

8) GIBANJE ZRAKA

8.1. Atmosferski tlak

najmanji izravni utjecaj od svih meteoroloških elemenata, ali neizravni...

Formula za tlak zraka

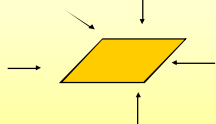
$$p = F / s$$

gdje je

p-tlak u Paskalima, Pa = N m⁻² = kg m s⁻² m⁻² = kg m s⁻²

F-sila, N

s-površina, m²



čestice zraka zbog termičkog gibanja udaraju na istoj nadmorskoj visini plohu površine "s" u bilo kojem položaju tlakom "p"

Osnovni zakon hidrostatike: težina kojom zrak djeluje prema gore jednaka je uzgonu zraka koji djeluje prema gore: predočeno relacijom

$$\Delta p = - \rho g \Delta z$$

gdje je

Δp -promjena tlaka

ρ -gustoća zraka

g-ubrzanje sile teže

Δz -promjena visine

Nadalje, izvod gornjega daje Laplace-ovu jednadžbu $p_2 = p_1 e^{-\frac{g(z_2 - z_1)}{R_z T_m}}$

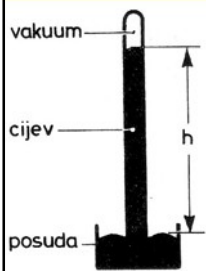
te barometarsku formulu za određivanje visinske razlike na osnovu izmjerenih tlakova

$$z_2 - z_1 = 16000 \left(1 + \frac{t_m}{273.2} \right) \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}$$

gdje su z_1 i z_2 visine, t_m (°C) i T_m (K) srednje temperature zraka u sloju od z_1 do z_2 , R_z plinska konstanta i e baza prirodnog logaritma (=2.7172...)

S visinom tlak pada; što je zrak topliji, tlak se sporije smanjuje s porastom visine

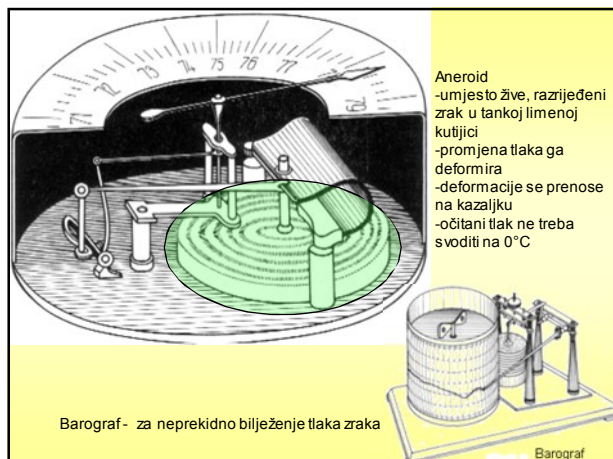
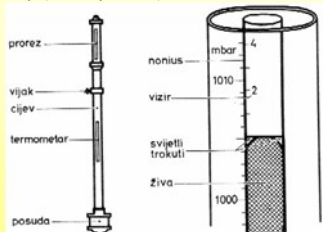
Instrumenti za mjerenje tlaka zraka: barometri



-vanjski zrak uravnotežuje stupac tekućine, najčešće žive, u cijevici visine 90 cm

-što je tlak veći, dulji je stupac žive

-postoji i termometar, da bi se temperatura barometra mogla svesti na 0°C, jer se i živa izdužuje povišenjem temperature



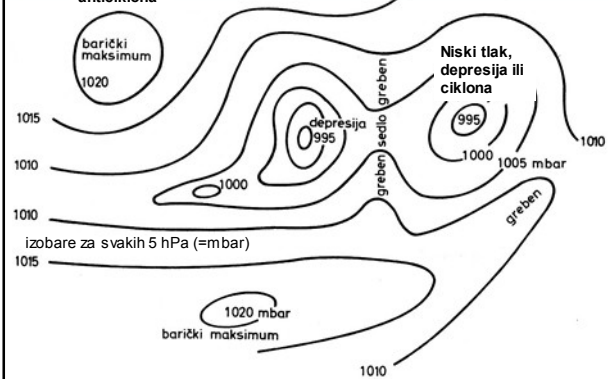
Aneroid
-umjesto žive, razrijeđeni zrak u tankoj limenoj kutijici
-promjena tlaka ga deformira
-deformacije se prenose na kazaljku
-očitan tlak ne treba svoditi na 0°C

