

## 6) VODA I NJEZINE PRETVORBE

prisutna u sva tri agregatna stanja:

- krutom (led, snijeg),
- tekućem (voda, kiša, rosa) i
- plinovitom (para)



## 6.1. Isparavanje vode

### 6.1.1. Evaporacija i transpiracija

Evaporacija/isparavanje – spontano odlaženje molekula vodene pare iz vode, mokrog tijela ili leda u zrak

preduvjet: apsolutna vlažnost zraka nad samom vodom ili ledom ( $a_{vs}$ ) veća od apsolutne vlažnosti u okolnom zraku ( $a_{va}$ )

Na evaporaciju utječu:

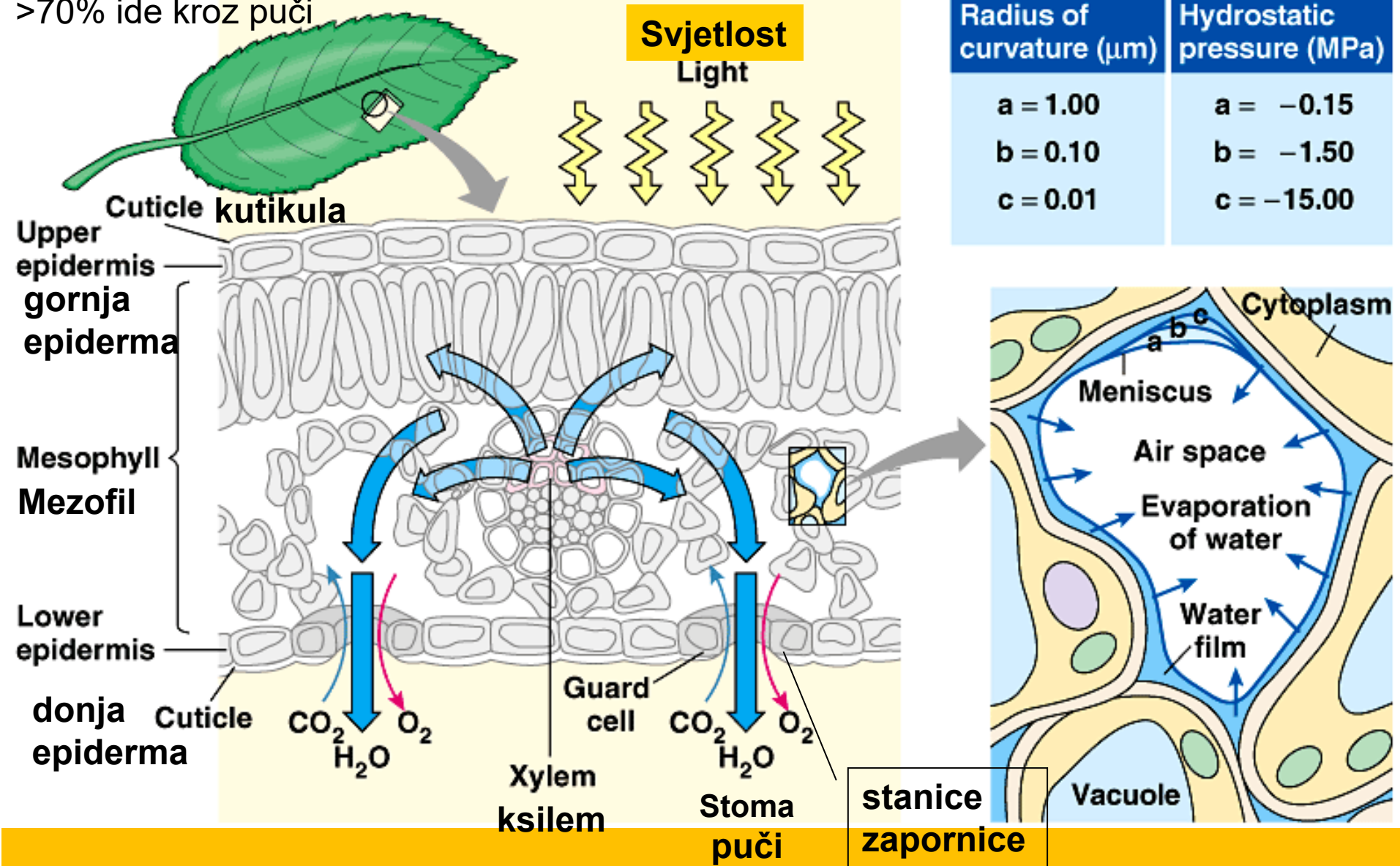
1. temperatura tijela iz koje voda isparava
2. temperatura zraka
3. vlažnost zraka
4. brzina vjetra

Isparavanje troši toplinu!!!

za prijelaz 1 g tekuće vode u paru treba 25 kJ topline: tzv. Latentna toplina, L

# Transpiracija – isparavanje vode iz biljaka i životinja

>70% ide kroz puči



Stanice zapornice - zatvaraju puči noću i tijekom dana ukoliko nema dosta vode u tlu (podnevni deficit vode za transpiraciju)

Evapotranspiracija (ET) = evaporacija + transpiracija

Potencijalna ET: neograničena nedostatkom vode

- najveća moguća za dato stanje ozračenja, temperature, vlage zraka i brzine vjetra
- utjecaj temperature: relativne vlažnosti i brzine vjetra = 80:6:14
- topli vjetar ubrzava ET

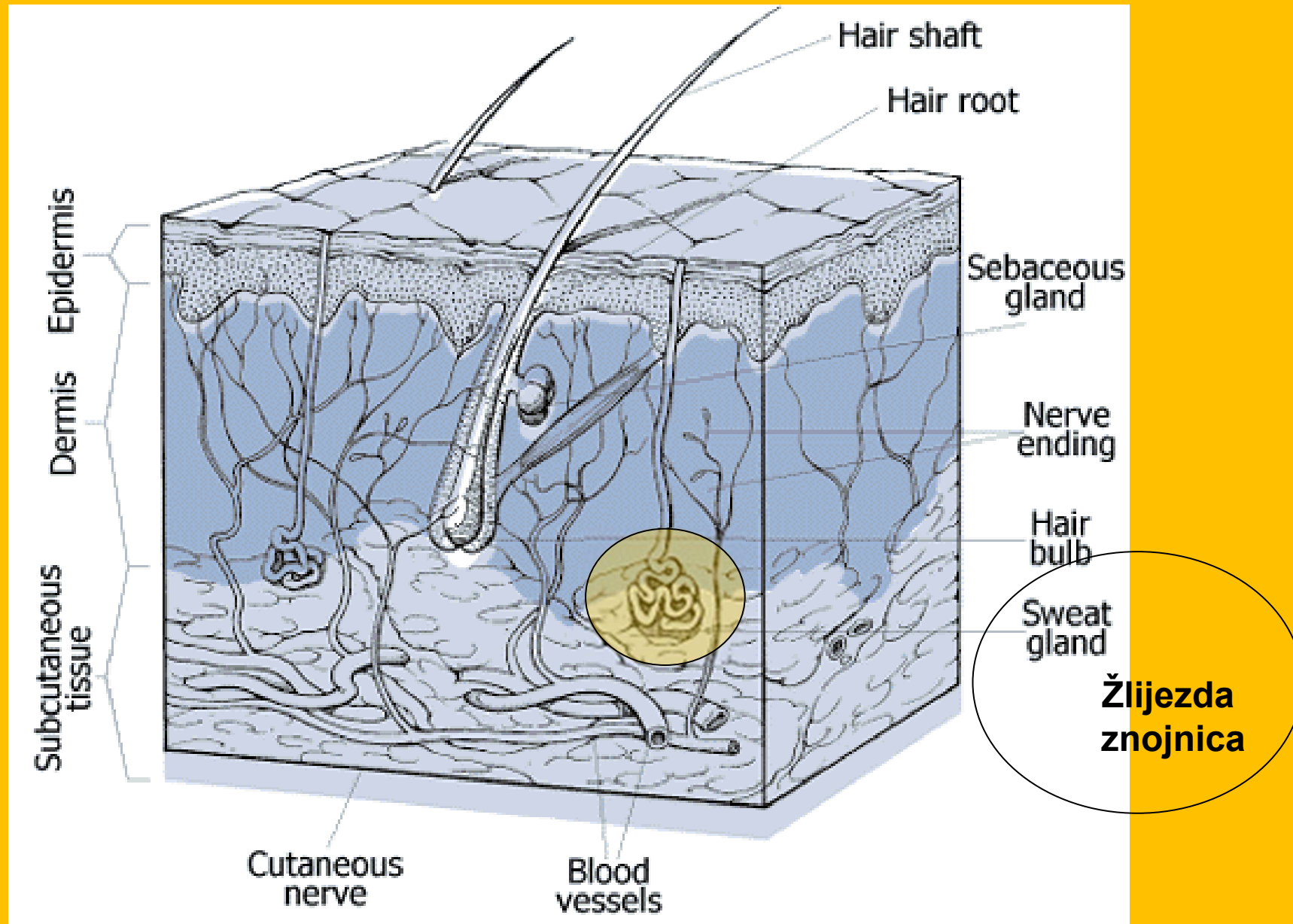
Stvarna ET – ovisi o dostupnim zalihama vode u tlu

ET za njivu pokrivenu biljem je za 25% manja od evaporacije sa slobodne vodene površine

Razlozi:

- albedo biljaka > albeda vode
- biljka ne transpirira noću, a evaporacija traje danonoćno

## Transpiracija putem kože - perspiracija



## Transpiracija putem daha - respiracija

Kondenzacija vodene pare:  
zagrijani zrak iz pluća,  
zasićen vodenom parom,  
hladi se, smanjuje mu se  
kapacitet za vlagu, te se  
para kondenzira u oku  
vidljive kapljice



### Pustinjska bića:

temperatura zraka na izlazu iz pluća  
je niža nego okolni zrak → vlaga se ne  
gubi ovim putem



Dahtanje:  
tijelo se hladi putem  
ispuštanja toplijeg  
zraka iz pluća i  
udisanjeg hladnog iz  
okoliša, te  
hlapljenja tekućine s  
dobro prokrvljenog  
tkiva jezika

## 6.2. Voda u tlu

vlaga tla:

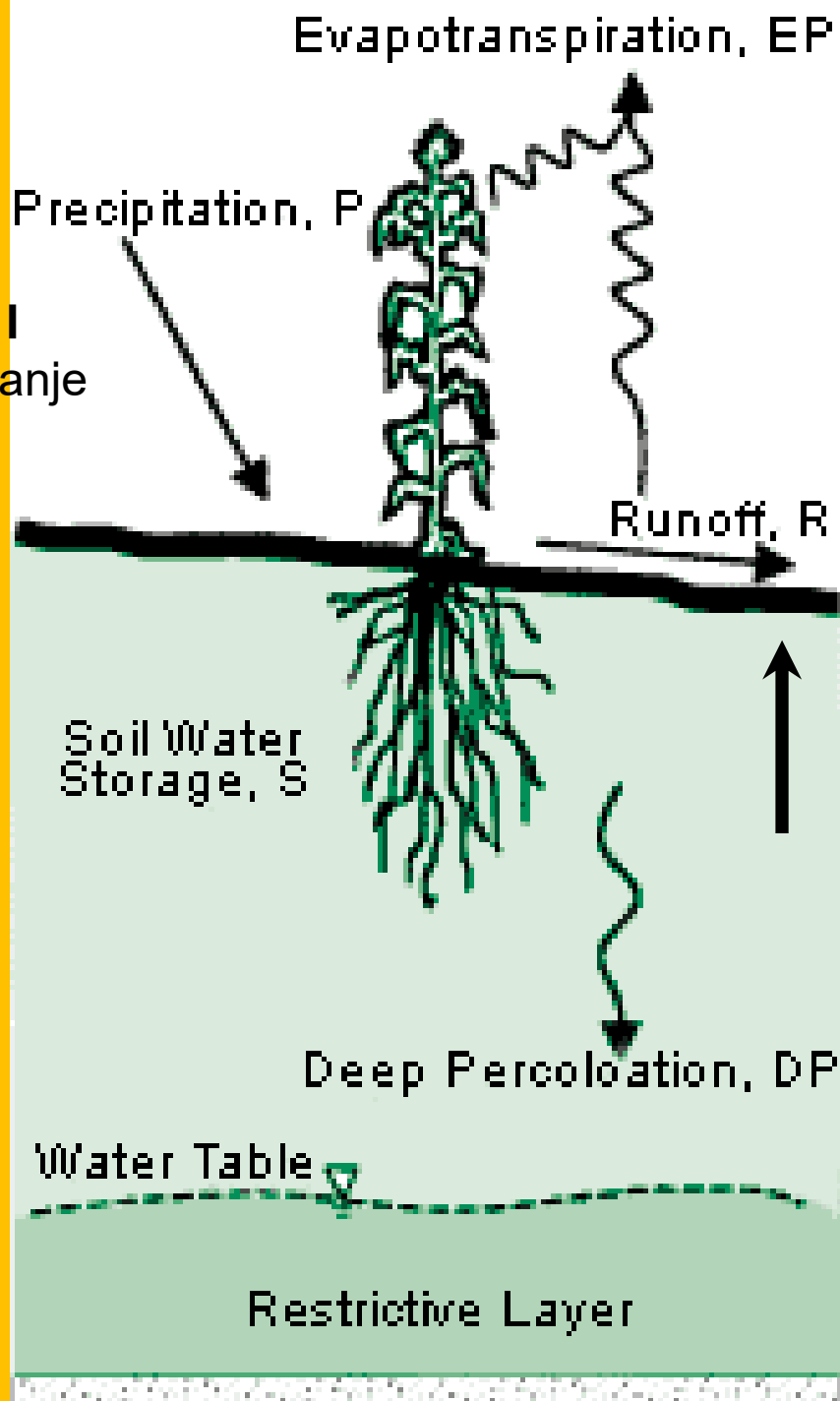
iskazuje se kao:

-mm vode

-relativna vlažnost tla:

$$\frac{\text{m vode}}{\text{m suhog tla}}$$

razina podzemne vode



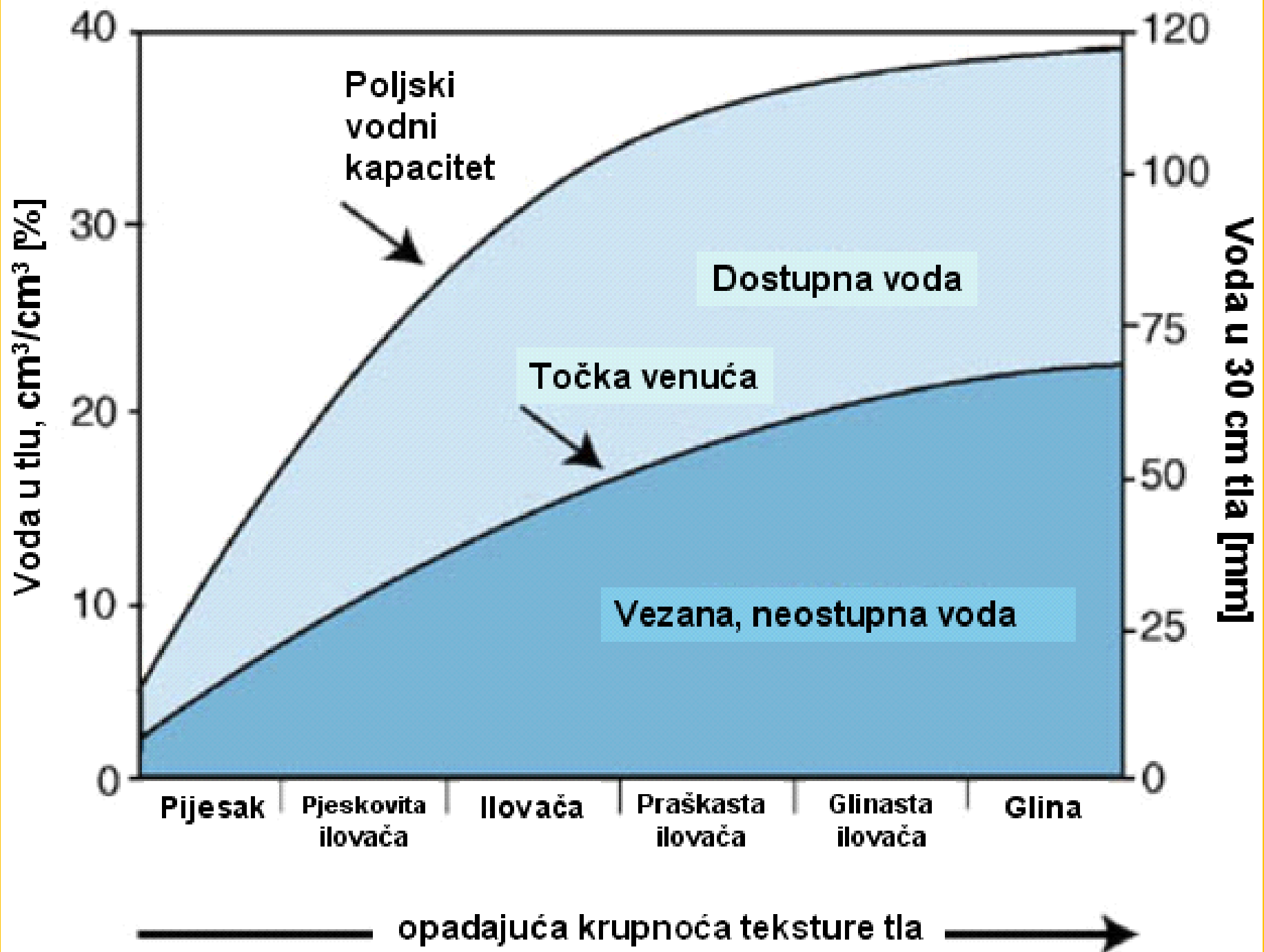
Evapotranspiracija

Površinsko  
otjecanje  
vode

Capillarity, C  
Kapilarni uspon

Ocjedna voda

Nepropusni sloj

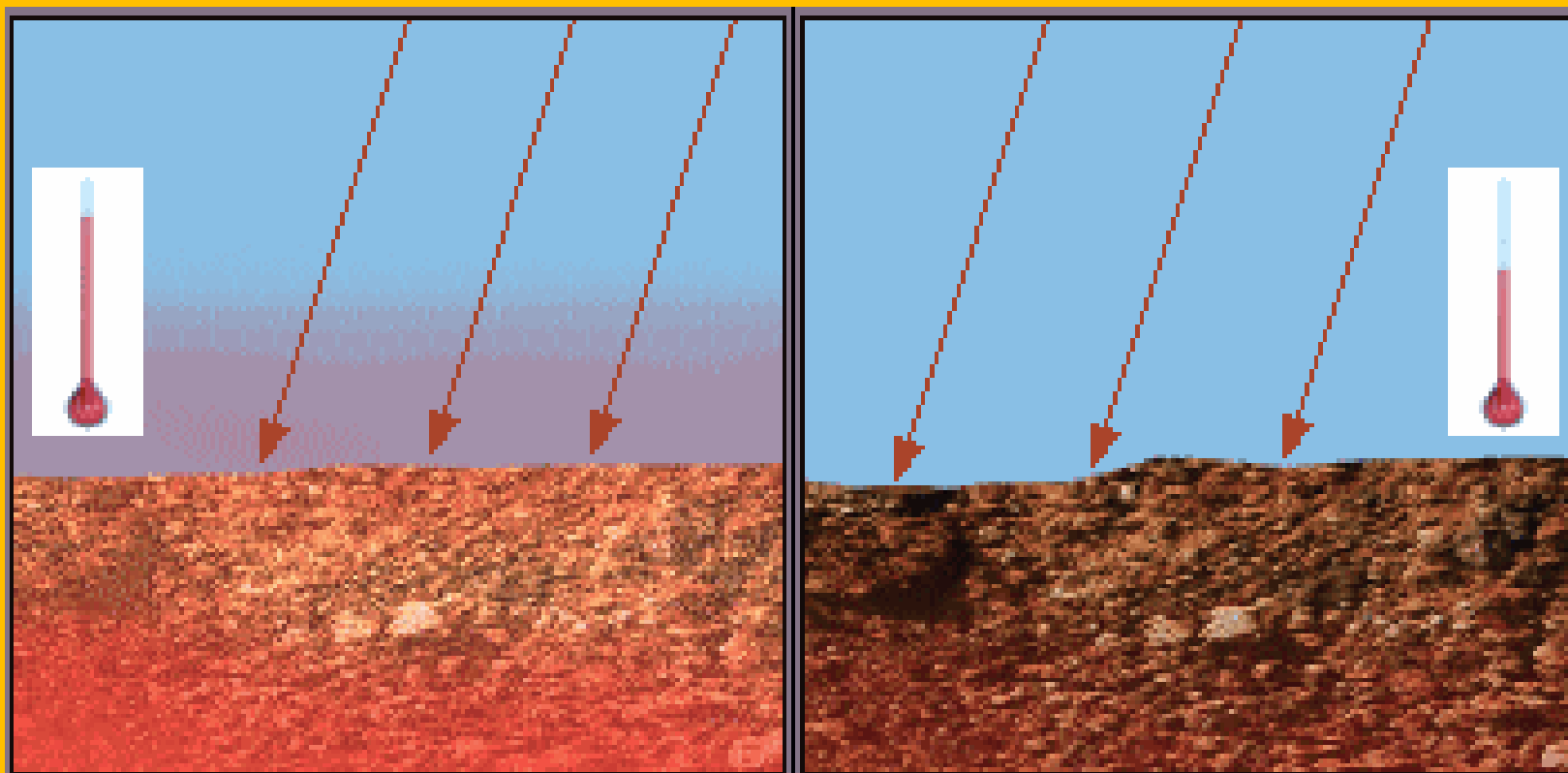




Vlaga u tlu također utječe na temperaturu tla:

suho tlo ima manji specifični toplinski kapacitet i koeficijent toplinske vodljivosti nego mokro tlo

→ suho tlo se na površini prije zagrije, ali i prije ohladi → veći rasponi temperatura tla



Suho tlo

Vlažno tlo

## 6.3. Vlaga u zraku

Najviše vlage u prizemnim dijelovima atmosfere (ET)

Maksimalna količina vodene pare u zraku ovisi o temperaturi zraka

Ukoliko je maksimalna količina vodene pare u zraku dostignuta, zrak je zasićen parom, a nova para, isparena iz tla, kondenzira se ← ravnotežni tlak vodene pare je prijeđen

Magnus-Tetensova formula

$$P_v = c_1 e^{\frac{c_2 t}{c_3 + t}}$$

gdje je

$P_v$  – ravnotežni tlak pare [hPa]

$t$  – temperatura [°C]

$e$  – baza prirodnog logaritma (=2.7182818....)

$c_1$  – ravnotežni tlak vodene pare pri 0°C =6,11 hPa

$c_2, c_3$  – empirijske konstante ovisne o agregatnom stanju vodene površine

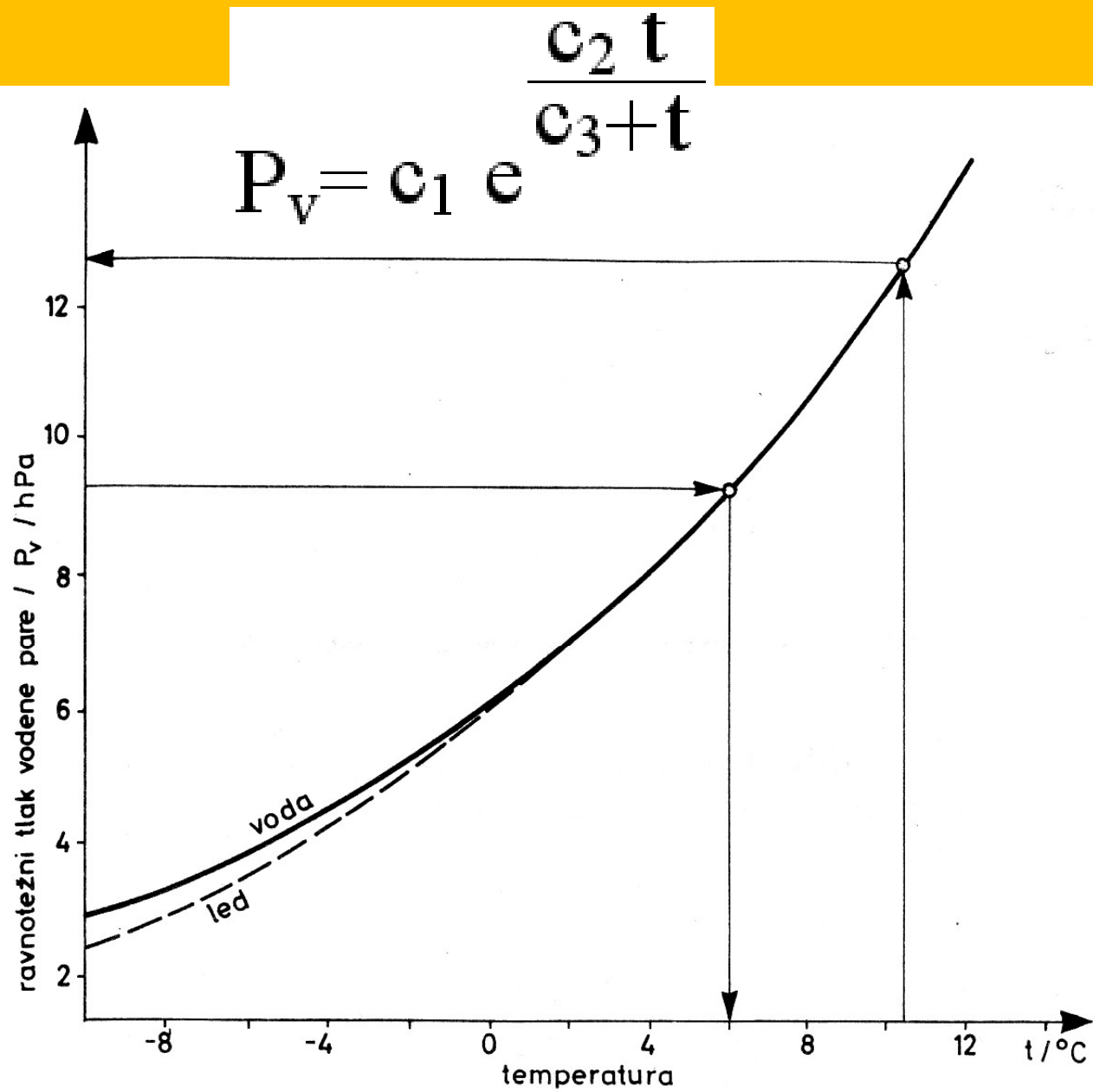
za vodu temperature  $\geq 0^\circ\text{C}$ ,

$$c_2=17.1, c_3=234.4$$

za led,

$$c_2=22.4, c_3=272.4, \text{ te}$$

za vodu pri temperaturama zraka  $< 0^\circ\text{C}$ ,  $c_2=17.1, c_3=245.4$



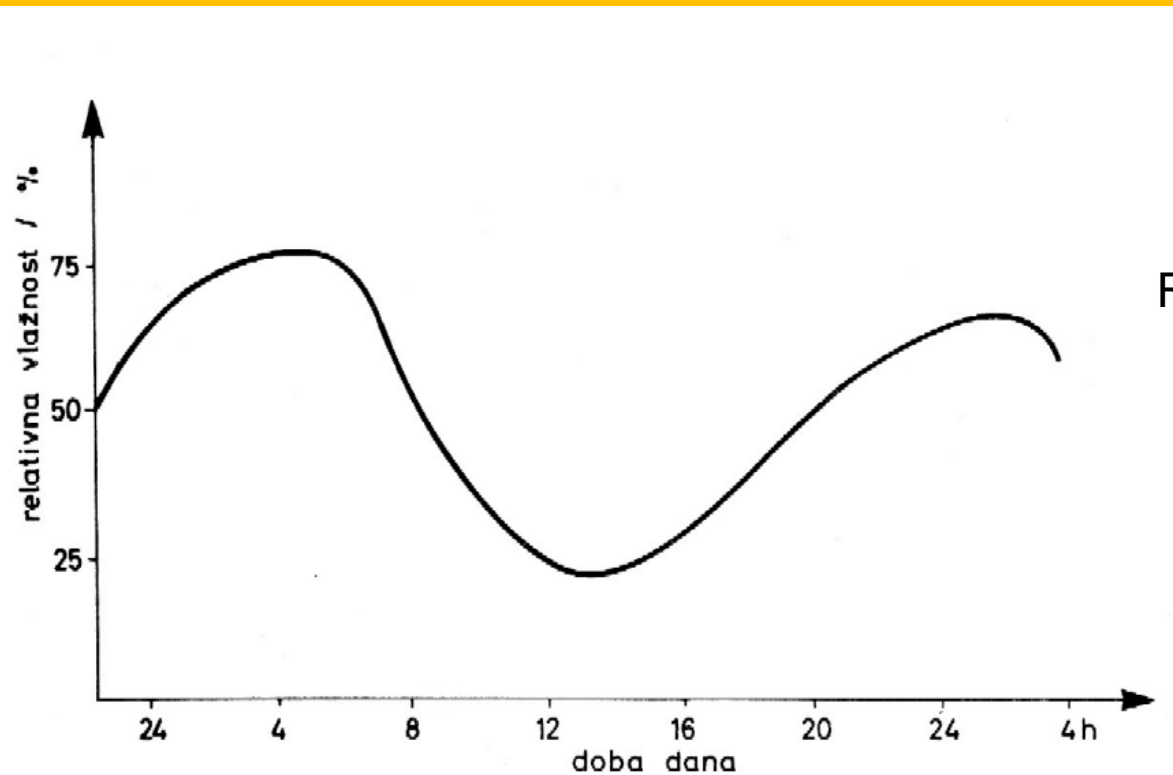
Slika 65. Ovisnost ravnotežnog tlaka pare  $P_v$  o temperaturi zraka

Stvarni tlak vodene pare,  $p_v$

-u donjem dijelu atmosfere uglavnom manji od  $P_v$

-dnevni hod  $p_v$  nepravilan:

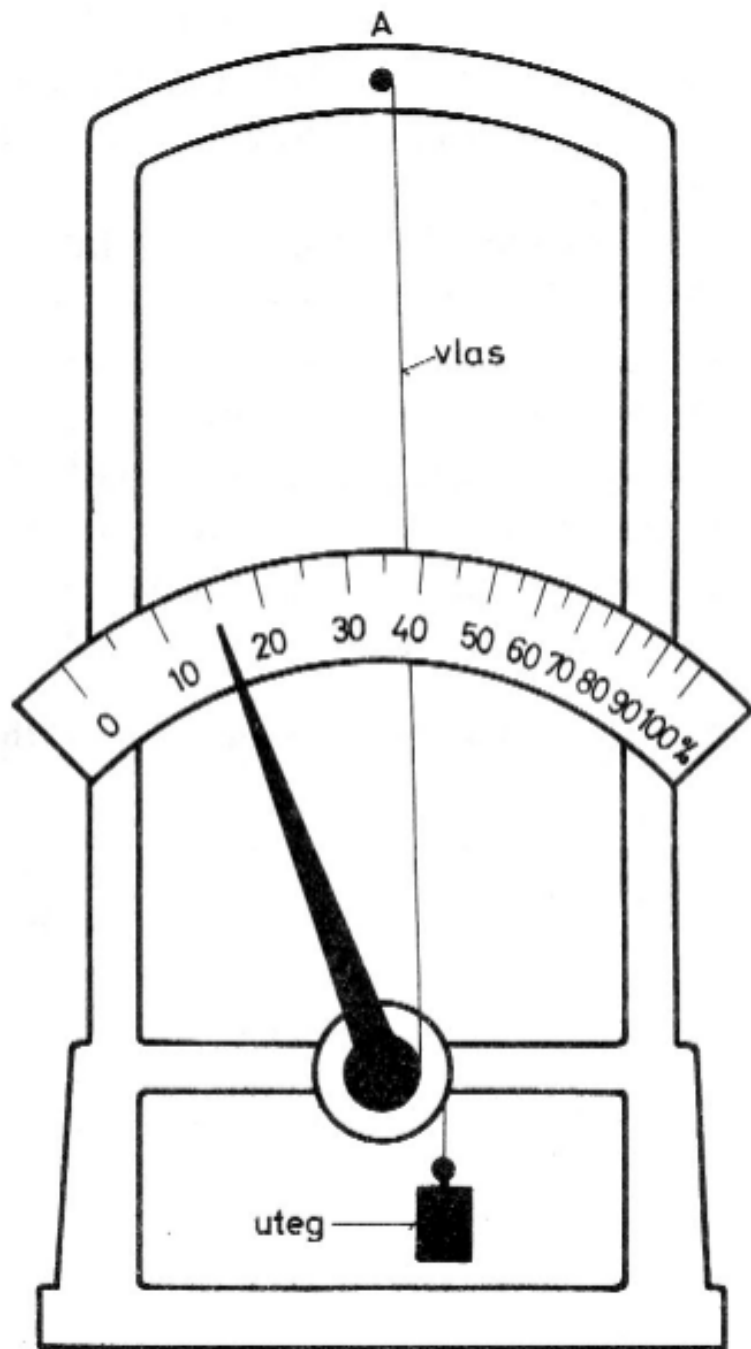
- raste do 10 ujutro zbog jačanja ET
- uzlazne struje zatim dižu zasićeni zrak, pa je  $p_v$  stalan
- oko 16 uzlazne struje slabe, pa  $p_v$  raste
- po zalasku Sunca, prestaje ET pa i  $p_v$  pada



