastopna mjeseca u milimetrima predstavljaju, dakle, dane u mjesecu. Srednja mjesečna 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°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°C povuče horizontala koja siječe 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 posljednjeg 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 mjesečna 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)

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

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

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

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

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

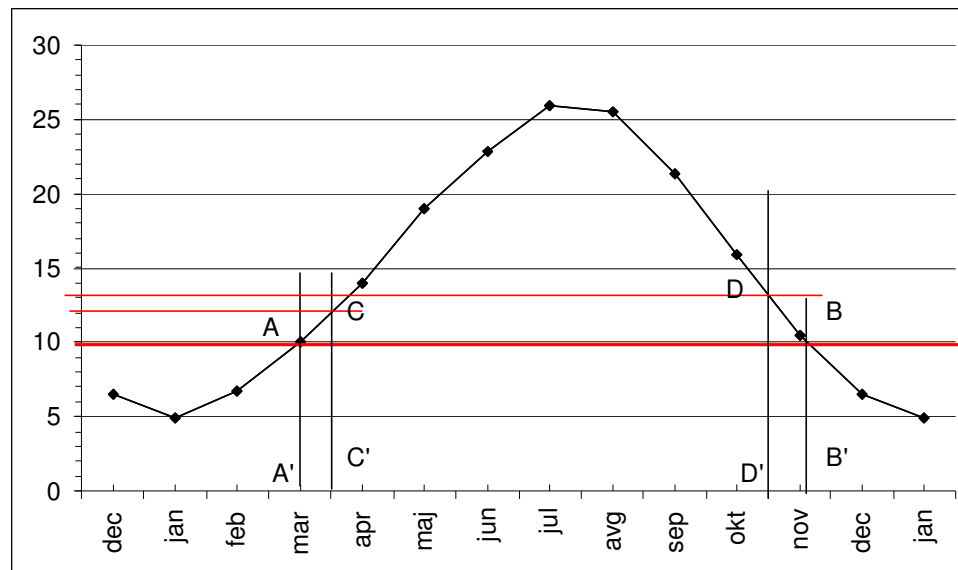
$$\text{Za sep: } \Sigma T_9 = 21,4 \cdot 30 = 641,1^\circ\text{C}$$

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

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)



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

Srednje mjesečne 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: $T=(T7+T14+T\cdot21)/3$ ili $T=(T7+T14+2T21)/4$. 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 mjesečna temperatura – aritmetička sredina srednjih dnevnih vrijednosti za dati mjesec.
3. Srednja godišnja temperatura – aritmetička sredina srednjih mjesečnih temperatura u datoj godini.
4. Srednja temperatura hladne polovine godine – aritmetička sredina srednjih mjesečnih temperatura perioda oktobar-mart (oktobar prethodne godine, mart sledeće godine).
5. Srednja temperatura tople polovine godine – aritmetička sredina srednjih mjesečnih temperatura perioda april-septembar u datoj godini.
6. Srednja zimska temperatura - aritmetička sredina srednjih mjesečnih temperatura perioda decembar-februar (decembar prethodne godine, januar i februar sledeće godine).
7. Srednja prolječna temperatura - aritmetička sredina srednjih mjesečnih temperatura perioda mart-maj.
8. Srednja ljetnja temperatura - aritmetička sredina srednjih mjesečnih temperatura perioda jun-avgust.
9. Srednja jesenja temperatura - aritmetička sredina srednjih mjesečnih temperatura perioda septembar-novembar.
10. Normalna temperatura (tzv. „normala“) – saberu se srednje temperature (mjesečne, 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 datoj 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°C ($T_n < 0^{\circ}\text{C}$),
 - ✓ Ledeni dan - dan **sa maksimalnom** temperaturom ispod 0°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).

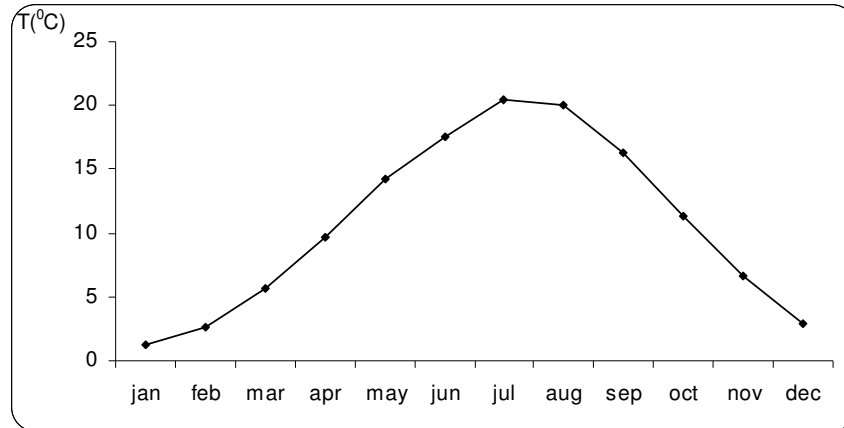
15. Periodsko godišnje kolebanje temperature ili normalno godišnje kolebanje ili prosječna godišnja amplituda – razlika između normalne mjesečne temperature najtoplijeg i najhladnijeg mjeseca.
16. Neperiodsko godišnje kolebanje temperature - razlika između mjesečne temperature najtoplijeg i najhladnijeg mjeseca u jednoj godini.

Prikazivanje temperature

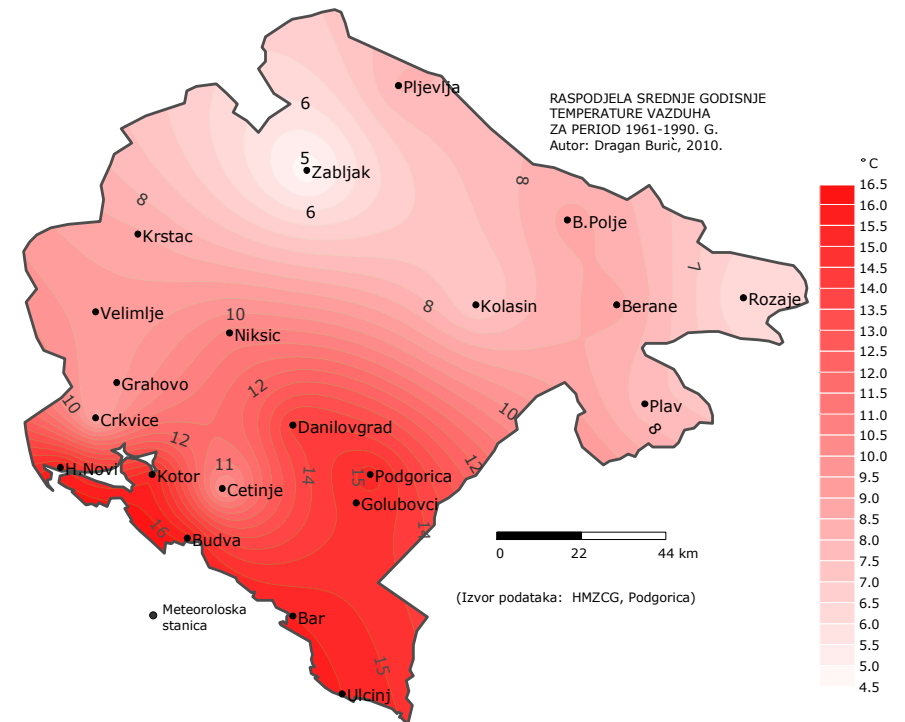
Tabelarno

Grafički – grafikoni (krive i izlomljene linije)

Prostorna raspodjela kartografski – izolinijama (izoterma, 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 mjesečna temperatura?
4. Šta su izoterme i izotalantoze?
5. Kako se zagrijava i hladi vazduh?
6. Šta je vertikalni termički gradijent i kako se izračunava?
7. Šta je inverzija i izotermija?
8. Koji se instrumenti koriste za mjerenje temperature vazduha?
9. Definirati: 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 8,1⁰C, a druge 4,6⁰C za klimatski period?. Svesti srednju godišnju temperaturu Plužina na morski nivo?
12. U tabeli su date vrijednosti srenje mjesečne temperature vazduha u Podgorici u ⁰C, za period 1961-1990. Izračunati:
 - ✓ Srednju godišnju
 - ✓ Srednju temperaturu godišnjih doba
 - ✓ Srednju temperaturu tople i hladne polovine godine
 - ✓ Prosječnu godišnju amplitudu
 - ✓ Vrijednosti srenje mjesečne i srednje godišnje temperature izraziti u ⁰F i ⁰R
 - ✓ Izračunati temperaturnu sumu i broj dana kada su srednje dnevne temperature ≥ 5 ⁰C?

| Srednja mjesečna temperatura vazduha u Podgorici, za period 1961-1990. | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| | jan | feb | mar | apr | maj | jun | jul | avg | sep | okt | nov | dec | god |
| Sr. mjes. tem (⁰ 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 (⁰ F) | | | | | | | | | | | | | |
| Sr. mjes.tem (⁰ R) | | | | | | | | | | | | | |
| Temperaturne sume (⁰ C) | | | | | | | | | | | | | |

3. VAZDUŠNI PRITISAK

Definicija – vazdušni ili atmosferski pritisak je pritisak (sila) vazdušnog stuba presjeka od 1 cm^2 i visine od topografske površine do gornje granice atmosfere na 1 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 g/cm^3). To znači da je 1 cm^3 suvog vazduha, pod tzv. normalnim uslovima (vazdušni pritisak 760 mm Hg , $T = 0^\circ\text{C}$, $\phi = 45^\circ$ i na morskome nivou – uslovi tzv. standardne atmosfere), težak svega $0,001293 \text{ grama}$ ($1/773$) ili $1,29 \text{ kg/m}^3$. Pošto vazduh ima tako malu gustinu, on je nevidljiv. Dakle, normalni vazdušni pritisak (na $T = 0^\circ\text{C}$, $\phi = 45^\circ$ i morskome nivou) iznosi 760 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 N/m^2). Sila F je težina, u ovom slučaju žive koja drži ravnotežu vazdušnom stubu, a težina zavisi od gustine (ρ), visine živinog stuba (h) i gravitacionog ubrzanja (g), pa se pritisak može izraziti kao: $P = \rho hg$

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 cm^3 žive težak je $13,5951 \text{ g}$ ili 1 m^3 žive težak je $13595,1 \text{ kg}$. To znači da živin stub visine od 760 mm (76 cm) i poprečnog presjeka od 1 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 $P = \rho hg$, 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 N (njuton), a 1 N/m^2 je 1 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 vanskemski - van SI sistema. Milibar je 1000-ti dio bara. Odnos hPa i mb je $1/100$, tj. $1 \text{ hPa} = 10 \text{ mb}$. Dakle, **normalni vazdušni pritisak na nivou mora iznosi $760 \text{ mm} = 1013,25 \text{ hPa} = 1013,25 \text{ mb}$.**