Barograf - za neprekidno bilježenje tlaka zraka

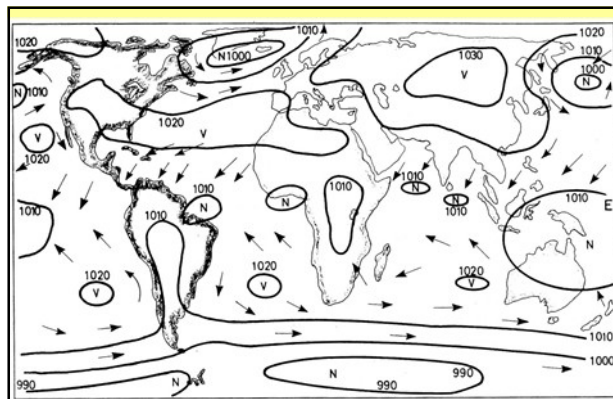
Barograf

Visoki tlak ili anticiklona

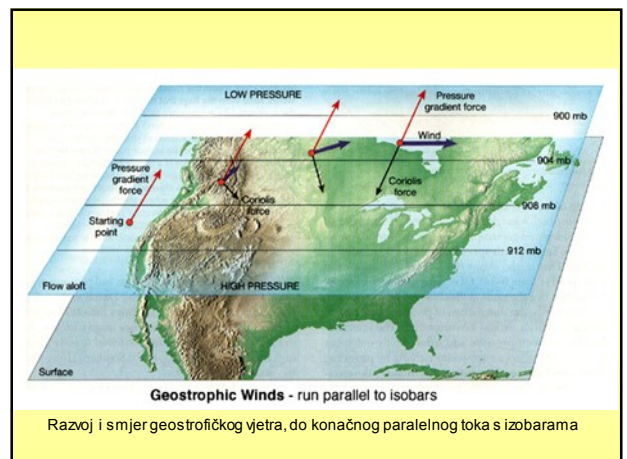
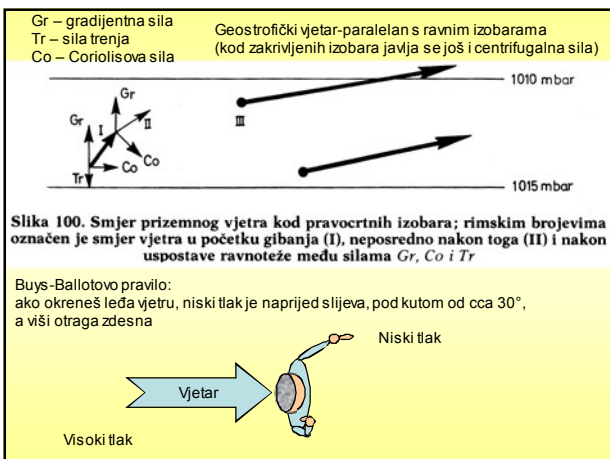
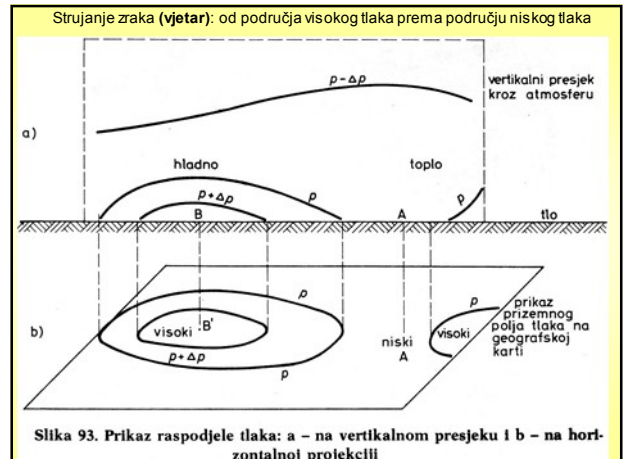
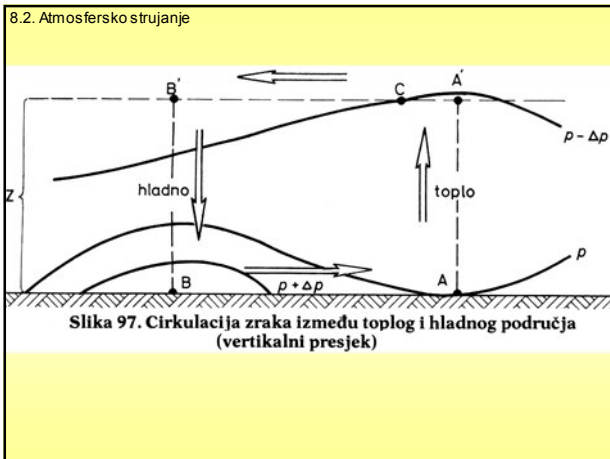
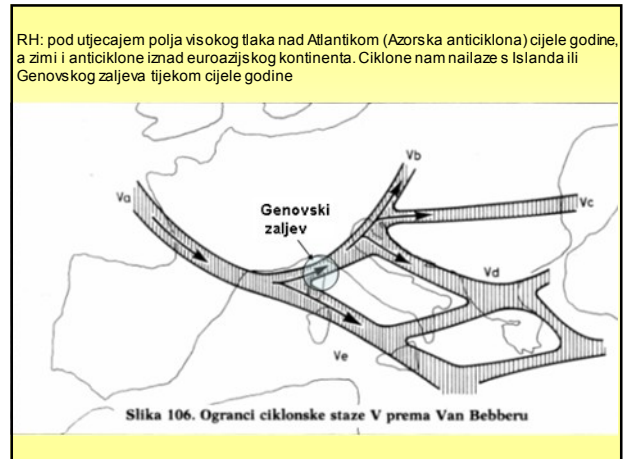
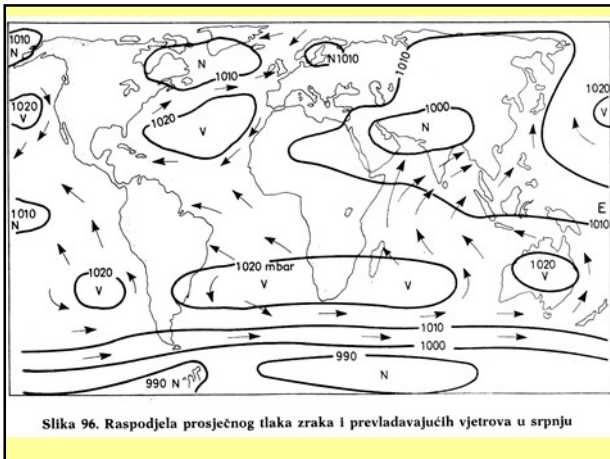
Izobare-spojnice točaka s istim tlakom



Slika 94. Tipovi baričkog polja

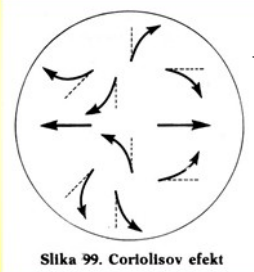


Slika 95. Raspodjela prosječnog tlaka zraka i prevladavajućih vjetrova u siječnju



Zašto zakretanje vjetrova?

izaziva ga sila trenja zbog vrtnje Zemlje u njoj atmosferi: tzv. Coriolisov efekt

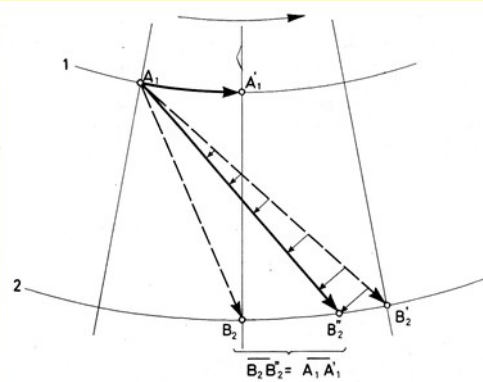


Slika 99. Coriolisov efekt

Na sjevernoj polutki:
u smjeru kazaljke na satu
(udesno)

Na južnoj polutki:
kontra smjera
kazaljke na satu
(ulijevo)

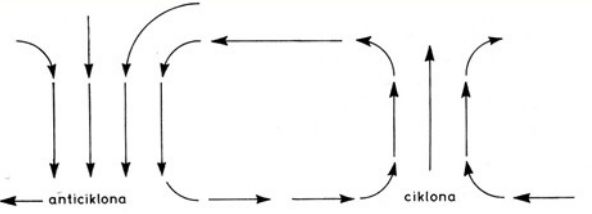
smjer vrtnje Zemlje – od zapada prema istoku



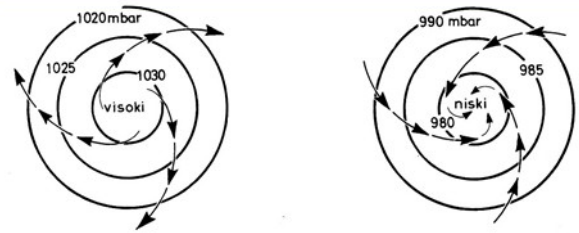
Slika 98. Tumačenje Coriolisova efekta pri gibanju na Zemlji

hladan zrak struji prema dolje; na površini tlak raste; vrijeme prohladno i stabilno