Slika 66. Dnevni hod relativne vlažnosti zraka

Relativna vlažnost zraka,  $u$  [%]

$$u = \frac{p_v}{P_v} 100$$



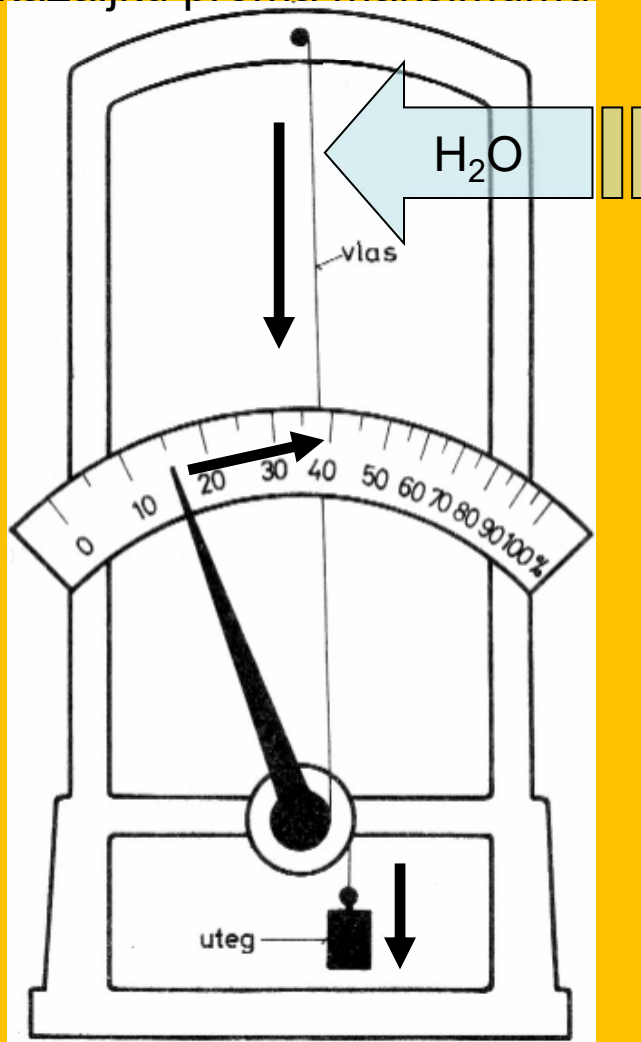
Slika 69. Hlgrometar

## Mjerenje vlažnosti zraka

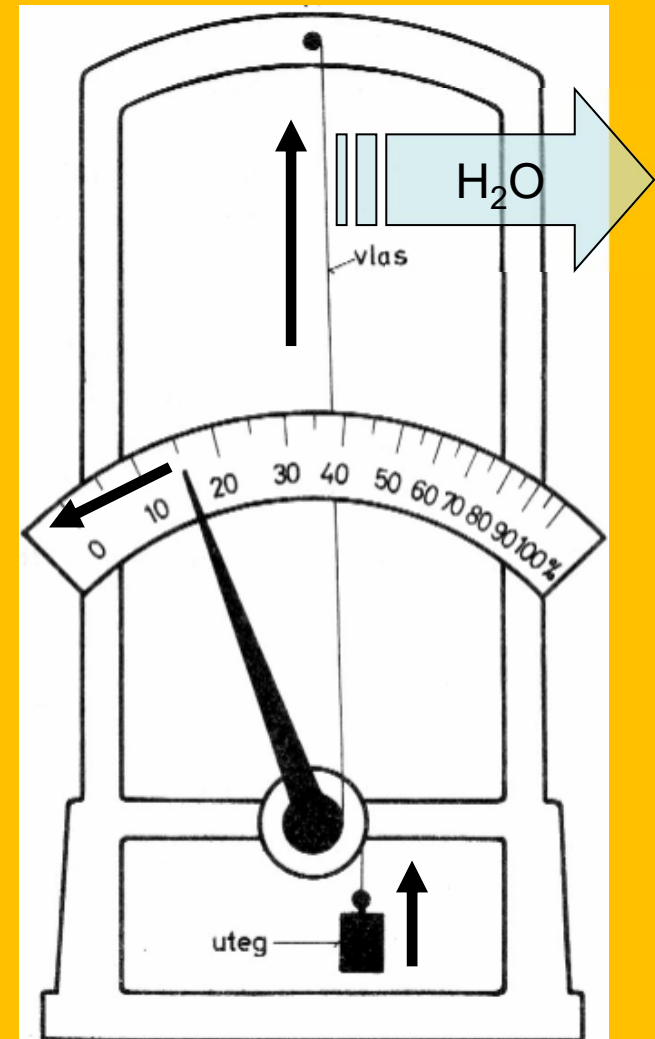
- direktno možemo mjeriti samo relativnu vlažnost zraka
- koristi se svojstvo organske tvari (vlasi) da se upijanjem vlage rasteže
- vlasi moraju biti posebno kemijski obrađene

## Princip rada

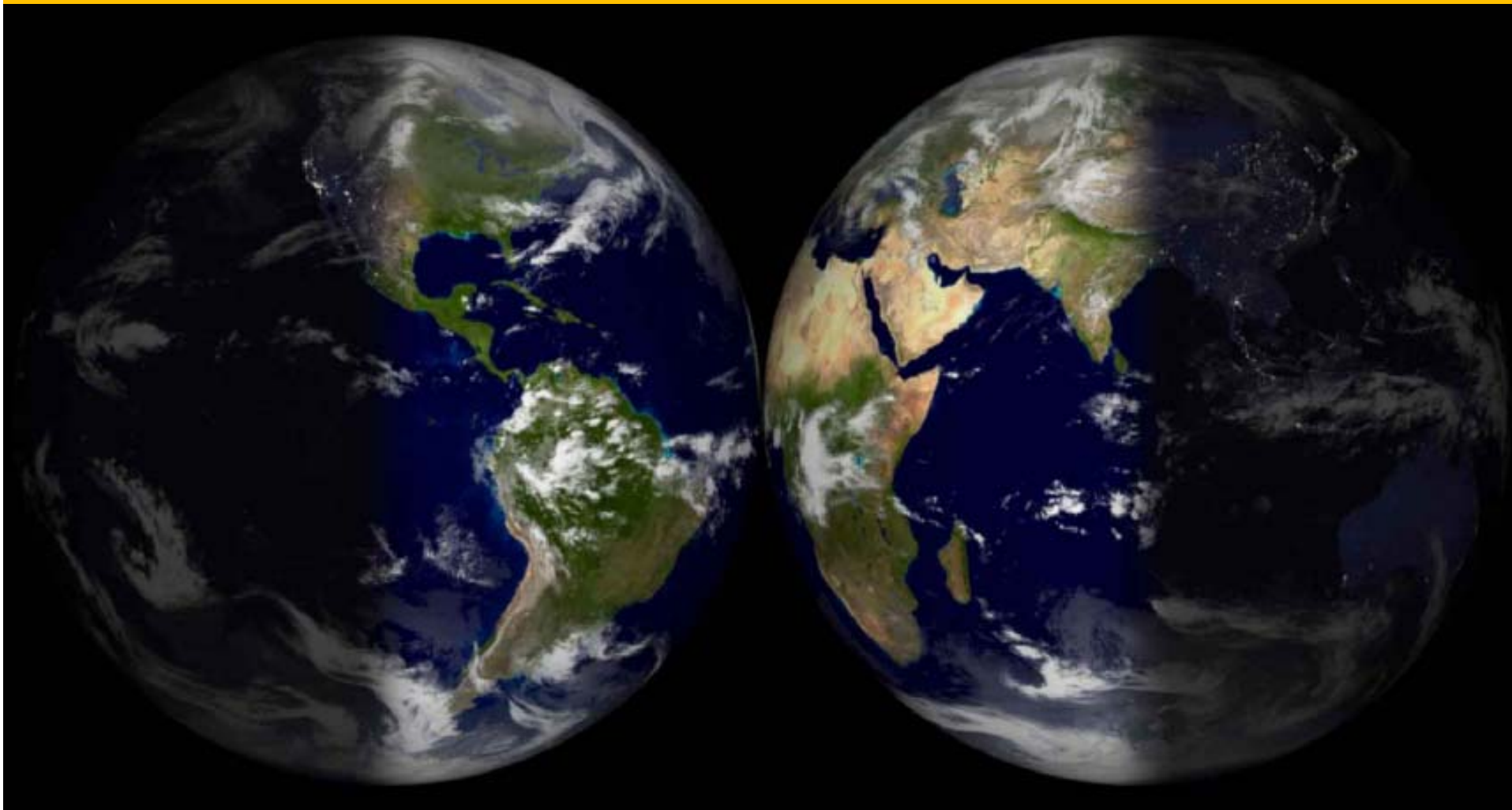
zrak je vlažniji od vlasi, vlas upija vlagu iz okolnog zraka do ravnotežnog stanja, vlaži se i pritom isteže, uteg se spušta i vuče kazaljku prema maksimumu



zrak je suhlji od vlasi, vlas predaje vlagu okolnom zraku, suši se i pritom se steže, uteg se diže, a kazaljka ide prema minimumu



## 6.4. Oblaci



zora

suton

## 6.4.1. Pretvorbe vodene pare u zraku

Oblaci:

- posljedica nakupljanja molekula vodene pare na *kondenzacijske jezgre*, mikroskopski sitne lebdeće čestice, higroskopne naravi ← upijaju vlagu već pri  $u=70\%$
  - ako se zrak dalje ohlađuje, rel. vlažnost raste, i više molekula se taloži na jezgre → ove postaju prvo vlažne, zatim mokre i na kraju se otapaju u kapljice (na temperaturi rosišta,  $\tau$ )
  - veličina kapljica ovisi o veličini jezgara (proporcionalna ovisnost)
  - ukoliko temperatura pada ispod  $0^{\circ}\text{C}$ , vodene kapljice se ne prelaze u led, čak sve do  $-40^{\circ}\text{C}$  → **prehladna voda**,
  - za prijelaz u led, moraju postojati tzv. *ledene jezgre*, neghiroskopne, heksagonalnog oblika, na kojima se stvaraju ledeni kristali ← dovoljno već svega  $-4$  do  $-6^{\circ}\text{C}$
  - moguć i direktan prijelaz vodene pare u ledene kristaliće: depozicija (taloženje) → također potrebne ledene jezgre, ohlađene na  $-12^{\circ}\text{C}$
- svi procesi, kondenzacija (ukapljivanje), smrzavanje ili depozicija (taloženje), oslobađaju toplinu (tzv. *latentna toplina isparavanja i latentna toplina smrzavanja*)



## 6.4.2. Podjela oblaka prema obliku i postanku

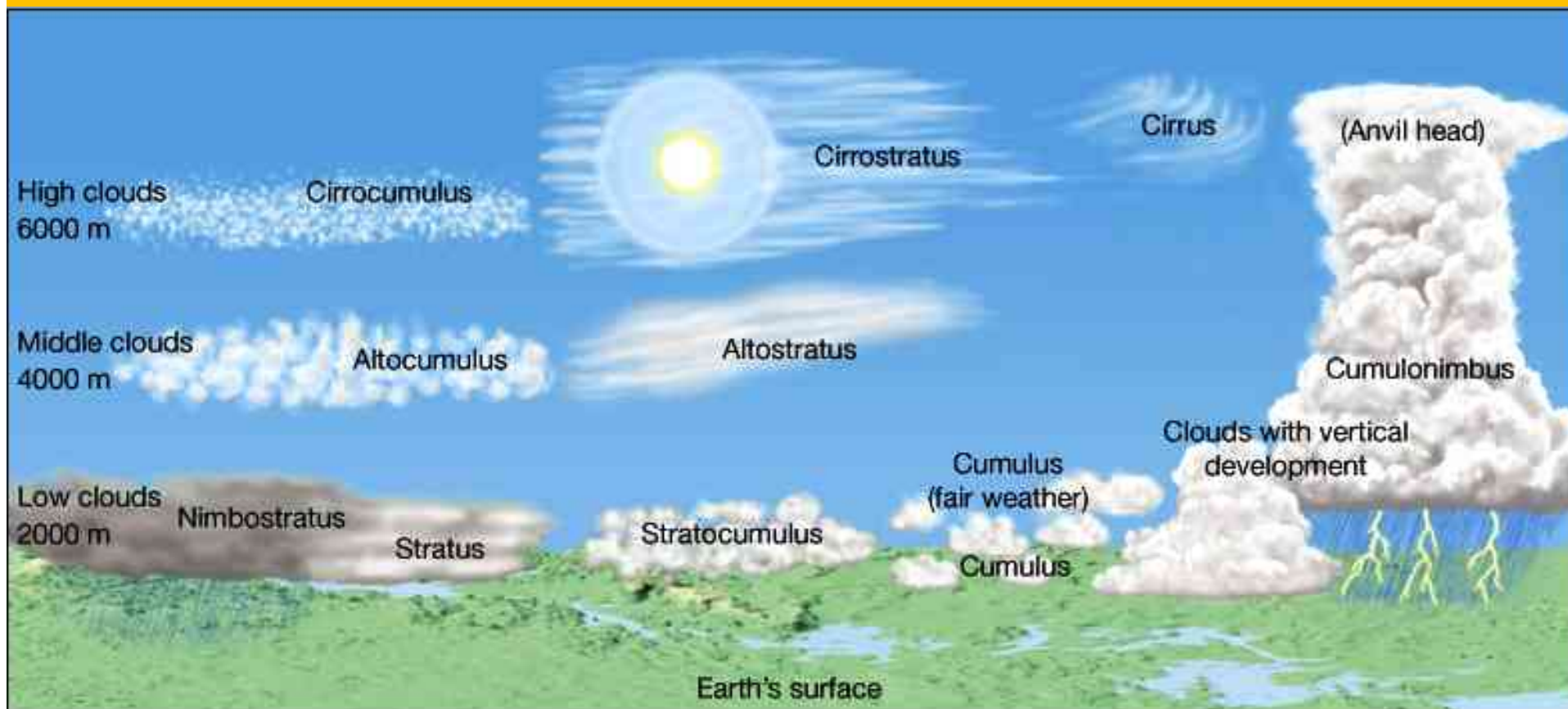
### Rodovi oblaka

-Nazivi izvedeni iz pet latinskih riječi:

- CIRRUS*; u značenju pramen kovrčave kose, čuperak, pahulja vune ili vlakna
- STRATUS*; sloj, pokrov
- CUMULUS*; gomila, gruda, hrpa, gromada
- NIMBUS*; u značenju kišni, oborinski oblak
- ALTUS*; visok

Osnovni oblici oblaka:

- vlaknasti
- slojeviti
- grudasti
- oborinski



## Prema visini "podnice":

### 10 rodova oblaka:

1) Cirrus (Ci)

2) Cirrocumulus (Cc)

3) Cirrostratus (Cs)

4) Altcumulus (Ac)

5) Altostratus (As)

6) Nimbostratus (Ns)

7) Stratocumulus (Sc)

8) Stratus (St)

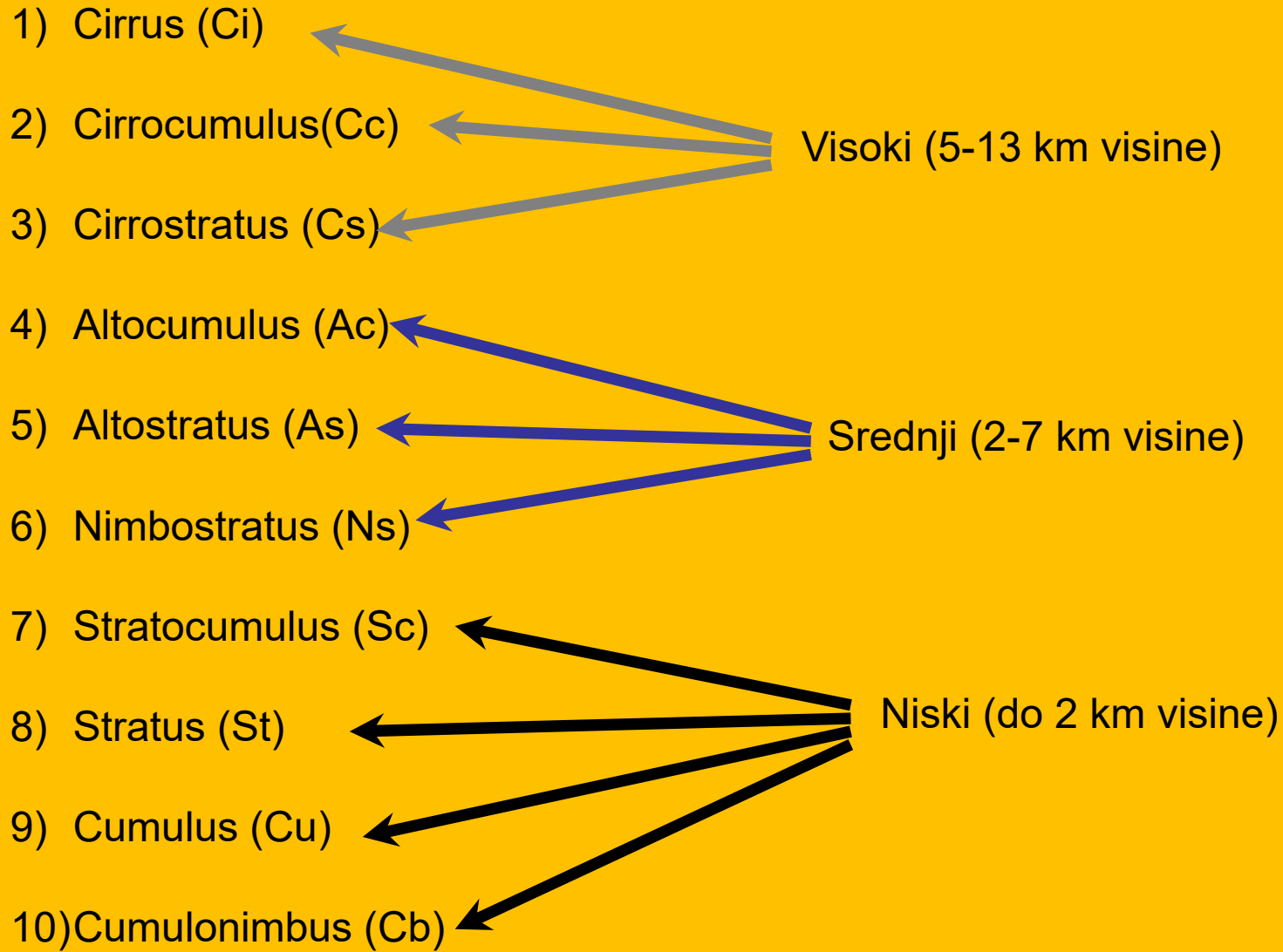
9) Cumulus (Cu)

10) Cumulonimbus (Cb)

Visoki (5-13 km visine)

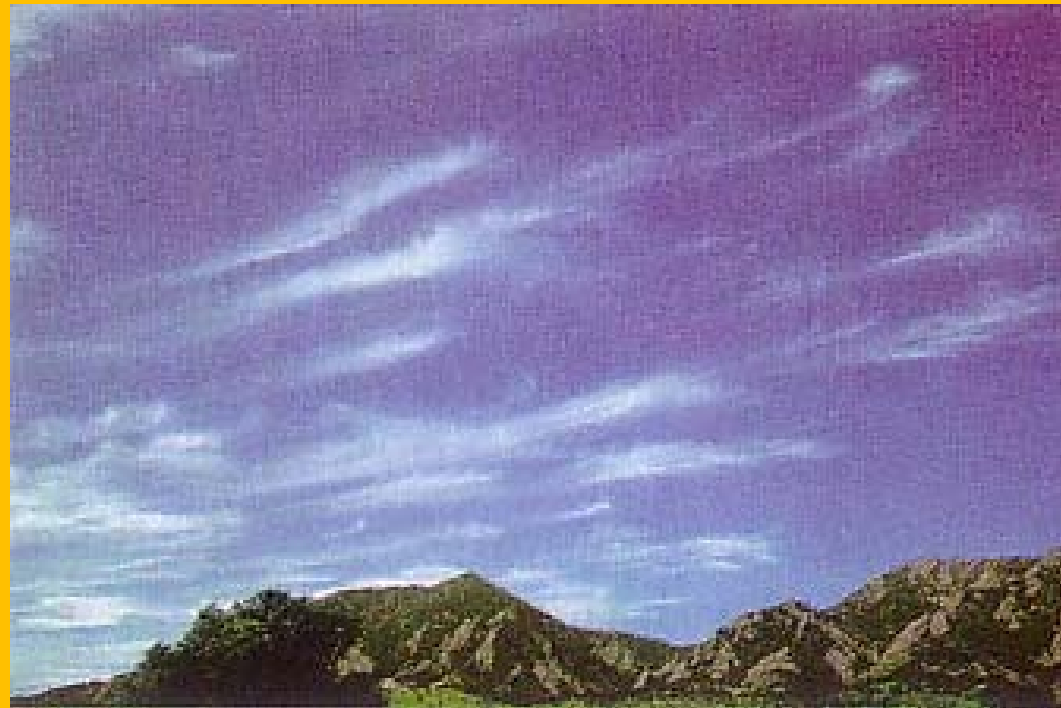
Srednji (2-7 km visine)

Niski (do 2 km visine)



## **CIRRUS (Ci)**

- visoki, vlaknasti oblak
- sastavljen od ledenih kristalčića
- oblika nježnih niti, uskih krpa ili pruga
- tanak, zrake Sunca prolaze kroz njega, nema sjene
- bijeleg boje, a u sumrak mijenja boje iz žute u narančastu, ružičastu i na kraju sivu (u zoru je slijed boja obrnut)
- ne daje oborine**



## CIRROCUMULUS (Cc)

-skupina visokih oblačića nalik sitnim bijelim grudicama

-narodski → *male ovčice*

-elementi bez sjene, pravilno ili nepravilno raspoređeni u sloju

-rupičasto-sačast oblik

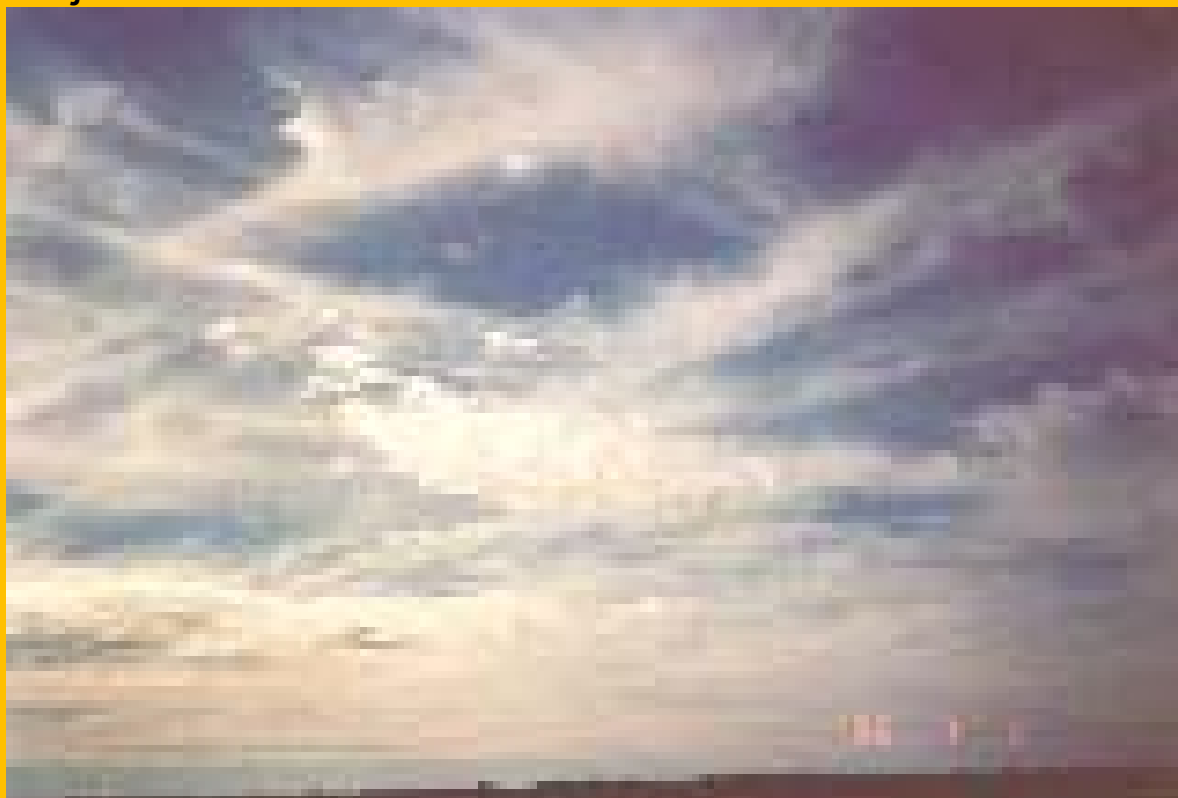
-sastavljen od ledenih kristalčića

**-ne daje oborine**



## CIRROSTRATUS (Cs)

- proziran sloj ili bjelkasta koprena
- vlaknastog ili glatkog izgleda
- pokriva svod potpuno ili djelomično
- u njemu se može formirati pojava *halo*, optički fenomeni u obliku prstena, luka ili križa, zbog loma svjetlosti kroz kristale leda
- ako je prsten halo-a u boji, unutrašnji dio je crvenkast, a vanjski plavkast
- također prolazan za svjetlost, bez sjene
- **ne daje oborine**



## ALTOCUMULUS (Ac)

-pojava u obliku bijelih ili osjenjenih krpa i nakupina

→ *velike ovčice*

-elementi poredani katkad u valove, brazde, pruge,...

-najčešće sloj nije cjelovit, pa kroza nj probija sunce

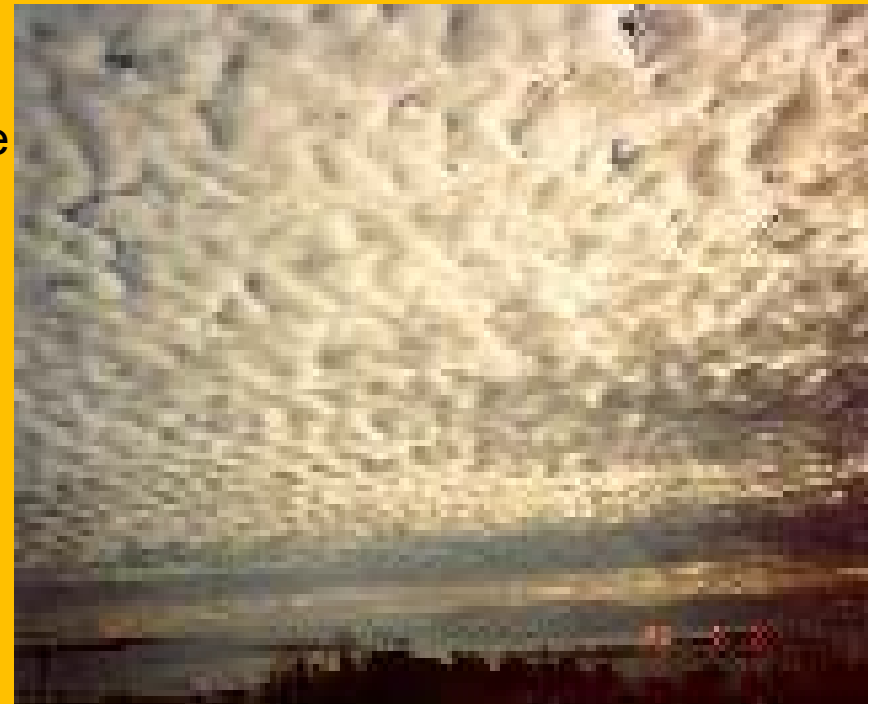
-rubovi, gornji i donji, bijeli, dok je sredina debljih oblaka siva i tamnija

-ako su tanji, lome svjetlost, pa se vidi optička pojava **vijenac ili korona**, slično halo-u, ali s obrnutim rasporedom boja: iznutra plavkasto, a izvana crvenkasto

-katkad se zapaža i pojava **irizacija**, svjetlucanje rubova oblaka u pastelnim bojama

-Ac je sastavljen od kapljica, u većim visinama prehladnim ( $t < 0^{\circ}\text{C}$ ), koje se mogu zalediti

**-oborine ne padaju niti iz ovog oblaka**



## ALTOSTRATUS (As)

-jednoličan sivi sloj koji skoro potpuno prekriva nebo

-dovoljno tanak da se kroza nj nazire položaj Sunca ili Mjeseca

-sastavljen od sitnih običnih i prehladnih kapljica, ili od sitnih čestica leda

-ako je oblak dosta debeo, čestice se mogu sljepljivati i dovesti do oborina kiše ili snijega

- zbog sporog procesa rasta oborinskih elemenata, pada samo sitna kiša ili sitne sniježne pahuljice



## NIMBOSTRATUS (Ns)

-tipični oborinski oblak

-iz njega pada mirna i jednolična kiša ili sipi trajni snijeg

-karakterističan debeli sloj sive, tamne boje, nepropustan za zrake svijetla

-ispod tog sloja koprene čupavih oblaka, nastalih u prizemnom zraku zasićenom vodenom parom nastalom ishlapljivanjem kiše

-najčešće se razvije iz altostratusa kad uzlazne struje "napune" oblak vodenom parom

-dosta često ljeti nastaje i od kumulonimbusa, ovaj se razvuče, pa početnu grmljavinu zamijeni mirna kiša koja može trajati satima





## STRATOCUMULUS (Sc)

-vrlo čest za naše krajeve

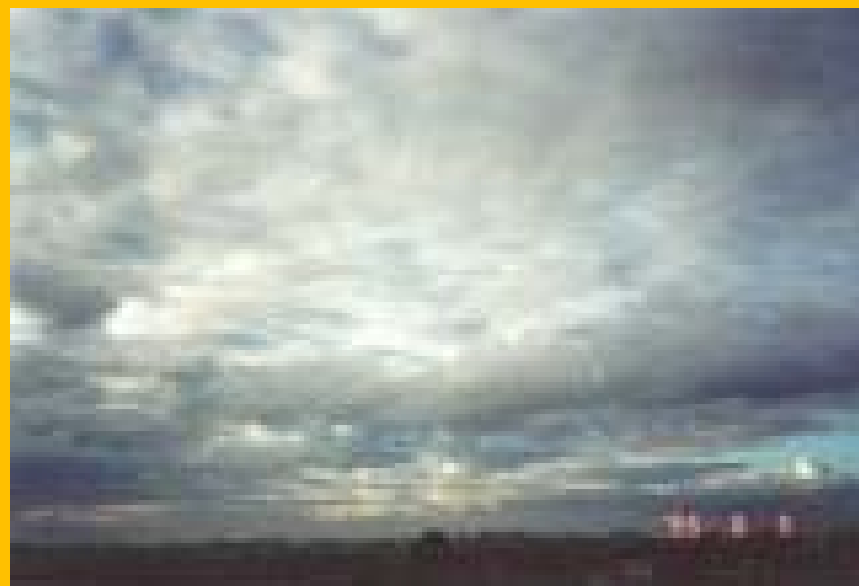
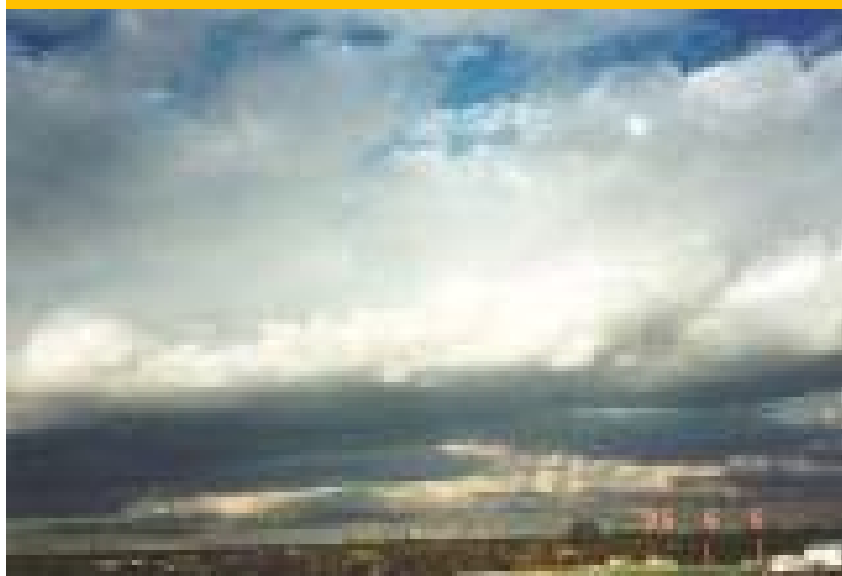
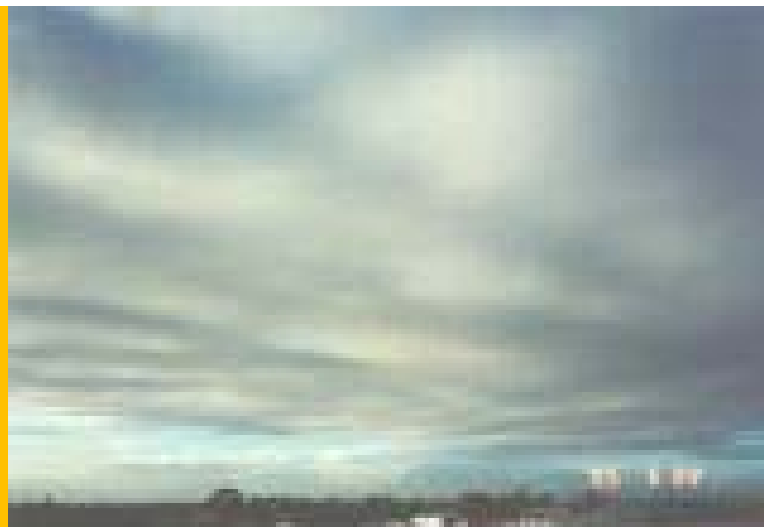
**-obično bez oborina**