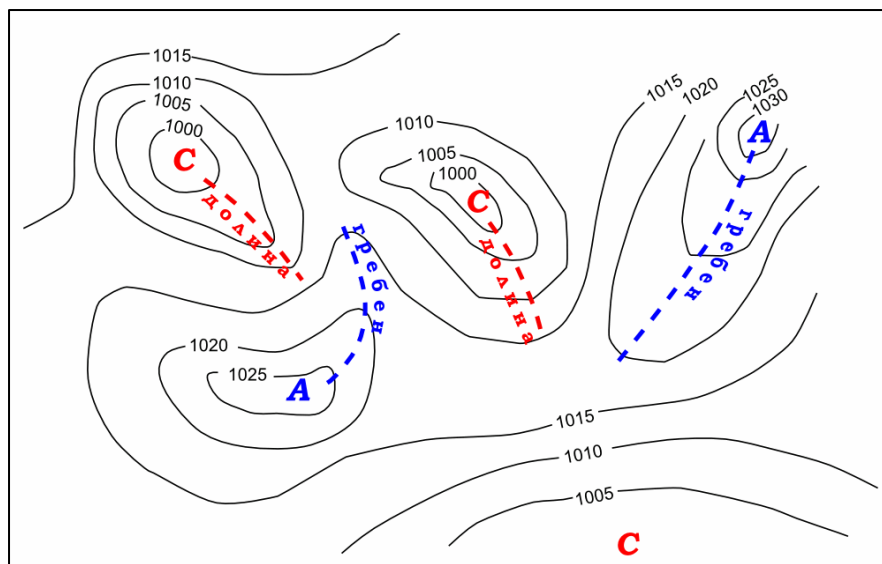
Odnos mm i mb je: $1 \text{ mb} = 0,75 \text{ mm Hg}$; $1 \text{ mm Hg} = 1,33 \text{ mb}$.

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 morskome nivou 1 m^3 suvog vazduha, pri $T = 0^\circ\text{C}$, težak je $1,29 \text{ kg}$, 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 $10,5 \text{ m}$ visine. Na većim visinama vazdušni pritisak sporije opada, na visini od $3\text{-}4 \text{ km}$ pritisak opada 1 mm na svakih $16,5 \text{ m}$ 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 gušći 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 (mjesto) 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 posledica 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.

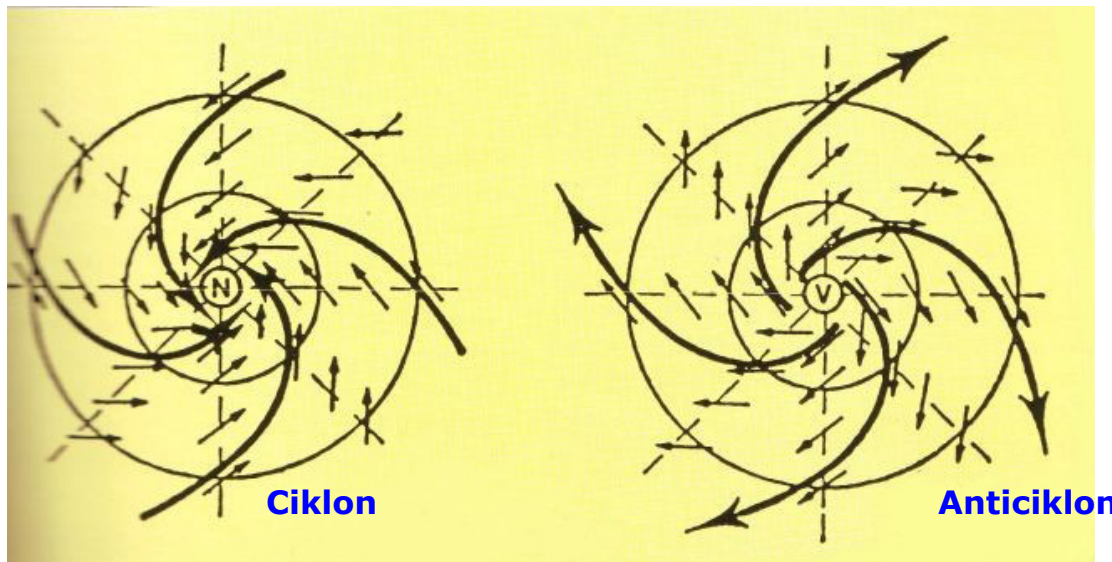
Pored opisanih osnovnih tipova barskih sistema, postoje i sporedni, i to:

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

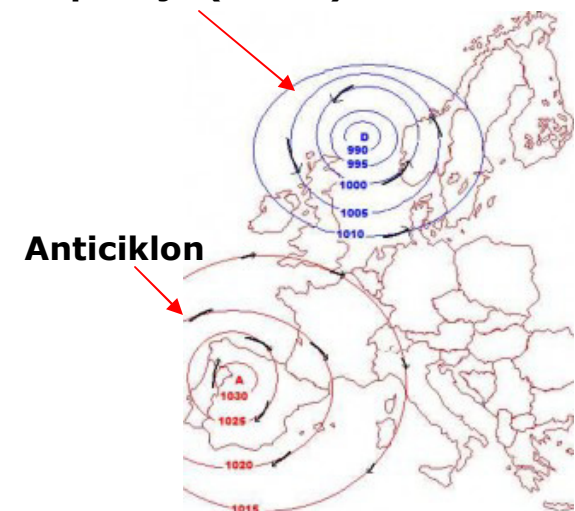
Greben - izduženi dio centra anticiklona koji se nalazi između dvije oblasti nižeg pritiska.

Sedlo - barička oblast između dva unakrsno raspoređena ciklona i anticiklona.

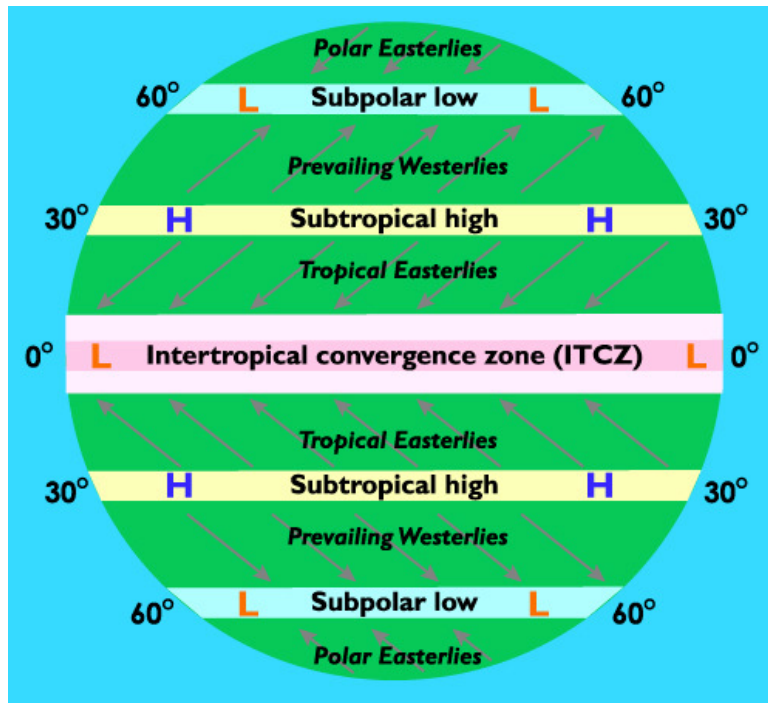
Ciklon i anticiklon kreću se prosječnom brzinom oko 30-40, odnosno oko 20 km/h, a traju oko 2, a mogu i po 7-8 i više dana. Atmosferski frontovi se stvaraju u ciklonu, tako da je vrijeme u depresijama (ciklonima) uglavnom uslovljeno frontalnim oblačnim sistemima i padavinama. U anticiklonu nema vazdušnih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



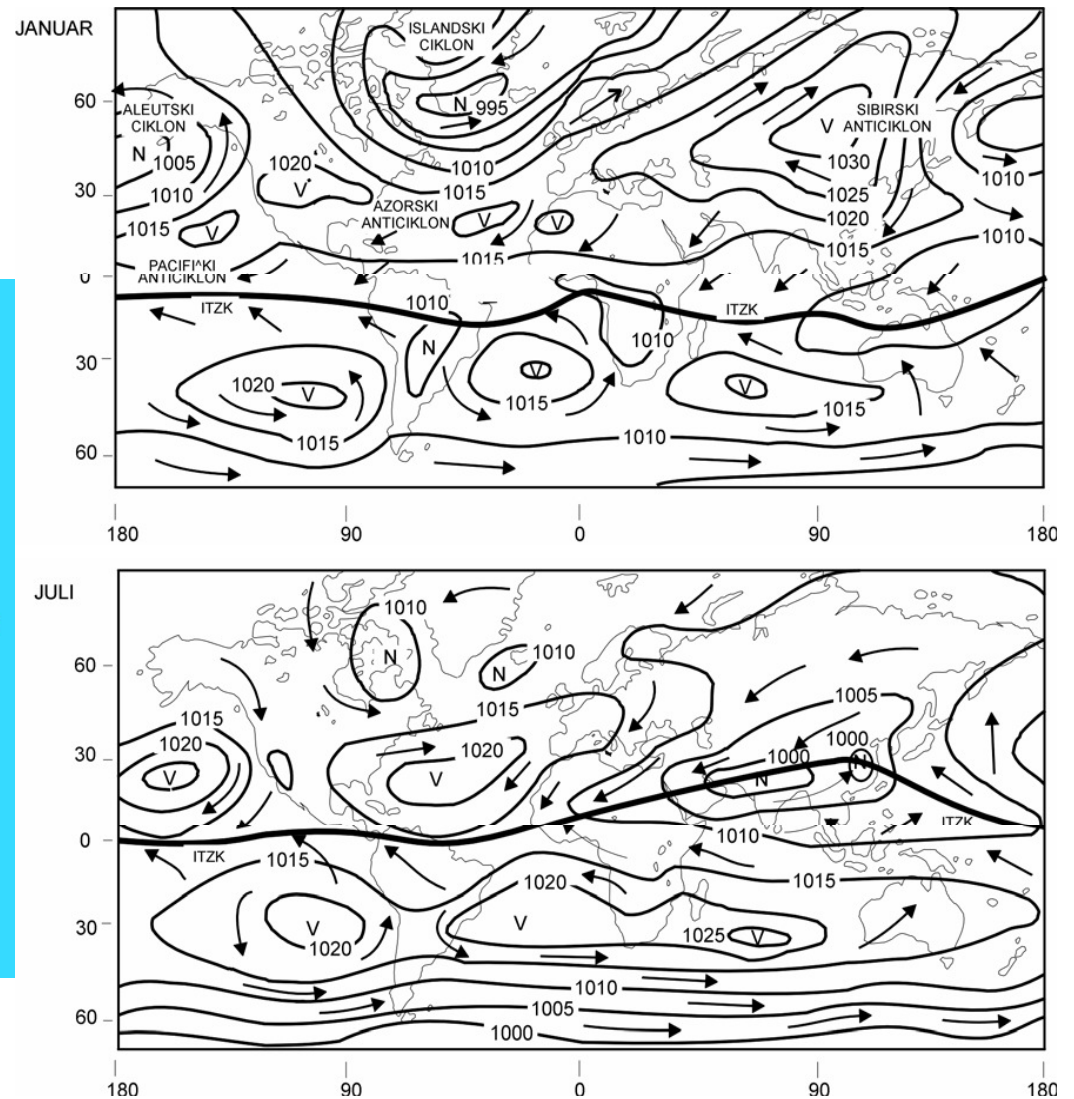
Depresija (ciklon)