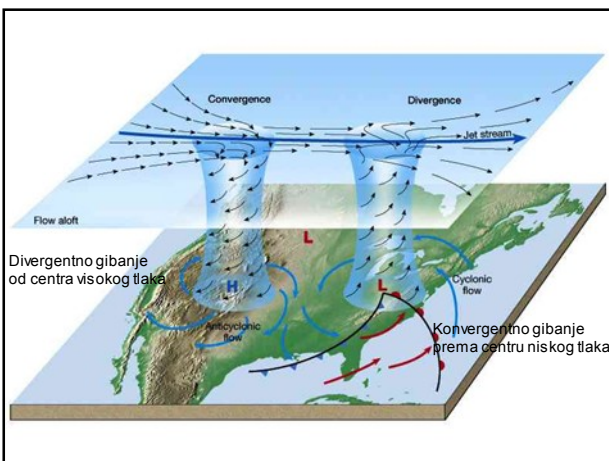
topao zrak se diže; na površini tlak pada; vrijeme promjenljivo



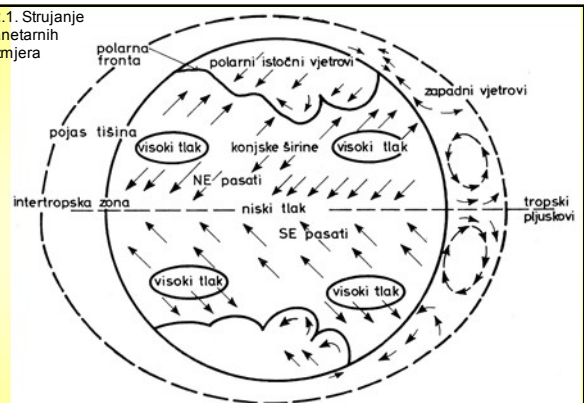
Slika 102. Vertikalni presjek kroz područje visokog i niskog tlaka s prikazom cirkulacije



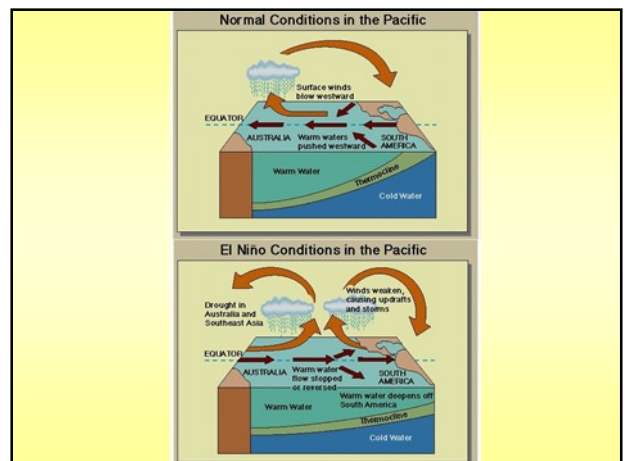
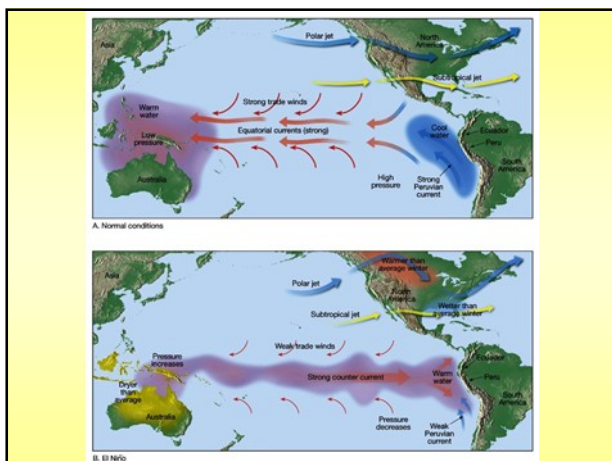
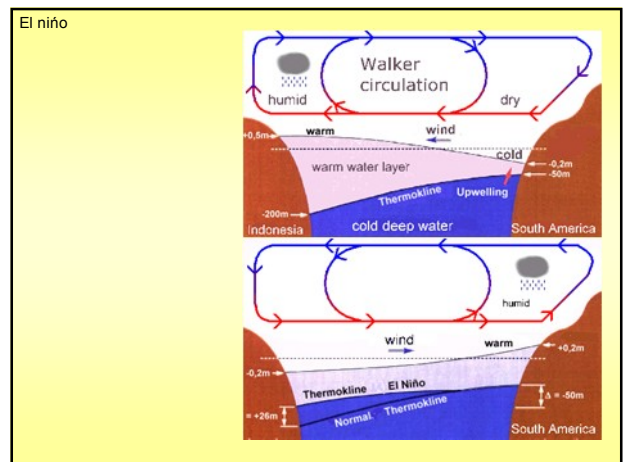
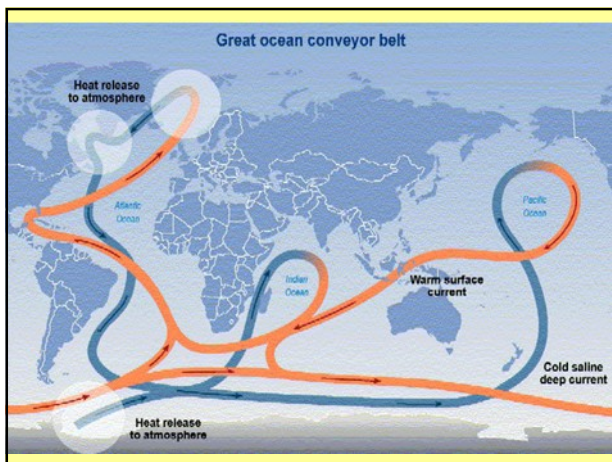
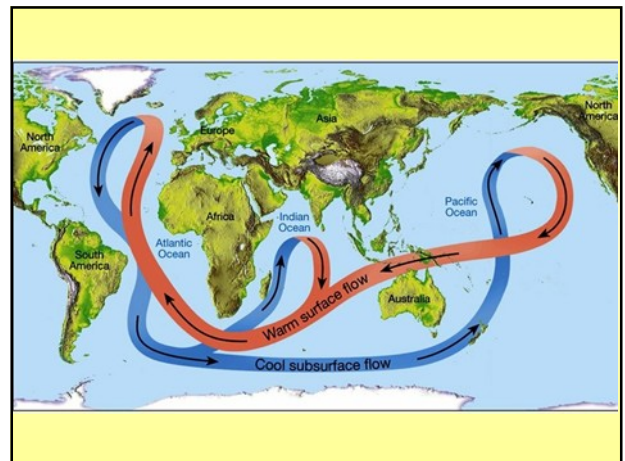
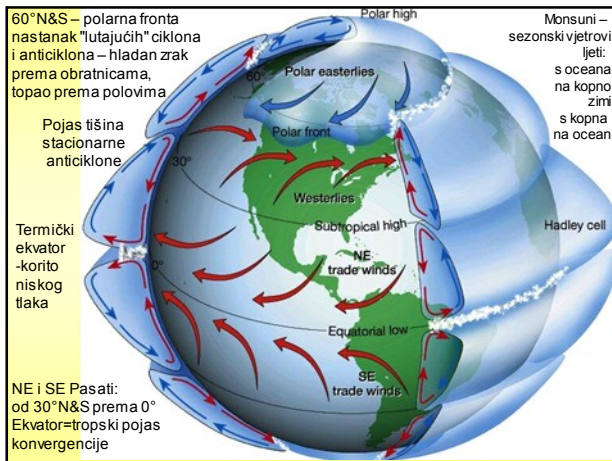
Slika 101. Smjer prizemnog vjetra u području baričkog maksimuma i u depresiji