-sastoji se od znatnog broja grudastih oblaka u skupinama

-oblaci na rubovima bijeli, propusni za svjetlost, a u sredini tamniji, sivi, nepropusni za svjetlo

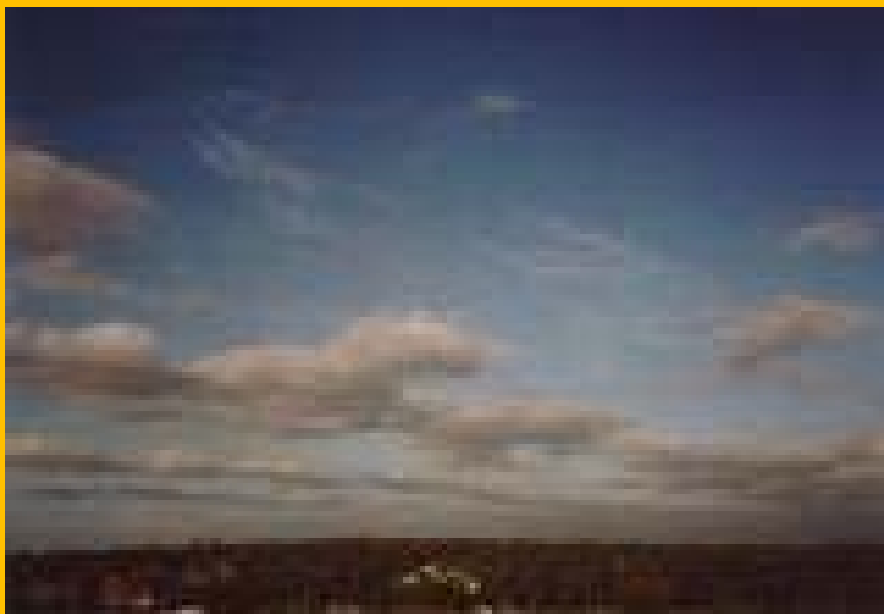
-od altokumulusa se razlikuju u veličini: Ac je manji od  $5^\circ$  prividne širine, dok je Sc širi

-ubraja se u vodene oblake, iako može biti i od ledenih elemenata



## STRATUS (St)

- nizak, slojasti oblak jednolične i neizrazite podnice
- može dati **rosulju, zrnati snijeg ili fine ledene iglice (inje)**
- donji dio taman, gornji okupan Suncem
- ako je dosta tanak, Sunce se providi kao žučkasta ploča
- pri samom tlu nazivamo ga **maglom**
- rosulju koja pri tome pada ili lebdi nazivamo **izmaglicom**



- u hladnom dijelu godine nastaje ohlađivanjem prizemnog sloja zraka zbog dugovalnog zračenja tla
- u toplom dijelu godine, zbog advekcije hladnog zraka sa strane

## CUMULUS (Cu)

- oblika pojedinačnih hrpa, tornjeva, kupola,...
- podnica ravna, gornji dijelovi nabujavaju poput cvjetače
- osunčani dijelovi bijeli, zasjenjeni sivi
- nastaju u rano prije podne, kad tople uzlazne struje dospiju na oko 1 km visine, gdje se vlažan zrak hladi i vlaga se kondenzira
- sastavljeni samo od sitnih kapljica
- ukoliko su uvjeti povoljni za njihov rast, razvijaju se dalje u teške, planinama nalik oblake, te mogu prerasti u kumulonimbuse
- predvečer, kad Sunce oslabi, kumulusi se razvlače i prelaze u stratokumuluse, rasplinjuju se i noću je nebo opet vedro



## CUMULONIMBUS (Cb)

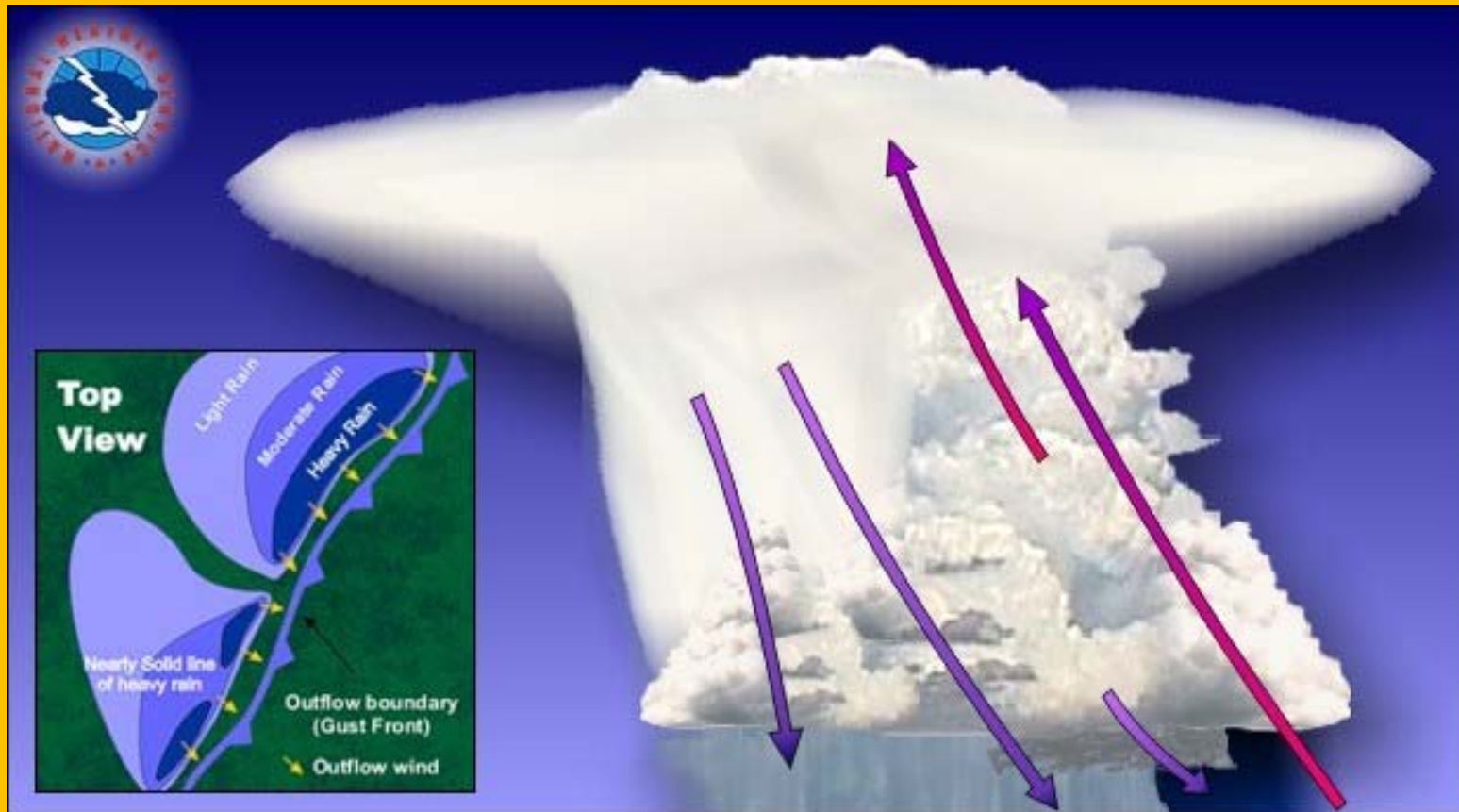
-tipični grmljavinski oblak

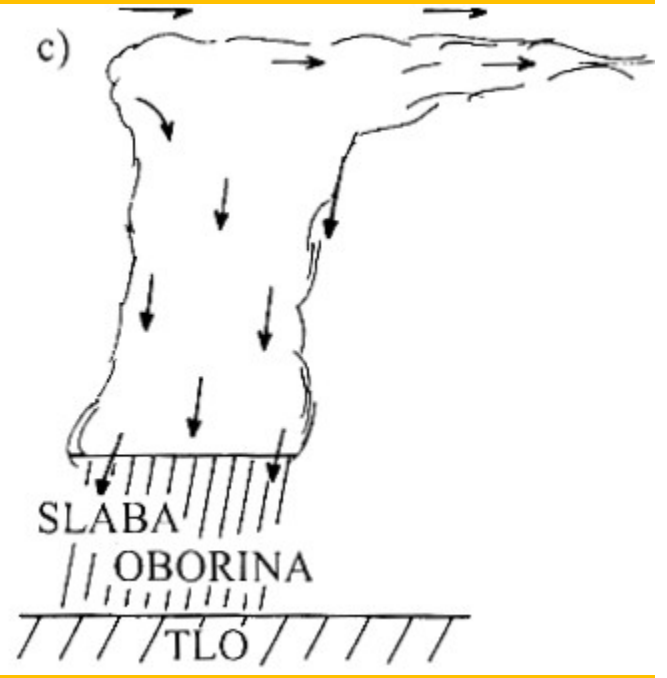
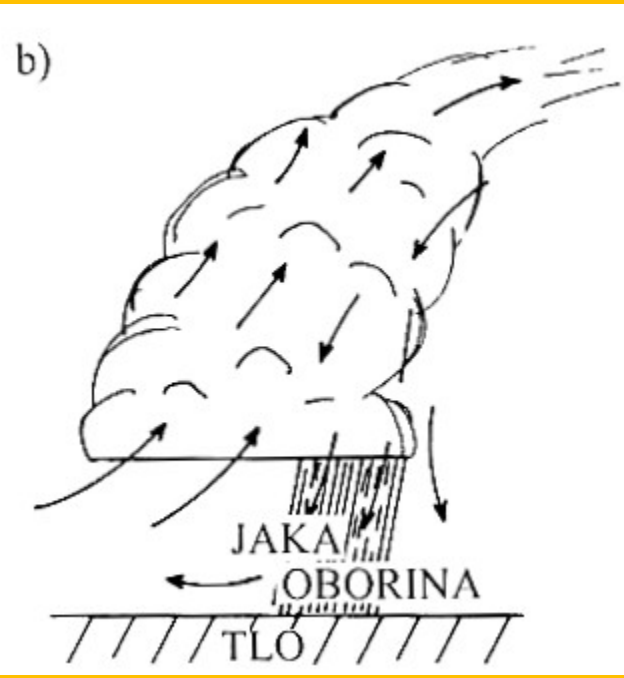
-stvara **snažne pljuskove kiše ("prolom oblaka")**, sugradice ili tuče, a zimi **krupne i guste, poput krpica velike snježne pahulje**

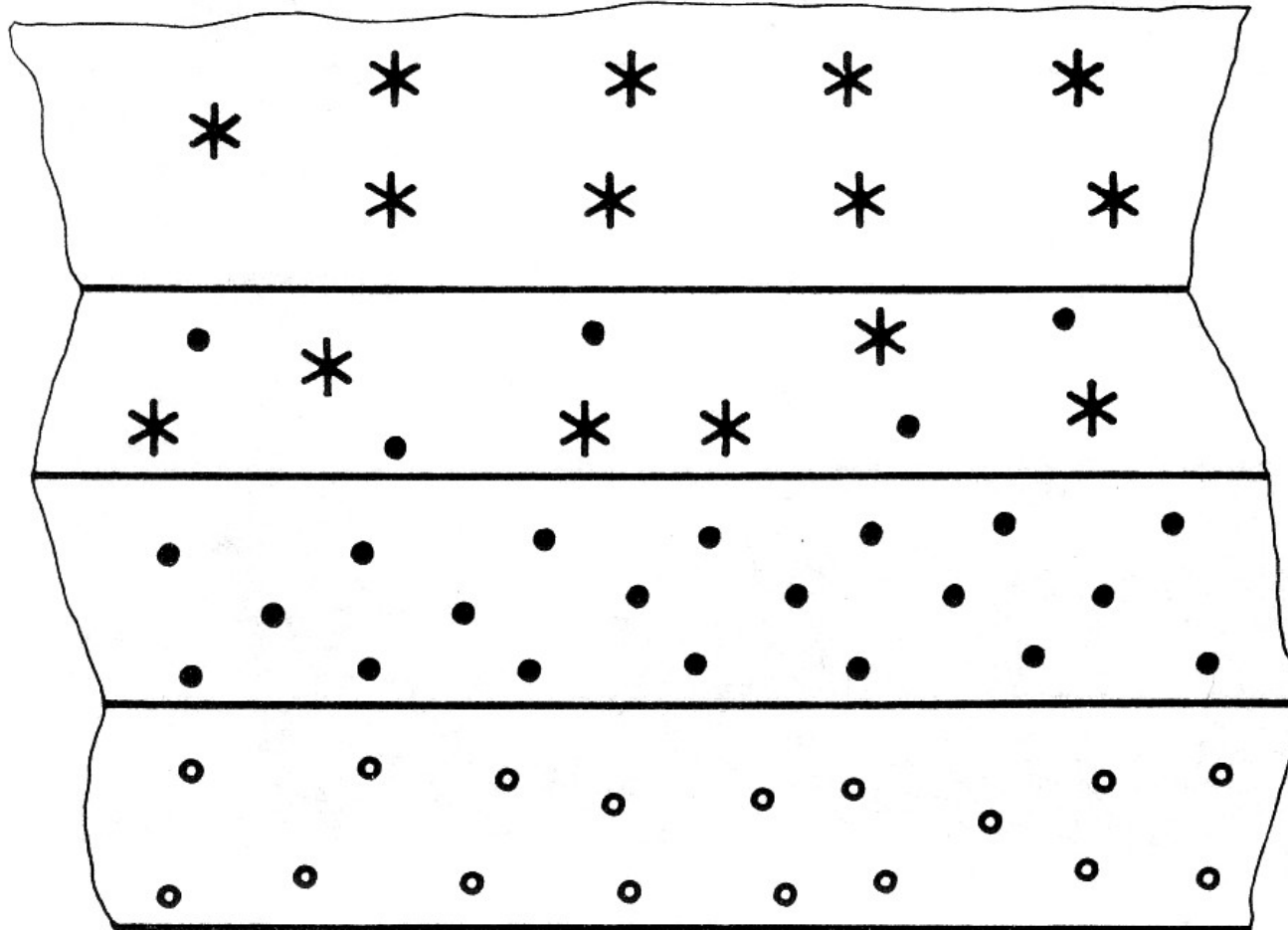
-debeo i gust, olovne boje, dopire navisoko i naširoko

-oblikom može podsjećati i na nakovanj

-iz njega mogu nastati svi rodovi oblaka ("*Tvornica oblaka*"), no najčešće Ns, Ci i Sc







sloj čistog leda

kristali i prehladene  
kapljice

kritična izoterma

prehladene kapljice

nul izoterma ( $t=0^{\circ}\text{C}$ )

obične kapljice vode

razina kondenzacije ( $t=\tau$ )

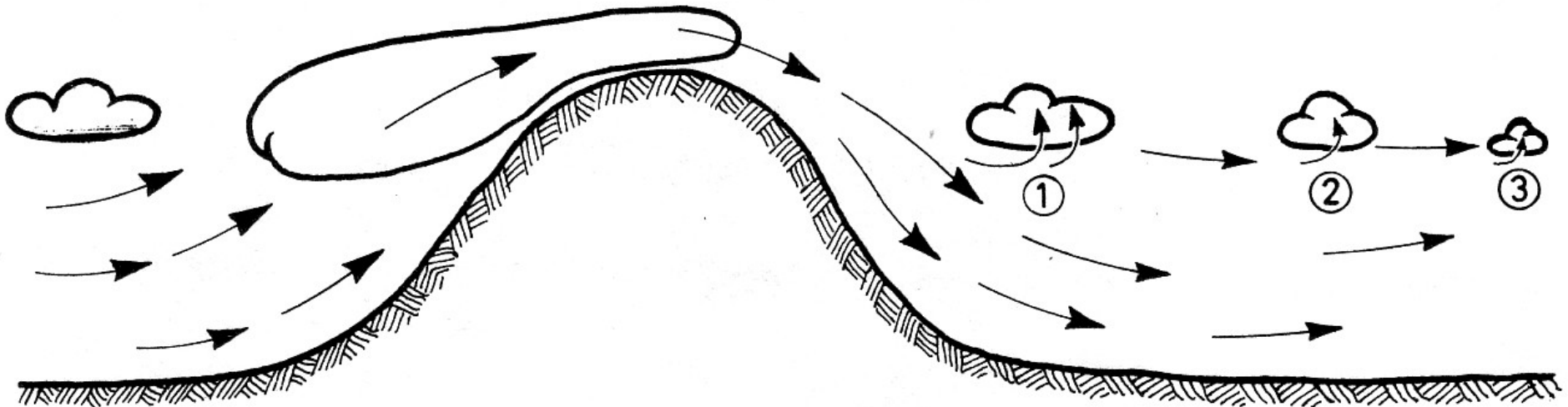
**Slika 77. Slojeviti sastav Cumulonimbusa**

## Genetska klasifikacija oblaka

- s obzirom na uzroke ohlađivanja zraka

### 1) Orogenetski oblaci

- topla zračna masa zbog nailaska na reljefnu prepreku biva dignuta u visinu gdje se hladi, vlaga se kondenzira i nastaje oblak

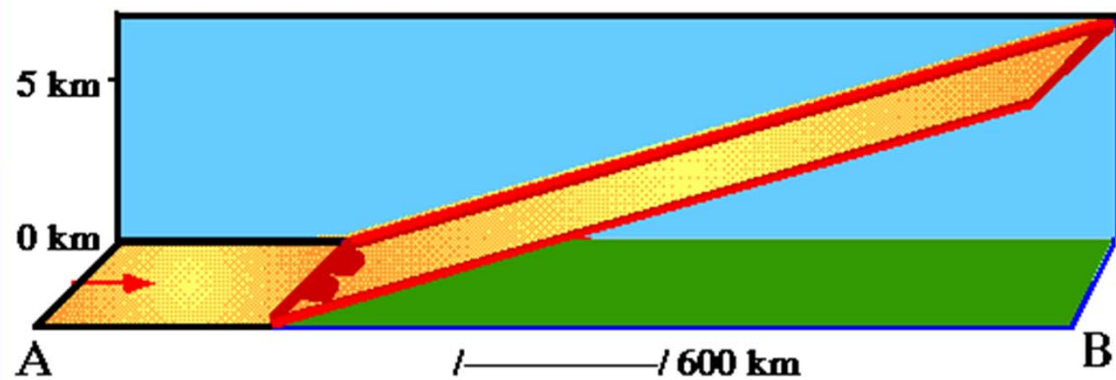
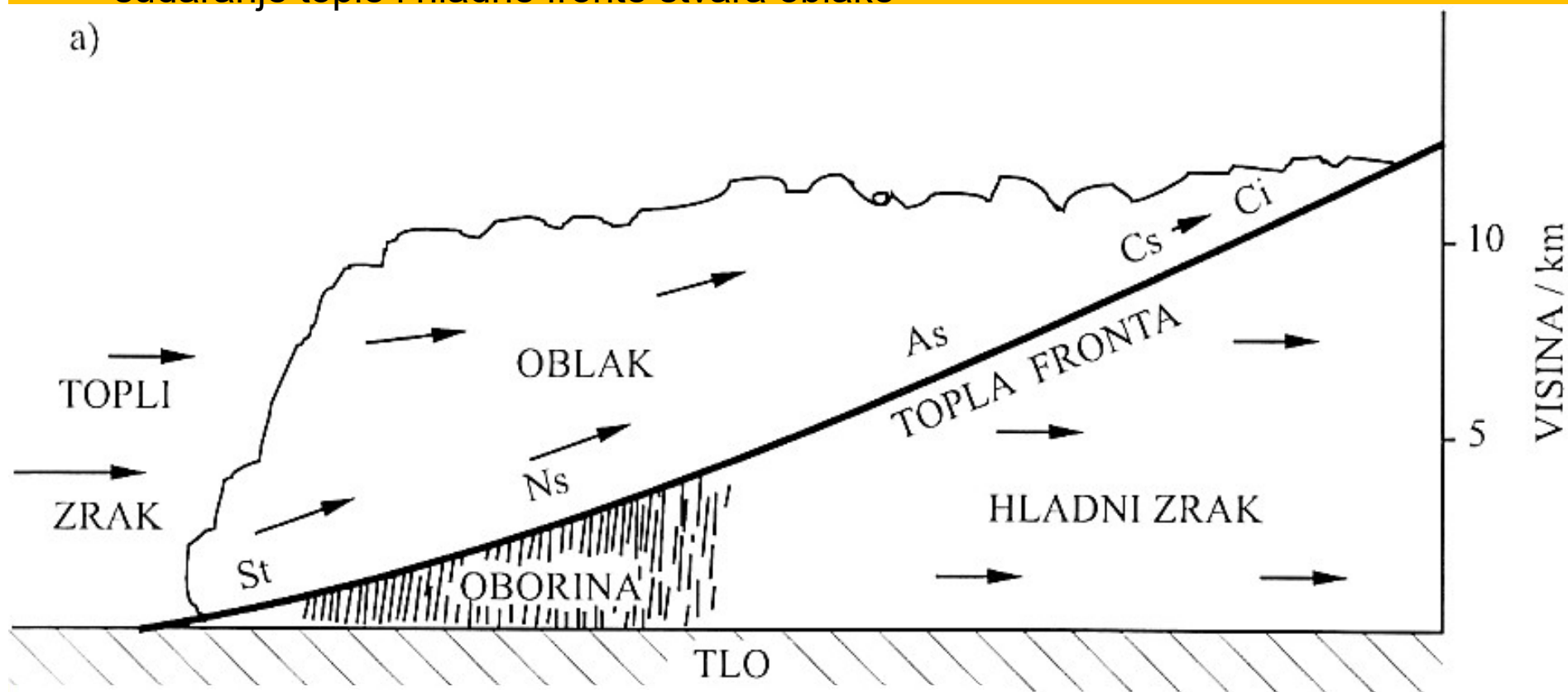


**Slika 78. Orografski oblaci sa zavjetrinskim valovima; na mjestima dizanja zraka 1, 2, 3 stvaraju se oblaci u obliku pruga paralelnih s planinom**

## 2) Frontalni oblaci

- sudaranje tople i hladne fronte stvara oblake

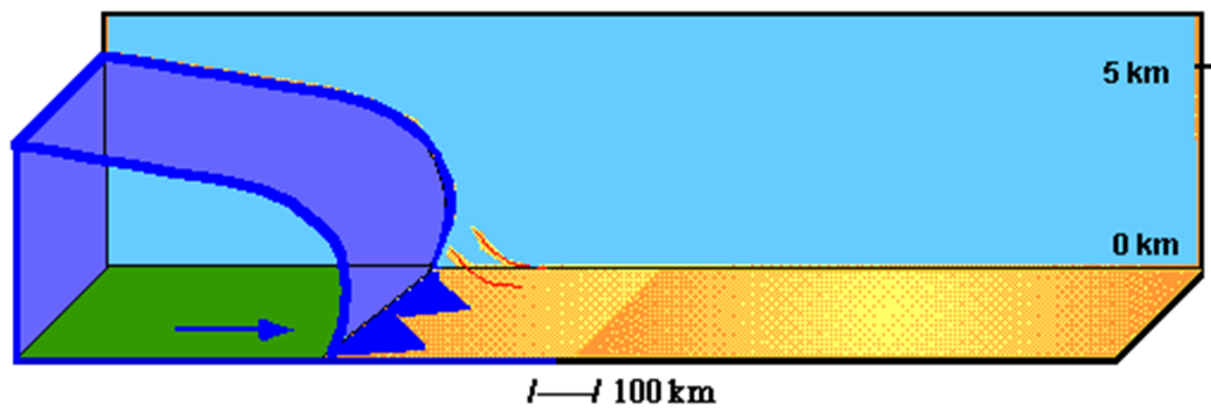
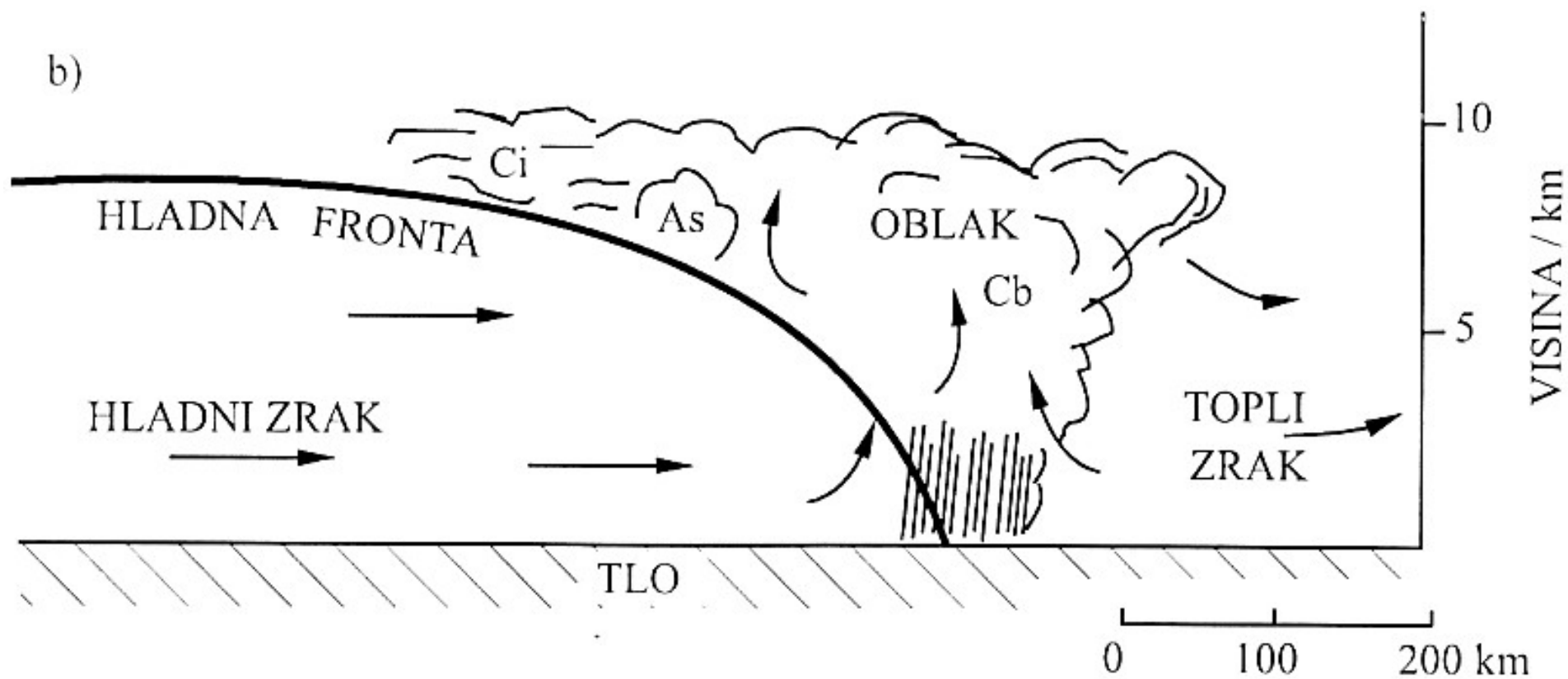
a)



0 100 200 km

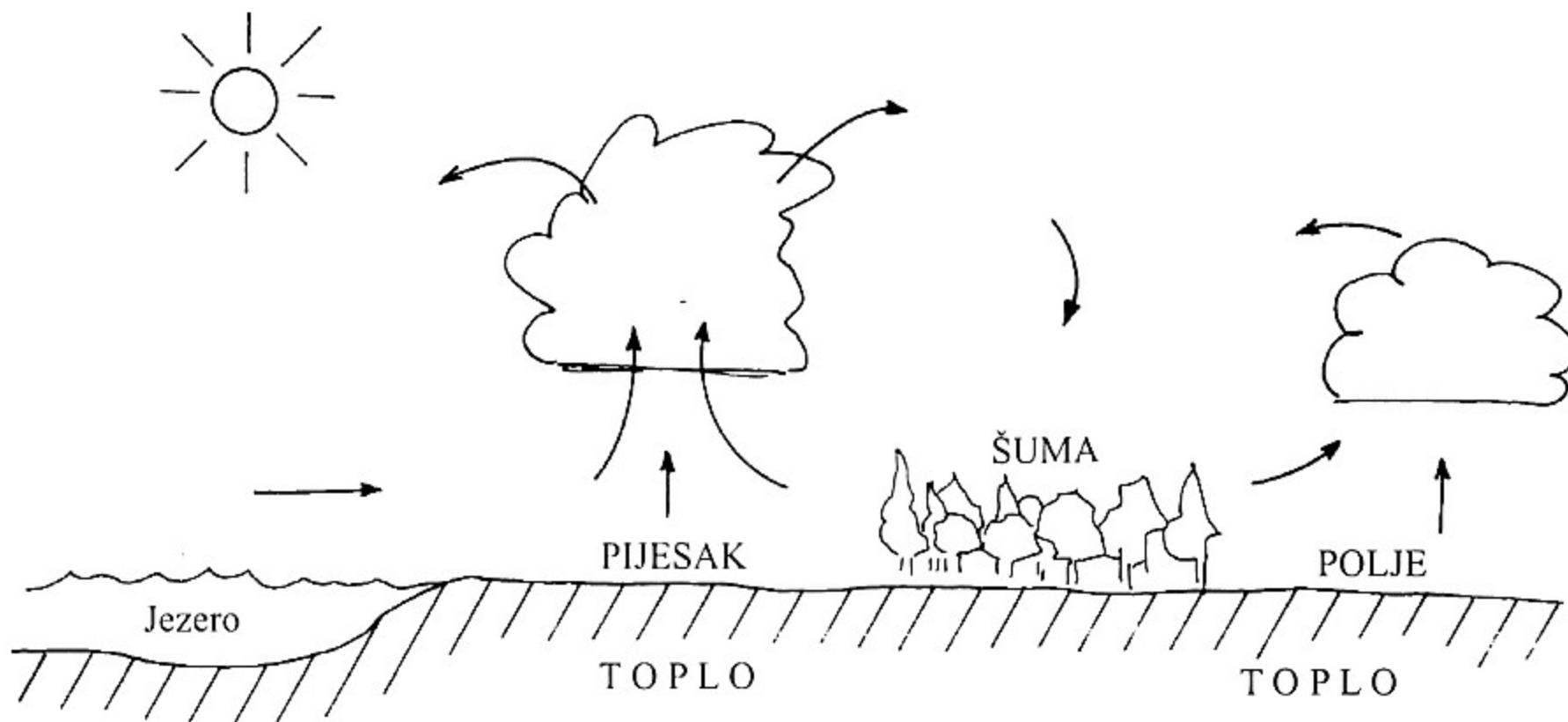






### 3) Konvektivni oblaci

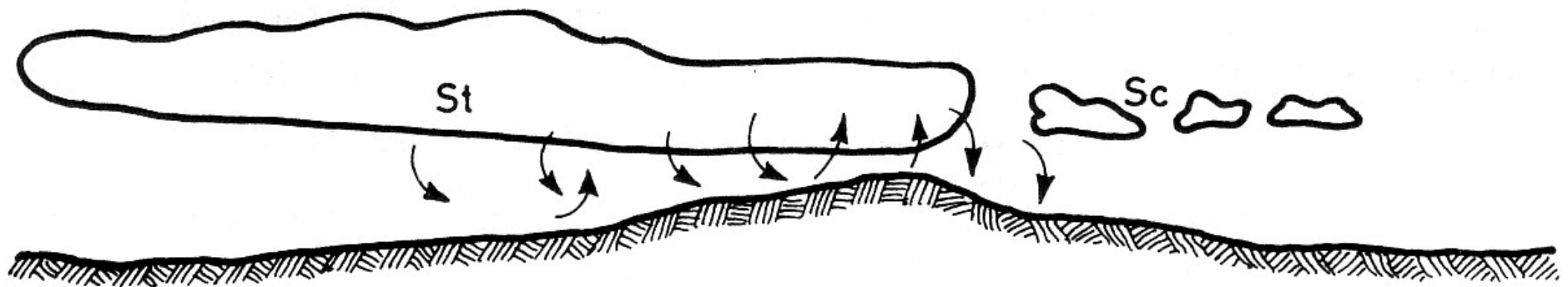
- miješanje zračnih masa zbog nejednolikog zagrijavanja površine