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



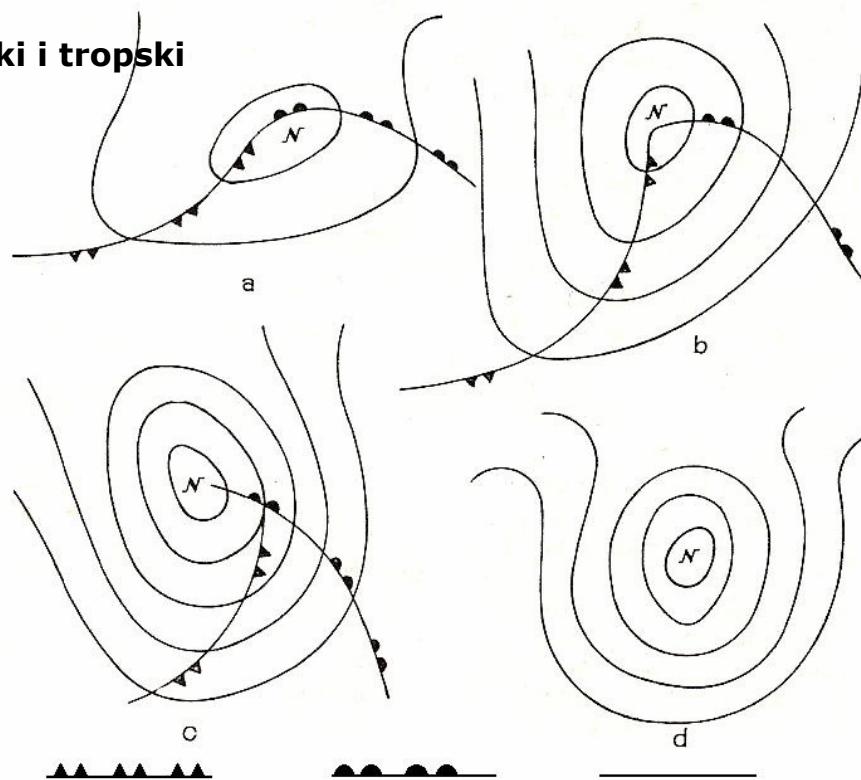
L – nizak pritisak
H – visok pritisak



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

Ciklon: vantropski i tropski

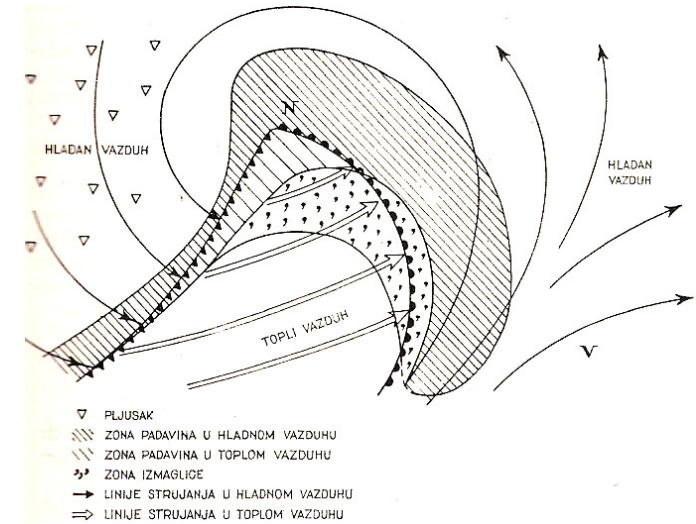
Faze u razvoju ciklona: a) stadijum stvaranja frontalnog talasa; b) stadijum mladog ciklona; c) stadijum maksimalnog razvitka ciklona i d) stadijum popunjavanja ciklona (pritisak raste)



Oznaka za hladni front (obično plava boja)

Topli front (crvena boja)

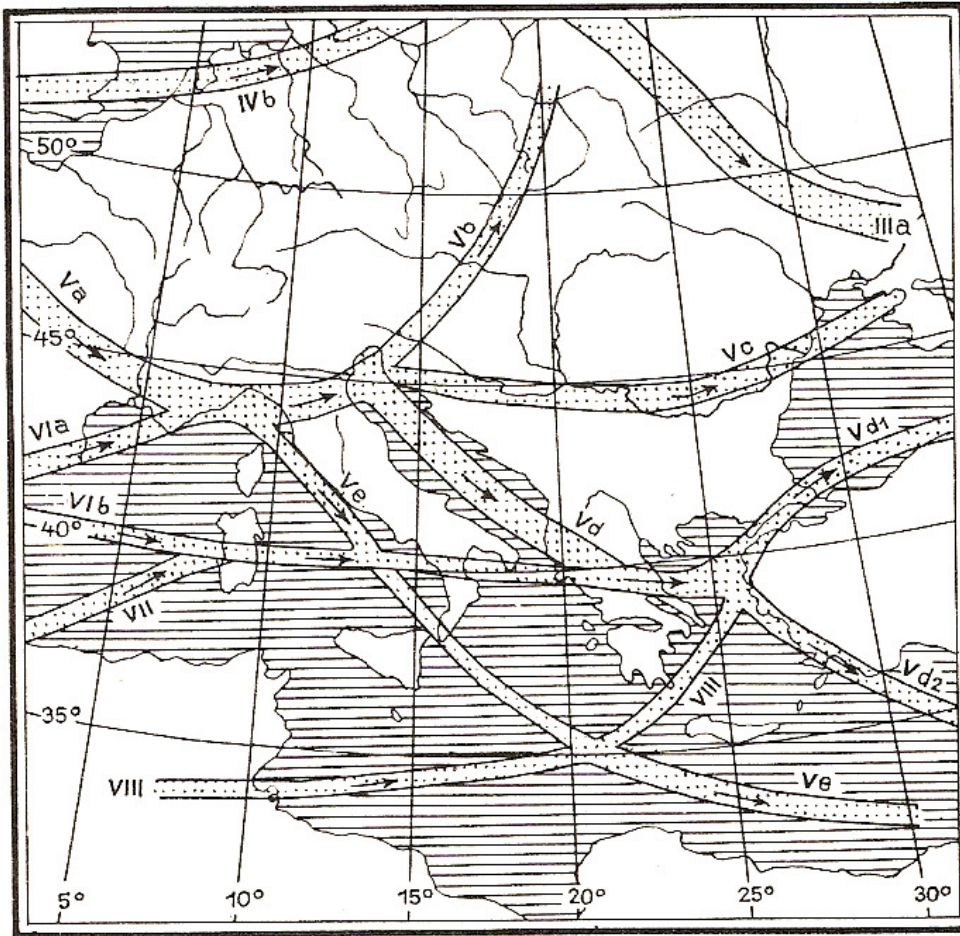
Izobara



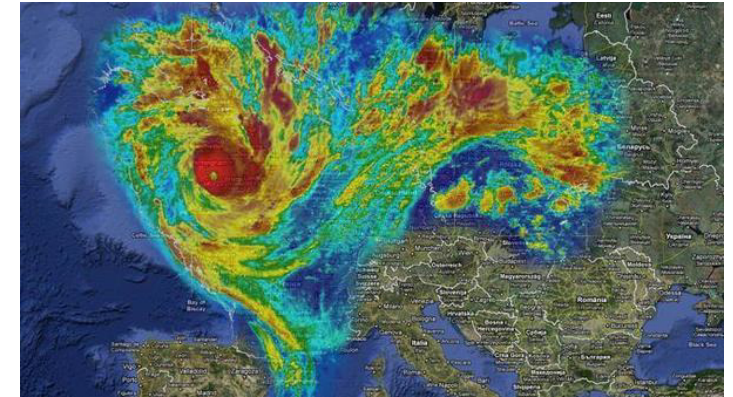
Vrijeme u mladom ciklonu

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 vjetera uglavnom iznad 35 m/s, a maksimalna izmjerena je 75 m/s (270 km/h).

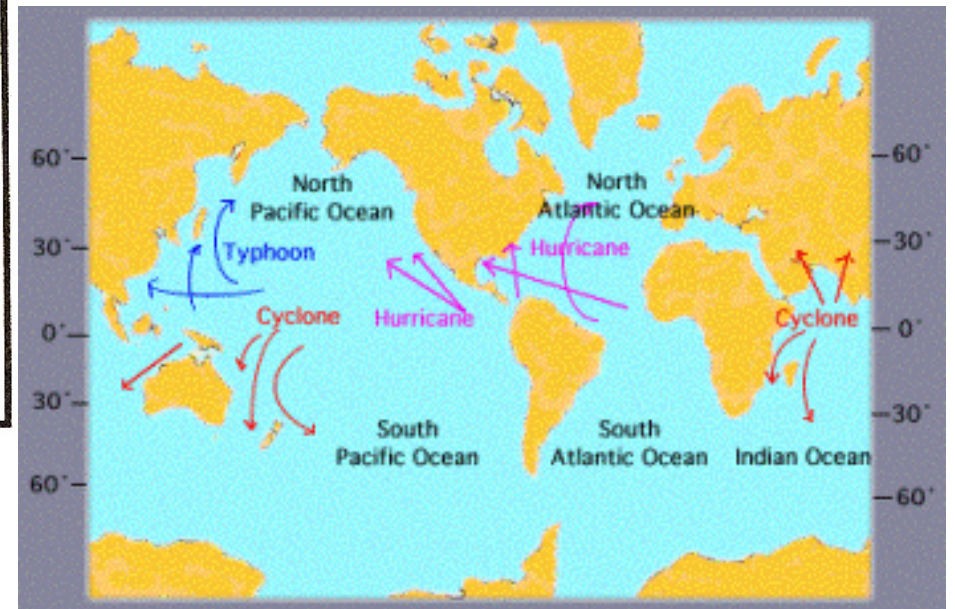
Na glavnim frontovima cikloni se rijetko stvaraju pojedinačno, obično se formira po nekoliko, a svaki se, po pravilu, kreće putanjom koja leži južnije od putanje prethodnog. To su **serije ciklona**. U umjerenim širinama sjeverne hemisfere jaki zapadni vjetrovi uslovljavaju sve baričke tvorevine da se 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)

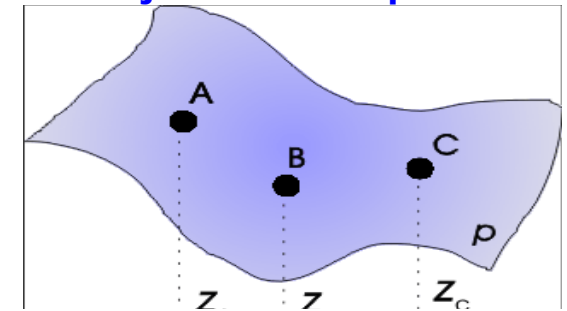


Satelitski snimak uragana Katrina

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 km², 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.