8.2.1. Strujanje planetarnih razmjera



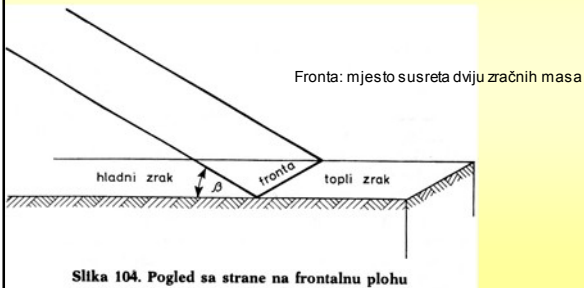
Slika 103. Shematski prikaz opće cirkulacije atmosfere



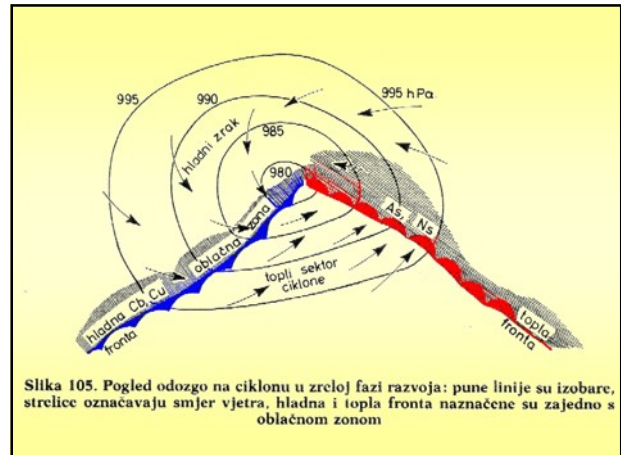
8.2.2. Zračne mase, fronte, ciklone

Zračne mase po postanku
 -ekvatorska
 -tropska
 -polarna
 -masa umjerenih širina
 -arktička

odaje im se još i pobižla oznaka
 kopnena ili kontinentalna
 morska ili maritimna



Slika 104. Pogled sa strane na frontalnu plohu




Slika 105. Pogled odozgo na ciklonu u zreloj fazi razvoja: pune linije su izobare, strelice označavaju smjer vjetra, hladna i topla fronta naznačene su zajedno s oblačnom zonom

Tropska ciklona – zametanje nad oceanima između 5 i 15° zemljopisne širine ako ojačaju:
 Uragan (Hurricane) – udara sjevernu Ameriku
 Tajfun – tuče istočne obale zapadnog Pacifika
 Ciklon – dolazi na Šri-Lanku i istočnu obalu Indijskog potkontinenta
 Nailaskom na kopno gube snagu, ubrzo prestaju

Saffirova i Simpsonova ljestvica jačine uragana

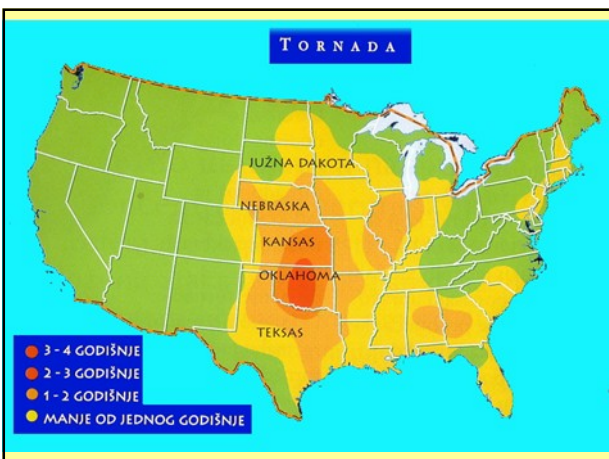
Kat.	Brzina vjetra, km/h	Visina olujnog plimnog vala, m	Razorna moć
1	119-153	1,2-1,5	Odnosi lišće s grmlja i stabala. Nanosi malu štetu pokretnim domovima (<i>trailers</i>)
2	154-177	1,8-2,4	Ruši mala stabla. Nanosi veliku štetu pokretnim domovima. Ruši dimnjake.
3	178-209	2,8-3,6	Ruši velika stabla. Uništava pokretne domove. Oštećuje strukturu malih objekata.
4	210-249	3,9-5,4	Nanosi znatnu štetu prozorima, krovovima i vratima. Uvelike oštećuje donje dijelove objekata u blizini vode.
5	250+	5,4+	Katastrofalne štete. Svi su objekti ozbiljno oštećeni ili razoreni. Najviše oštećuje donje dijelove objekata uvučene od 4.6 m do 0.5 km nadmorske visine

Pijavice i tornada – vrtložna kretanja prema gore oko središta lijevka s niskim tlakom



Fujitova ljestvica jačine tornada

Stupanj	Brzina vjeta		Razorna moć	
	km/h	mph		
Slab	F-0	64-116	40-72	malá
	F-1	117-180	73-112	umjerena
Jak	F-2	181-253	113-157	poprilična
	F-3	254-331	158-206	velika
Razoran	F-4	332-418	207-260	strahovita
	F-5	419-512	261-318	nevjerojatna





8.3. Vjetar

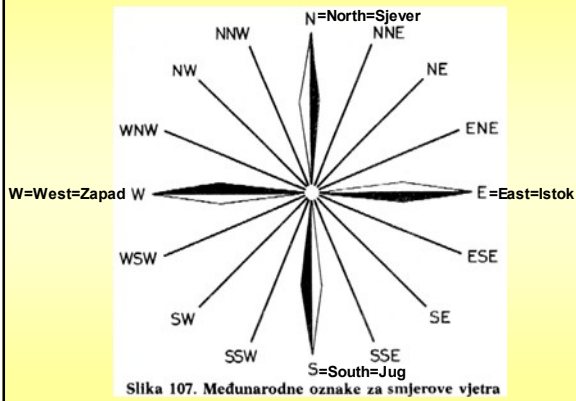
određen smjerom i brzinom ili jakošću

brzina $v = s/t$ ili prijeđeni putu jedinici vremena
 jedinice: m/s ili čvorovi $\rightarrow 1$ morska milja na sat = $1852 \text{ m} / 360 \text{ s} = 0.514 \text{ m/s}$
 shodno tome, $1 \text{ m/s} = 1/0.514 \text{ kn} = 1.944 \text{ kn}$ (=knots – čvorovi)