**Slika 1.1.20.** Konvektivni oblaci razvijaju se nad jače ugrijanom podlogom

#### 4) Radijacijski oblaci

-prizemni sloj zraka se ohlađuje zbog emisije dugovalnog zračenja (stratus i magla)



**Slika 80. Radijacijski oblaci i dinamička turbulencija**

## 6.5. Oborine

### 6.5.1. Postanak i oblici oborina

oblačni elementi – nakupine kapljica i ledenih prizmica – oko 10  $\mu\text{m}$  promjera – presitni da bi uspješno padali, brzo opet ispare

oborinski elementi – ako je "u" oko 90%, promjer veći od 100  $\mu\text{m}$  – o tipu oblaka ovisi da li će elementi postati oborine ili ne

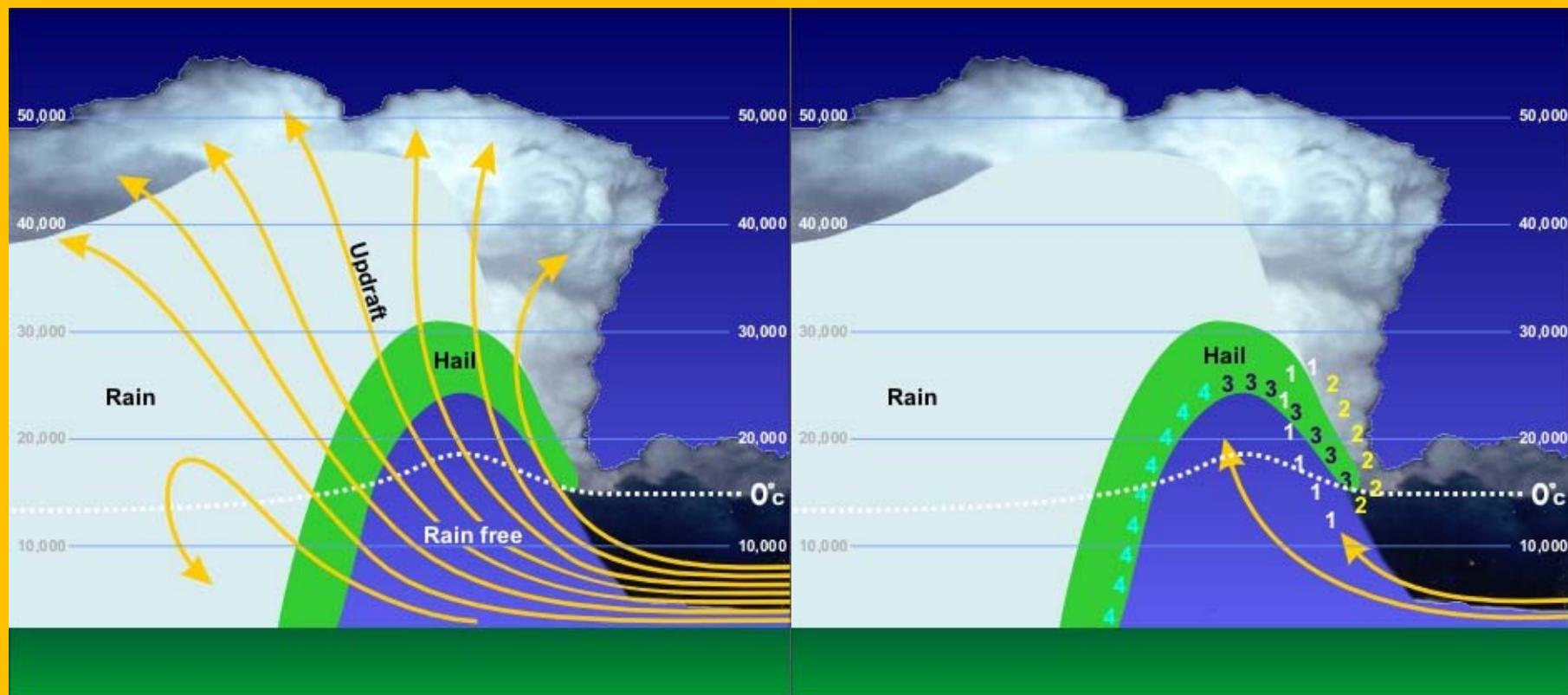
Oblaci po sastavu:

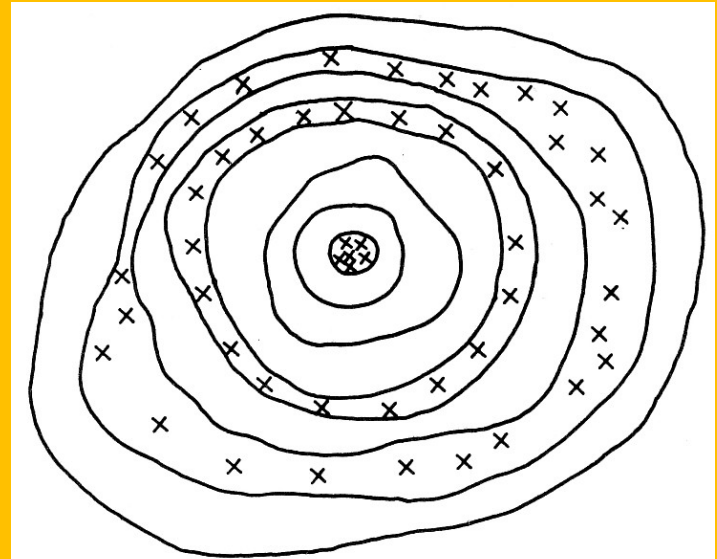
- 1) vodeni: kapljice se ne povećavaju kondenzacijom (prekratko traju), nego združivanjem – oborina može, a i ne mora doći do tla → pruge ili *virge* - ovako nastaje **kiša** u As i Ns, kao i u St ← češće **rosulja** i/ili **izmaglica** iz **magle** (promjer kapi manji od 250  $\mu\text{m}$ ) – u slučaju pada prehladne kiše, rosulje ili izmaglice → **poledica**
- 2) ledeni: kristali nastaju depozicijom vodene pare ili spajanjem/sudaranjem → malo ispod 0°C → **pahuljice** – ako se ne otope putem, imamo **snijeg**, ako se otope, kišu, ako padaju zajedno, **susnježicu**; ako je hladnije, pojava pada komadića ledenih kristala – **ledene iglice**
- 3) mješoviti: oblaci tipa Ns i Cb – najlakši uvjeti za stvaranje oborina – sudaranje kristala s prehladnim kapljicama ← voda se smrzava: ukoliko se smrzava brzo-zarobljen zrak → sniježne tvorevine: bijele i neprozirne – **snijeg**, **solika** i **zrnati snijeg** (oblaci tipa Ns, Cb, St): sporo smrzavanje – tvorevine s ledenom korom: prozirna i polu prozirna zrna – **ledena zrna**, **sugradica** i **tuča**

Ledena zrna – prozirna ili poluprozirna; promjer  $<2.5$  mm; pucaju pri padu i proizvodi zvuk sličan šuštanju; pada isključivo u hladnom dijelu godine

Sugradica – neprozirna jezgra poput snijega, prevučena ledenom korom; pada u kišnim pljuskovima u toplom dijelu godine

Tuča (grad) – isključivo iz Cb, u toplom dijelu godine; polumjer  $>2.5$  mm, pa sve do 20 cm (dosadašnji rekord) – za nastajanje potrebne jake uzlazne i silazne struje, velike brzine, da bi ledene grudice mogle dobro sudarati i narasti velike





**Slika 84. Presjek kroz zrno tuče**



## Oborine koje nastaju na tlu/predmetima

**Rosa** – kondenzacija vodene pare nakon hlađenja vodene pare ispod temperature rosišta ( $\tau$ ) i laganog kretanja zraka: prespori vjetar  $\rightarrow$  vodena para se brzo istaloži iz pristupačnog zraka: prebrzi vjetar  $\rightarrow$   $\tau$  se ne dostigne i dio rose ispari



ukoliko se smrzne: **bijela rosa**  
u pustinjskim klimatima,  
praktički jedini izvor vode

**Inje** – naslage ledenih kristala na bridovima predmeta  
– nastaje pri vrlo hladnom vremenu u magli koja struji  
ili kretanjem kroz maglu



**Mraz** – taloženje vodene pare u led na ohlađenim predmetima, kad je  $\tau < 0^\circ\text{C}$ , a zrak se ohladi ispod rosišta

**Advekcijski** – nakon prodora hladne mase izrazito hladne fronte – traje nekoliko dana, na većem području, često s hladnim vjetrom – nema uspješne zaštite za bilje, osim zaštićenih prostora

**Radijacijski** – ukoliko je nakon takvog hladnog fronta nastupilo razvedravanje, nema dovoljno vlage u zraku da protuzrači tijekom noći – gubi se dugovalno zračenje tla – ohlađeni zrak se spušta u depresije tla (kotline, uvale, nizine, doline) i uzrokuje inverzije – ima pomoći (vlaženje, miješanje zraka, dimljenje)

**Evaporacijski** – jak vjetar slijedi nakon hladnog pljuska – voda u biljci naglo isparava → lišće se hladi, te se formira led ← a temperatura okoliša malo viša od  $0^\circ\text{C}$  – nema zaštite niti od ovakvog mraza





### 6.5.3. Neka obilježja oborinskog režima

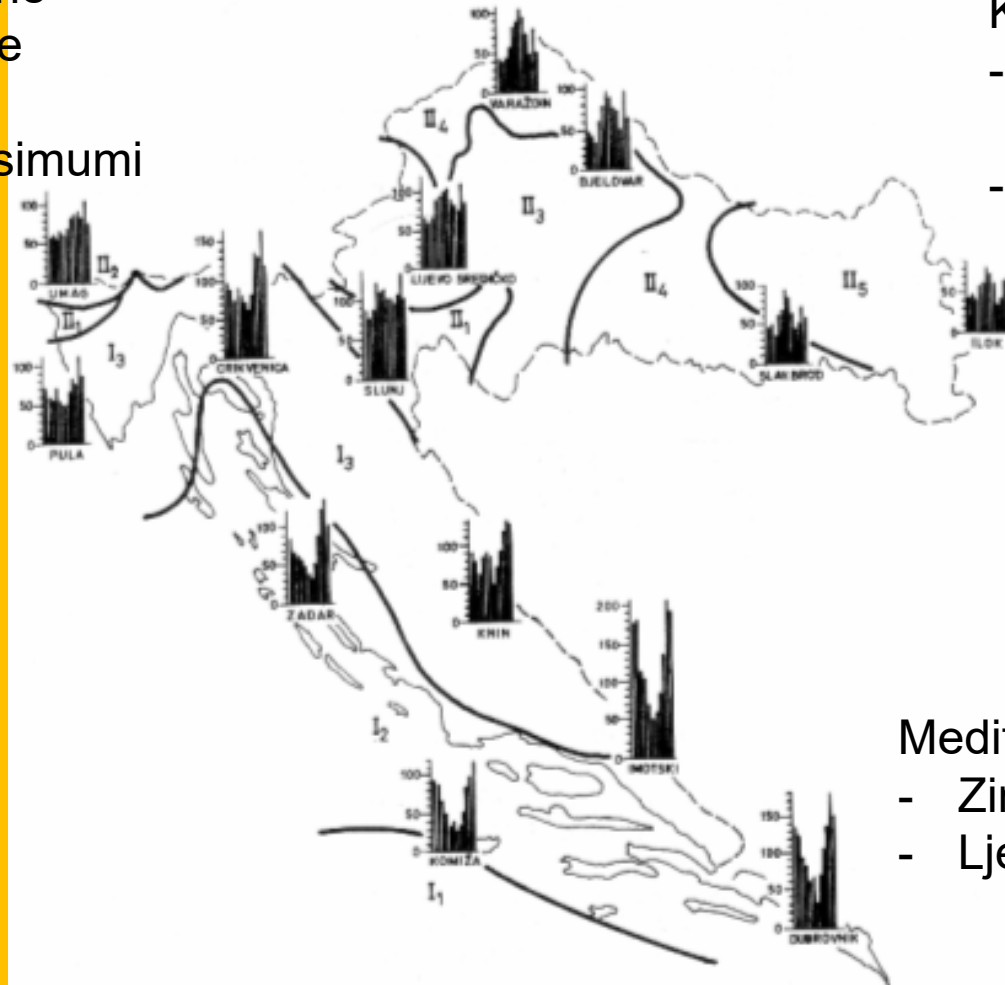
Brdsko-planinski:

- Česte oborine tijekom cijele godine
- Zimski maksimumi (snijeg)

Tipovi godišnjih hodova količine oborine u RH

Kontinentalni:

- Oborine tijekom cijele godine
- Proljetni i jesenski maksimumi

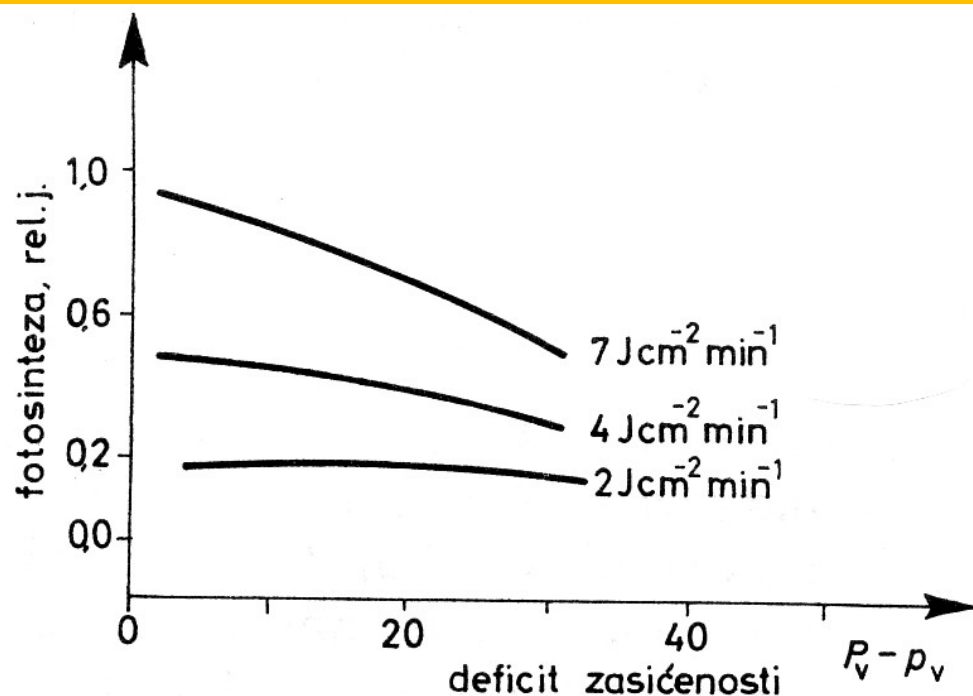


Mediterranski:

- Zimske oborine
- Ljetne suše

Glavni tipovi godišnjeg hoda oborine u Hrvatskoj

## 6.8. Važnost atmosfere vode za biljke i životinje



**Slika 89. Ovisnost fotosinteze o deficitu zasićenosti pri određenom upadnom zračenju**

utjecaj na biljke:  
fotosinteza,  
usvajanje hraniva iz tla,  
turgor  
oplodnja

...

utjecaj relativne vlažnosti zraka:

niska - suši pelud, ali povećava kvalitetu pšeničnog zrna

visoka - sprječava otvaranje prašnika i ometa let oprašivača, visoka vlaga zrna i

slame ← nepogodno za žetvu/berbu i skladištenje, može doći do jačeg razvoja bolesti u skladištima – visoka vlažnost povećava napad plijesni → treba **povisiti** temperaturu zraka

Magla – popratna pojava visoke vlažnosti zraka – također ometa fotosintezu

# Kiša nepovoljno – pokorica, erozija



također:

- problemi u obradi tla i žetvi
- povećana u
- slabija oplodnja biljaka
- smanjenje kvalitete uroda
- gušenje korijenja i organizama u tlu

Source: Visual Dictionary, Science Guides and Eyewitness Series. © DK Doring Knowledge, London. For further study at home or in the library, see also the Geography of the World and DK Visual Atlas.

## • Mass movement



### Soil creep

Where vegetation is cleared on steep slopes, waterlogged soils creep downhill at up to 20 cm/yr.

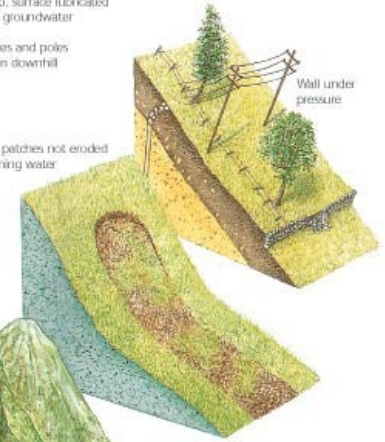
Slopes lubricated by groundwater

Trees and poles lean downhill

Grassy patches not eroded by running water

### Earth flow

Water saturated clay that moves downslope as a viscous mass usually in channel



### Mud flow

Avalanche of mud and rock that is >60% water. Often rapid and disastrous

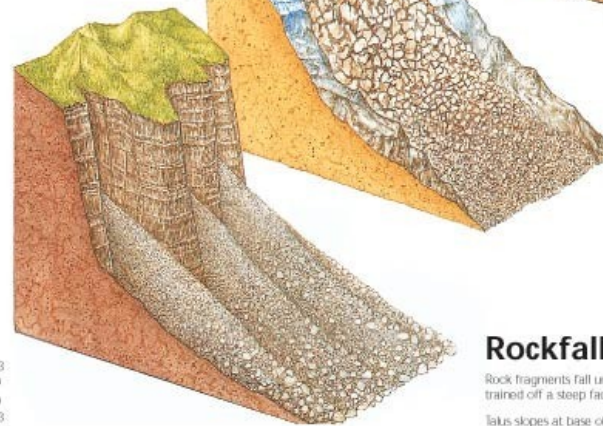
### Landslide

Consolidated soil slips down slope

### Rockslide

Downslope movement of blocks of bedrock. Sudden events caused by earthquakes, eruptions and the weight of large dams

Steep cliff face



### Rockfall

Rock fragments fall unretained off a steep face

Talus slopes at base of cliff composed of weathered fragments

Mass wasting refers to the downslope movement of earth materials under gravity

## Climate 2b 14 - 3

1. Climate 2 a + b Integr: 2.1: 15 - 3

Zb:14.3  
DKolm  
English  
Zb:14.3  
DKolm  
www.ck12.org



## Snijeg:

(+) termoizolacija biljaka tijekom zime

(-) lomljenje grana zbog prevelike težine snijega

naglo otapanje izaziva bujice, lavine i sl.

gušenje biljaka ukoliko je temperatura za respiraciju, ali ne i za fotosintezu

Ledena kora, poledica – također lomovi granja, izmrzavanje pupova, srijež

(podubljanje: čupanje mladog ponika usjeva pri izdizanju tla uslijed smrzavanja vode pri goloj površini tla zimi)

Mraz – kao oborina, tj, ledeni kristali nataloženi na biljku, **nije štetan**

štetu čine niske temperature kojima je mraz prateća pojava

Tuča – oštećenje tkiva, smanjena fotosinteza, otvoreni putevi za nametnike, stradavanje generativnih organa i ploda/uroda



Životinje: >90% smo voda, dakle...

relativna vlažnost zraka – posredan utjecaj – razvoj parazita i bolesti

bujice, lavine, vezano uz njih odroni tla, klizišta – ugrožavanje života

snijeg, ledena kora – onemogućen pristup hrani, smrzavanje,...

oluje, uragani, tornada, munje ← dosta veliki utjecaj



SLIJEDEĆI TRAG ŠIRENJA STRUJE I  
TVOREĆI OBLIK ZVAN FULGURIT,  
TOPLINA MUNJE MOŽE ISTOPITI  
PJESKOVITO TLO.

## 7) GIBANJE ZRAKA

### 7.1. Atmosferski tlak

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

Formula za tlak zraka

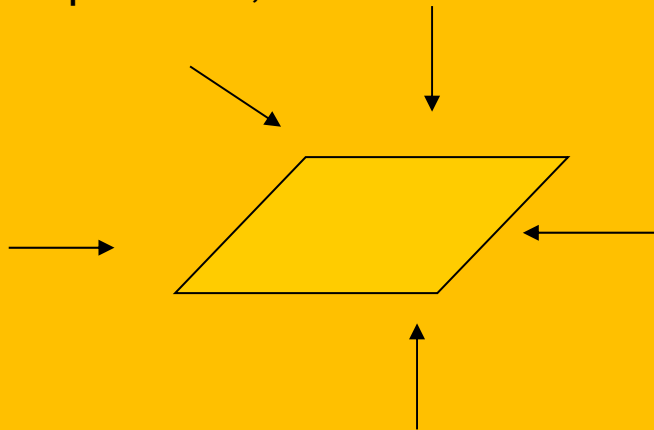
$$p = F / s$$

gdje je

p-tlak u Paskalima,  $\text{Pa} = \text{N m}^{-2} = \text{kg m s}^{-2} \text{m}^{-2} = \text{kg m s}^{-2}$

F-sila, N

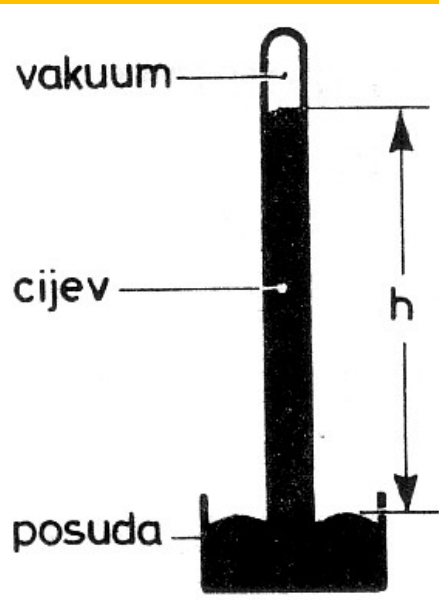
s-površina,  $\text{m}^2$



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

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

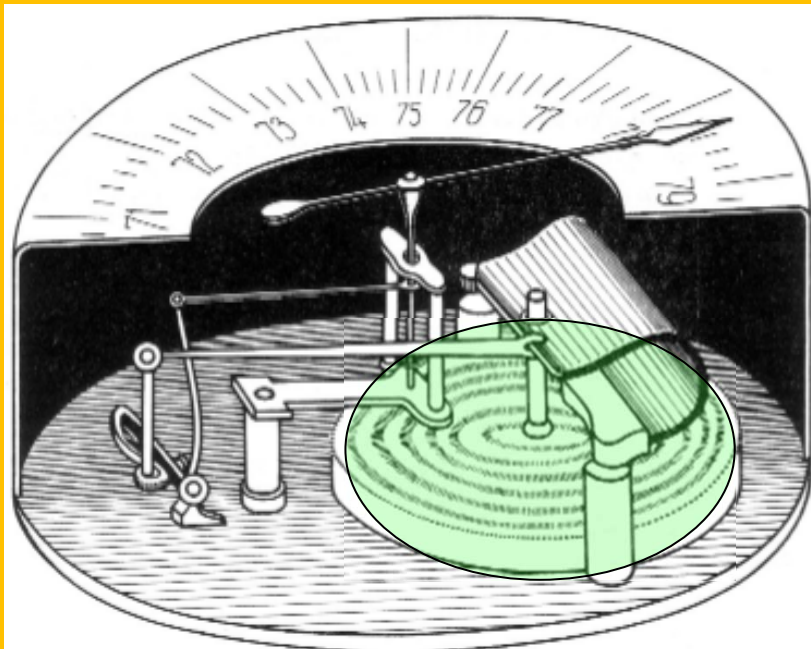
## Instrumenti za mjerenje tlaka zraka: barometri



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

-što je tlak veći, dulji je stupac žive

-postoji i termometar, da bi se temperatura barometra mogla svesti na  $0^{\circ}\text{C}$ , jer se i živa izdužuje povišenjem temperature



### Aneroid

-umjesto žive, razrijeđeni zrak u tankoj limenoj kutijici

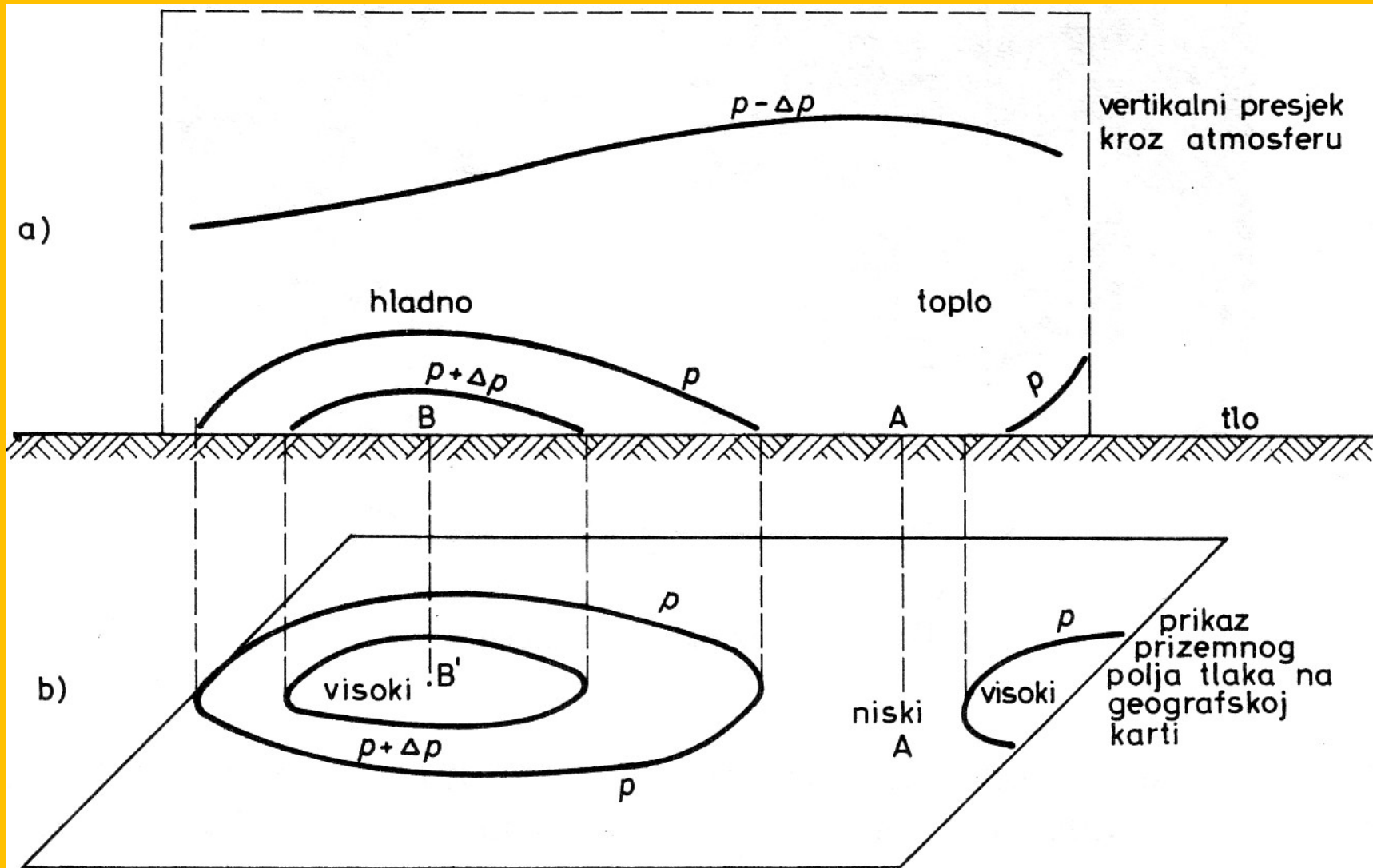
-promjena tlaka ga deformira

-deformacije se prenose na kazaljku

-očitan tlak ne treba svoditi na  $0^{\circ}\text{C}$

## 7.2. Atmosfersko strujanje

Strujanje zraka (**vjetar**): od područja visokog tlaka prema području niskog tlaka