Primjer izobarske površine



Na primjer, na karti apsolutne topografije 850 milibarske površi ($A_T = 850$ hPa) je predstavljena visina na kojoj je pritisak iznad neke tačke 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 ubrzanju zemljine teže iznad polova i na ekvatoru). Geopotencijalni metar je približan običnom metru, kreće se od 0.9-1.1 obični (geometrijski) metar.

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 vjetera 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:

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

ΔP – razlika u vazdušnom pritisku između dva mjesta

L – rastojanje između ta dva mjesta 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?

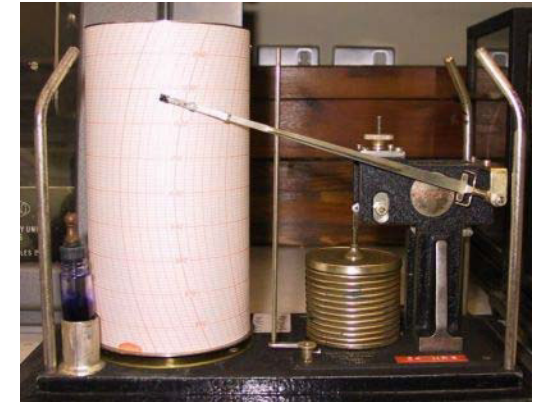
$$G = (\Delta P / L) \cdot 111,1 = ((1016 - 1014) / 50) \cdot 111,1 = (2 / 50) \cdot 111,1 = 0,04 \cdot 111,1 = 4,4 \text{ mb} / 111,1 \text{ km}$$

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 mjesečni pritisak - aritmetička sredina srednjih dnevnih vrijednosti za dati mjesec.
3. Srednji godišnji pritisak - aritmetička sredina srednjih mjesečnih vrijednosti za datu godinu.
4. Normalni mjesečni pritisak - aritmetička sredina srednjih mjesečnih 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

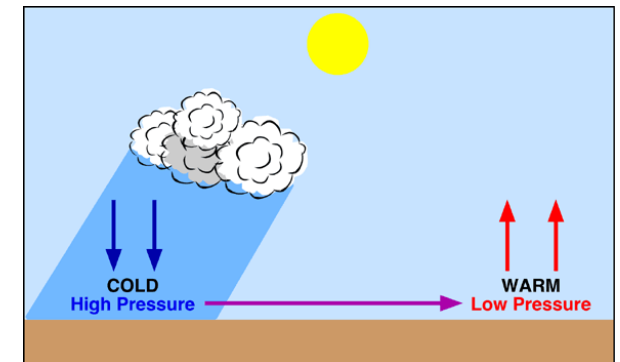
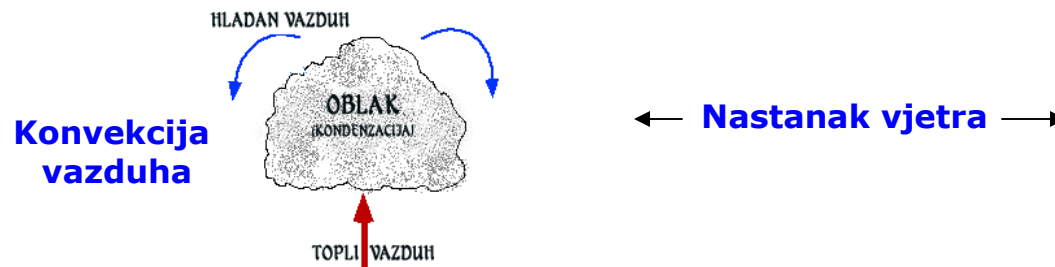
Pitanja

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 vazдушnih strujanja može biti: horizontalan (vjetar, advekcija), vertikalni (konvekcija), kos na preprekama (uzlazna-ascendentna, silazna-descendentna).

- Definicija – približno horizontalno strujanje vazduha iz oblasti višeg ka oblasti nižeg vazdušnog pritiska (ili, strujanje vazduha u horizontalnom pravcu od hladnijeg ka toplijem mjestu, oblasti).
- Kako nastaje vjetar – zbog razlika u vazдушnom pritisku na Zemljinoj površini, a one su posledica 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 $\leq 0,2$ m/s).
- Značaj vjetra kao klimatskog elementa.



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 vrši na vertikalnu površinu.

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

➤ **Pritisak vjetra**: $P=k \cdot V^2$ (kg/m²)

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

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

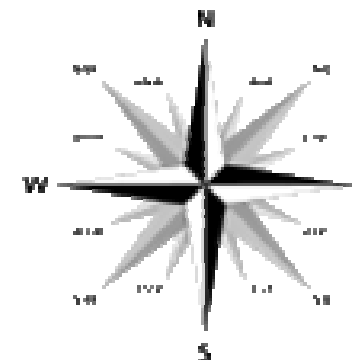
➤ Instrumenti za mjerenje pravca (smjera) i brzine vjetra (vjetrokaz, anemometar i anemograf).



anemometar

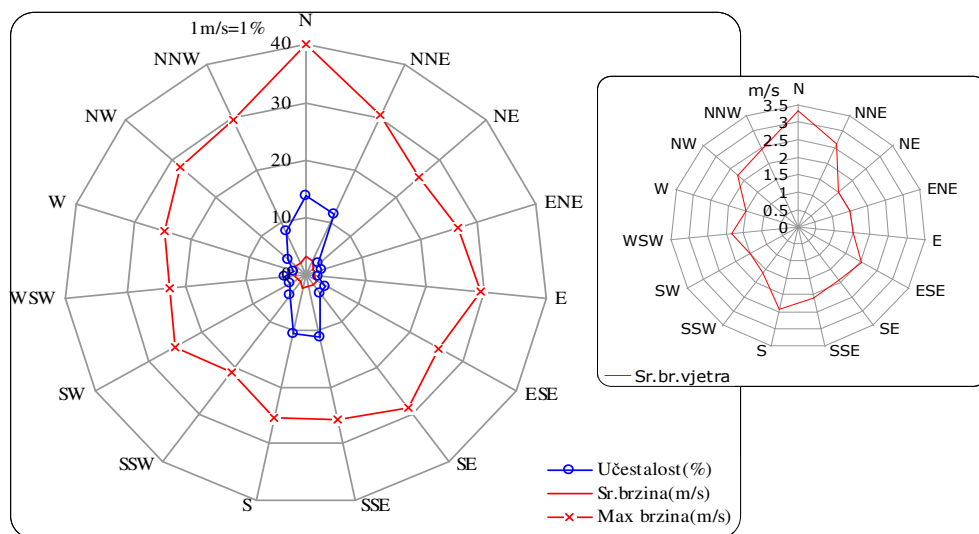


anemograf



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 (tiho) |
|--------------|--------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-------------|
| | 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 | Tiho, dim se diže uspravno uvis |
| 1 | Lak povjetarac | 0,3-1,5 | Pravac vjetra se zapaza po kretanju dima |
| 2 | Povjetarac | 1,6-3,3 | Vjetar se osjeća na licu, vetrokaz se pokreće |
| 3 | Slab povjetarac | 3,4-5,4 | Lisce i grancice se stalno klata, razvijaju se lake zastave |
| 4 | Umjeren vjetar | 5,5-7,9 | Vjetar diže prasinu i listove hartije, pokreće male grane |
| 5 | Umjereneo jak vjetar | 8-10,7 | Tanja lisnata stabla pocinju da se ljuļaju |
| 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 ljuļja, hodanje uz vjetar je otežano |
| 8 | Olujni vjetar | 17,2-20,7 | Vjetar lomi grane na drveću, hodanje protiv vjetra je nemoguće |
| 9 | Oluja | 20,8-24,4 | Mala oštećenja na zgradama (otkidanje oluka...) |
| 10 | Zestoka oluja | 24,5-28,4 | Cupa drveće iz zemlje, velike štete 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

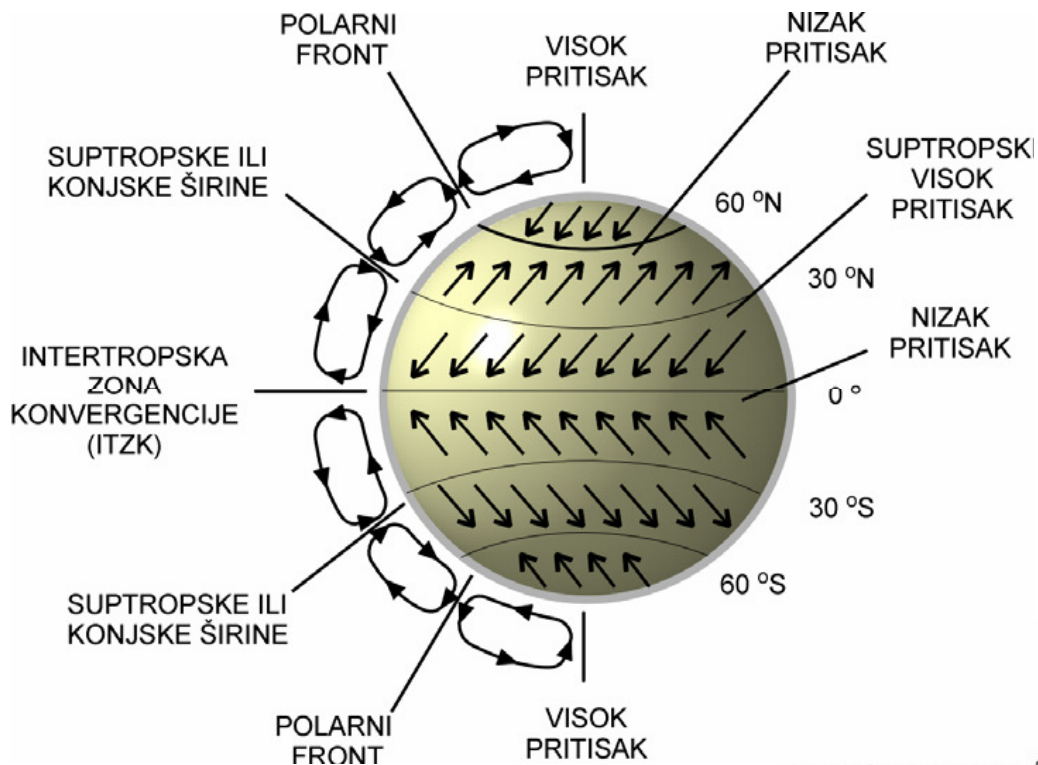
Razlike u zagrijavanju nižih i viših širina (na ekvatoru i polovima) i kopnenih i vodenih površina izazivaju i razlike u vazдушnim pritiscima. Iz tog razloga se u atmosferi iznad Zemljine površine obrazuju stalne vazdušne struje, koje sačinjavaju **opštu cirkulaciju vazdušnih struja u atmosferi**. Zahvaljujući 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 vazdušnog 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 toplotnih kapaciteta nejednako zagrijavaju vazdušne mase iznad kontinentalnih i vodenih površina) i rotacije Zemlje (koja uslovljava 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.