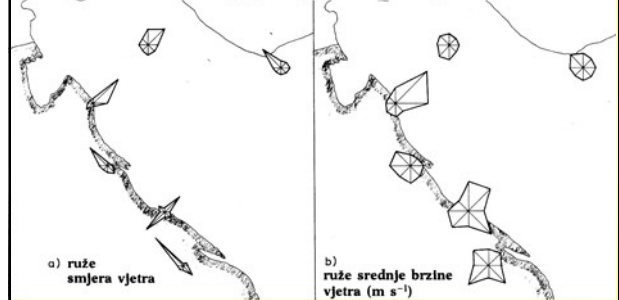
brzina vjetra razmjerna je sili horizontalnog gradijenta tlaka zraka
 $v \approx \Delta p / \Delta n$
 dakle, što su razlike u tlaku bliže, brži je vjetar (ciklone, rubovi anticiklona, tropske ciklone)
 i obrnuto, mali gradijent tlaka – slab vjetar (središte anticiklona ili grebena)

Uz površinu strujanje sporije – trenje sa Zemljom
 U visini – "Jet stream" – mlazne struje – vrh troposfere

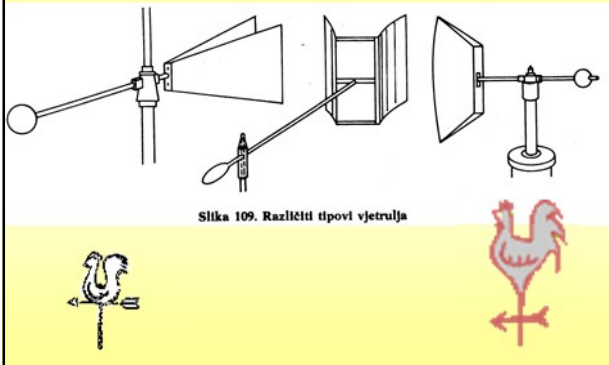
Smjer vjetra se imenuje u skladu sa stranom svijeta **odakle** puše



Slika 108. Prikaz strujanja u srpnju na odabranim mjestima u SRH:

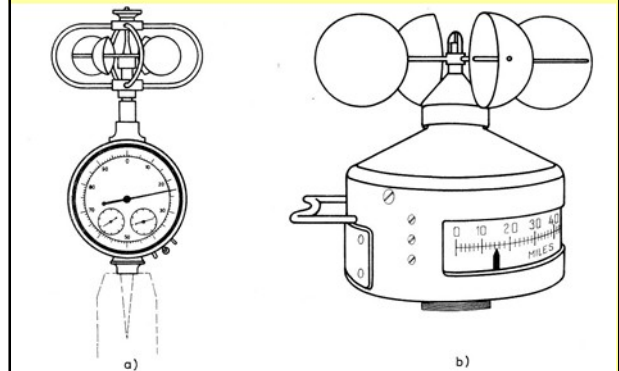


Mjerenje smjera vjetra - vjetrulje

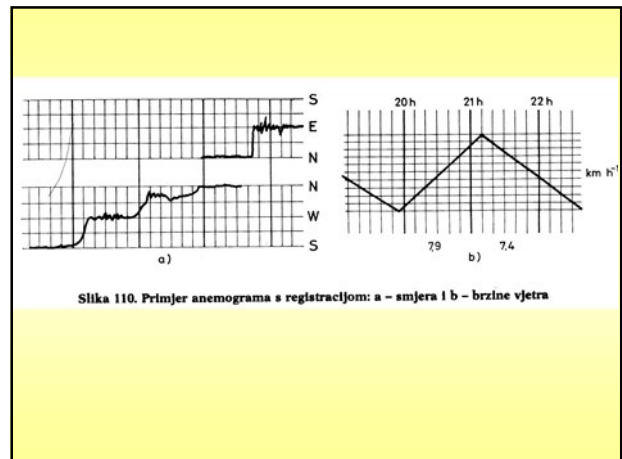
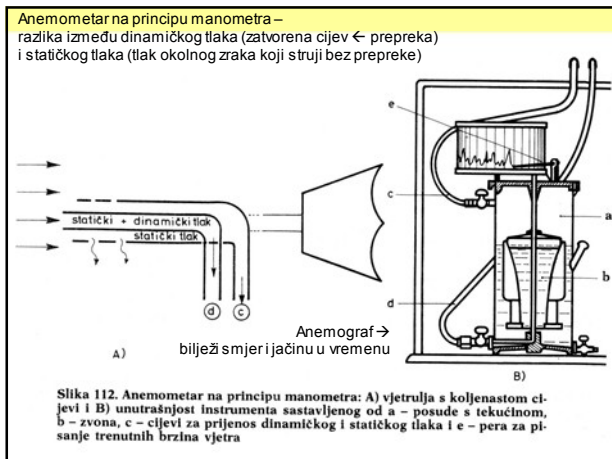