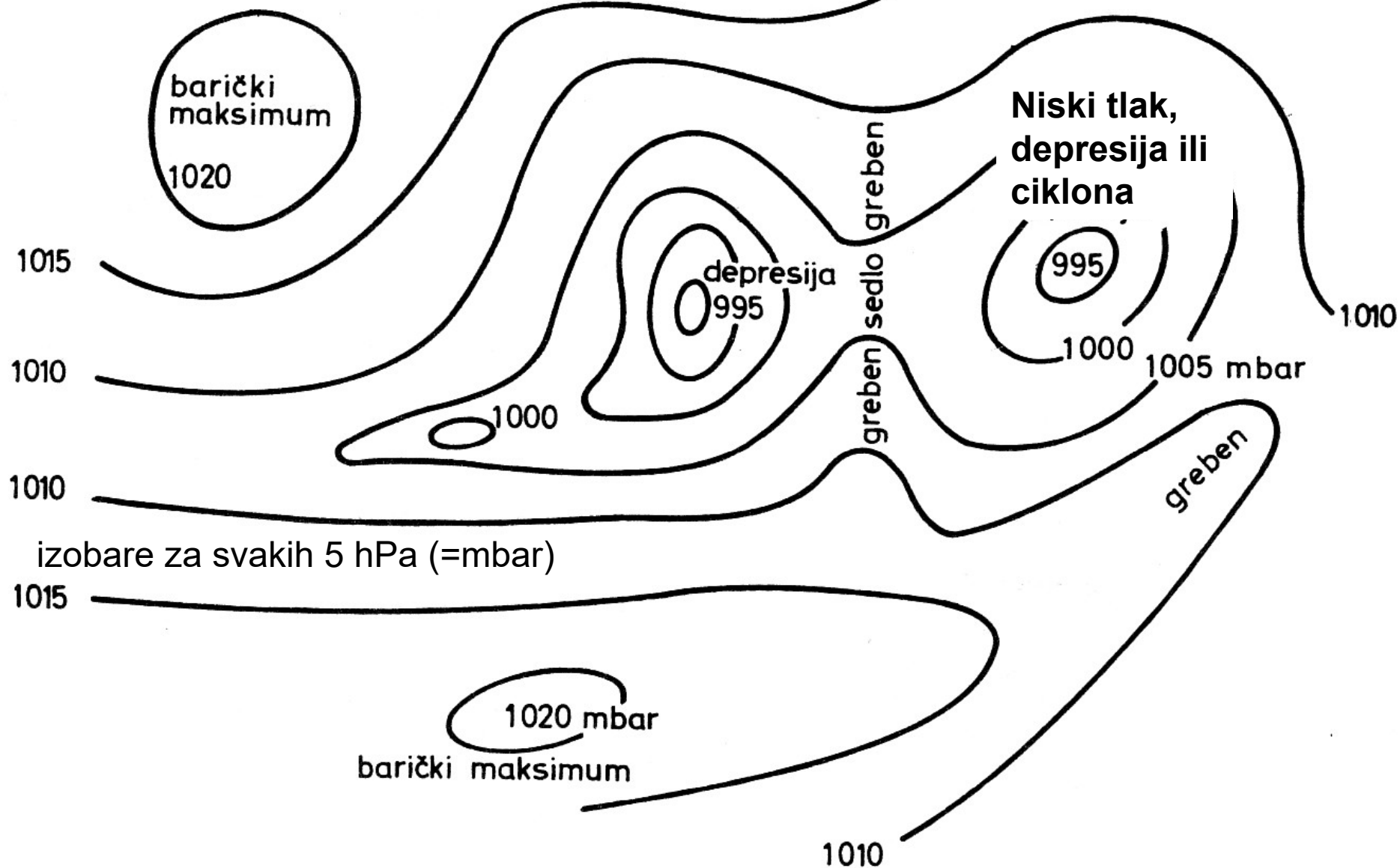


**Slika 93. Prikaz raspodjele tlaka: a – na vertikalnom presjeku i b – na horizontalnoj projekciji**

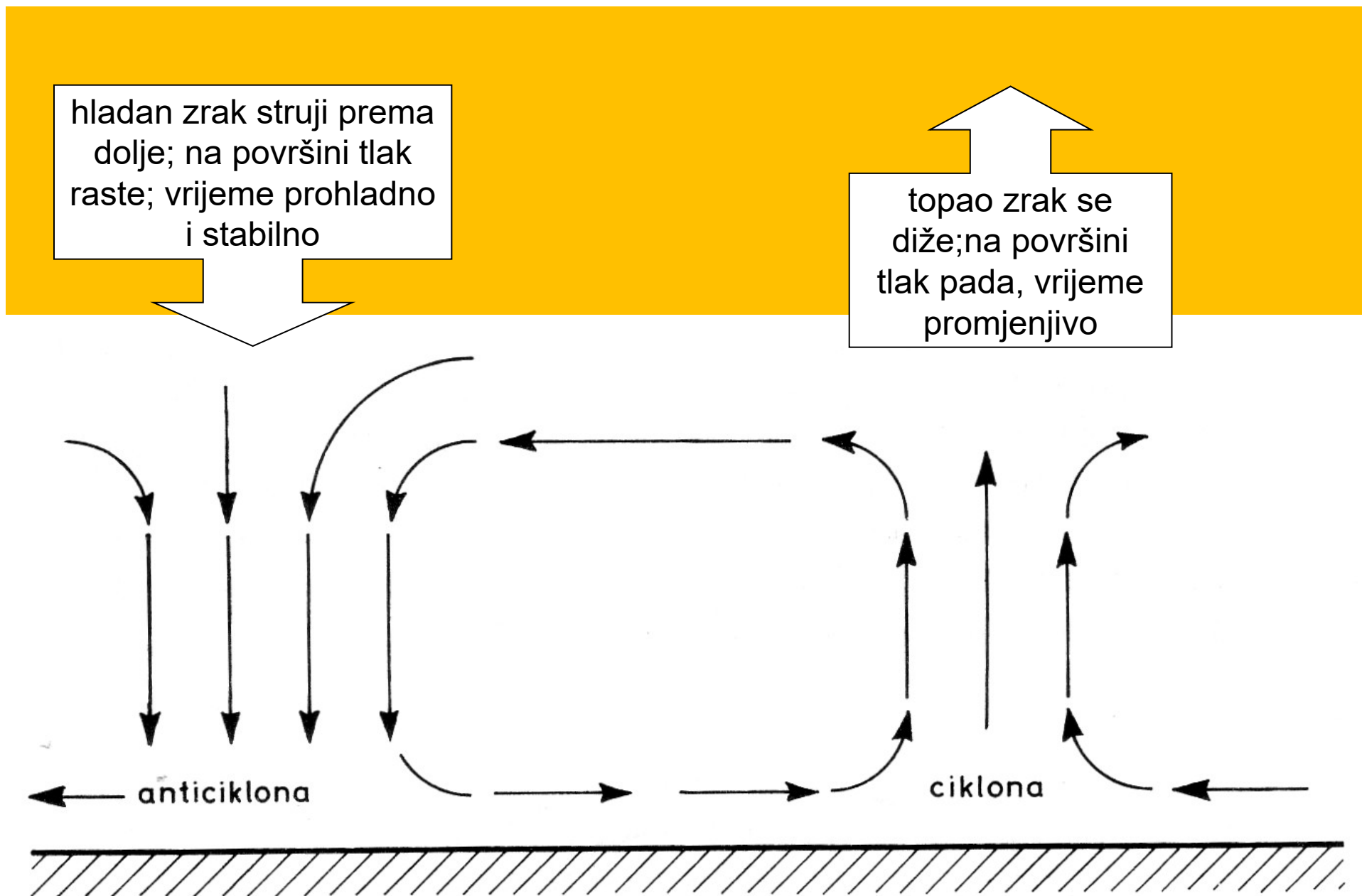


Visoki tlak ili  
ant ciklona

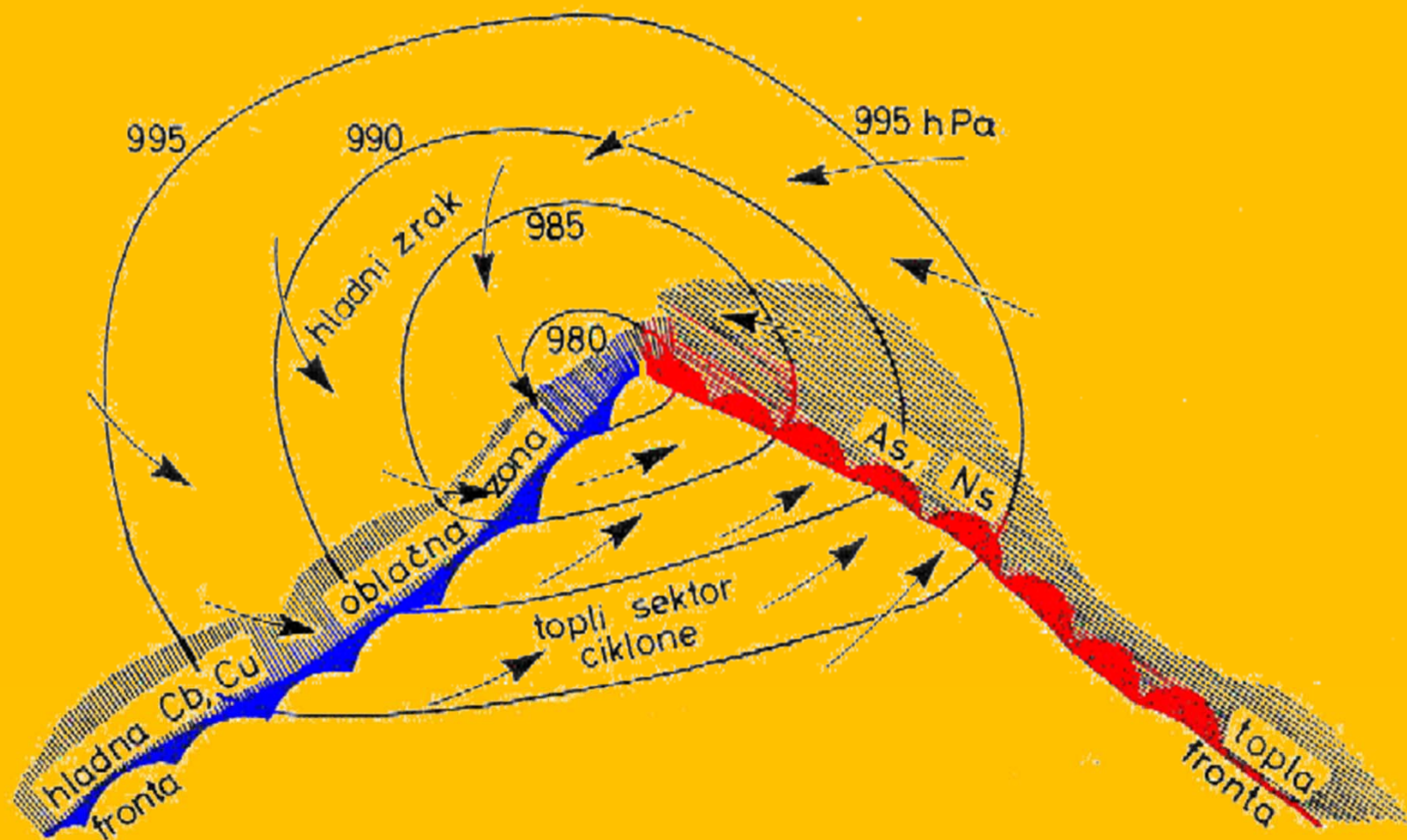
Izobare-spojnice točka s istim tlakom



Slika 94. Tipovi baričkog polja

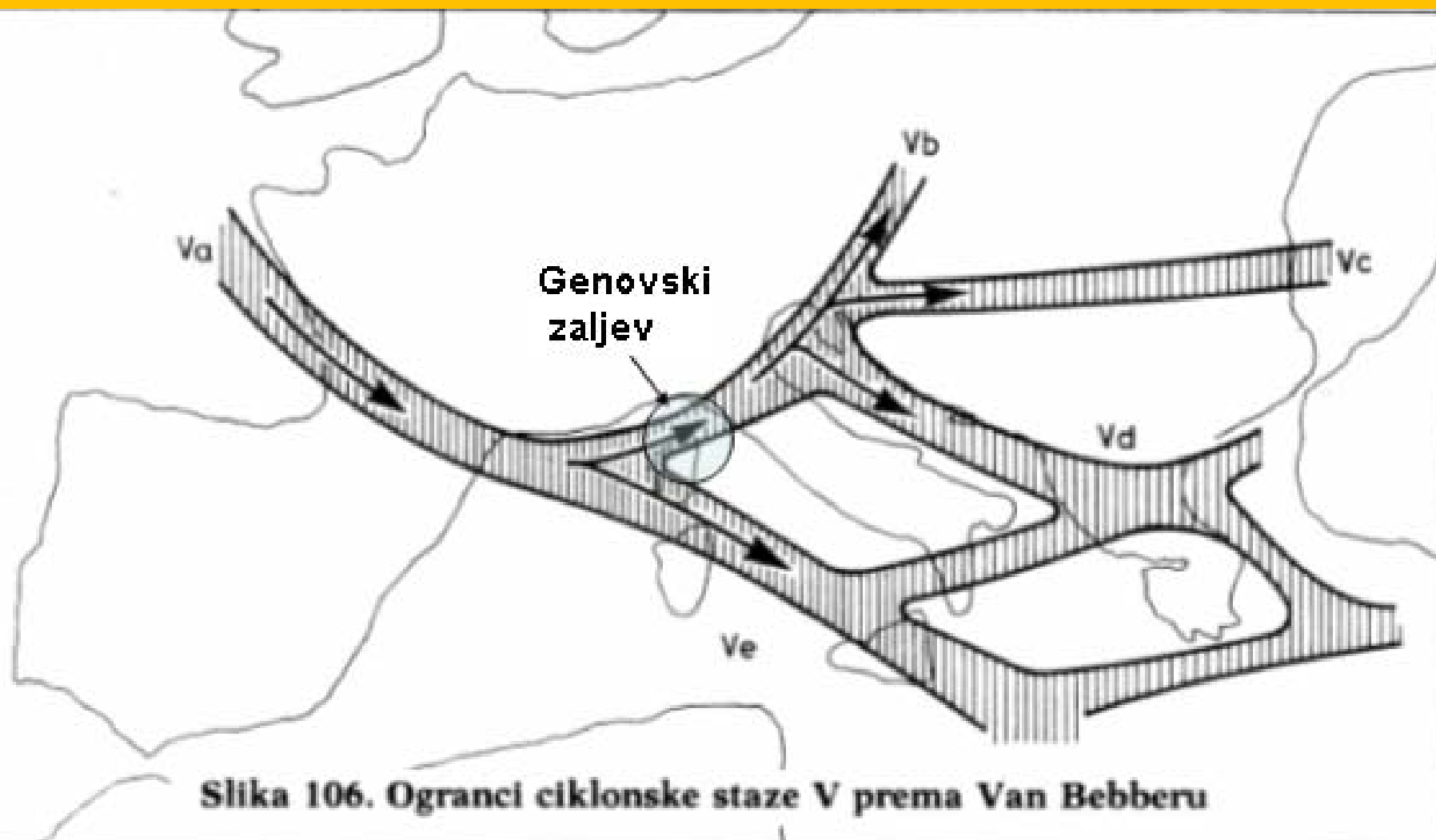


**Slika 102. Vertikalni presjek kroz područje visokog i niskog tlaka s prikazom cirkulacije**



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

RH: pod utjecajem polja visokog tlaka nad Atlantikom (Azorska anticiklona) cijele godine, a zimi i anticiklone iznad euroazijskog kontinenta. Ciklone nam nailaze s Islanda ili Genovskog zaljeva tijekom cijele godine



**Slika 106. Ogranci ciklonske staze V prema Van Bebberu**

## 7.3. Vjetar

određen smjerom i brzinom ili jakošću

brzina  $v=s/t$  ili prijeđeni put u 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

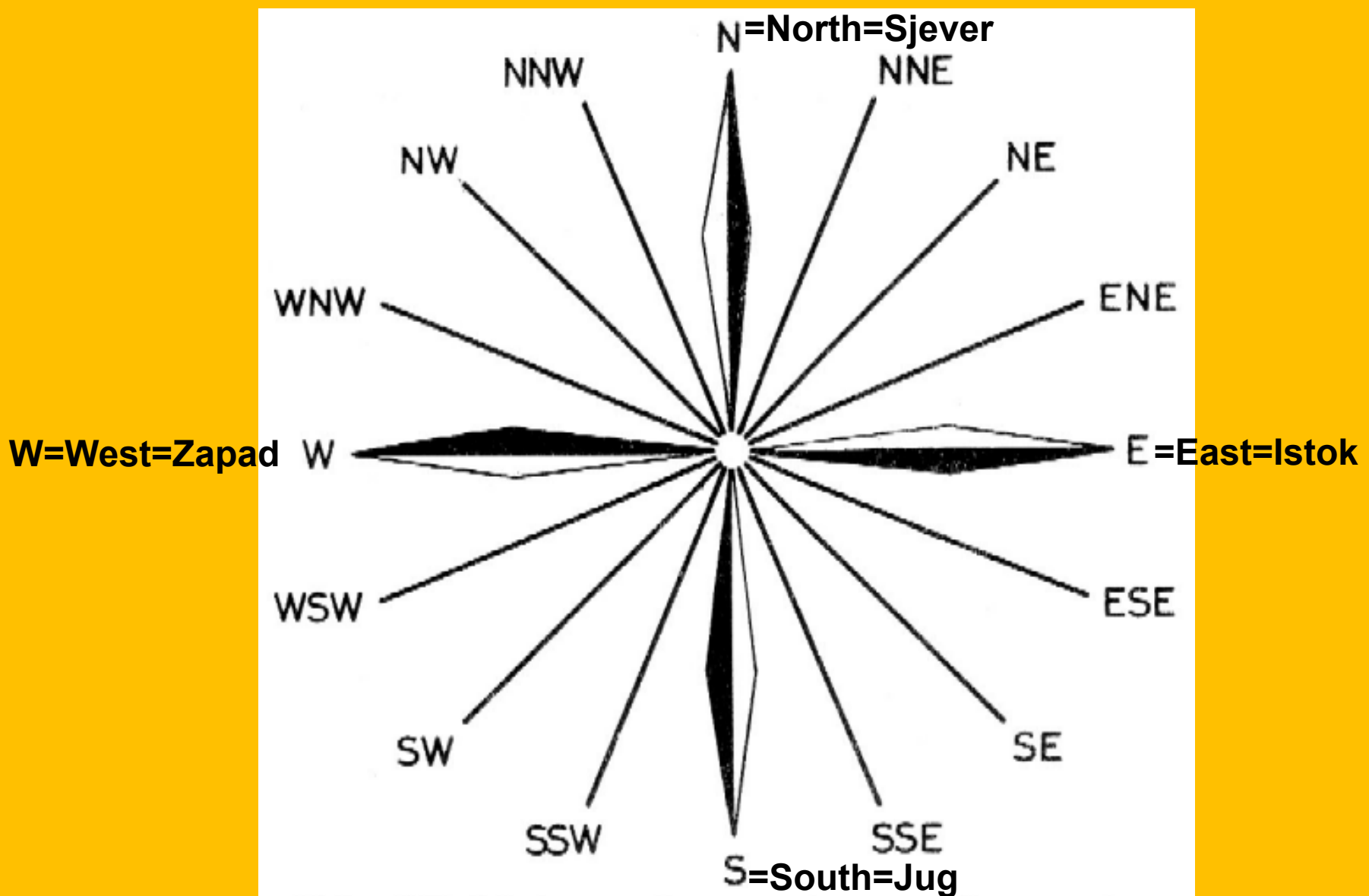
$v \approx \Delta p / \Delta n$

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

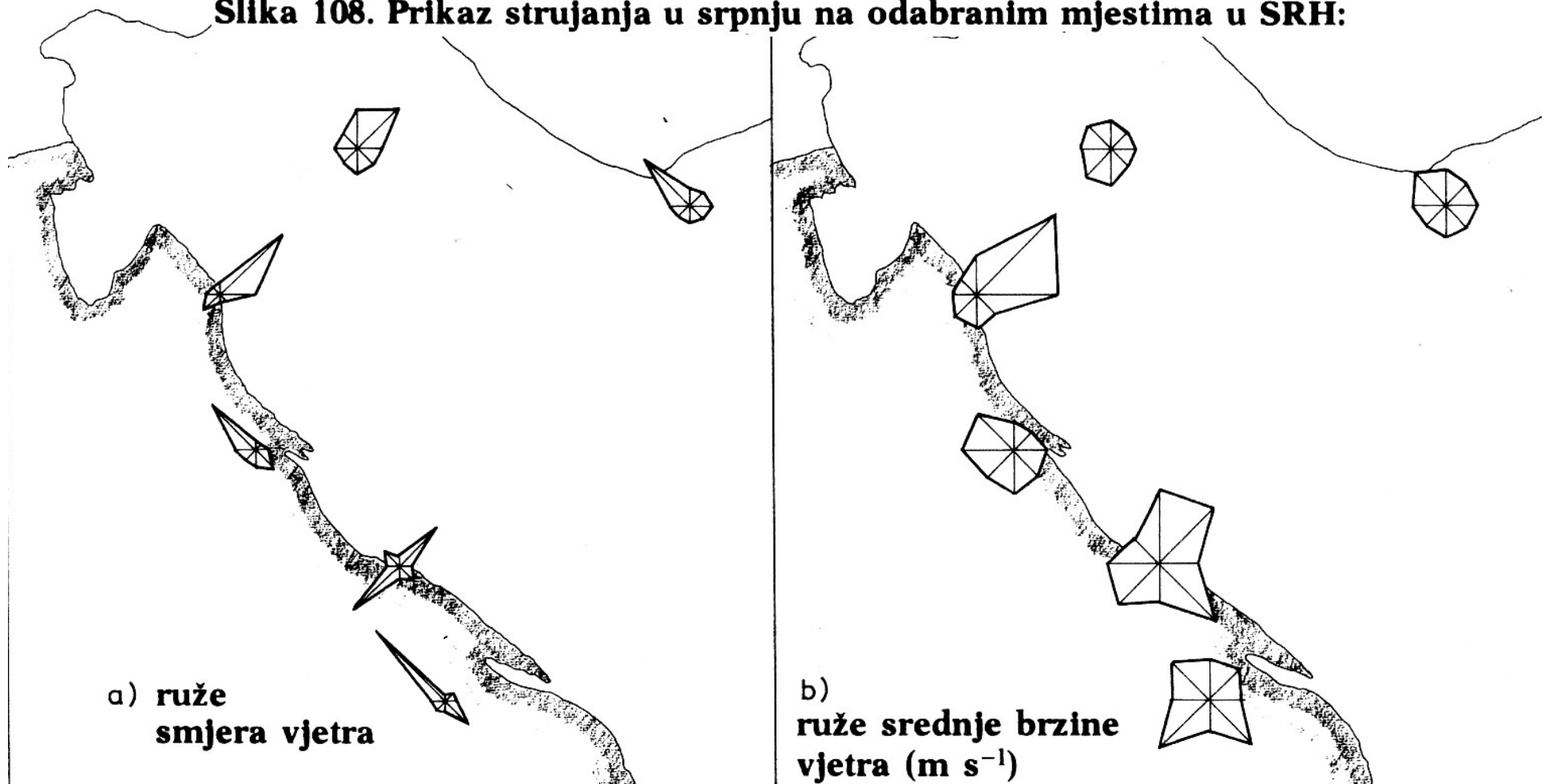
Smjer vjetra se imenuje u skladu sa stranom svijeta odakle puše



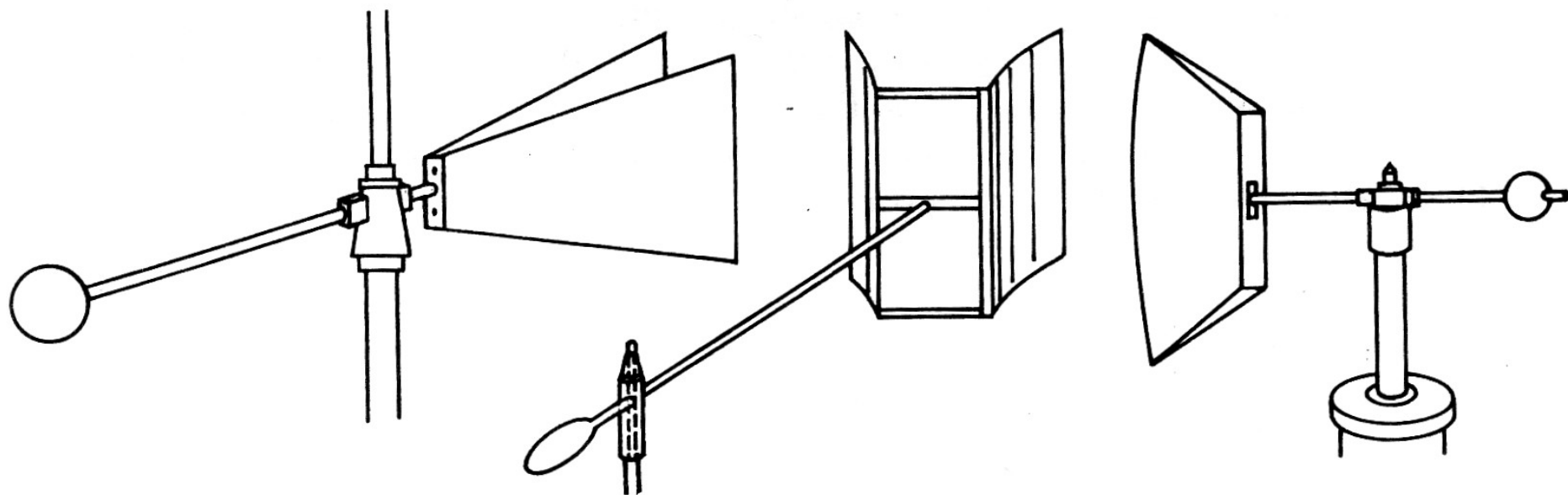
Slika 107. Međunarodne oznake za smjerove vjetra

„Ruža vjetрова”: grafički prikaz učestalosti smjera/brzine vjetra

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



## Mjerenje smjera vjetra - vjetrulje

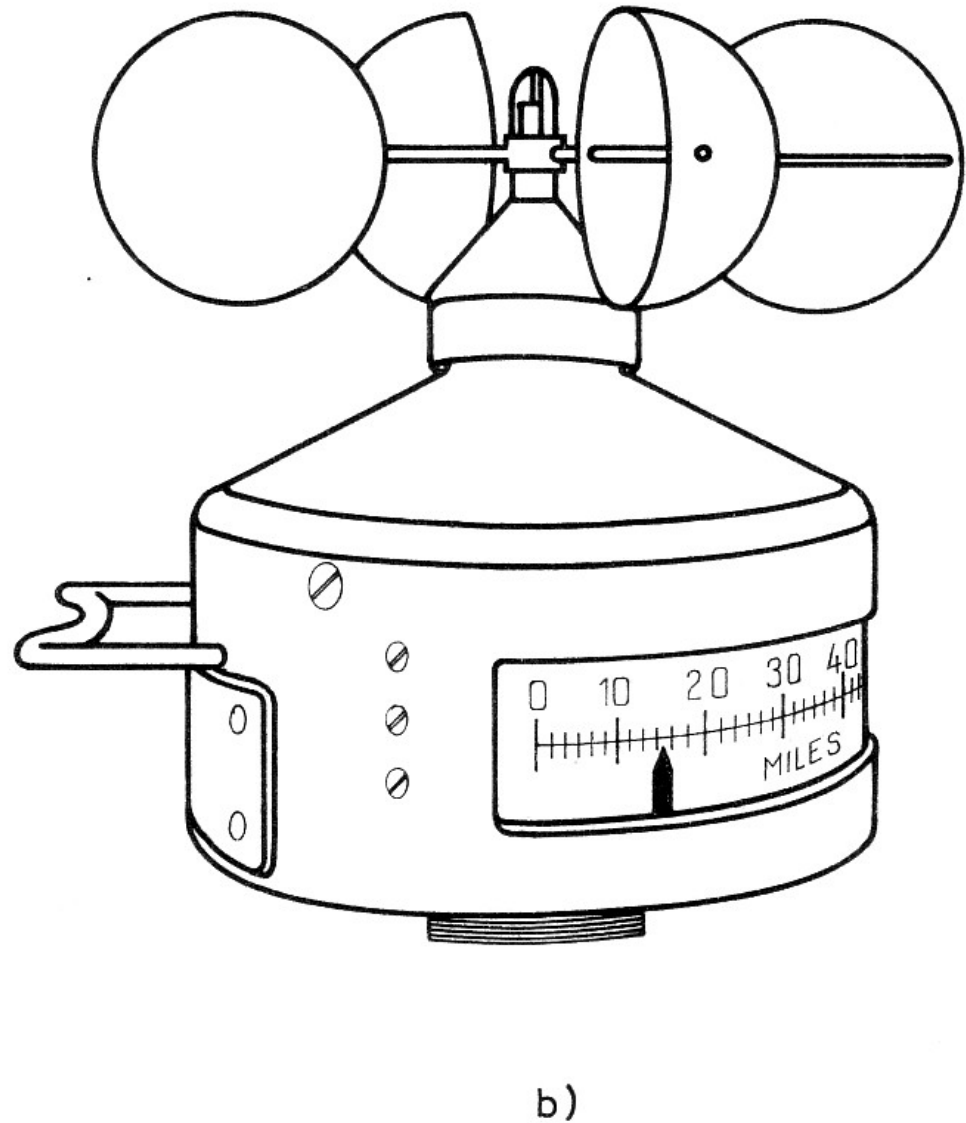
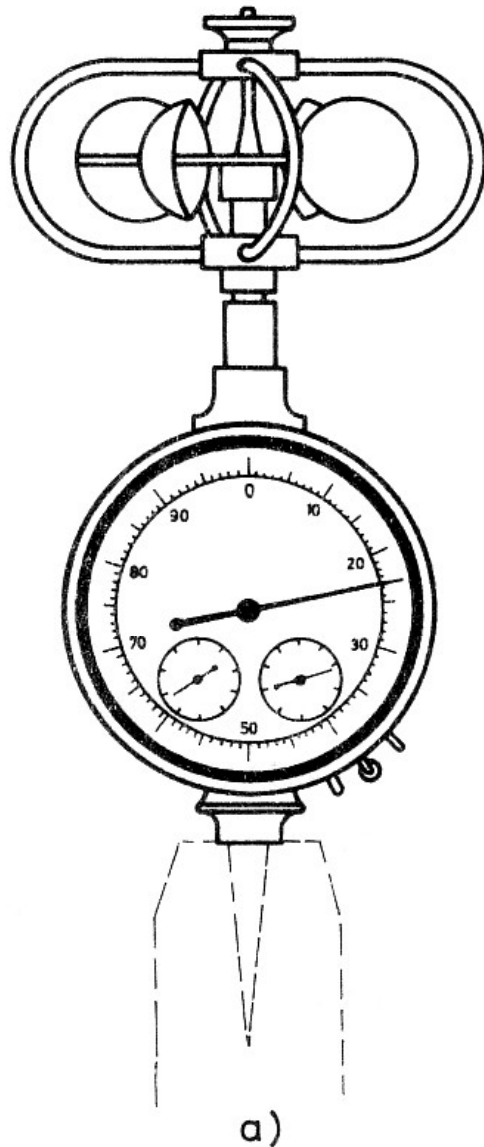


**Slika 109. Različiti tipovi vjetrulja**

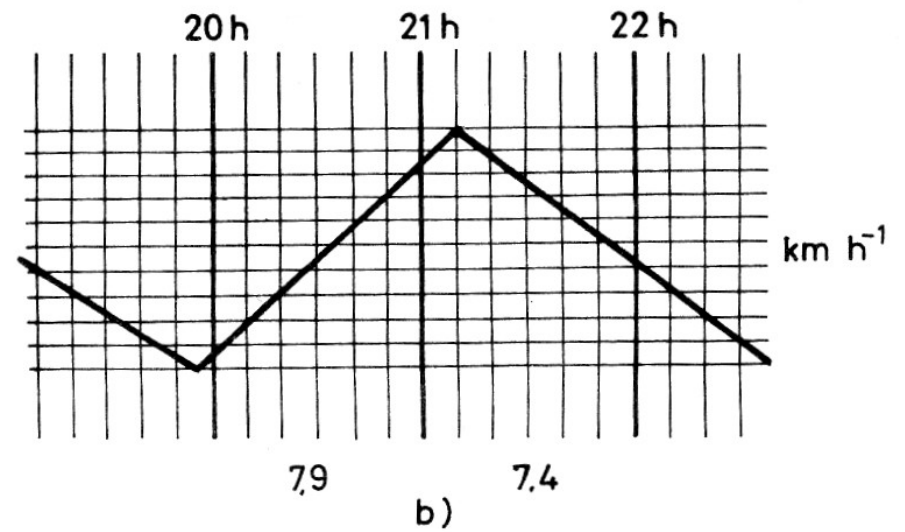
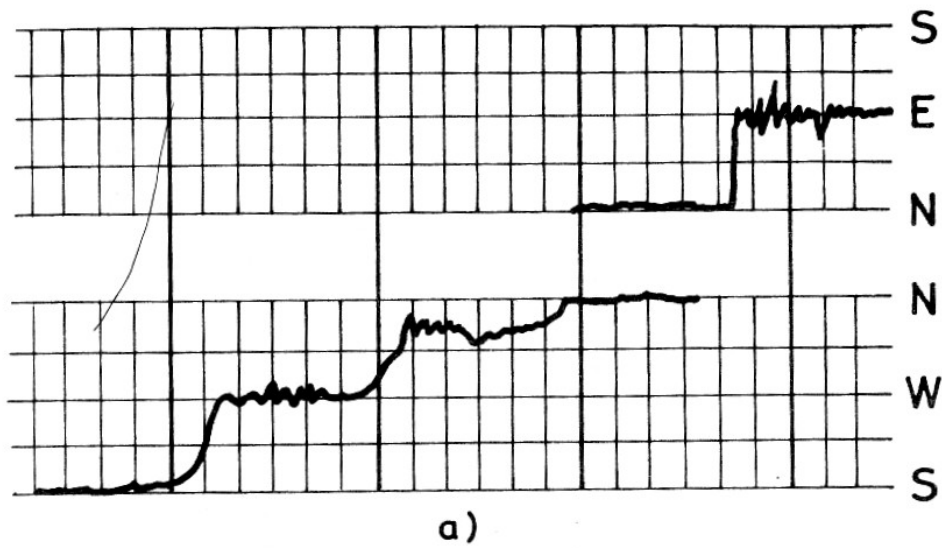




## Mjerenje brzine vjetro-anemometri



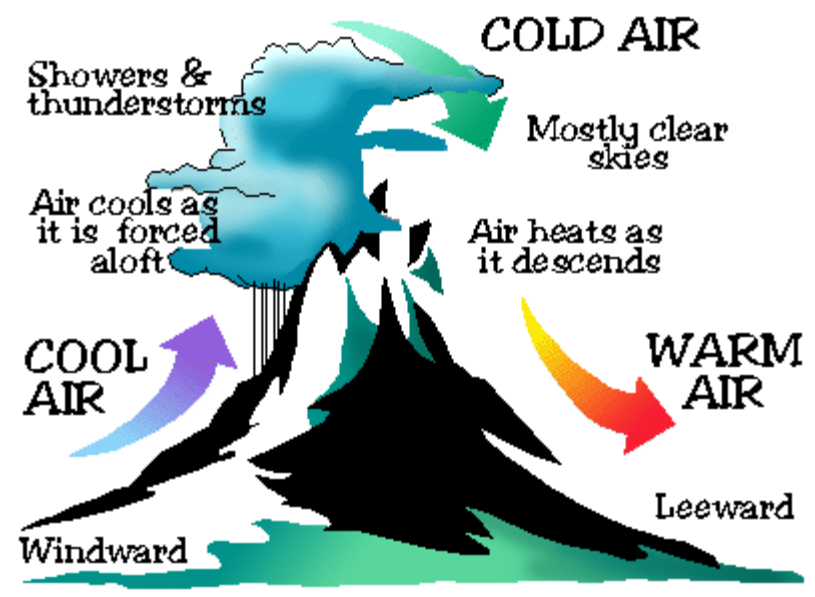
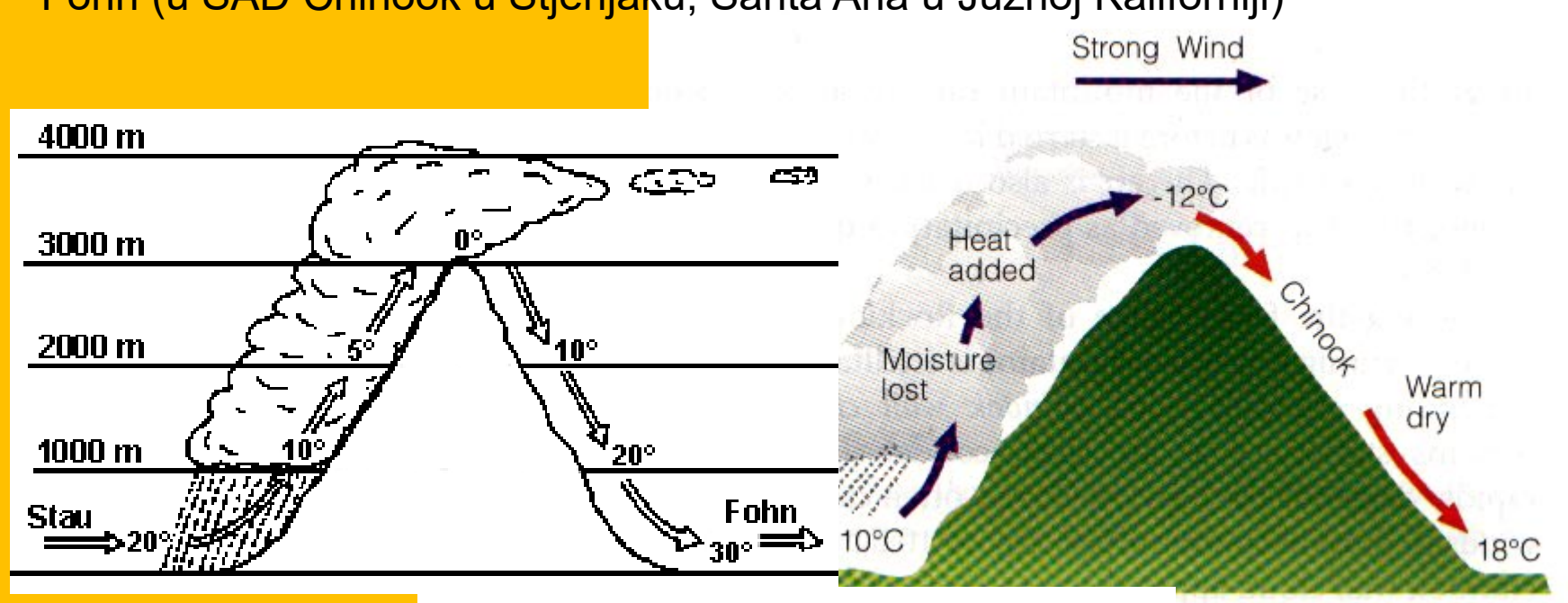
**Slika 111. Ručni anemometar: a – s mehaničkim i b – s električnim prijenosom**