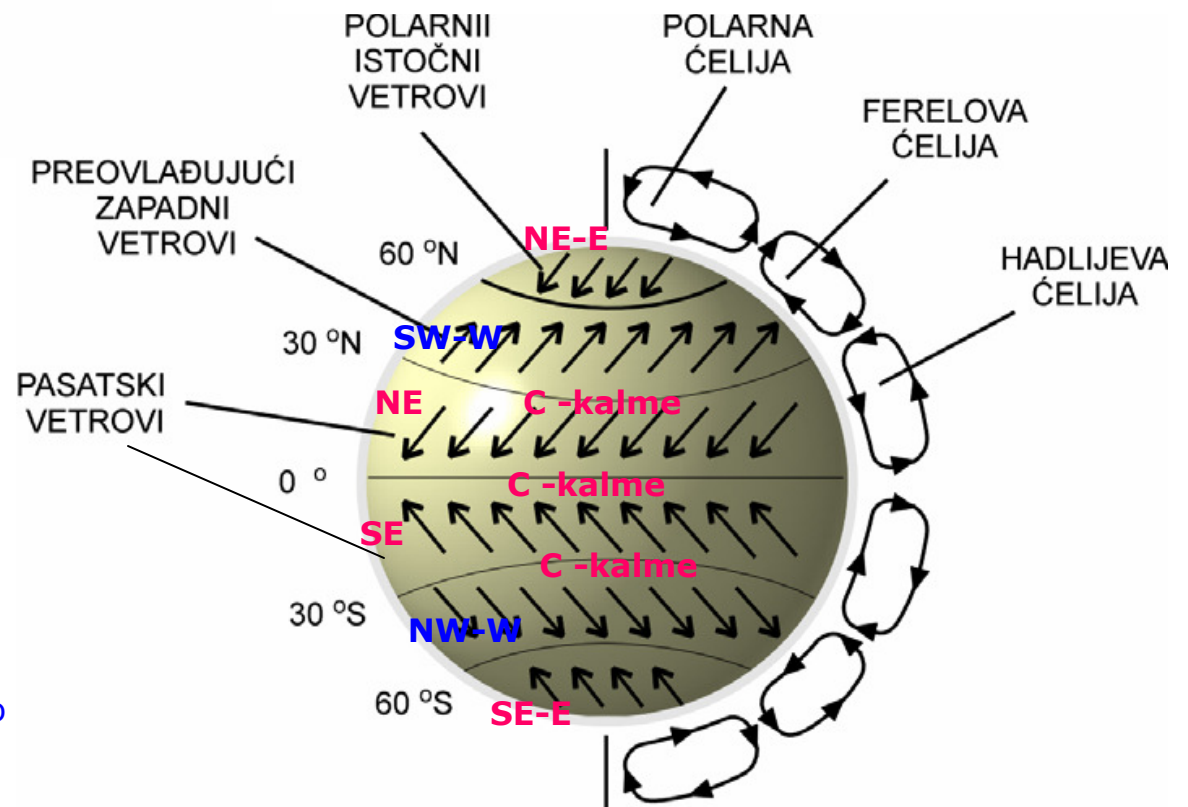
Pasati su prizemni vjetrovi, koji duvaju od oko $30^{\circ}\varphi$ prema ekvatoru (od povratnika ka ekvatoru). Zbog Koriolisove sile, na sjevernoj polulopti imaju NE smjer, a na južnoj SE. Antipasati su visinski vjetrovi (na visini 3-5 km), koji duvaju od ekvatora ka $30^{\circ}\varphi$ i imaju suprotan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

Zapadni vjetrovi su prizemni vjetrovi koji duvaju u umjerenim širinama na obje hemisfere ($35-65^{\circ}\varphi$). Nazivaju se još i tropske struje ili tropski vjetrovi, jer dolaze iz tropskih širina. Oni nemaju pravi zapadni pravac, ali im se sve više približava zapadnom smjeru sa udalžavanjem od subtropskih 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 ($65-90^{\circ}\varphi$). 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

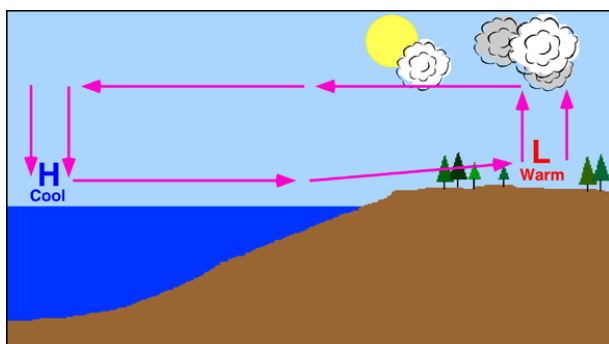


Stalni planetarni vjetar u prizemlju (prizemni vjetar) i tri cirkulacione ćelije na obje hemisfere (radi lakšeg pamćenja: pravac vetar na južnoj hemisferi se dobija posmatranjem pravca vjetera na sjevernoj kao odraz predmeta u ogledalu).

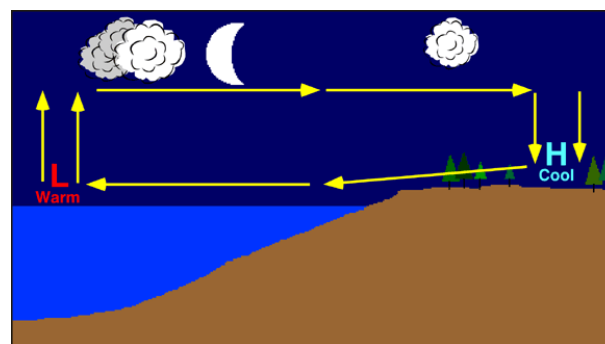
2. Periodični vjetrovi

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

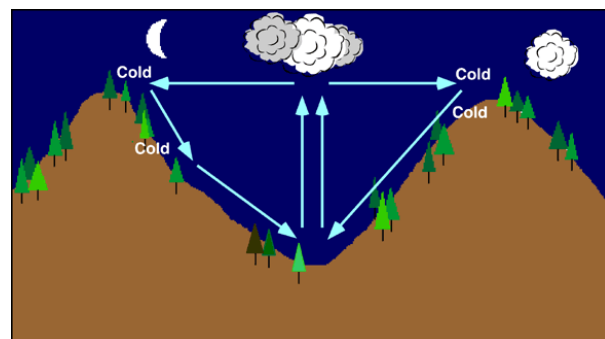
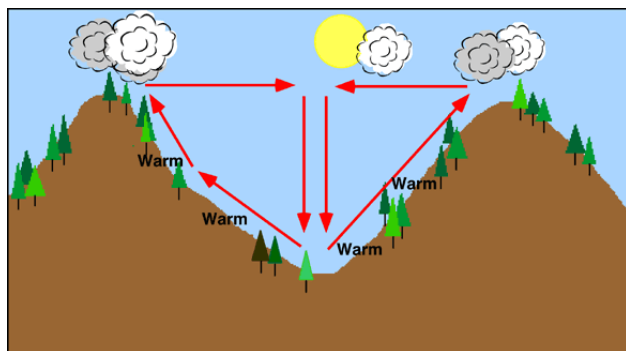
Vjetrovi sa dnevnim periodom ili **dnevni vjetrovi** su oni koji u toku dana duvaju u jednom smjeru (**danik**), a u toku noći u suprotnom smjeru (**noćnik**). U njih spadaju: vjetar s mora i vjetar s kopna, zatim dolinski i gorski vjetar. Na našem primorju vjetar s mora naziva se maestral (ima pravac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

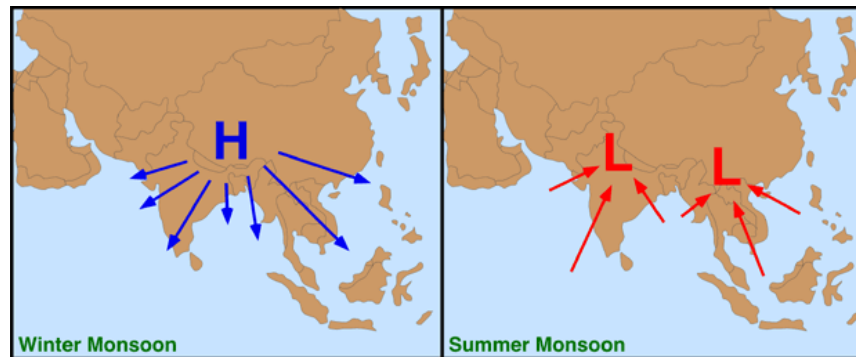


Vjetar s mora nastaje između 8 i 9 ujutro, duva brzinom do 5-6 m/s, a **vjetar s kopna** znatno posle zalaska Sunca, duva brzinom do 3-4 m/s. U umjerenim širinama – samo pri mirnom vremenu.

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

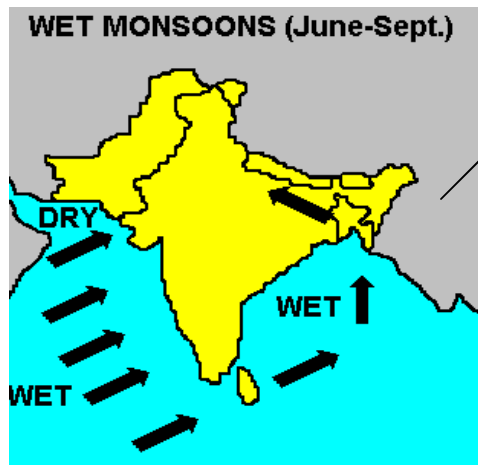
Tropski monsuni – Indokina (Jugoistočna Azija), Indonezija.

Vantropski monsuni – Koreja, Japanska ostrva, Aljaska itd.

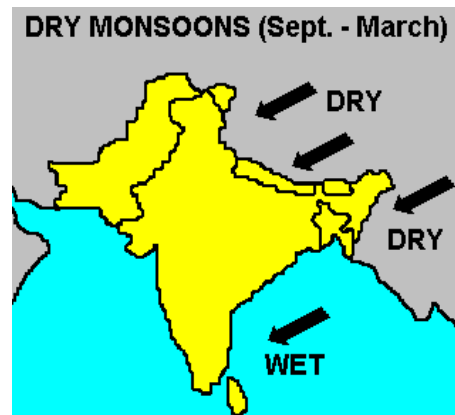


Zimski monsun

Ljetnji monsun



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.

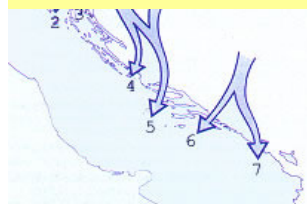


Zimski monsuni - veoma suvi vjetrovi, duvaju sa kopna (viši vazdusni pritisak) ka moru (niži vazdusni pritisak). Duvaju u periodu od septembra do marta

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 uvijek 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.