Slika 109. Različiti tipovi vjetrulja

Mjerenje brzine vjetra-anemometri



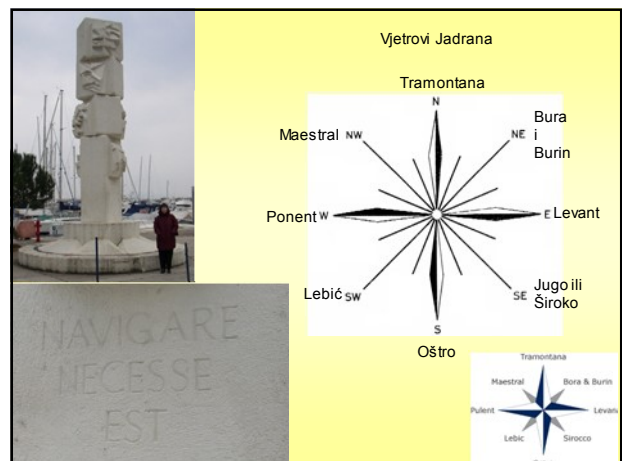
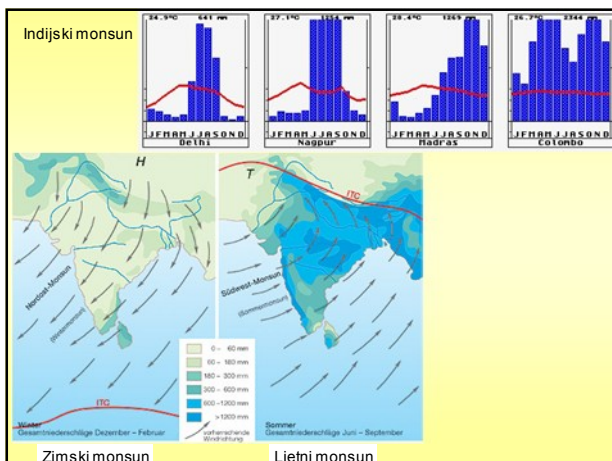
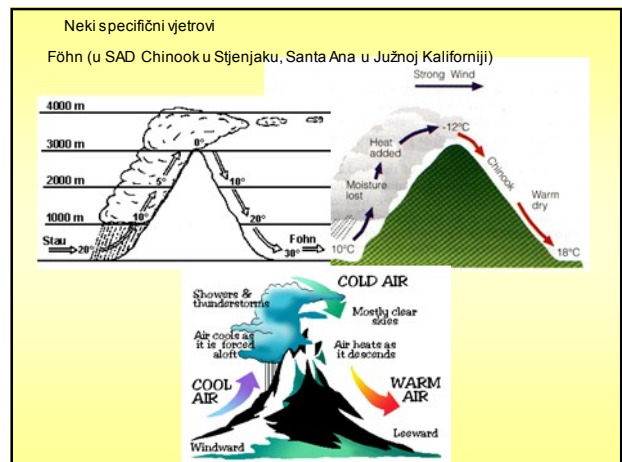
Slika 111. Ručni anemometar: a – s mehaničkim i b – s električnim prijenosom



Jačina se može izraziti i po učincima vjetra na okoliš – Beaufortova ljestvica

- 0 – kalma, tišina – dim ide okomito u vis, zastave miruju, lišće se ne miče
- 1 – lahor – pomiče stup dima, ali ga se ne osjeća
- 2 – povjetarac – osjeća se na licu, treperi lišćem, okreće vjetrušlju
- 3 – slabi vjetar – šušti kroz lišće non-stop, razvija manju zastavu
- 4 – umjereni vjetar – njiše manje granje, diže prašinu i lišće s tla, zastavica vjori stalno
- 5 – umjereni jaki vjetar – počinje bivati neugodan, njiše veće lisnate grane, manja stabla
- 6 – jaki vjetar – zuji oko žica, njiše velike grane, otkida kišobrane
- 7 – žestoki vjetar – non stop njihanje lišća, pjena na valovima
- 8 – olujni vjetar – njiše cijela debla, lomi grane, sprječava hod u vjetar
- 9 – jaki olujni vjetar – baca crijep s kuća, pomiče manje predmete
- 10 – orkanski vjetar – "drvočupac", izvaljuje drveće iz korijena, štete na zgradama
- 11 – jaki orkanski vjetar – razoran, štete velike na velikom području
- 12 – orkan – totalno pustošenje

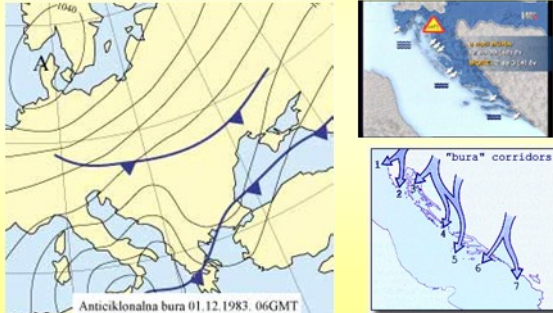
zamjerka – subjektivna, a u krajevima gdje pire jaki vjetrovi nije ista kao u krajevima bez takvih vjetrova



Bura: od grčke riječi "borej" (boreas, boras) – sjever, gora, sjeverni vjetar s gora

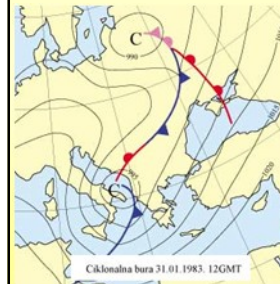
Anticiklonalna (vedra) bura

Ako je nad područjem sjeveroistočne Europe područje visokog tlaka (Sibirska anticiklona), a nad srednjim Mediteranom (Jonsko, Egejsko more) područje niskog tlaka, tada se nad područjem Jadrana javlja gradijent tlaka koji donosi hladan kopneni zrak. Takva se bura naziva anticiklonalna ili vedra bura; može dugo puhati (i do tjedan dana), ovisno o stabilnosti baričkih sustava nad kopnom i Mediteranom.



Ciklonalna (mračna, škura) bura

Kada preko Jadrana prelazi ciklona od NW prema SE, dok istovremeno nad srednjom Europom jača greben Azorske ili Sibirske anticiklone, na prednjoj strani ciklone puše jugo, a na stražnjoj strani bura, uz oblačno vrijeme i moguću pojavu oborina. Uz brz prodor ciklone takva bura, koja se naziva ciklonalna ili mračna (škura) bura, ne traje dugo. Ako ciklona stacionira nad područjem južnog Jadrana, bura može potrajati i nekoliko dana uz pojavu izrazito lošeg vremena.



Ako središte ciklone stacionira nad područjem srednjeg Jadrana, što je relativno česta pojava, na sjevernom i dijelu srednjeg Jadrana sjeverno od rta Ploča puše bura, a na južnom Jadraru puše jugo.

Ako je središte ciklone još sjevernije, moguća je situacija da jugo puše na području južno od Kvameriča, a istovremeno u Velebitskom kanalu olujna orkanska bura

Jugo: južina, jugovina, šilok, šiloko (šiločina - jak šilok), široko (prema tal. scirocco).

Anticiklonalno jugo

Anticiklonalno jugo se javlja zbog gradijenta tlaka koji nastaje kada se nad zapadnom Europom proteže prostrano ciklonalno polje, a istovremeno nad jugoistočnom Europom i istočnim Mediteranom polje visokog tlaka. Zbog stacionarnosti baričkih polja u prosjeku puše dulje nego ciklonalno jugo, a može puhati i do tjedan dana. Praćeno je vedrim ili malo oblačnim vremenom, a oborina uglavnom nema ili su vrlo slabe.



Ciklonalno jugo 22.12.1983. 06GMT



Ciklonalno jugo

Ciklonalno jugo se javlja kada se području Jadrana približava depresija iz smjera SW do NW. Može puhati olujnom, u pojedinim kanalima i orkanskom jačinom, a praćeno je oblačnim vremenom i kišom. Najčešće počinje puhati na sjevernom dijelu Jadrana, a trajanje mu je u prosjeku kraće od puhanja anticiklonalnog juga, osim kada ciklona stacionira nad područjem Đenovskog zaljeva ili sjevernog Jadrana.