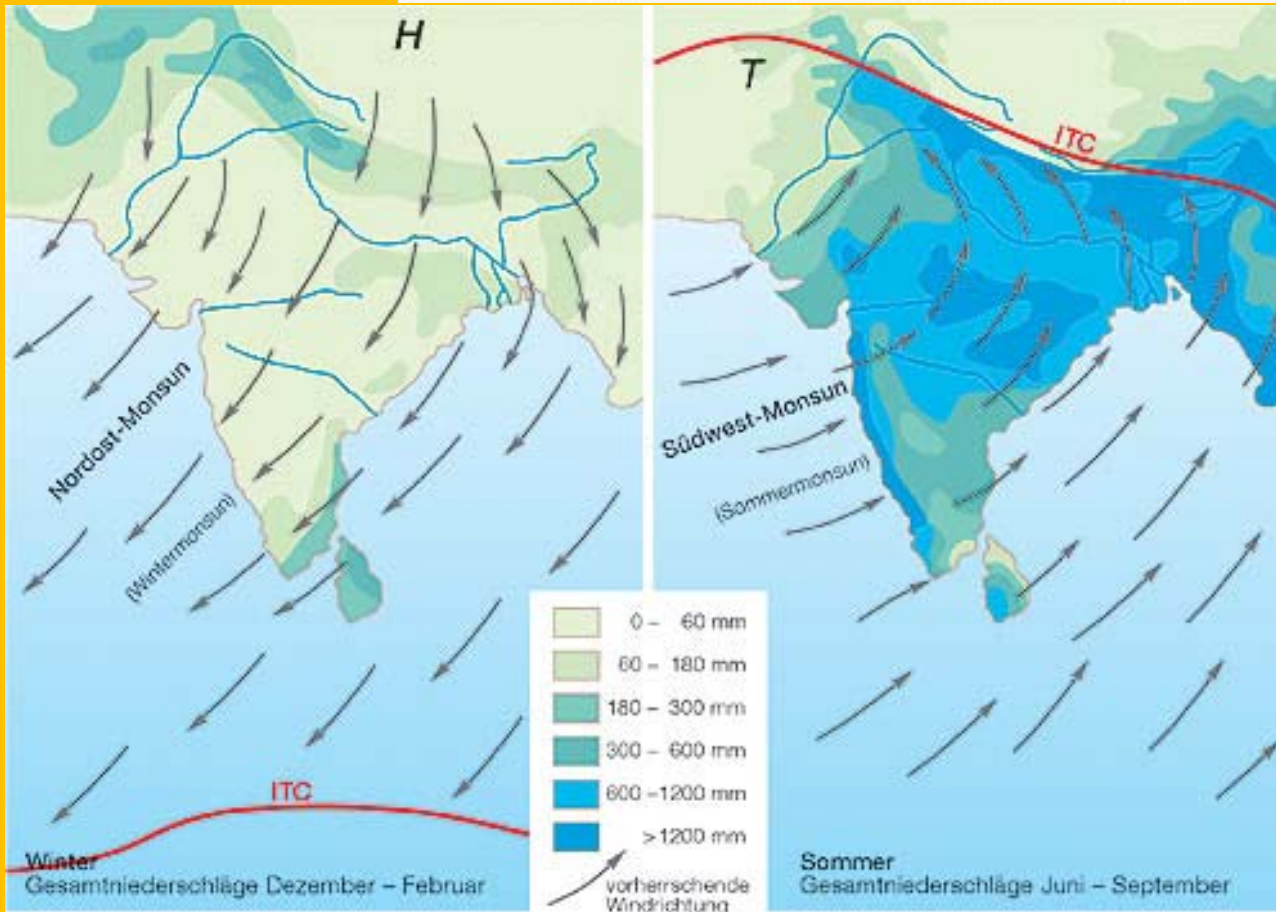
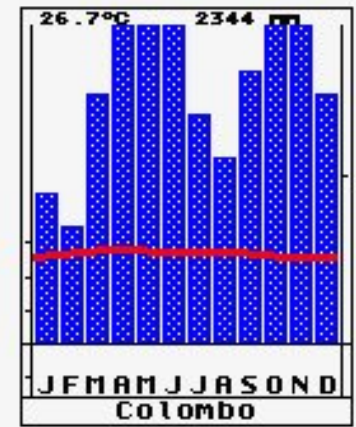
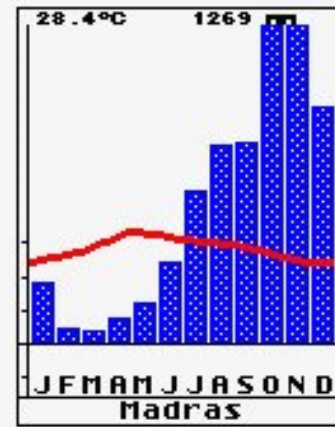
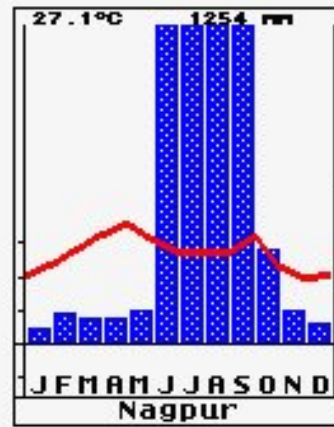
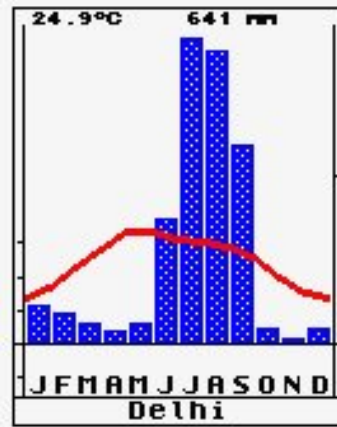
**Slika 110. Primjer anemograma s registracijom: a – smjera i b – brzine vjetra**

# Neki specifični vjetrovi

Föhn (u SAD Chinook u Stjenjaku, Santa Ana u Južnoj Kaliforniji)

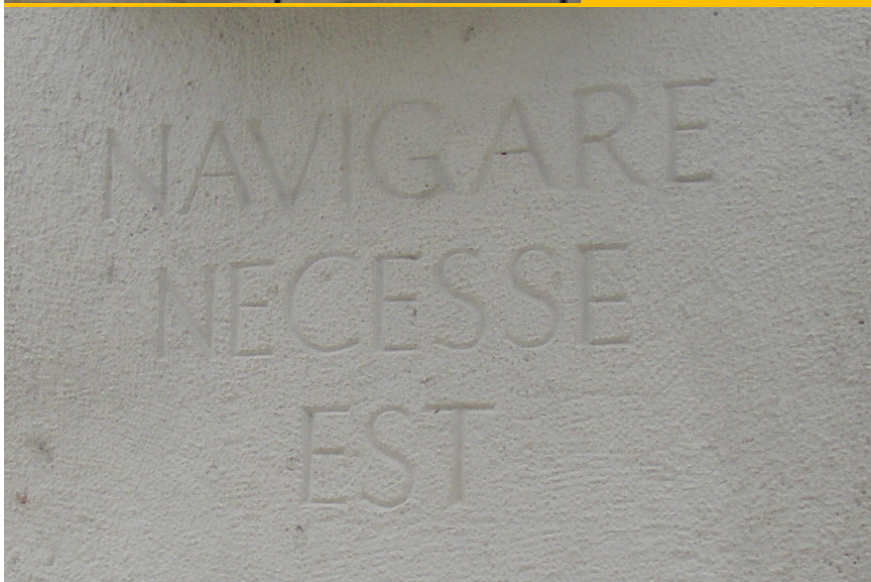


# Indijski monsun



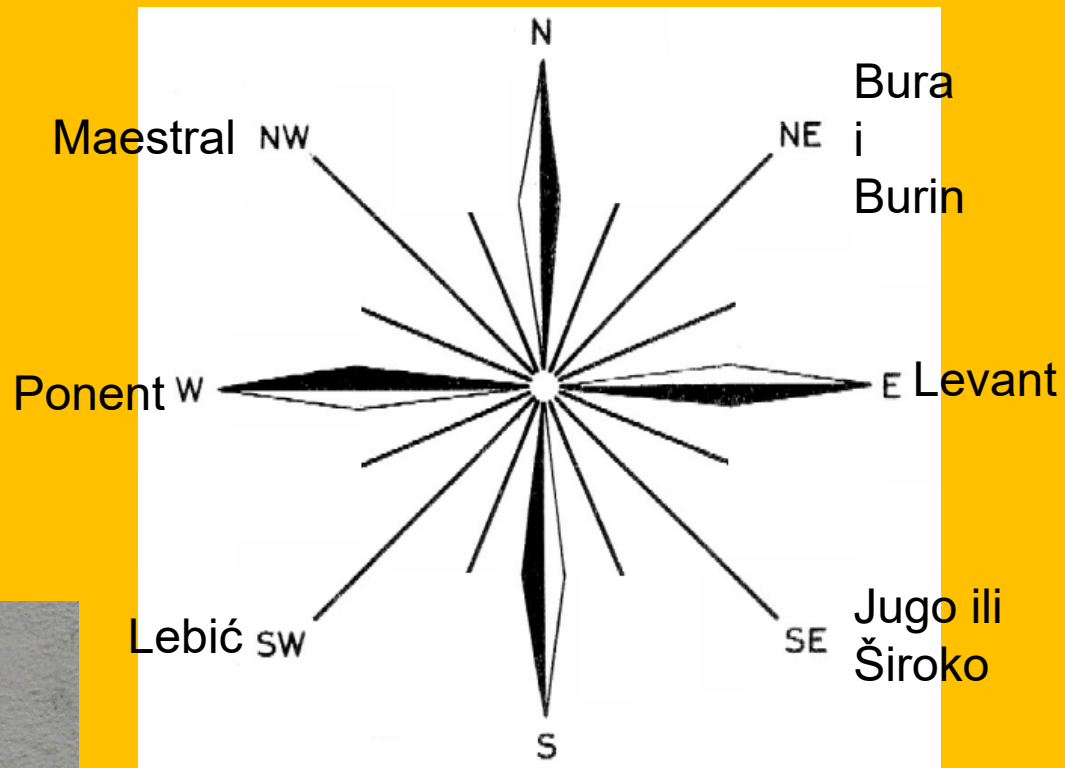
Zimski monsun

Ljetni monsun



# Vjetrovi Jadrana

## Tramontana



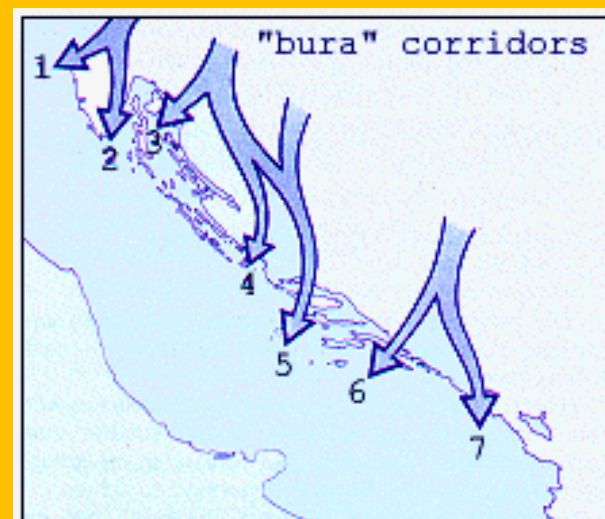
## Oštro



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

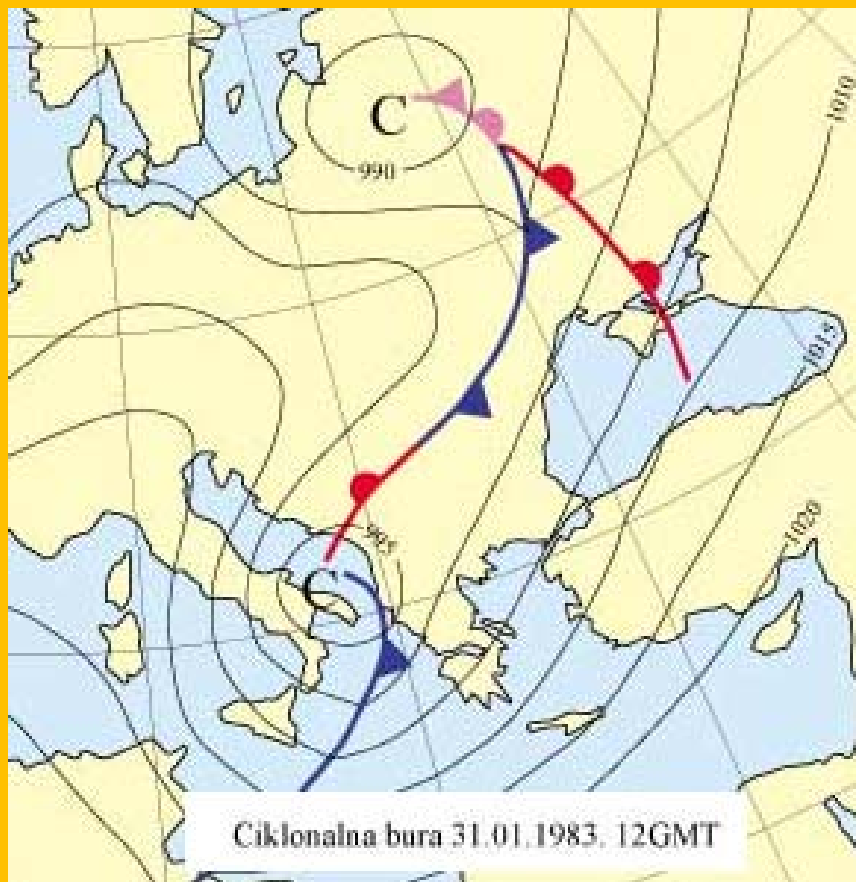
### **Anticiklonalna (vedra) bura**

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 brzi 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 Jadranu puše jugo.

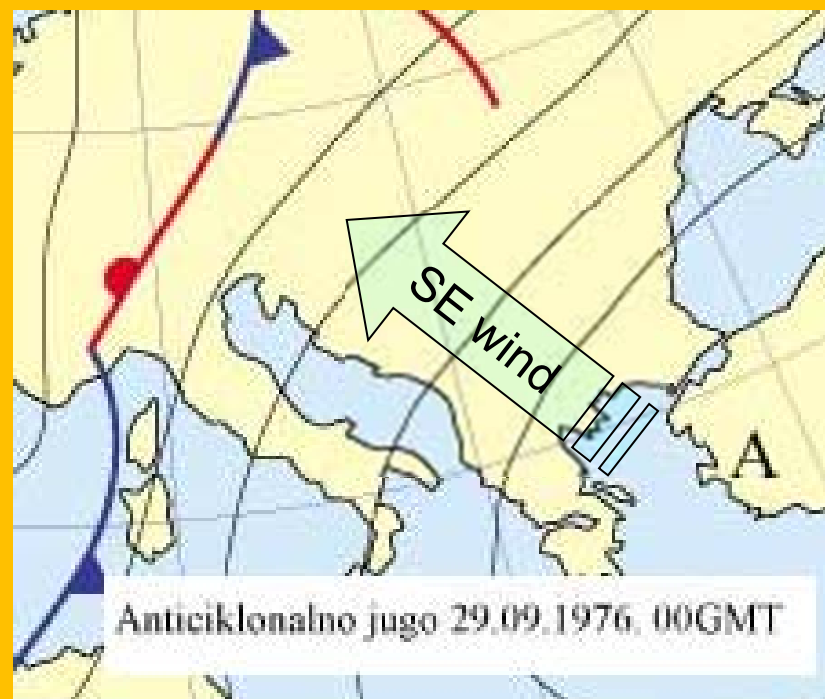


Ako je središte ciklone još sjevernije, moguća je situacija da jugo puše na području južno od Kvarnerića, a istovremeno u Velebitskom kanalu olujna i orkanska bura

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

### Anticiklonalno jugo

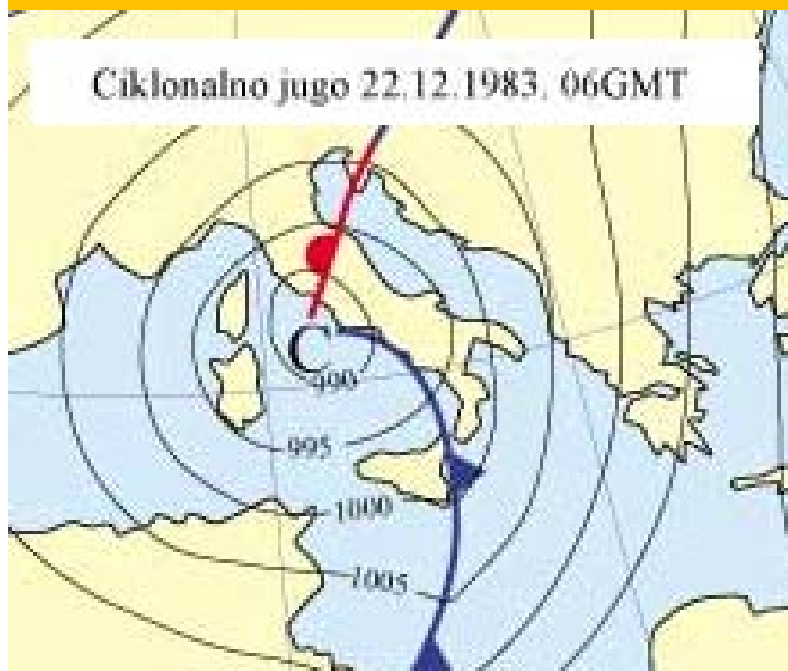
Anticiklonalno jugo se javlja zbog gradijenta tlaka koji nastaje kada se nad zapadnom Europom proteže prostrano ciklonalno polje, a istovremeno nad jugoistočnom Europom i istočnim Mediteranom polje visokog tlaka. Zbog stacionarnosti baričkih polja u prosjeku puše dulje nego ciklonalno jugo, a može puhati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



### Ciklonalno jugo

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.

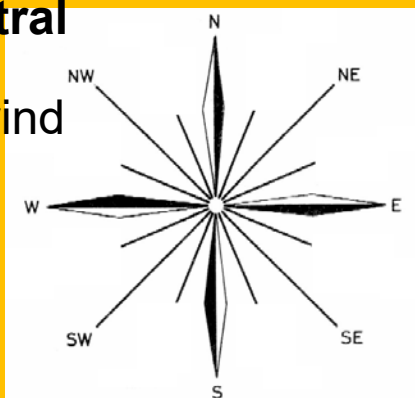
Palac - suho jugo – isušuje, "pali" usjeve





## Maestral

NW wind



-latinski *ventus magistralis* ← glavni, magistralni vjetar

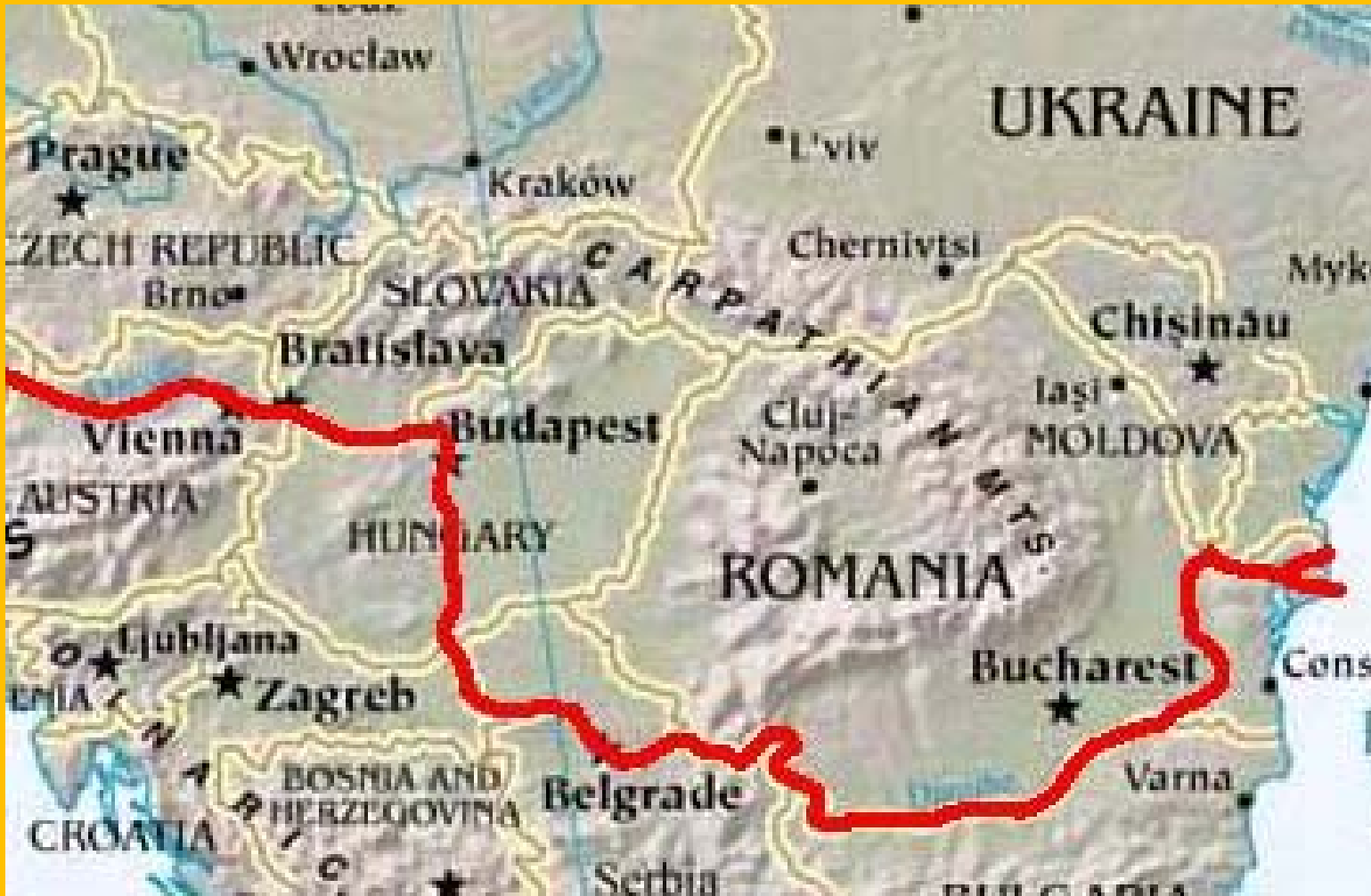
"zmorac", počinje oko 10-11 ujutro, dosiže najjaču snagu oko 14-15 popodne da bi zamro po zalasku sunca, kad ga zamjenjuje **burin**, "skopnac", sjeverozapadnjak