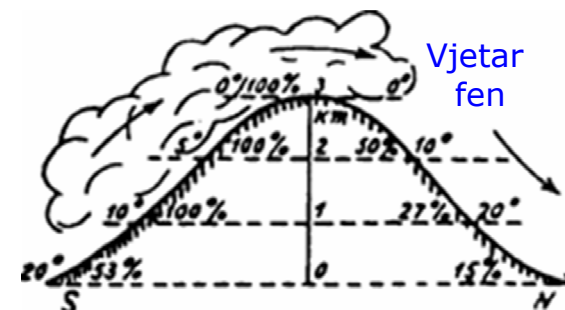
Vardarac – zimski vjetar, suv i hladan koji duva od Šarplanine dolinom Vardara prema Egejskom Moru.

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 dugo duva moze 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 mjesečnih 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 saberu 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 mjesečna 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 mjesečna brzina (jačina) vjetra za svaki pravac posebno – zbir brzina iz određenog pravca tokom mjeseca podijeljen sa mjesečnom čestinom vjetra iz toga pravca.
5. Srednja godišnja brzina (jačina) vjetra iz svih pravaca – zbir srednjih mjesečnih brzina iz svih pravaca podijeljen sa brojem mjeseci (12).
6. Srednja mjesečna 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 saberu 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 saberu 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 elementa?
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 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 mjerenje isparavanja – isparitelji ili evaporimetri i evaporigrafi.



Isparitelj

Indirektne metode za određivanje isparavanja

Zbog objektivnih razloga, isparavanje se često određuje putem empirijskih formula, definisanih na osnovu izmjerenih 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 mjesečna vrijednost maksimalnog napona vodene pare (mb), koji odgovara srednjoj mjesečnoj temperaturi vazduha

e_m - srednja mjesečna vrijednost napona vodene pare (mb), koji odgovara srednjoj mjesečnoj temperaturi vazduha

(oba podataka se dobijaju iz psihrometarskih tablica)

V - srednja mjesečna 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 mjesečna temperatura vazduha

U - srednja mjesečna 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 suma isparavanja u toku jednog meseca.
3. Godišnje isparavanje – zbir mjesečnih suma isparavanja u jednoj godini.
4. Prosječno isparavanje – računa se za mesec 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 mesec, čija je srednja mjesečna temperatura $20,2^{\circ}\text{C}$? Toj temperaturi, iz psihrometerskih tablica, odgovara $e_x = 23,68 \text{ mb}$, a $e_m = 16,10 \text{ mb}$. Srednja mjesečna 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, prehlađena 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 rasprostranjuje 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: napon vodene pare, apsolutne 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/m³)** – 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 $T=-5^{\circ}\text{C}$, 1m^3 vazduha može da sadrži maksimalno 3,4 g vodene pare, a na $T=25^{\circ}\text{C}$, 1m^3 vazduha može da sadrži maksimalno 23 g vodene pare. Zato se ove veličine dobijaju uglavnom preko temperature vazduha, odnosno funkcija su temperature. Napon vodene pare (stvarni i maksimalni) dobija se preko psihrometarskih tablica.

PARAMETRI VLAŽNOSTI VAZDUHA

Vlažnost vazduha mjeri se pomoću psihrometra, higrometra i higoografa. Pomoću psihrometra (temperature suvog i vlažnog termometra) se mogu odrediti sve veličine vlažnosti vazduha, preko tablica ili računskim putem. Higrometar i higoograf 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 mjesečna relativna vlažnost – aritmetička sredina srednjih dnevnih vrijednosti za dati mjesec.
3. Srednja godišnja relativna vlažnost – aritmetička sredina srednjih mjesečnih vrijednosti za datu godinu.
4. Normalna relativna vlažnost – računa se za mjesec i godinu, kao aritmetička sredina srednjih mjesečnih 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 psihrometerska 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 $18,36\text{ mb}$?
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 $20,39\text{ mb}$ i stvarni napon od $13,69\text{ mb}$?
9. Izračunati srednju dnevnu relativnu vlagu u Nikšiću, ako su u 7, 14 i 21h izmjerene vrijednosti od (u %): 78, 55 i 69?



Higoograf



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 Sunčevo 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 oblačnost $> 8/10$, 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 procenete 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 umjerenim 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 rododova oblaka

| 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**.

| 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 |
| Altostratus (As) | | translucidus opacus duplicatus undulatus radiatus lacunosus |
| Nimbostratus (Ns) | | translucidus opacus duplicatus undulatus radiatus |
| 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 | |

VISOKI OBLACI



Cirrus



Cirrocumulus



Cirrostratus

SREDNJI OBLACI



Altostratus



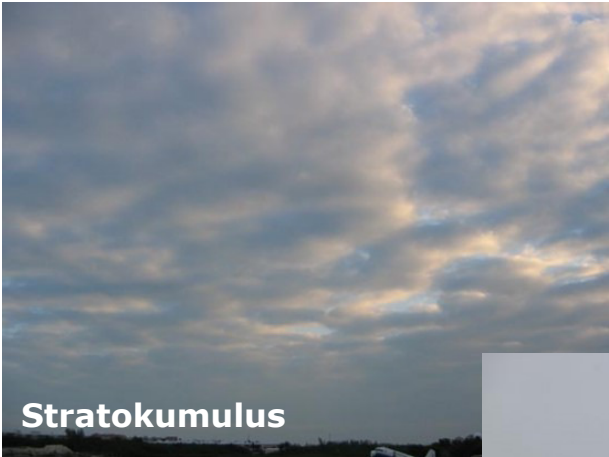
Altostratus



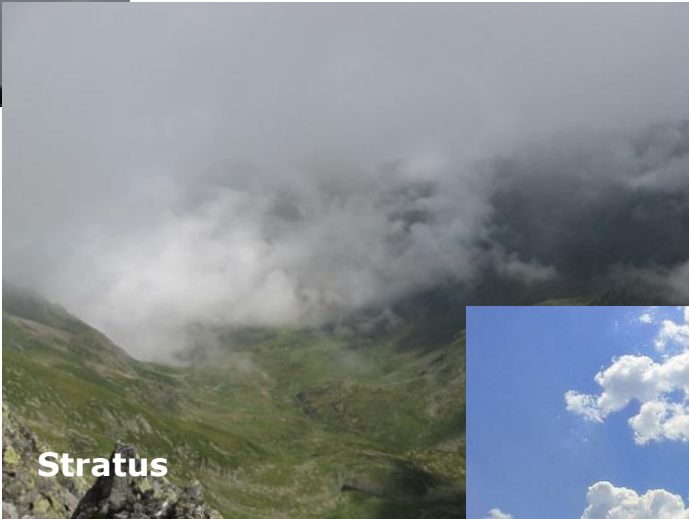
Nimbostratus

DBurić

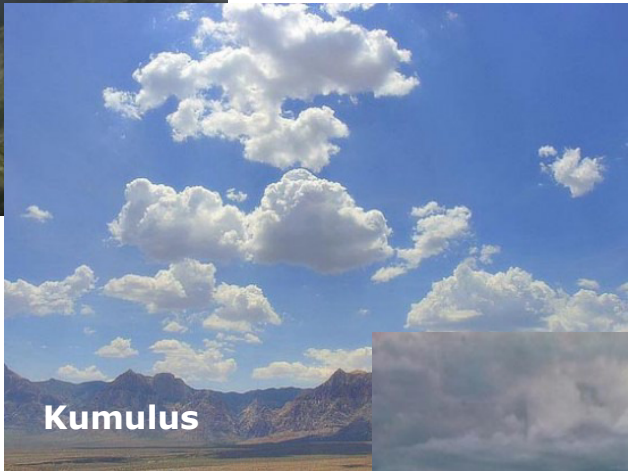
NISKI OBLACI



Stratokumulus



Stratus



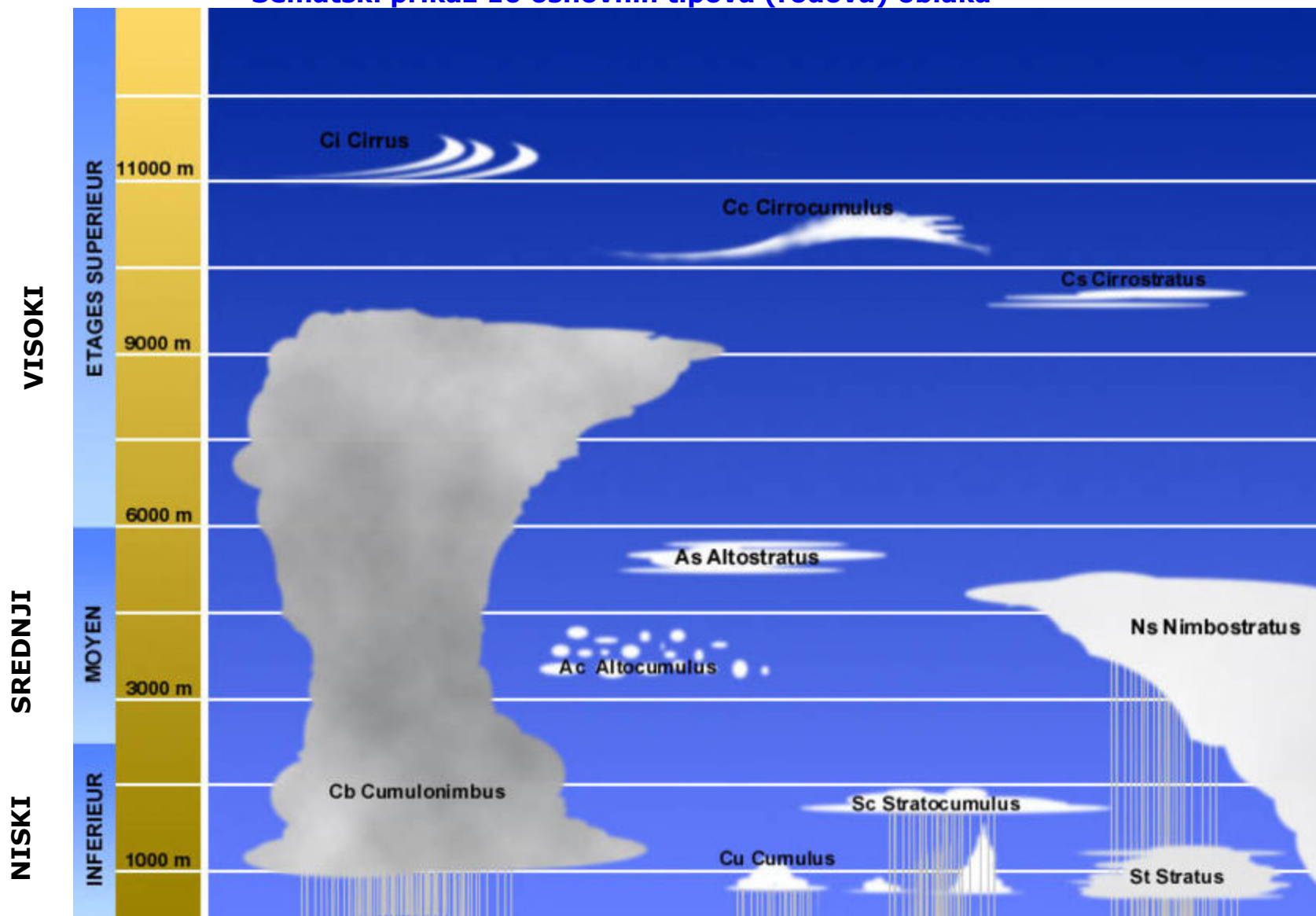
Kumulus



Kumulonimbus

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:

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

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

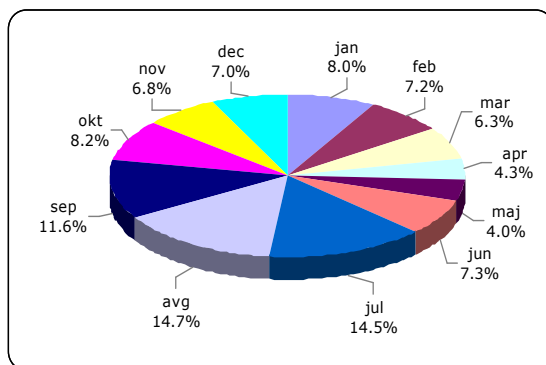
Oblačnost se osmatra svaki sat na glavnim stanicama, odnosno u klimatološkim terminima na klimatološkim stanicama. U klimatološkim analizama razmatraju se sledeći parametri oblačnosti, uglavnom:

1. Srednja dnevna oblačnost – aritmetička sredina terminskih vrijednosti (satnih, sinoptičkih ili klimatoloških termina) za dati dan.
2. Srednja mjesečna oblačnost – aritmetička sredina srednjih dnevnih vrijednosti za dati mjesec.
3. Srednja godišnja oblačnost – aritmetička sredina srednjih mjesečnih 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 datoj vremenskoj jedinici (datom mjesecu ili datoj godini).
6. Broj oblačnih dana – broj dana u kojima je srednja dnevna oblačnost bila $>8/10$ u datoj vremenskoj jedinici (datom mjesecu ili datoj 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).

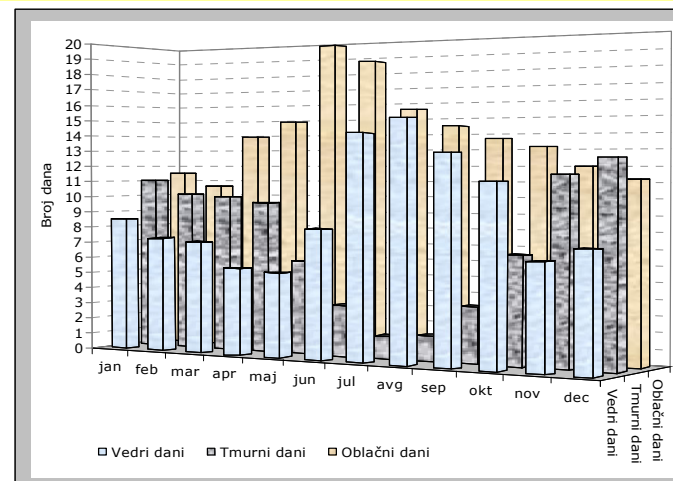
Prikazivanje oblačnosti

- ✓ 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 kondezovane 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/m². 1 mm = 1 lit/m²

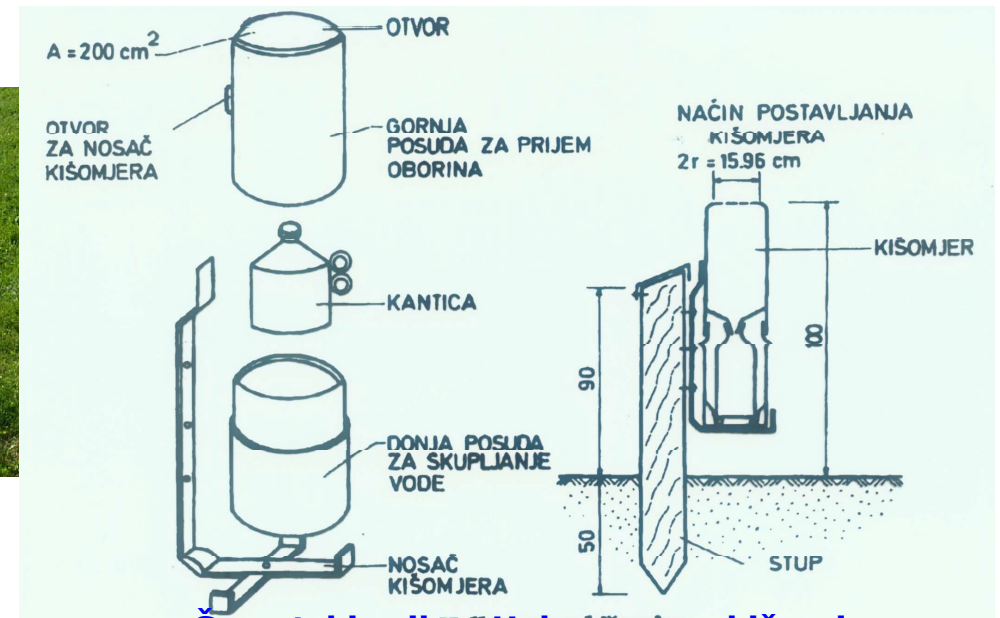
Količina padavina se mjeri instrumentima: kišomjer, pluviograf (ombrograf) i totalizator.



Pluviograf

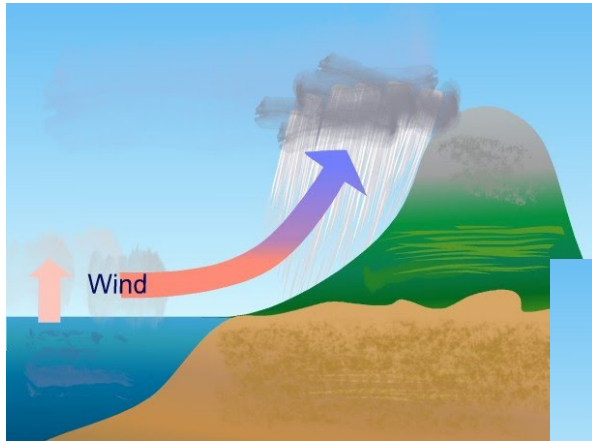


Kišomjer



Šematski prikaz Helmanovog 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

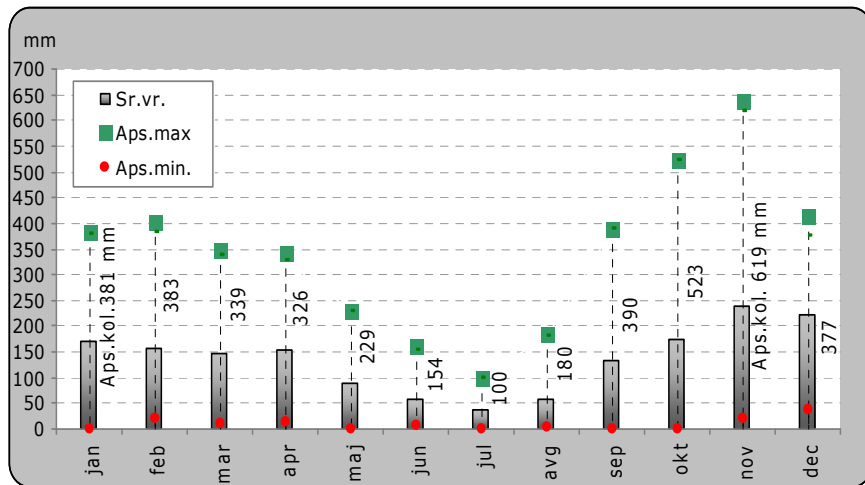
PARAMETRI PADAVINA

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:

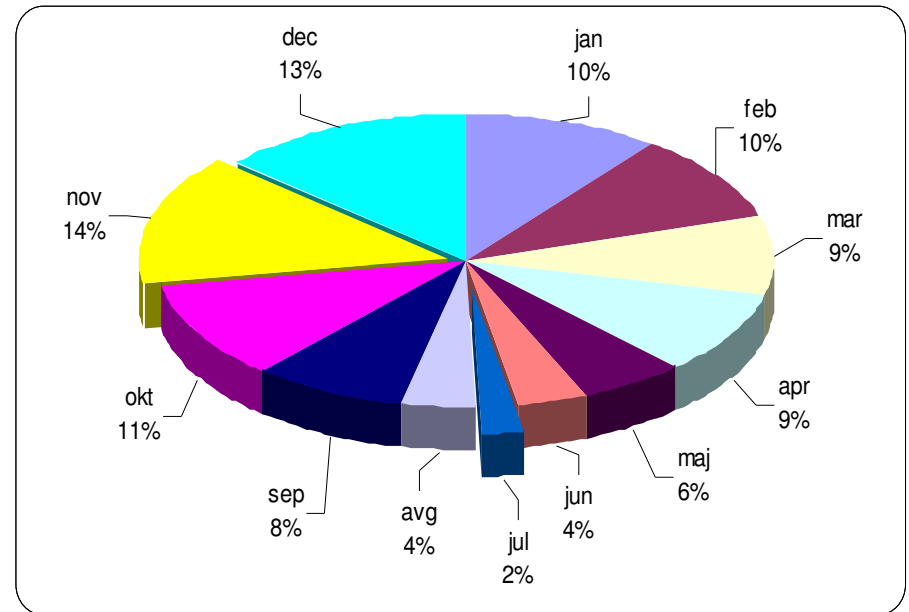
1. Dnevna količina padavina – količina padavina u mm koja se izluči u toku 24 časa, izmjerena u 7h ujutru po SEV (6h po UTC). Ta količina, izmjerena u 7h, odnosi se na dan kada je izmjerena, a obuhvata padavine u toku prethodna 24h (od 7h juče do 7h danas).
2. Mjesečna količina padavina – suma (zbir) 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 toplije (hladnije) polovine godine – suma mjesečnih količina u periodu april-septembar u datoj 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, godišnjaa, sezonska).
8. Minimalna količina padavina – iz višegodišnjeg perioda izdvoji se vremenska jedinica sa najmanje padavina (dnevna (rijetko), mjesečna, godišnjaa, sezonska).
9. Broj dana sa padavinama – broj dana u datoj 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

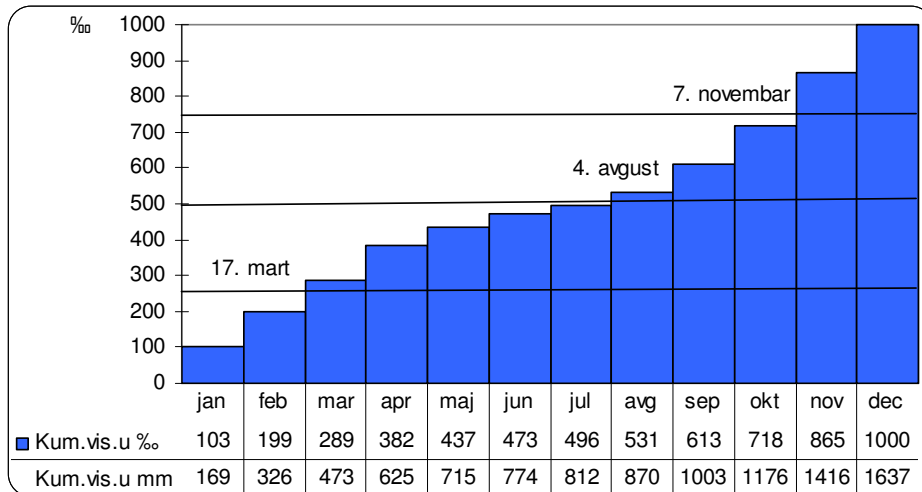
- ✓Tabelarno
- ✓Grafički (uglavnom pomuću histograma – stubići ili pravougaonici)
- ✓Prostorna raspodjela kartografski (izohijetama).