Palac - suho jugo – isušuje, "pali" usjeve

Maestral

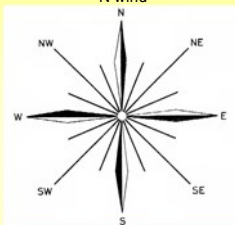
NW wind

-latinski *ventus magistralis* ← glavni, magistralni vjetar "zmorac", počinje oko 10-11 ujutro, doseže najjaču snagu oko 14-15 popodne da bi zamro po zalasku sunca, kad ga zamjenjuje burin, "skopnac", sjeverozapadnjak

blag, stalan, uglavnom ugodan, vrlo pogodan za jedrenje



Tramontana (tramuntana)
N wind

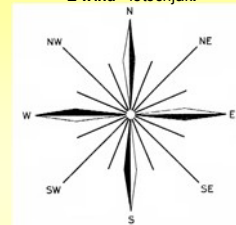


-od latinskog *ventus transmontanus*, u prijevodu - vjetar koji puše (dolazi) preko planina.

naziv za sjeverne vjetrove poznat u mnogim krajevima Sredozemlja

-prohladan vjetar umjerene jakosti (pokadšto može biti jak i mahovit) koji najčešće puše pri vedrini. Njegova je pojava vjesnik proljetšanja vremena.

Levant ili levnat
E wind - istočnjak.

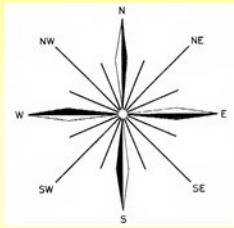


od talijanski, *levante*: istok, koja riječ potječe od latinskog *levare*: dizati, uspravljati (na istoku se Sunce diže nad obzorjem)

-najčešće umjeren (samo ponekad jak) vjetar koji obično puše uz oblačno, vlažno i kišovito vrijeme.

- kada dostiže znatnu jakost, dobiva ime levantara.

Oštro
(loštrac)
S wind

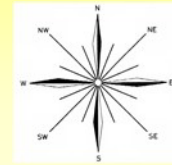


Ime od latinskog *auster*: jug.

To je topao i vlažan vjetar, najčešće ne puše dugo, ali može dostići znatnu jakost.

Slabo oštro je loštrin, a jako loštračina.

Lebić
SW wind



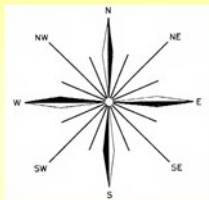
od talijanskog *libeccio*, vjetar "koji puše iz Libije"

Obično je to suh i topao vjetar, koji na Jadranu zapuše poslije juga, kada sredozemna ciklona prijede s mora na kopno zapadnog ili središnjeg djela naše zemlje.

Uglavnom ne traje dugo, ali može biti vrlo jak (lebičada).

Osobito opasan zbog "križanja" valova i poplavnog dizanja mora u plitkim lukama koje su otvorene prema jugozapadu.

Ponent
(pulenat, pulenat)
W wind



tal. *ponente*: zapad, mjesto gdje se Sunce spušta i zalazi.

Najčešće je umjerene jakosti.

Zimi može biti jak (pulentada), kada donosi s vježe i promjenljivo vrijeme.

Ljeti je najčešće slab (pulentac) i znak je lijepa vremena.

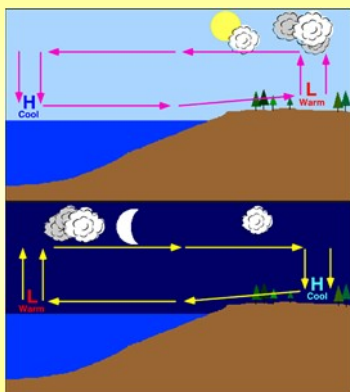
Dolnjak
-prati Dunav – istječe hladna masa iz anticiklone nad Karpatima
-"Košava"
-"Zdolec" ako krene Dravom



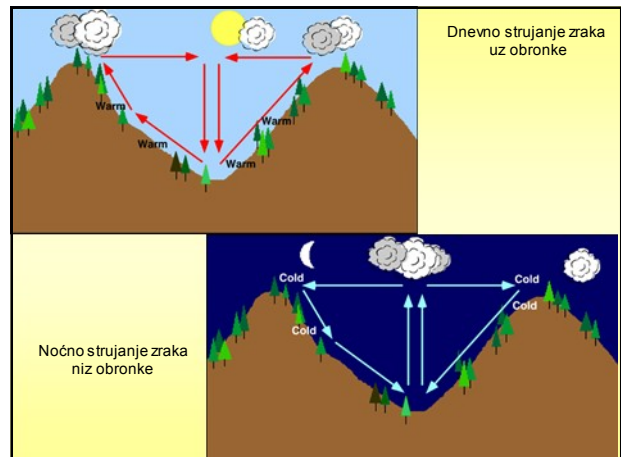
8.4. Utjecaj podloge i reljefa na miješanje i strujanje zraka

Strujanje zraka
more-kopno

H-High pressure
visoki tlak
Cool
hladno

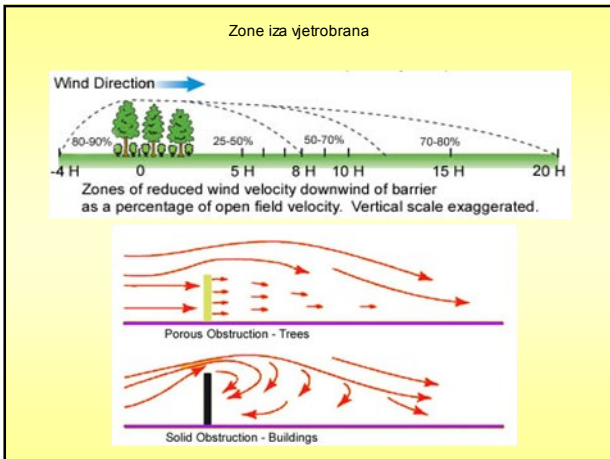
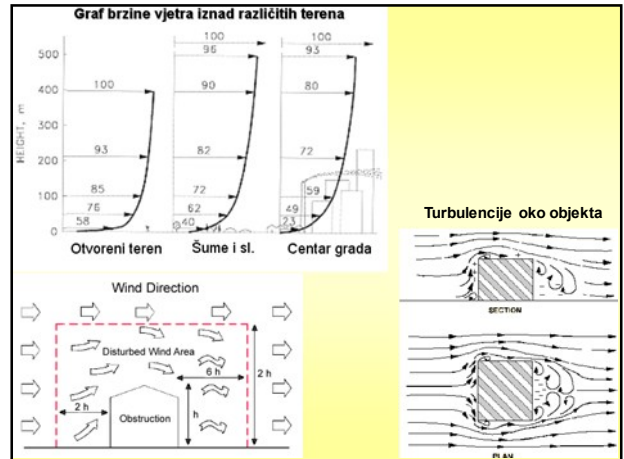
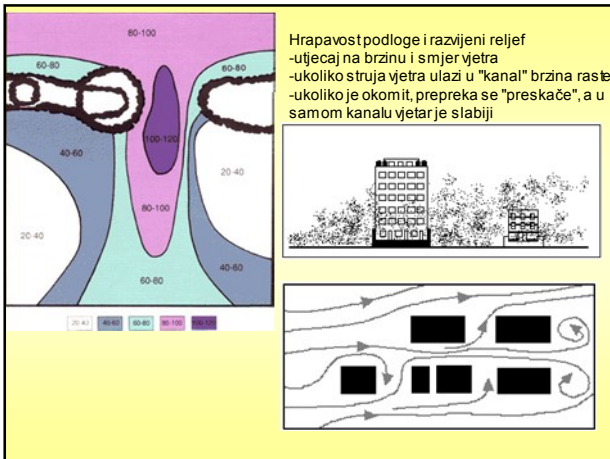