blag, stalan, uglavnom ugodan, vrlo pogodan za jedrenje



## Dolnjak

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

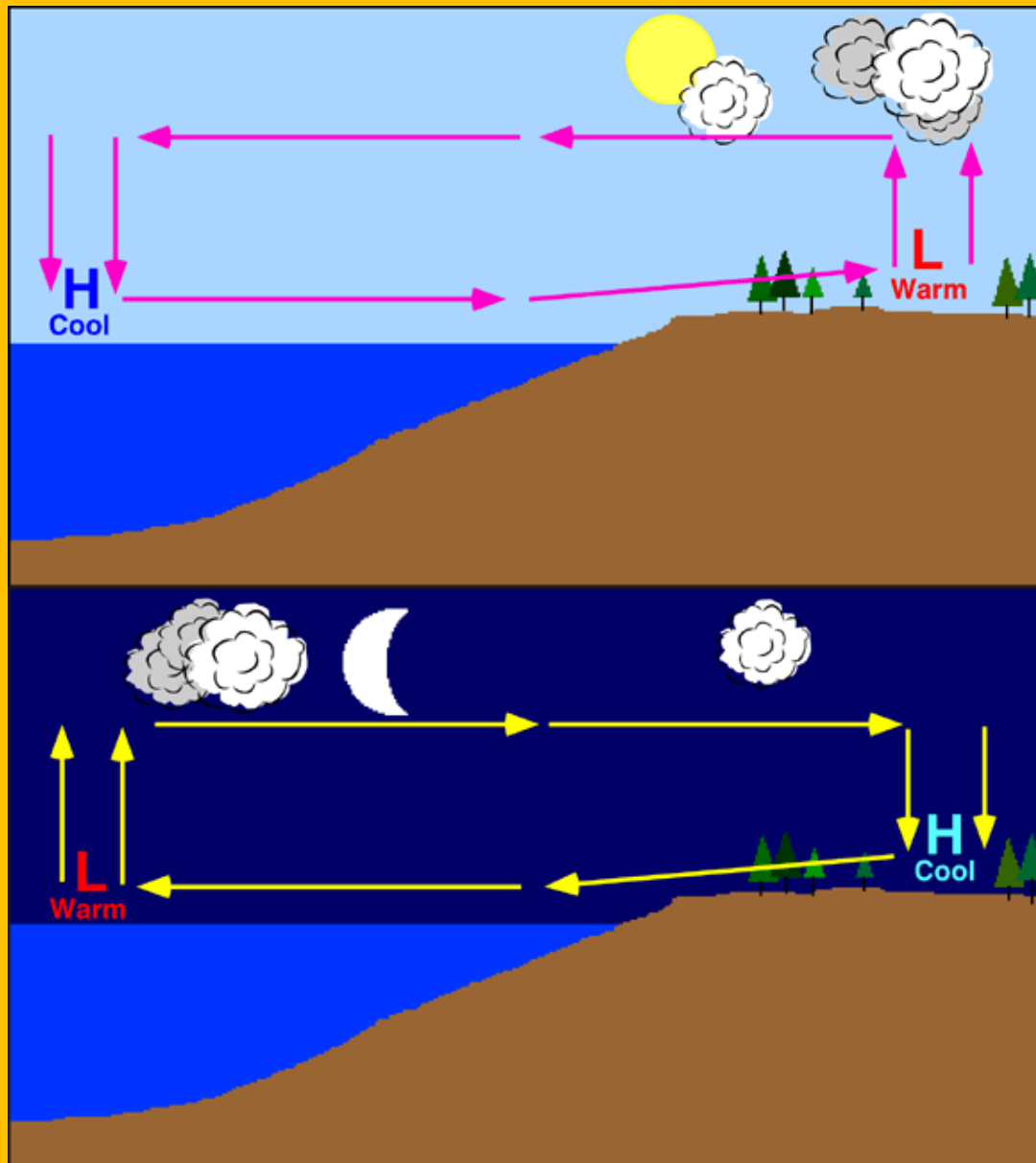


## 7.4. Utjecaj podloge i reljefa na miješanje i strujanje zraka

### Strujanje zraka more-kopno

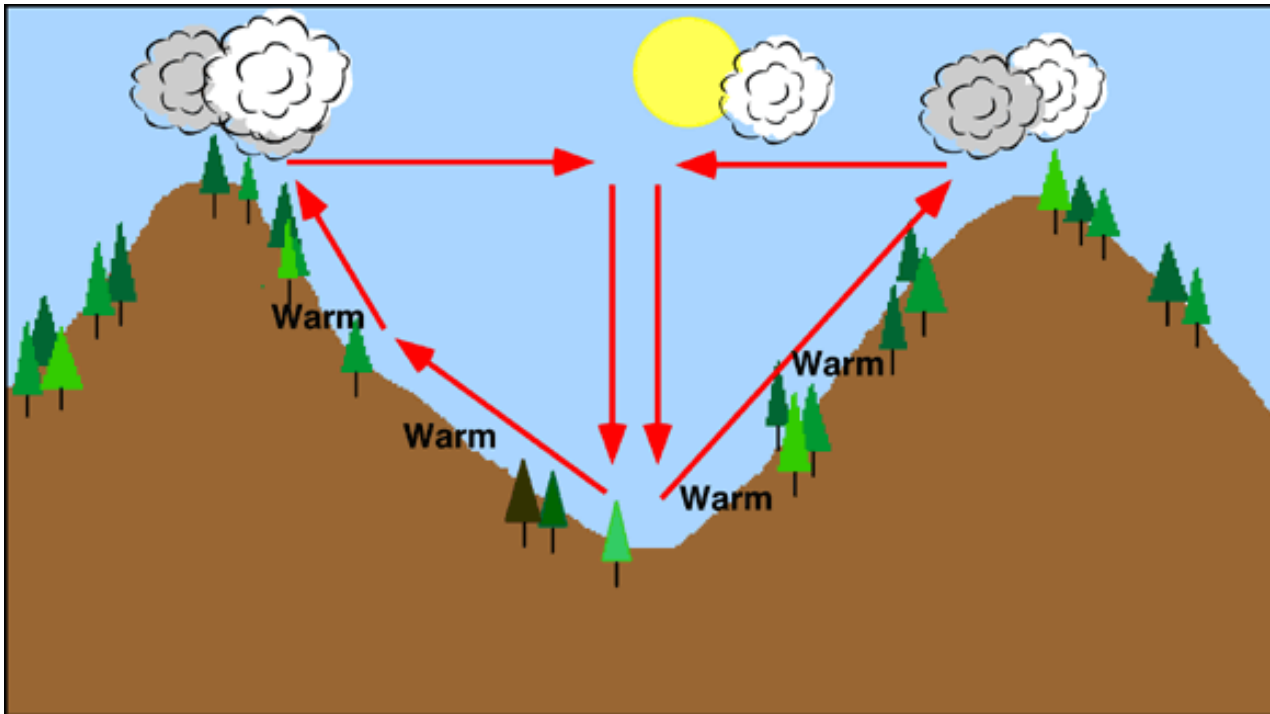
H-High  
pressure  
visoki tlak

Cool  
hladno



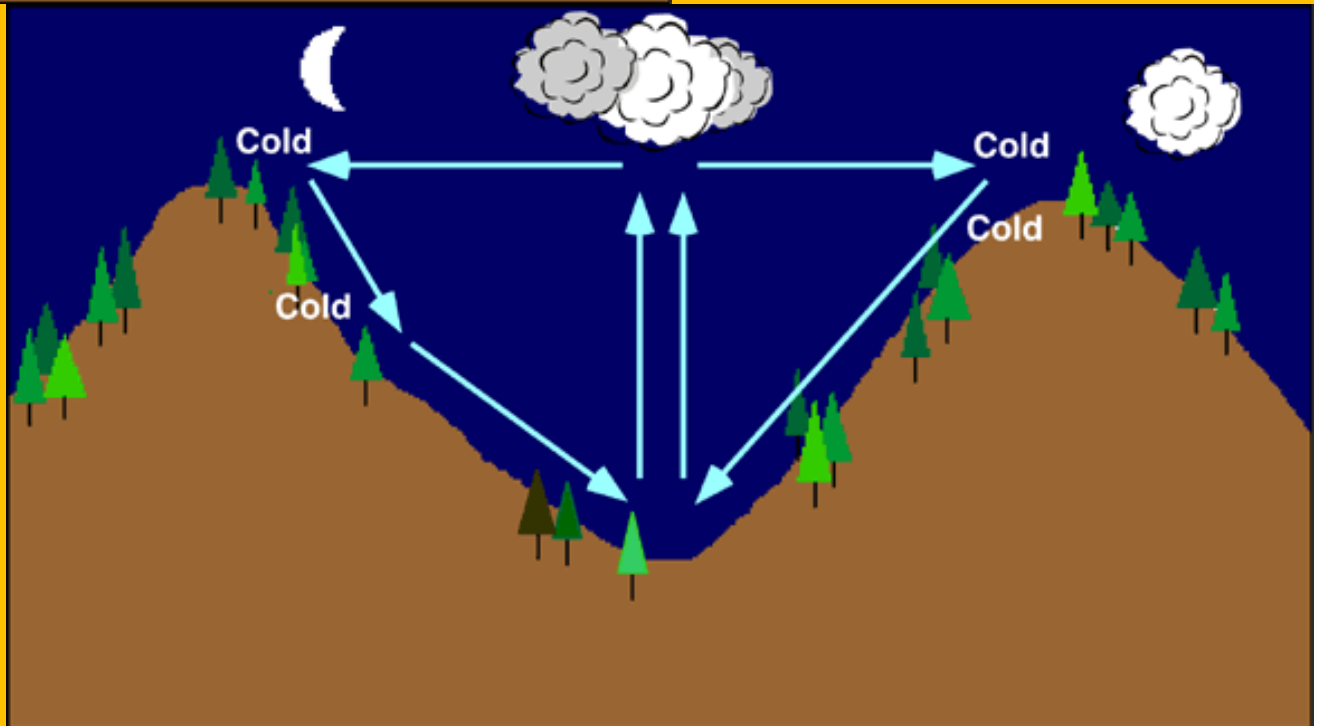
L-Low pressure  
niski tlak

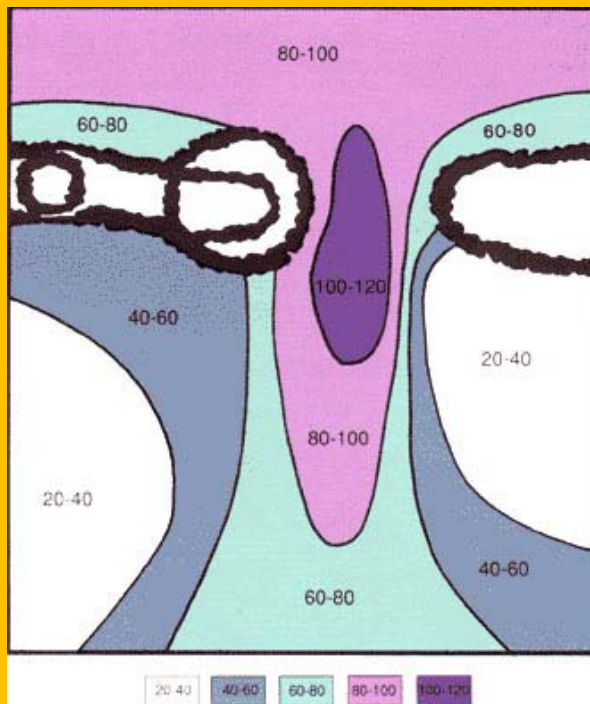
Warm  
toplo



Dnevno strujanje zraka  
uz obronke

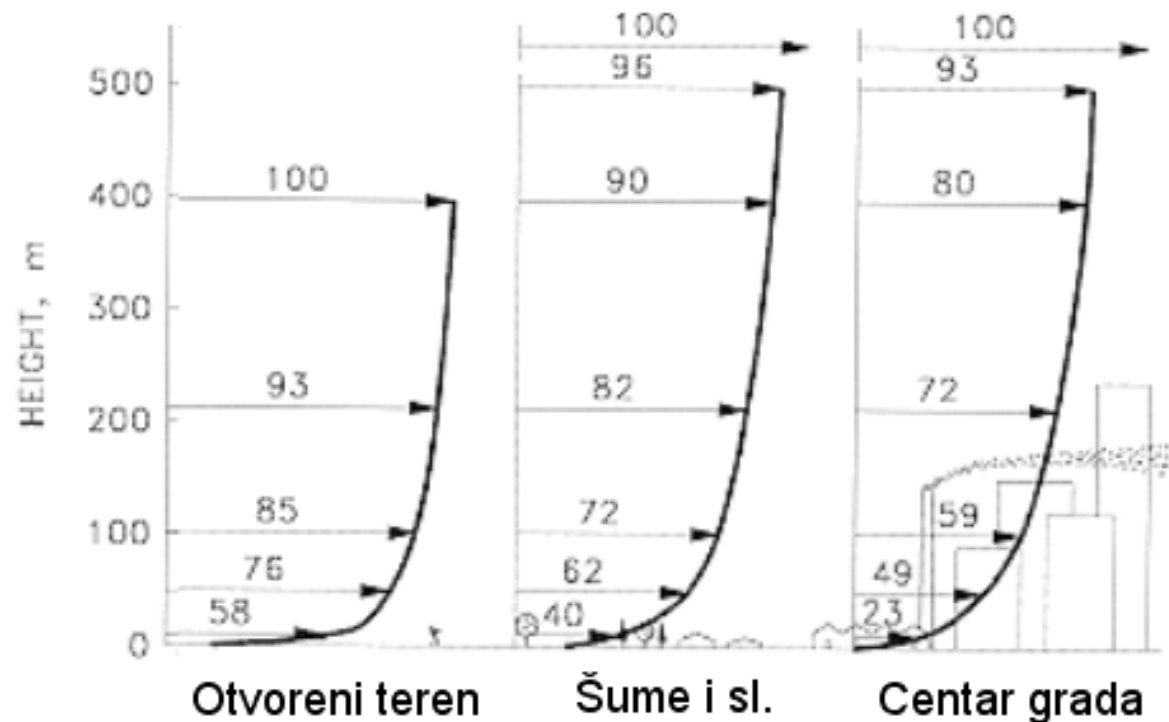
Noćno strujanje zraka  
niz obronke



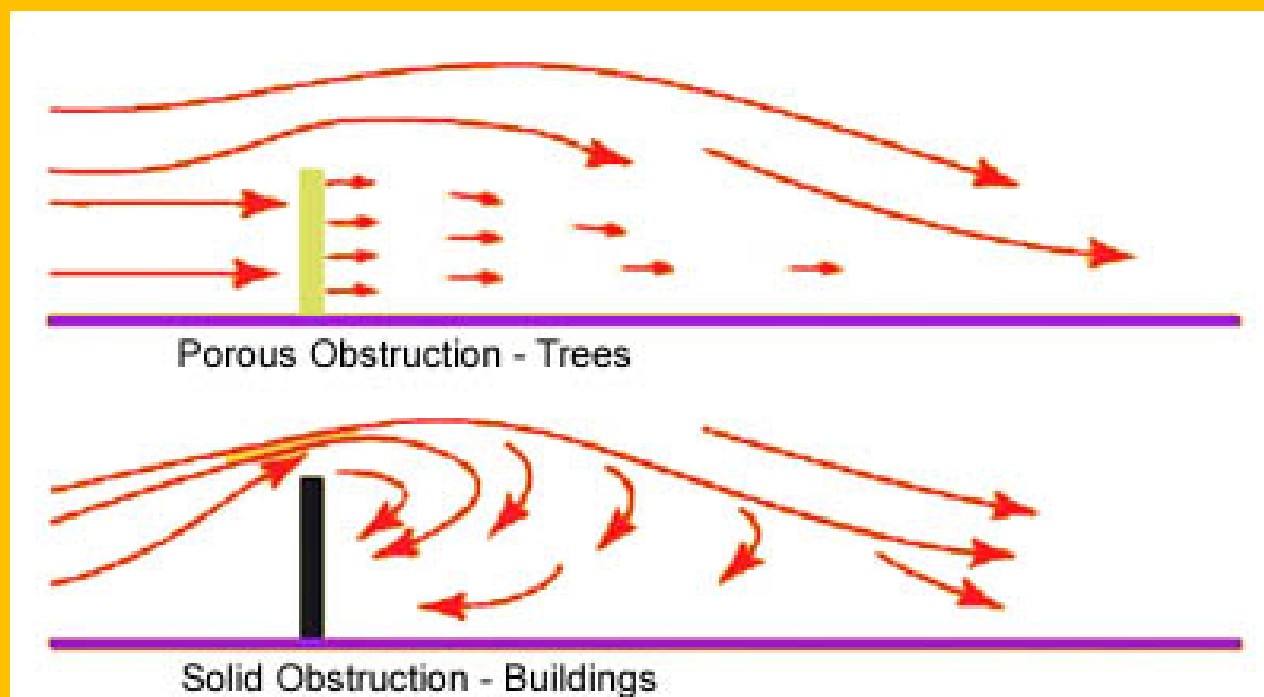
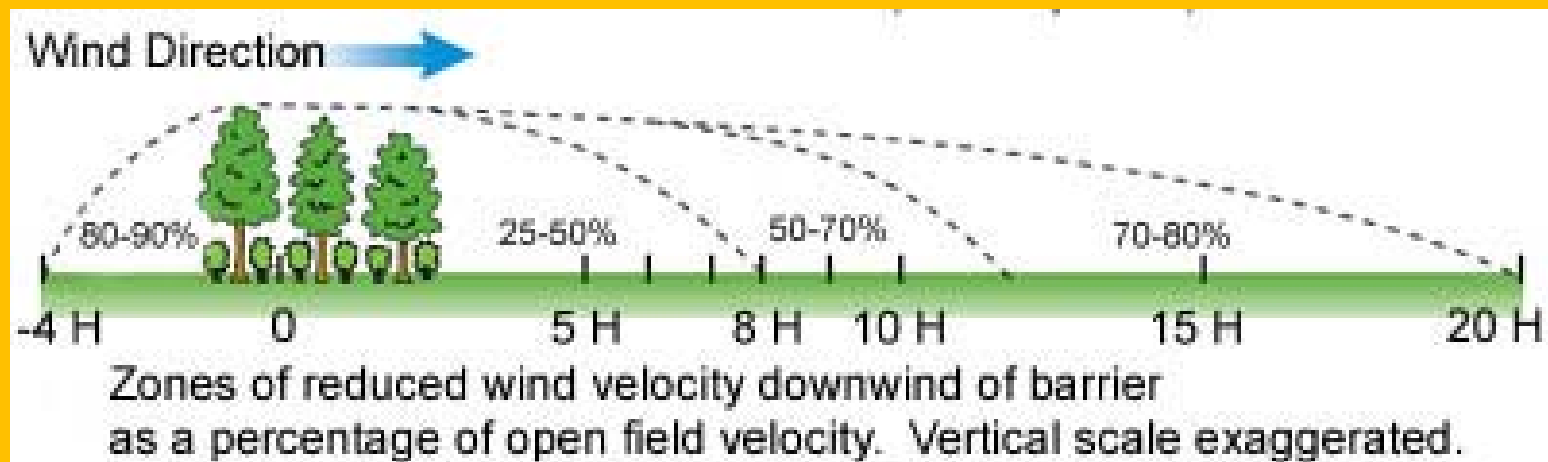


Hrapavost podloge i razvijeni reljef  
 -utjecaj na brzinu i smjer vjetra  
 -ukoliko struja vjetra ulazi u "kanal" brzina raste  
 -ukoliko je okomit, prepreka se "preskače", a u samom kanalu vjetar je slabiji

**Graf brzine vjetra iznad različitih terena**



## Zone iza vjetrobrana



## 7.5. Važnost atmosferskog strujanja za biljke i životinje

Utjecaj zračnog strujanja:

- turbulentna razmjena i advektivni prijenos energije i čestica
- mehaničko djelovanje vjetra

- ❖ pritisak
- ❖ usisavanje
- ❖ vrtlozi

Advekcija vlage

- kruženje vlage na globalnim razmjerima
- RH: na svaki  $1\text{m}^2$  godišnje padne 700-1000 kg=litara vode → gustoća vode= $1\text{kg}/\text{dm}^3$

Miješanje zraka vjetrom:

- razmjena topline,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  pare, prijenos peluda, spora, sjemena, čestica tla i snijega

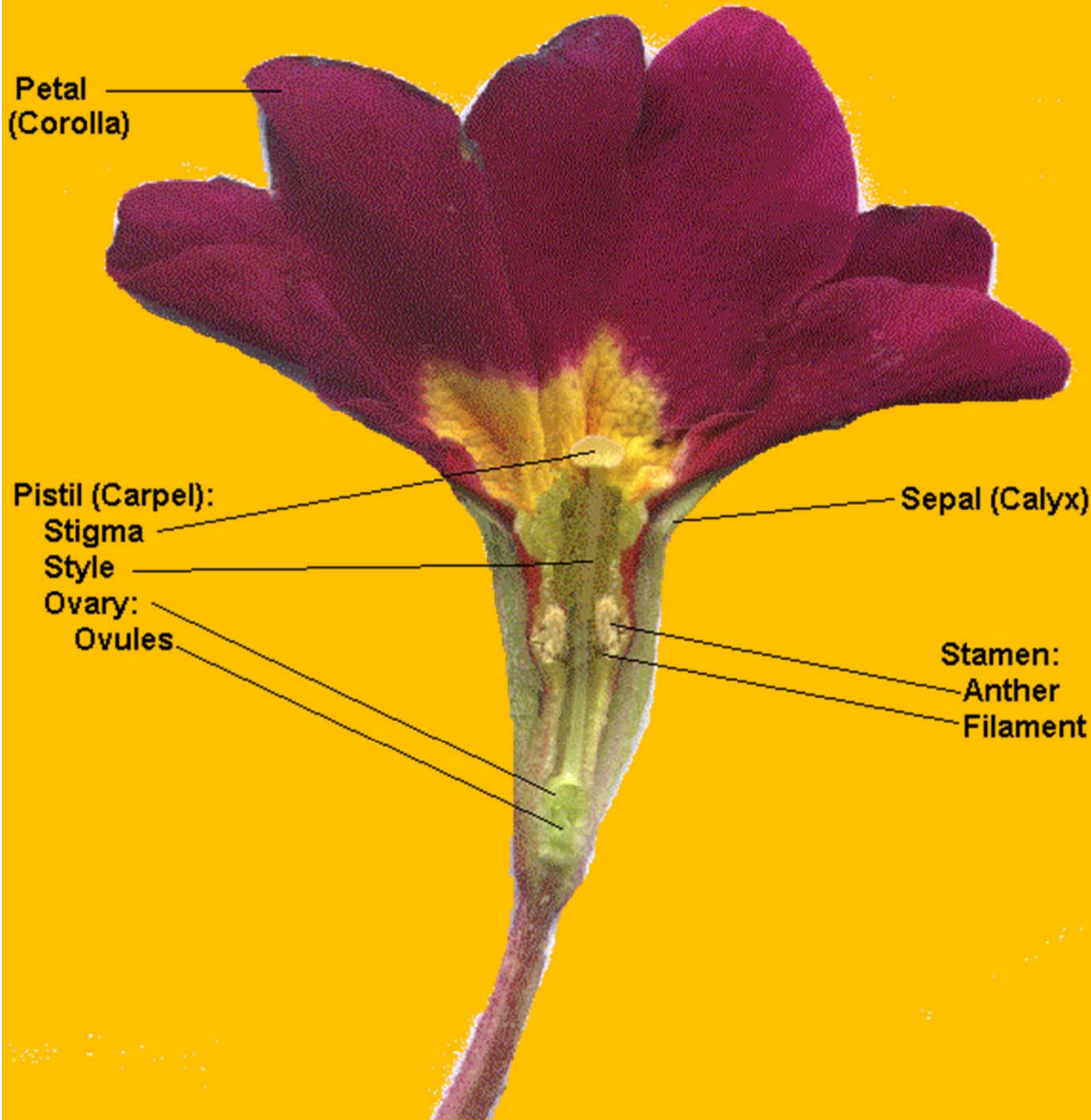
Ukoliko zrak miruje = temperaturni ekstremi

- kotline, mikrod depresije → mrazišta
- gusti sklopovi biljaka, lišće zadržava zagrijani zrak → visoke temperature

Blagi vjetar – povoljan utjecaj na fotosintezu ← svjež dotok  $\text{CO}_2$  i vlage (rosa)

Jak vjetar – povećanje ET ← pozitivno – isušuje tlo, ranije moguća obrada  
negativno – isušuje tlo i biljku, moguć stres

pozitivno – transport peluda, bolja oplodnja i cvatnja  
negativno – transport spora i sjemenja korova

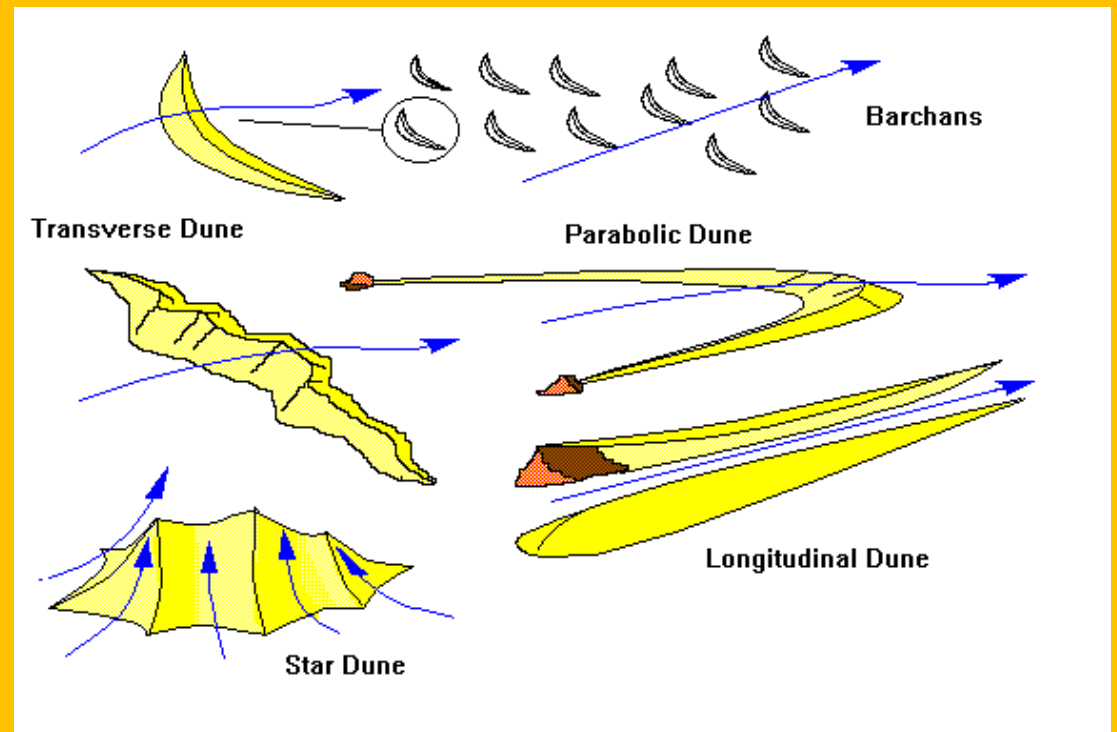


Prejak vjetar  
-ometa se let oprašivača

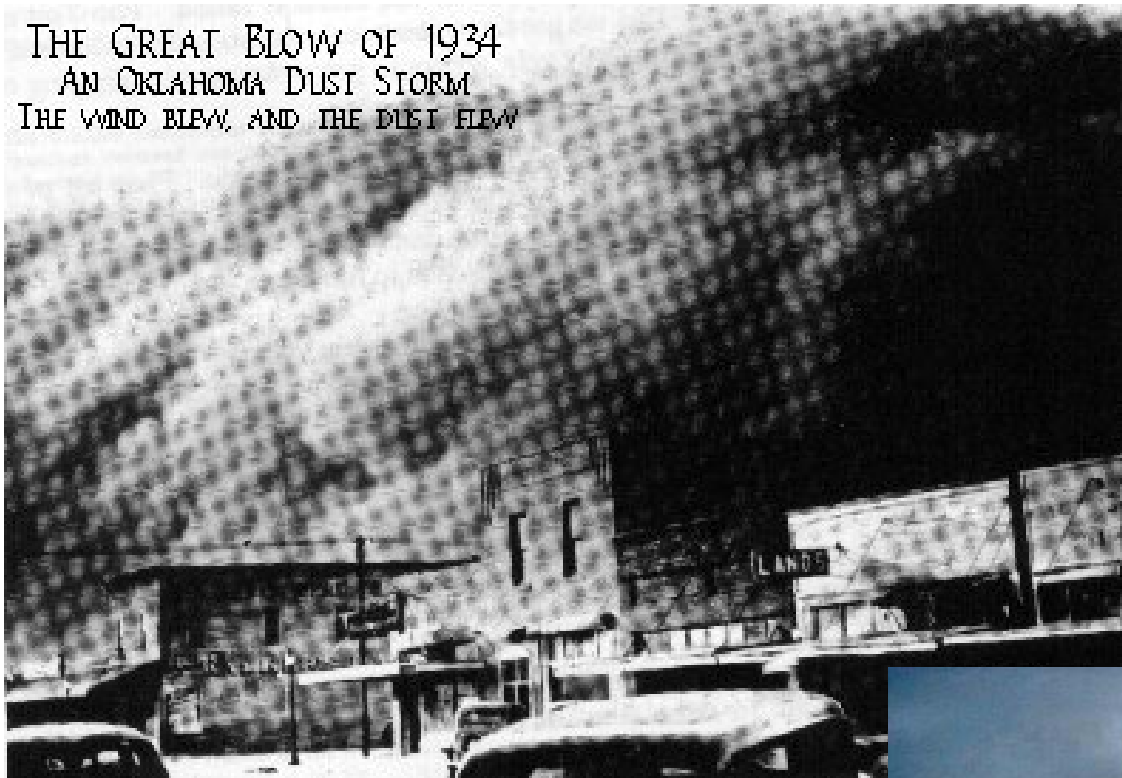




Transport čestica vjetrom  
- tlo – eolska erozija ( $v > 10$  m/s)  
(dine, Đurđevački peski)



THE GREAT BLOW OF 1934  
AN OKLAHOMA DUST STORM  
THE WIND BLEW, AND THE DUST FLEW



"Dirty thirties"  
"prljave tridesete"

Onda...

...i nedavno  
Kanzas, 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)



Wind mills close-up, courtesy of ESN



## Utjecaj na životinje:

- gubljenje topline → prehlade → smrzavanje

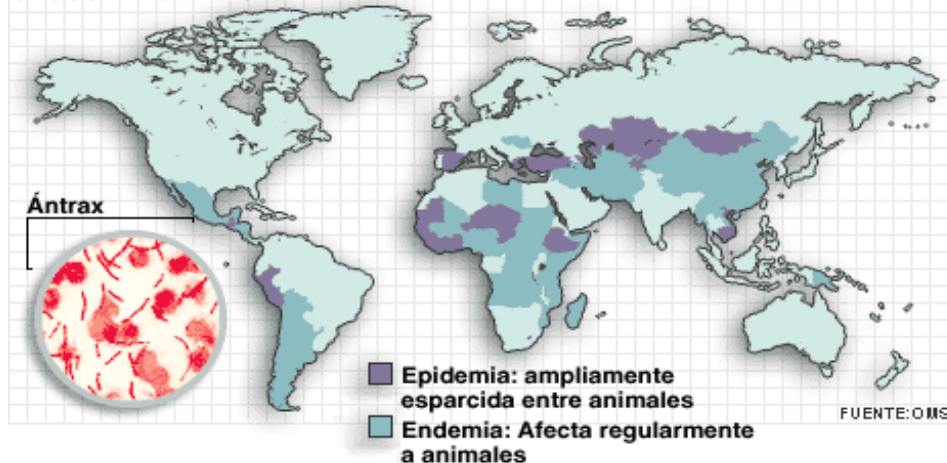
→ Biokovo, Dinara, Velebit: orkanska bura 80 km/h (22 m/s) ← kozomor

- nastambe štite od vjetra

- širenje bolesti



## CASOS NATURALES DE ANTRAX



## 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.

Lymph node

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.

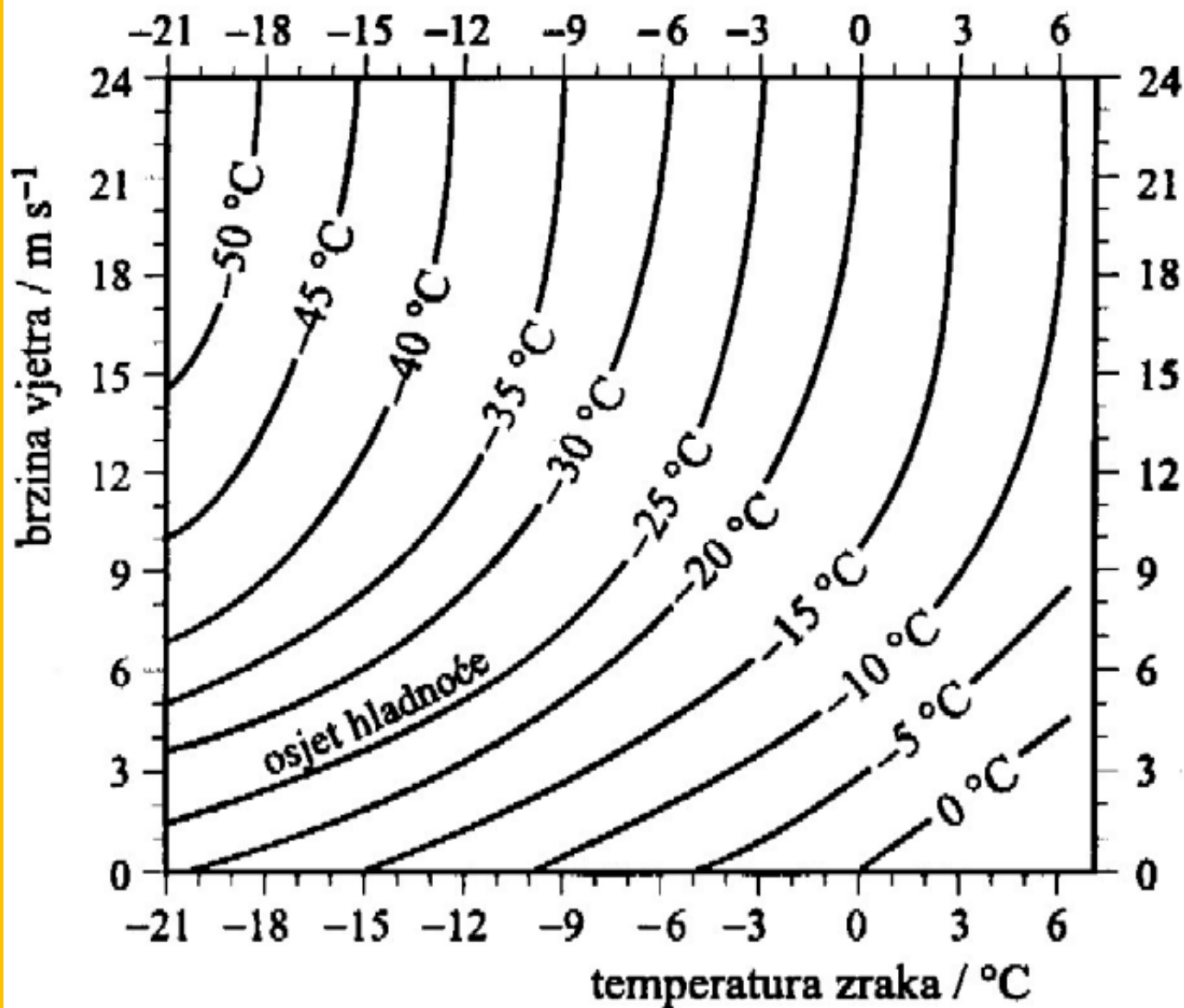
In some cases anthrax can lead to meningitis.

## 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



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

## 8) METEOROLOŠKI IZVJEŠTAJI I PROGNOZE ZA POTREBE POLJODJELSTVA

Vremenske prognoze: potrebne za razne aspekte života i poljoprivrede  
vrlo kratkoročne – za slijedećih 12 sati

– često samo upozorenja o nekim vremenskim pojavnostima

kratkoročne – 12-72 h

- temelje se na sinoptičkim kartama, računalnim modelima, subjektivnoj procjeni

srednjoročne – 3-10 dana

- računalni modeli koji uzimaju za ulazne veličine vrijeme s praktički cijele Zemlje

dugoročne – mjesečne, tromjesečne,...

- uglavnom samo statistički očekivana odstupanja od prosjeka za temperature, oborine,...

## Posebne prognoze:

### Prognoza minimalne temperature zraka

-važna za zaštitu voća od mraza u proljeće i jesen

-specifična za svaki teren ponaosob – na osnovu korelacija opće i lokalne minimalne temperature

Primjeri za prognozu minimalnih temperatura zraka  
(vrijede pri mirnim noćima, bez prodora hladnog zraka)

#### Kammermannova formula

$$t_{\min} = t' - k'$$

gdje je

$t'$  – temperatura mokrog termometra  
očitana poslijepodne

$k'$  – empirijski određeni koeficijent

$t_{\min}$  – minimalna temperatura  
slijedeće noći

#### Mc Kenzijeve formula

$$t_{\min} = 0,5(t' + \tau) + f(v, n)$$

gdje je

$t'$  – temperatura mokrog termometra

$\tau$  – temperatura rosišta

$f(v, n)$  – empirijska funkcija ovisna o  
brzini vjetra  $v$  i naoblaci  $n$  prethodnog  
poslijepodneva

#### Langovo pravilo

$t_{\min}$  nije niža od rosišta  $\tau_v$  prethodne večeri

## Agrometeorološke prognoze

- procjena rokova sjetve, uroda, zaliha vlage u tlu i sl
- bazirane na jednadžbama regresije iz višegodišnjih mjerenja i opažanja

npr:

Klijanje sjemena – ovisno o temperaturi i vlazi tla na dubini tla gdje je sjeme  
→ posredno, neto-ozračenje površine tla, toplinska vodljivost tla, količina oborina, procjeđivanje vode u tlo

Vrijeme potrebno za nicanje → suma temperatura tla

Zalihe vlage u tlu → vlažnost tla, oborine i temperature koje se očekuju (ET)

Oplodnja cvijeća → jak vjetar, temperature ispod 10°C ← kukci-oprašivači ne lete

Pelud → alergije, peludne groznice ← fenološki podaci cvatnje biljke, temperature koje se očekuju, vlaga zraka, smjer i brzina vjetra

Prinos meda → medni nektar biljke luče samo iznad 20°C ← brojnost dana iznad te temperature

Rast i razvoj biljaka ← temperature tla i zraka, fotosintetska energija, PET, količina i raspored oborina, osunčavanje/naoblaka → procjena ispaše za goveda, te shodno i količina mesa i mlijeka



## Stručni savjeti, obavijesti i upozorenja

-stanje i prognoza razvoja biljaka, prognoza pojave bolesti i napada štetnih kukaca, ...  
-na osnovu višegodišnjih opažanja vremena i utjecaja istog na agrobiocenozu

-kombinacija trajanja određenih temperatura i vlage tla i zraka, vjetra ili kiše potiču određene organizme na reakciju – oživljavanje spora, ličinki, gljivica, itd.

-dugotrajna osunčanost i suho vrijeme → UV zrake ubijaju uzročnike zaraza

-vjetar – pogoduje širenju zaraza i štetočina – skakavci, spore, hife, ...