Raspored padavina u Podgorici tokom prosječne godine i apsolutno mjesečno kolebanje (1961-2000)



Procentualno učešće mjesečnih 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

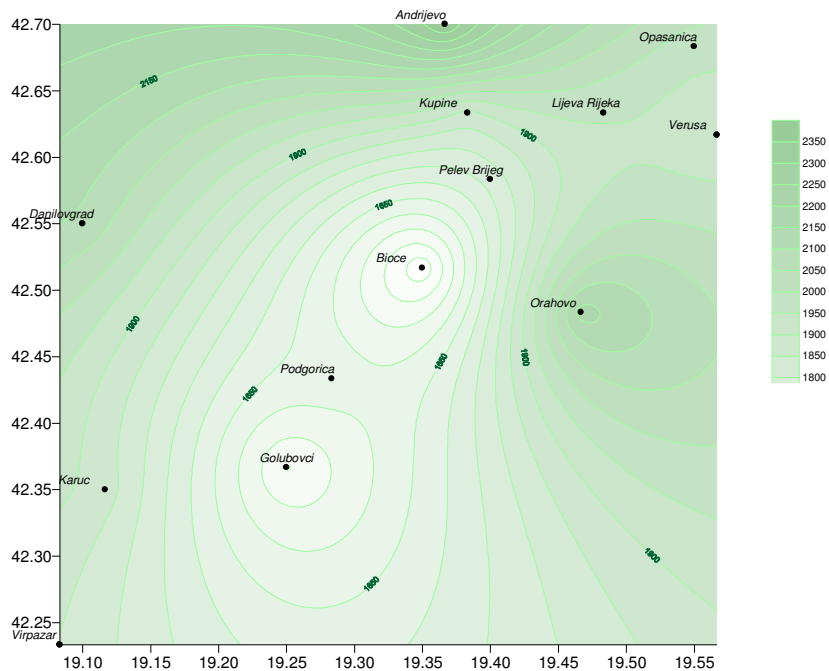
Raspodjela padavina na nekom prostoru (manjoj ili većoj teritorijalnoj jedinici), ali i drugih klimatskih elemenata (Sunčevog zračenja, osunčavanja, temperature vazduha, vazdušnog pritiska itd), predstavlja se izolinijama.

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.

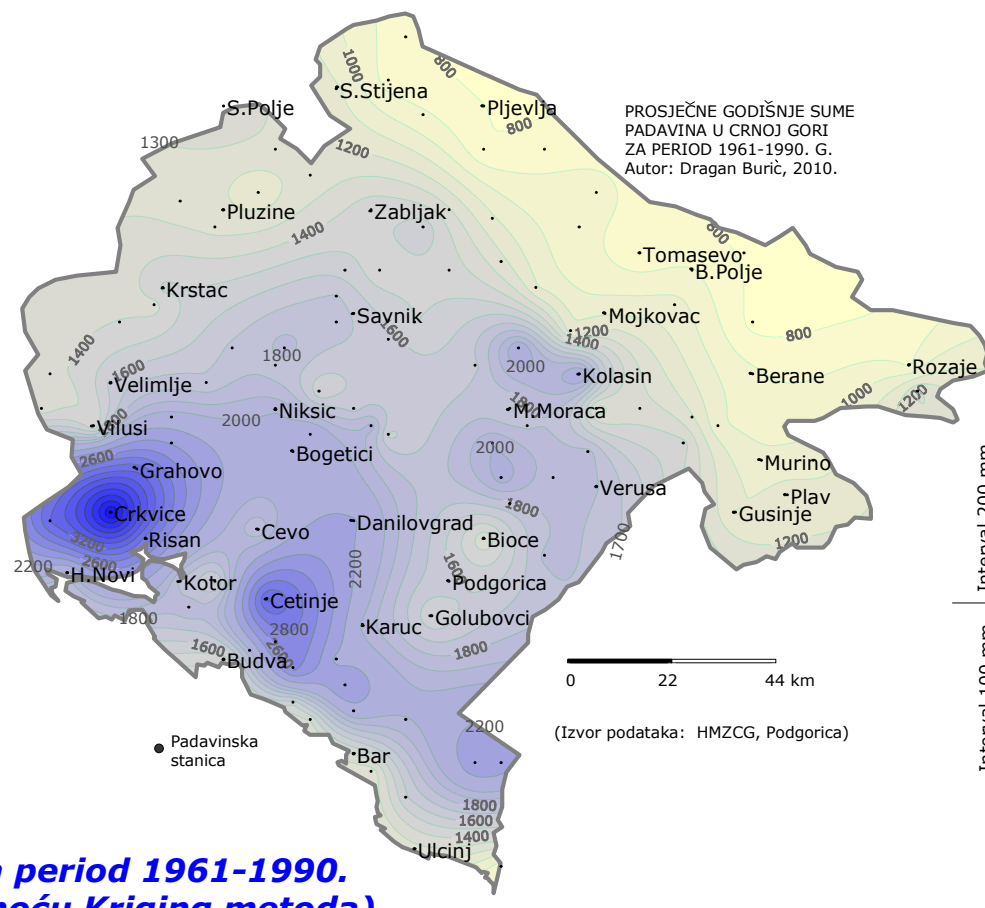
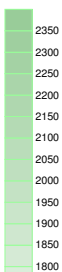
Često je potrebno uraditi i interpolaciju – umetanje izolinija između dvije susjedne izohijete, npr. između izohijete od 100 mm i 200 mm treba umetnuti izohijetu od 150 mm. Najčešće se koriste dva načina interpolisanja izohijeta: grafički i analitički.

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.

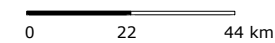
Analitička interpolacija se više koristi u klimatologiji za određivanje tačke između dvije stanice kroz koju treba da prođe odgovarajuća izohipsa. Npr. između stanica od 190 mm i 230 mm treba ucrtati izohijete na svakih 10 mm (interval je 10 mm), postupak je sedeći. Prvo se lenjirom izmjeri rastojanje 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 lenjir 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 dobićemo 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)



PROSJEČNE GODIŠNJE SUME PADAVIDNA U CRNOJ GORI ZA PERIOD 1961-1990. G. Autor: Dragan Burić, 2010.



(Izvor podataka: HMZCG, Podgorica)

DBurić

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

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 zbira visine padavina svih stanica ($\sum R_i$) na datoj teritoriji (sliv, regija, državna teritorija) i broja stanica (n): $R_o = \sum R_i / n$

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 izdijeljena 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 zbira proizvoda površina pojedinih poligona (f_i) i visine padavina stanice datog poligona (R_i) sa ukupnom površinom sliva ($\sum f$): $R_o = (\sum R_i \cdot f) / \sum f$

Metod izohijeta – zasniva se na planimetriranju 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 zbira proizvoda površina između izohijeta (f_i) i srednje visine padavina između njih (x_i) sa ukupnom površinom sliva (F): $R_o = (R_1 \cdot f_1 + R_2 \cdot f_2 + \dots + R_n \cdot f_n) / \sum f$

Metod kvadrata – posmatrana teritorija se podijeli na jednake 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 datoj teritoriji dobija kada se zbir srednje količine padavina svih kvadrata podijeli sa ukupnim brojem kvadrata (n): $R_o = \sum R_i / n$

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 (Rn) i najsuvljeg (Rn) mjeseca i prosječne godišnje sume padavina (Rg): $r = ((R_x - R_n) / R_g) \cdot 100 (\%)$

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 palo $\geq 0,1$ 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 prolječni 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 |

9. SNIJEŽNI POKRIVAČ

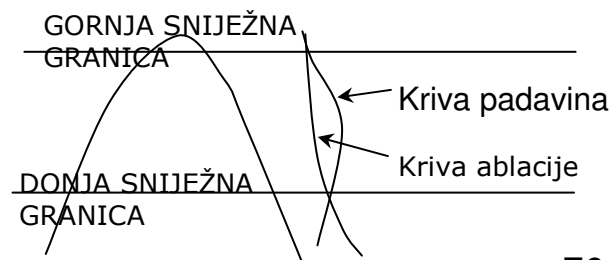
Snijeg pripada vrsti visokih padavina i meteorološkim pojavama. **Sniježni pokrivač** nastaje kao posledica padanja snijega i pripada meteorološkim (klimatski) elementima. Sniježni pokrivač je važan klimatski element za srednje i više geografske širine, kao i za više nadmorske visine na nižim geografskim 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 prolječnih 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 |
| Špicberg | 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 |
| Afrika | 0-3° | 4400-5200 |
| 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 UTČ ili ZEV) svakog dana dok on postoji pomoću snijegomjerne letve (snijegomjer), kao i gustina snijega pomoću snijegomjerne vage. Najčešće se analiziraju sledeći parametri snijega:

1. Broj dana sa snijegom – broj dana sa padanjem snijega u kojima je palo 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 ≥ 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 broja 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 broja 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 (mjerenjem 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 izolinja).

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 mjesta unutar meteorološkog kruga, a onda se visina određuje kao aritmetička sredina. Osim ukupnog sniježnog pokrivača, mjeri se i novonapadali snijeg.

Kada je visina snijega ≥ 5 cm, određuje se i njegova gustina, pomoću snijegomjerne vage. 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 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 (Z_{vs}) ili visina vode u mm od istopljenog snijega, može se izračunati pomoću formule:
 $Z_{vs} = h_s \cdot p_s \cdot 10$ (mm) - množi se sa 10 da bi se cm pretvorili u mm

h_s – visina sniježnog pokrivača

p_s – gustina snijega u g/cm^3

Primjer: $h_s = 30$ cm, $p_s = 0,25 \text{ g/cm}^3$, biće: **$Z_{vs} = h_s \cdot p_s \cdot 10 = 30 \cdot 0,25 \cdot 10 = 75$ mm** (30 cm = 300 mm, pa je $300 \cdot 0,25 = 75$ 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 matamatičku 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.