L-Low pressure
niski tlak
Warm
toplo



Dnevno strujanje zraka
uz obronke

Noćno strujanje zraka
niz obronke



8.5. Važnost atmosferskog strujanja za biljke i životinje

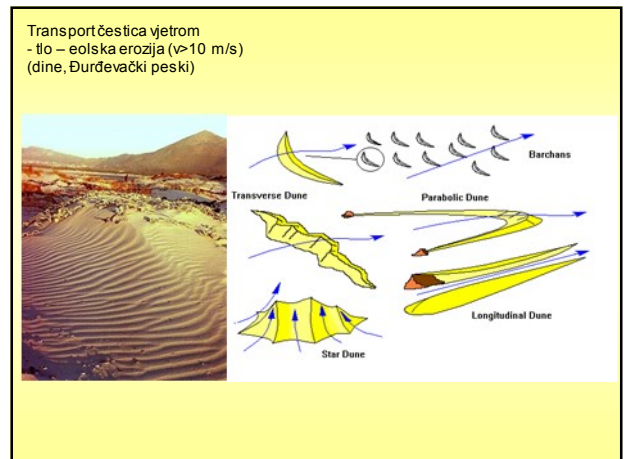
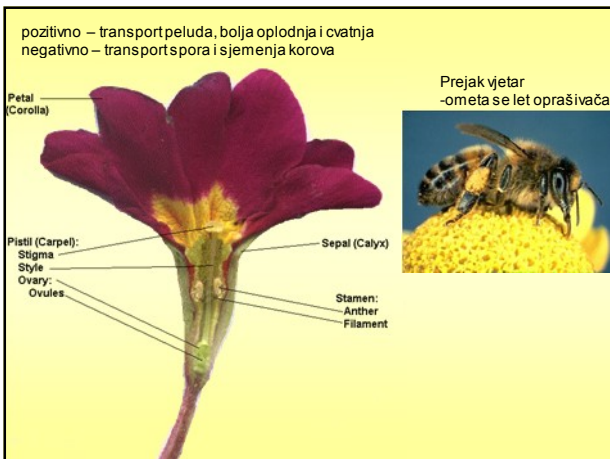
Utjecaj zračnog strujanja:
 - turbulentna razmjena i advektivni prijenos energije i čestica
 - mehaničko djelovanje vjetrova
 ♦ pritisak
 ♦ usisavanje
 ♦ vrtlozi

Advekcija vlage
 - kruženje vlage na globalnim razmjerima
 - RH: na svaki 1m² godišnje padne 700-1000 kg=litara vode → gustoća vode=1kg/dm³

Miješanje zraka vjetrom:
 - razmjena topline, CO₂, H₂O pare, prijenos peluda, spora, sjemena, čestica tla i snijega

Ukoliko zrak miruje = temperaturni ekstremi
 - kotline, mikrodepresije → mrazišta
 - gusti sklopovi biljaka, lišće zadržava zagrijani zrak → visoke temperature

Blagi vjetrovi – povoljan utjecaj na fotosintezu ← svježi dotok CO₂ i vlage (rosa)
 Jak vjetrovi – povećanje ET ← pozitivno – isušuje tlo, ranije moguća obrada
 negativno – isušuje tlo i biljku, moguć stres



THE GREAT BLOW OF 1934
AN OKLAHOMA DUST STORM
THE WIND BLOW AND THE DUST FLOW



"Dirty thirties"
"prijava tridesete"

Onda...

...i nedavno
Kansas, SAD



Snijeg i vjetar:
-ogoljavanje tla – biljke nezaštićene od hladnoće
-stvaranje nanosa, zapuha i sl. - lomovi grana

Mehaničko djelovanje vjetra: samo jaki vjetrovi
-korištenje energije vjetra ($v > 6$ m/s)





Windmill close-up, courtesy of EBN

Utjecaj na životinje:
- gubljenje topline → prehlade → smrzavanje
→ Biokovo, Dinara, Velebit: orkanska bura 80 km/h (22 m/s) ← kozomor

-nastambe štite od vjetra

- širenje bolesti





Understanding Anthrax

Anthrax can be contracted through the digestive system, abrasions in the skin, or inhaled through the lungs.



Anthrax is carried to the lymph nodes. Here anthrax grows and multiplies.

In the lungs anthrax can cause buildup of fluid, tissue decay and lead to death.

Anthrax spreads from the lymph nodes to the rest of the body by way of blood and lymph. High levels of toxins lead to shock and then death.

In some cases anthrax can lead to meningitis.

CASOS NATURALES DE ANTRAX



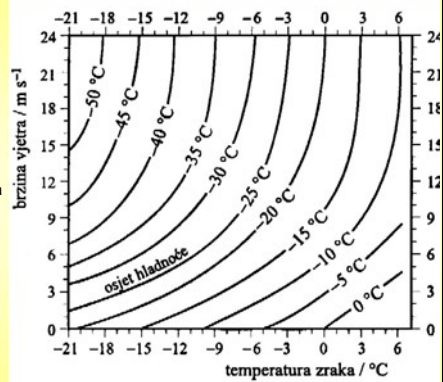
■ Epidemia: ampliamente repartida entre animales
■ Endemia: Afecta regularmente a animales

Vjetrena temperatura
(Wind chill)

-osjet hladnoće izazvan vjetrom

-za vjetrove kod temperature zraka ispod 6°C

-odnosi se toplina
-zbog isparavanja znoja podloga-koža se hladi



brzina vjetra / m s⁻¹

temperatura zraka / °C

Ovisnost vjetrene temperature (krivulje) o temperaturi zraka i brzini vjetra