Primjeri:

Krumpirova plijesan – nastanak nakon 48h s  $t > 10^{\circ}\text{C}$  i  $u > 80\%$

Jabučna krastavost – širenje spora iz površinskog sloja tla na donje grane po udaru kišnih kapi u tlo – vlaga se zadržava 10 sati po  $t > 0^{\circ}\text{C}$  ili čak 2 dana za  $t < 0^{\circ}\text{C}$  – potrebna i  $u > 90\%$

Snijet na ječmu – spore donosi vjetar; klice kreću pri  $t > 17^{\circ}\text{C}$

Žuti virus na šećernoj repi – hladan početak i topal završetak zime

Crna žitna hrđa –  $22^{\circ}\text{C}$  i  $u > 70\%$  ← pogoduje joj vlažnost, magla, oborine, te se širi vjetrom ← moguće praćenje zaraze na sinoptičkoj karti

Promatranje ličinki pojedinih štetočina i sume srednjih dnevnih temperatura do nekog praga dobije se datum kad treba početi prskati

Plamenjača vinove loze – prskanje se određuje opažanjem (prvi znakovi bolesti) uz praćenje kad je zbroj biološki aktivnih temperatura iznad  $7.9^{\circ}\text{C}$  dostigao  $12^{\circ}\text{C}$  uz  $u > 70\%$

**Ocjene opasnosti od požara** – uglavnom u ljetnim mjesecima, za Jadran i otoke

-podaci o vlažnosti gorivog materijala ← mjerenje i/ili proračun

-relativna vlažnost zraka i temperatura zraka

-količina oborina

-trajanje bezkišnog perioda

-jačina vjetra

-atmosferska stabilnost

-dodatni indeksi:

-rosište, PET, voda u tlu, neto-ozračenje, duljina dana

procjena ili za svaki dan posebno, ili kumulativni učinci kroz neki period

kad plane (iskra dalekovoda, munja, čovjekova aktivnost – opušci, paljenje otrgnuto nadzoru ili bez nadzora, piromanija i sl.), vatrogasci moraju znati smjer i brzinu vjetra te mogućnost oborina



- ekonomske štete, prekid prometa, ljudska stradanja

## 9) KLIMATSKE PODJELE

### 9.1. Klimatski podaci i njihov prikaz; općenito o podjeli klima

ponavljamo: **Klima=ukupnost vremenskih prilika nekog kraja**

na osnovu dugogodišnjih bilježenja različitih vremenskih podataka

-za jedno mjesto – meteorološku postaju

-za područje – preduvjet je postojanje mreže meteo-postaja

Prikazi klime

1) tekstovno – klimatografija

2) grafički – klimatski atlasi

raspodjele meteoroloških elemenata pomoću tzv. izo-linija:

izoterme – linije koje spajaju točke prostora s istim temperaturama

izohijete – isto-oborinske linije

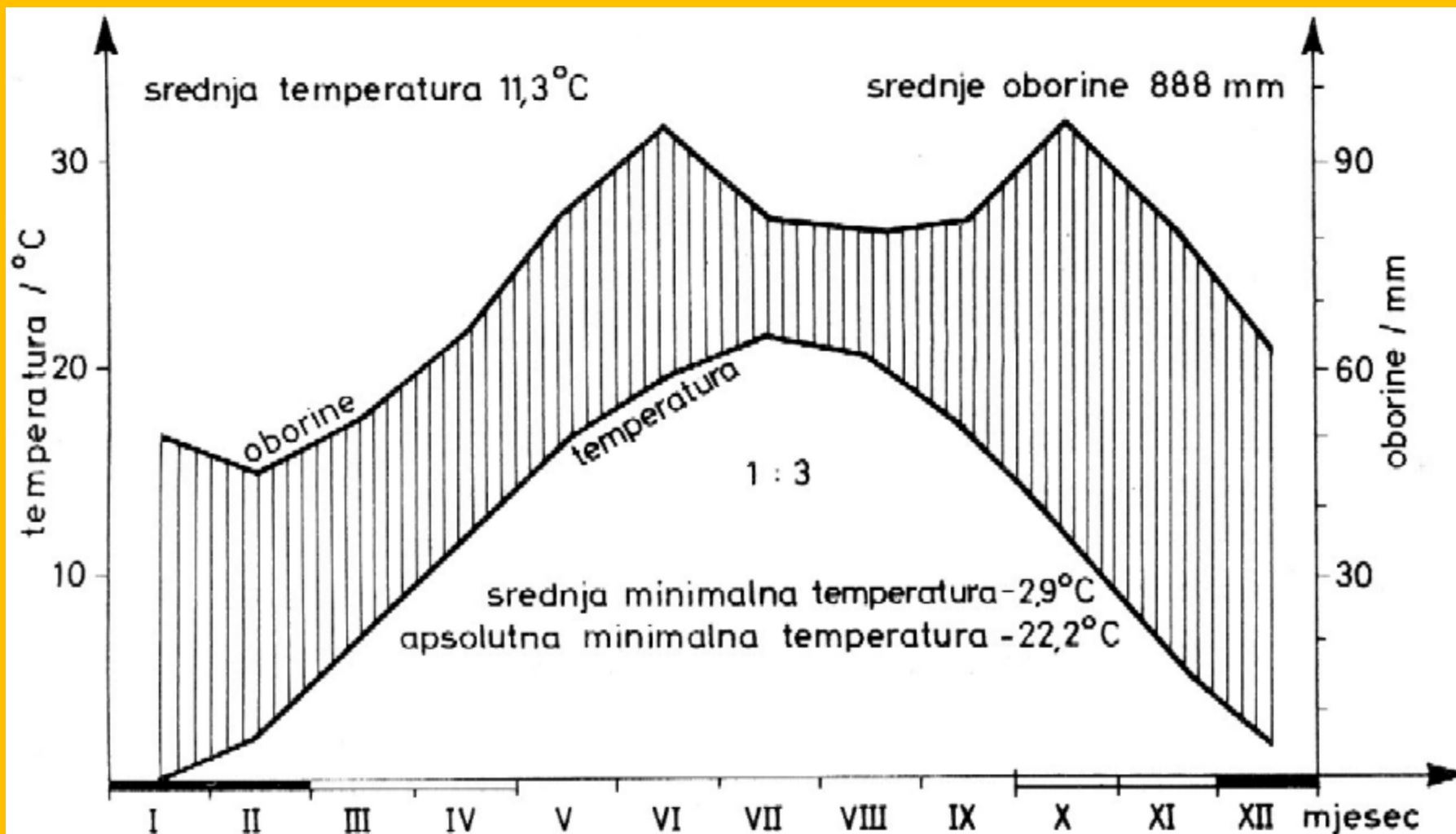
izohigre – "isto-vlažnice"

izonefe – "isto-naoblačnice"

izobare – "isto-tlačnice"

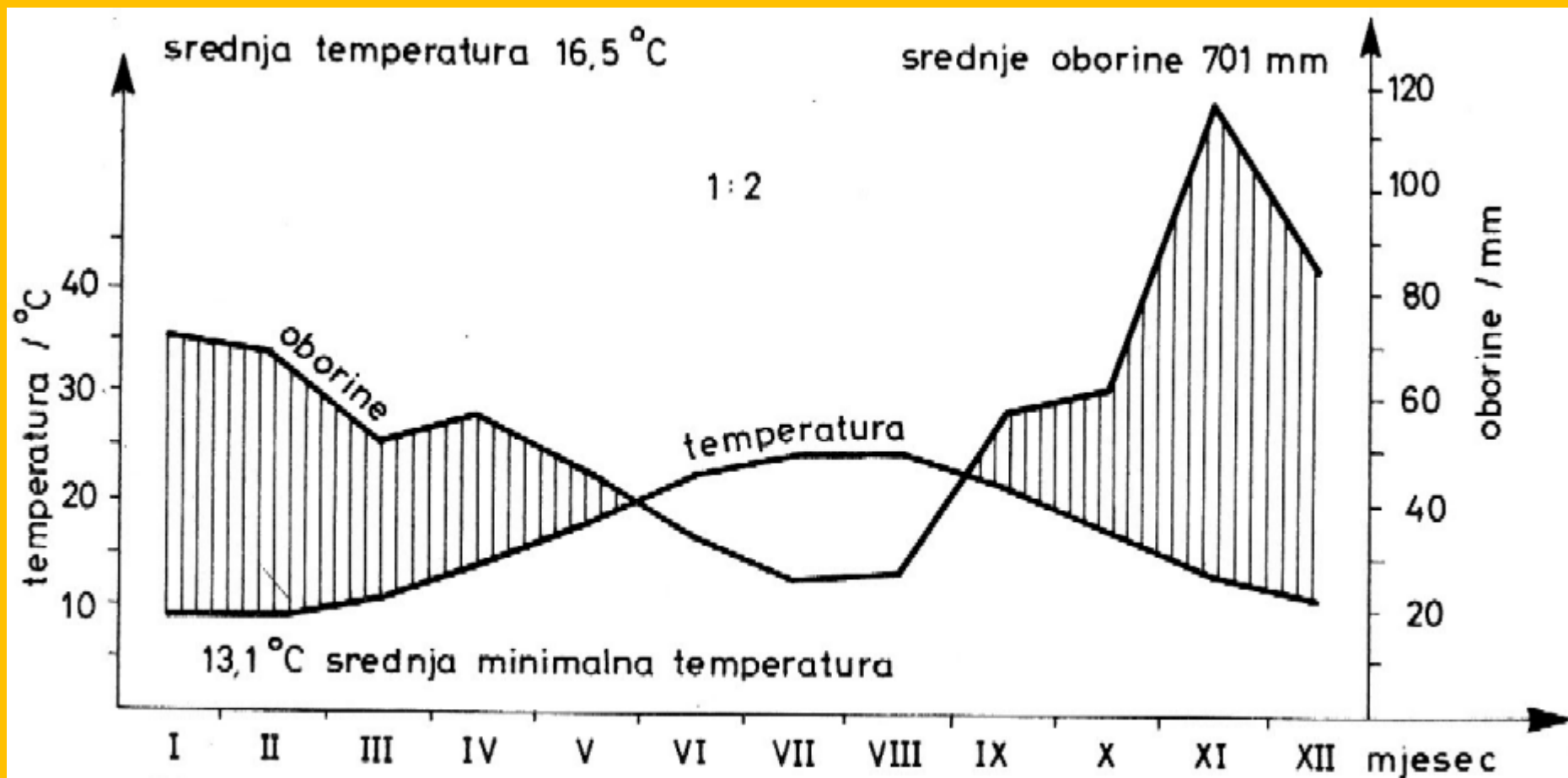
"Brzi" pregledni prikazi godišnjeg hoda temperatura i oborina → **Walterov klimadijagram**  
-za kontinentalne krajeve najčešći omjer temperatura:oborine =  $1^{\circ}\text{C} : 3\text{mm}$   
sušniji krajevi, odnos često 1:2, vlažniji krajevi 1:4

linija oborina iznad linije temperatura = višak oborina



**Slika 116. Primjer Walterovog klima-dijagrama u omjeru 1 : 3**  
(Zagreb za razdoblje 1862–1971)

obrnuto, dakle linija oborina ispod linije temperatura = manjak oborina



**Slika 117. Walterov klima-dijagram za Hvar za razdoblje 1948–1960.**

Klasifikacije klime – moguće na osnovu mnoštva meteo-parametara; za poljoprivredu najbliže: Thornthwaite-ova i Köppen-ova

## 9.2. Thornthwaite-ova podjela klima

složen proračun, no osnovno jest omjer količine oborina i PET → indeks vlažnosti

Godišnji indeks $\sum I_{P/E}$	Naziv klimatskog tipa
<16	Aridni (suhi)
16-31	Semiaridni (polusuhi)
32-63	Subhumidni (poluvlažni)
64-127	Humidni (vlažni)
>128	Perhumidni (izrazito vlažni)

$$I_{P/E} = 1.65 \left( \frac{O}{t+12.2} \right)^{10/9}$$

$I_{P/E}$  – indeks vlažnosti

O – mjesečna količina oborina

t – srednja mjesečna temperatura zraka

$\sum I_{P/E}$  – godišnji indeks ili indeks djelotvornosti oborine

### 9.3. Köppenova podjela klima

1. klimatski tipovi određuju se na osnovu oborina i temperatura zraka, jer se ove najduže prate; uzimaju se srednjaci iz dugogodišnjih razdoblja
2. uzimaju se u obzir bitne oznake godišnjeg hoda temperatura i oborina
3. radi preglednosti, svega 6 osnovnih tipova, od kojih je 5 zasnovano samo na temperaturi; osnovni tipovi označeni su velikim slovima A, B, C, D i E; ostale oznake dodatnim slovima detaljnije označavaju podklimatske tipove

A-tropske kišne klime - najhladniji mjesec u godini  $t > 18^{\circ}\text{C}$

B-suhe klime - prepoznaje se u međusobnom odnosu oborine:temperature

C-umjereno tople kišne klime - najhladniji mjesec  $-3^{\circ}\text{C} < t < 18^{\circ}\text{C}$

D-snježne šumske klime - najhladniji mjesec u godini  $t < -3^{\circ}\text{C}$

E-snježne klime - najtopliji mjesec u godini  $t < 10^{\circ}\text{C}$

Daljnje podjele:

B → B1 ili BS – klima stepe; i  
B2 ili BW – klima pustinje

- na osnovu odnosa oborine (u cm) i temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )

ako je kišno doba uz nisko Sunce (zimi): BS ima odnos  $O < 2t$  a BW odnos  $O < t$

kišno doba uz visoko Sunce (ljeti): BS s  $O < 2t - 28$ , i BW ako je  $O < t + 14$

bez kišnog doba: BS ako je  $O < 2t - 14$ , te BW uz  $O < t + 7$

E → E1 ili ET – klima tundre; – tlo u dubini stalno smrznuto (permafrost), te se odmrzava plitko tijekom tri ljetna mjeseca – vegetacija plitkog korijenja; najtopliji mjesec  $0 < t < 10^{\circ}\text{C}$

E2 ili EF – klima vječnog leda – tlo cijelo permafrost-trajno smrznuto najtopliji mjesec  $< 0^{\circ}\text{C}$

klasificiranje:

kreće od postojanja preduvjeta za E, pa za B, a onda klasifikacija po temperaturi najhladnijeg mjeseca klasificira za A, C ili D



Slijede mala slova kao oznake oborinskog režima:

- w – zimska suhoća (najsušni mjesec u zimskom polugodištu ima 10x manje oborine nego najmokriji u ljetnom polugodištu)
- s – ljetna suhoća (najsušni mjesec u ljetnom polugodištu ima manje od 40mm oborina i uz to mu je količina oborina bar 3x manja od one u najmokrijem zimskom mjesecu)
- f – nema izrazito suhog razdoblja (nije ispunjen niti jedan od navedenih zahtjeva)

ako nema izrazito suhog razdoblja, dvoslovnice oznake:

- fw – nema izrazito sušnog razdoblja, ali najmanje oborina ima u zimskom periodu
- fs – nema izrazito sušnog razdoblja, ali najmanje oborina ima u ljetnom periodu

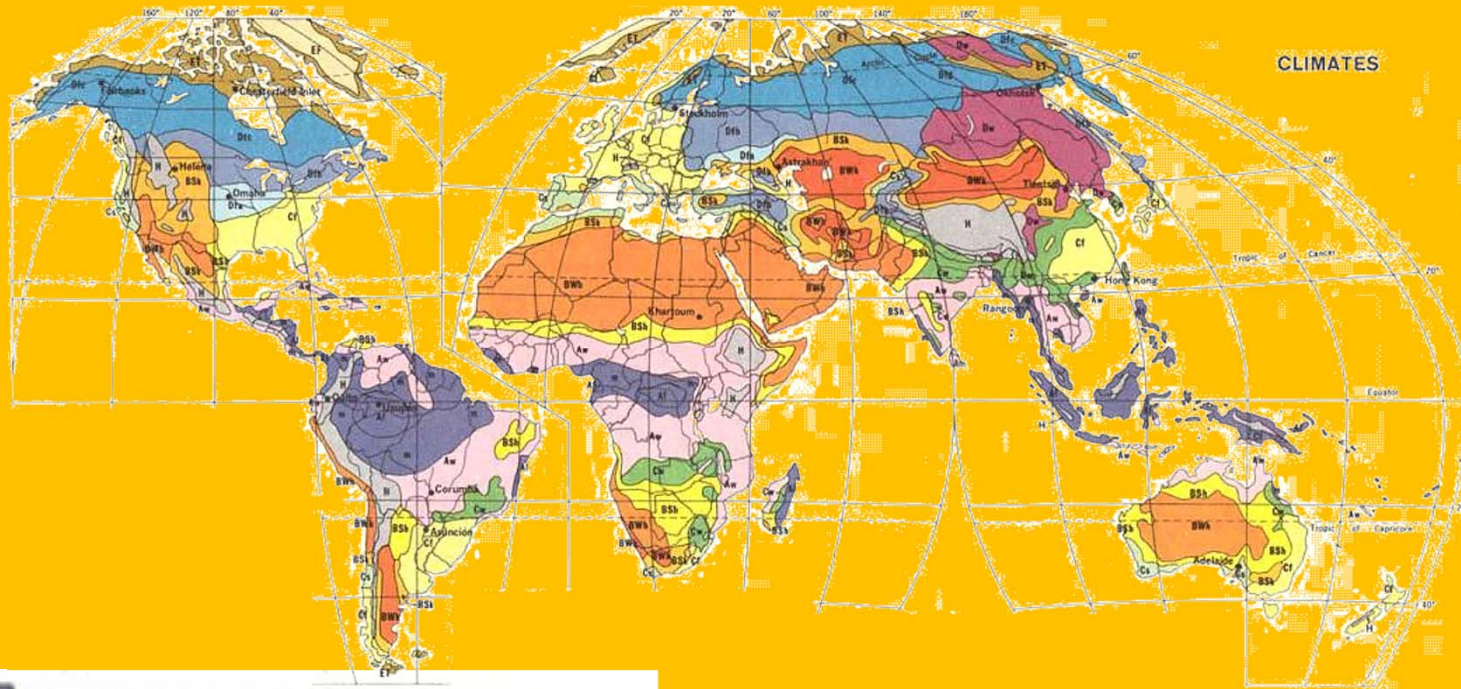
Dodatna slova za oznake trajanja i iznosa oborina i temperatura:

- a - najtopliji mjesec  $> 22^{\circ}\text{C}$ , + 4 uzastopna mjeseca iznad  $10^{\circ}\text{C}$
- b -  $10^{\circ}\text{C} < \text{najtopliji mjesec} < 22^{\circ}\text{C}$ , + 4 uzastopna mjeseca iznad  $10^{\circ}\text{C}$
- c -  $10^{\circ}\text{C} < \text{najtopliji mjesec} < 22^{\circ}\text{C}$ , ali nema 4 uzastopna mjeseca iznad  $10^{\circ}\text{C}$
- d - isto kao c, plus najhladniji mjesec  $< -38^{\circ}\text{C}$  (samo u D klimi)
- h - B klima sa srednjom godišnjom temperaturom  $> 18^{\circ}\text{C}$
- k - B klima sa srednjom godišnjom temperaturom  $< 18^{\circ}\text{C}$

a ima još i:


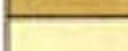

- x - mnogo kiše početkom ljeta, u kasnom ljetu malo oborina
- x' – oborine u svim mjesecima, ne pada često, ali je jaka
- x'' – dva kišovita razdoblja, rano ljetno i kasna jesen

## 9.3. Köppenova podjela klima



Af		Hot and wet year round
Aw		Hot wet summer; hot dry winter (low sun period)
m =		short dry season in winter (low sun period)
BSh		Hot year round; unreliable precipitation
BWh		Hot and dry year round
BSk		Hot summer; cool to cold winter; unreliable precipitation
BWk		Hot summer; cool to cold winter; dry year round
Cf		Warm to hot wet summer; cool wet winter
Cs		Hot dry summer; cool wet winter
Cw		Warm to hot wet summer; cool dry winter

Dfa		Hot wet summer; cool to cold wet winter
Dfb		Warm wet summer; cold wet winter
Dfc		Cool to warm summer; very cold winter; some precipitation year round
Dfd		
Dw		Cool to warm wet summer; cool to cold dry winter

ET		Cool summer; cold winter; little precipitation
EF		Ice cap
H		Highlands; various local climates

Podudaranje s tipovima vegetacije (Köppen "naštelio"):

Aw – klima savane

Af – uvijek topla i vlažna prašumska klima

Cs – klima sredozemnih obala (zimzeleni grmovi i drveće, makija)

Csa – toplija inačica → klima masline

Csb – klima primorskog vrijesa, erike ← hladnija inačica

Cfa – klima kamelije (dobra za rižu i pamuk)

Cfb – klima bukve

Cfbx – klima kukuruza (treba vlage u ljetno doba)

Dfb – klima hrasta

Dfc – klima breze

ET – klima tundre

## **Af – prašumska klima**

oko ekvatora ← pojas konvergencije (sudar NE i SE pasata) ← česte kiše

→ bujna vegetacija: šume bambusa, palmi, mangrova, mahagonija

"višekatna" struktura šume i živog svijeta u njoj

karakteristične životinje: majmuni, papige

tlo isprano, odreagiralo → "ultimativna tla", ultisoli → ostalo samo željezo, mangan, boksit ← tla žučkasta, crvenkasta

## **Am – monsunska klima**

-Indija, Filipini, Gvajana, NE obale Brazila

-kiša ← ljetni monsuni (zrak s hladnijeg mora na toplije kopno)

-suša ← zimski monsuni

šume nisu više "evergreen", nego lišće opada – karakteristična stabla tika, tikovine

**Pasatna klima** – u dijelovima Af i Am – pasati donose na obale Amerika, Madagaskara, Vijetnama, Filipina i NE Australije mnogo vlage i kiša  
→ planinski lanci ←orogeneza oblaka i ispiranje golih tala kišama

## **Aw — klima savana**

-tropska klima s kišnim i sušnim razdobljem ← rub ekvatorske zone konvergencije i subtropskog anticiklonalnog pojasa

-travnjaci, razbacano grmlje i drveće otporno na suše – baobab, eukaliptus

-lavovi, zebre, žirafe, slonovi, nosorozi, hijene, ... ← obilje oblika faune

## **BW – klima pustinje**

- suptropski pojas anticiklona ← hladni zrak koji se spušta iz visina ← malo vlage
- samo jako zagrijavanje podloge uzrokuje konvekcijska strujanja i dolazak vlažnog zraka u hladne visine proizvede oblake i pljuskove (rijetke) – kratkotrajna oborina
- voda brzo otiče i isparava-
- zasićenje zraka svega 15-25% ← moguće primiti puno vode ← tla suha dosta duboko
- rasponi dnevnih temperatura ogromni: +37 do -0,6°C u 24 sata
- noći hladne ← nema oblaka da reflektiraju dugovalno zračenje tla
- dani vrući → sama površina tla se jako grije uslijed nedostatka biljnog pokrova i vode
- pustinje – samo kserofitne biljke → mali, tvrdi listovi, često sa zaštitnom presvlakom, malo pući, dosta sočno tkivo (skladište vode)
- kaktusi (saguaro i do 15 m), tvrde trave, tamariska, tumbo, efedrin, pelin, kreozot i dr.
- malo faune (ali prilagođene na pustinjske uvjete): zmije, gušteri, kukci, kornjače, neke ptice, miševi (skočimiš), mačke, lisice, čagljevi/kojoti

## **BS – klima stepa (prerije, pampe)**

- travnjaci, nešto grmlja
- malo oborina, slaba razgradnja organske tvari → humus → černozem, tla crna od organske tvari

## **BWk i BSk – klima pustinja i stepa umjerenih širina (35-60°N)**

- Crnomorske ex-CCCP republike, Mongolija (pustinja Gobi), Argentina (Patagonija), nešto sitno Mađarske
- razlike između toplog i hladnog godišnjeg doba izraženije – zime osobito oštre

### **Cfa – vlažna, suptropska klima**

- istočne obale Australije, istok Kine, južni Japan, SE SAD, Urugvaj, sjevernija Argentina
- ravnomjerno podijeljene oborine, iznad 1000mm godišnje
- listopadne šume s dosta zimzelenog bilja

### **Cfb i Cfc – umjereno topla kišna klima**

- obale Kanade, Europa, krajni rubovi Afrike, Australije i Južne Amerike
- prolaz ciklona s oborinama → nema izrazito suhih perioda
- ljeta ipak s manje kiše, zimi snijeg
- listopadne i crnogorične šume
- površinsko tlo podzol (ruski – pepel) ← tanini i kiseline iz lišća otapaju organsku masu iz slojeva tla i ostavljaju slojeve silikatnog pijeska, sivo-pepeljaste boje, te crne, organske slojeve, gdje se organska tvar zaustavila nakon ispiranja

### **Csa i Csb – suptropska klima sa suhim ljetom**

- rubni dijelovi Mediterana, Kalifornija, južna obala Australije
- ljeta izrazito suha
- zimzelene biljke, borovi, hrastove šume, masline, smokve, rogači i sl.
- oborine otapaju vapnenac → ostaje minerala željeza → crvenica, *terra rossa*

## **Dfa, Dfb, Dwa, Dwb - Vlažne kontinentalne snježne klime**

-35-60°N

-Kanada, sjever SAD-a, Zakarpatje, Azija

-zimi prevladava kontinentalna anticiklona – hladnoće ← snijeg ostaje na tlu

-istočni Sibir, Mandžurija → suše zime (Dwa, Dwb)

-ljeta topla (b) ili vruća (a)

-šume bukve, graba, hrasta

## **Dfc, Dfd, Dwc, Dwd – Borealne subarktičke kontinentalne klime**

-50-70°N – unutrašnjost sj. Amerike i Azije

-bliže polu → hladnije zime i ljeta → temperature "subzero" (ispod 0°C) i do 6 uzastopnih mjeseci

-oborine ciklonske, tijekom ljeta, zime suhe

-vlage malo, ali i PET nizak, pa je biljkama skroz dosta

-niska crnogorica-omorike, jele, borovi

-listopadne šume – ariš, jasen, jasika, balsam, vrba, breza

-prema sjeveru prijelaz u Tajgu

## **ET(M) – primorska subarktička klima**

-obale Beringovog mora, obale Atlantika između 55-75°N

-više oborina zbog blizine mora, temperaturni raspon uži nego čista ET

## **ET – klima tundre**

-ljeta kratka, zime duge

-velika naoblaka, oborina malo ← donesene od ciklona arktičke fronte – slabije nego kontinentalne ciklone → hladnije, pa manje vlage stane u zrak, nema tolikih razlika u temperaturama, pa je Cb oblak skoro nepoznat

-vegetacija tundre: trave, lišajevi, mahovine, polarne vrbe, borovnice, tresetišta

-tlo permafrost ← stalno zamrznuto dublje od 3 m, samo se vrh otapa ljeti – močvare

-ptice selice dolaze na ishranu i gniježđenje ← obilje insekata

-druge polarne životinje – bijeli medvjedi, lisice, kunići, lemuri, sove, lasice, sobovi, jeleni, irvasi

## **EF – klima vječnog leda**

-oko samih polova, non-stop pod snijegom i ledom

-led nad morem – 5 m, nad kopnom – nekoliko stotina m

-"rodilište" santi

-rijetka vegetacija, u zaštićenim reljefnim oblicima – mak, ljutić, zumbul, kamenjarka, gorušica i sl.

-ima i drveća – vrbe, breze, jablani ← ali sve u "bonsai" inačicama

-fauna Sjevernog pola – muškato govedo, sob, morž, tuljan, medvjed, lisica, razne ptice, kitovi, pliskavice, narvali

-Južni pol ← ribojedi: tuljani, pingvini

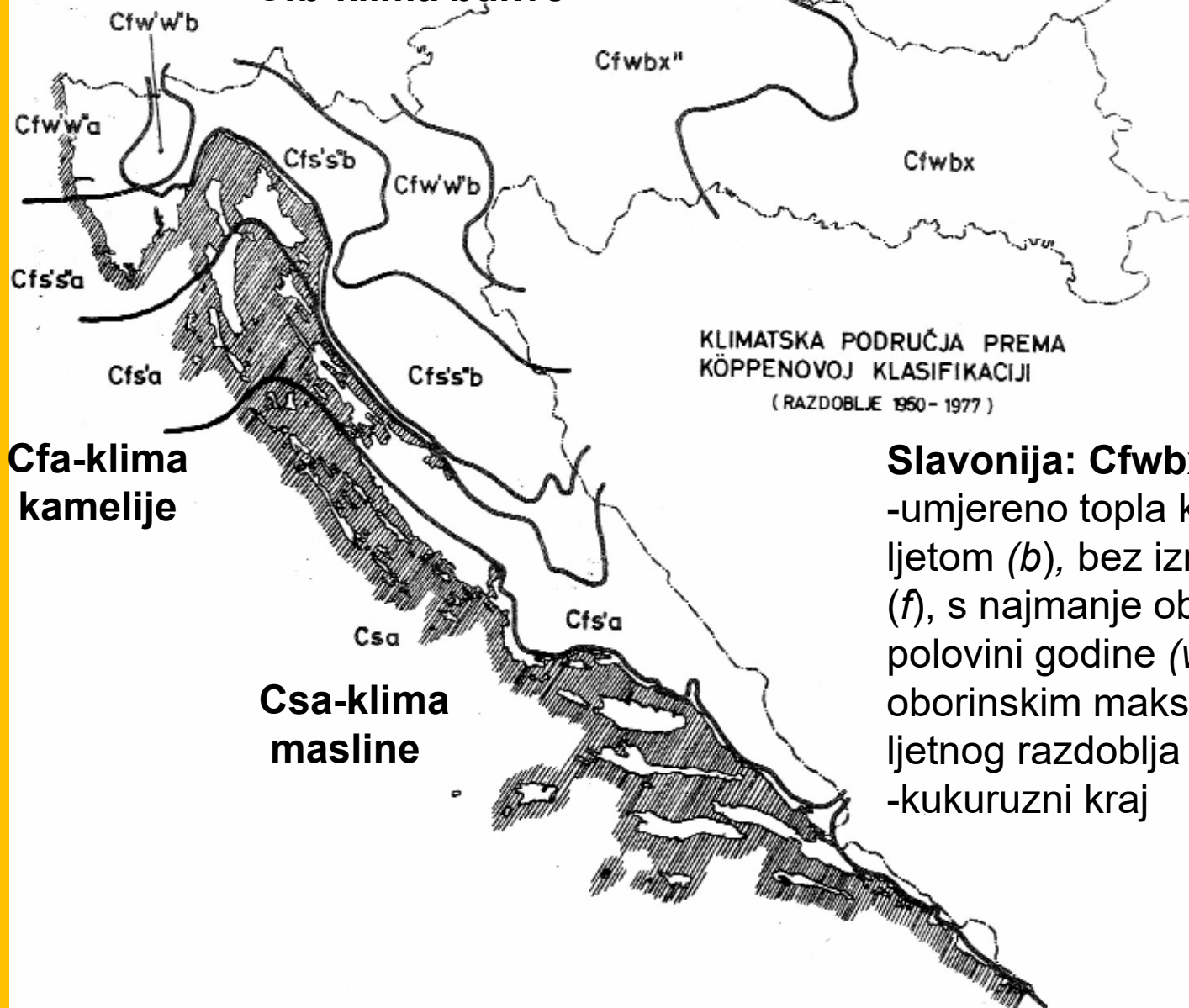


HRVATSKA

RH – uglavnom C klima

- D samo vrhovi Like i Gorskog Kotara

**Cfb-klima bukve**



KLIMATSKA PODRUČJA PREMA  
KÖPPENOVOJ KLASIFIKACIJI  
(RAZDOBLJE 1950 - 1977)

**Cfa-klima  
kamelije**

**Csa-klima  
masline**

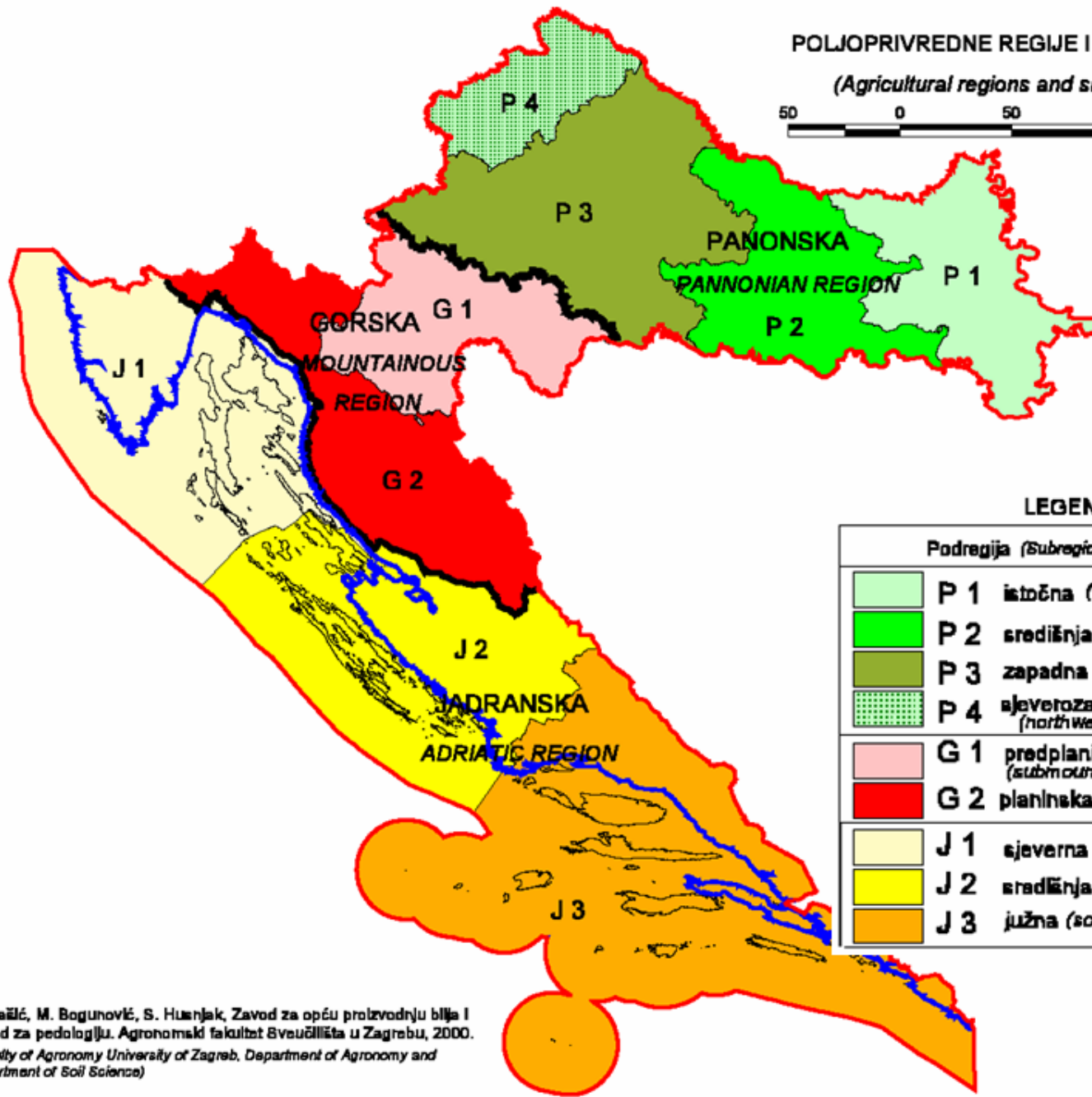
**Slavonija: Cfwbx**

-umjereno topla kišna klima, s toplim ljetom (*b*), bez izrazito suhog razdoblja (*f*), s najmanje oborina u zimskoj polovini godine (*w*), s jednim glavnim oborinskim maksimumom početkom ljetnog razdoblja (*x*)  
-kukuruzni kraj










**Čak 19 klima!!!** – sudar morskog utjecaja, europskog kopna i planinskih masiva (Alpe, Dinaridi, pa i Karpati)

POLJOPRIVREDNE REGIJE I PODREGIJE HRVATSKE  
(Agricultural regions and subregions of Croatia)

50 0 50 100 150 200 Km



LEGENDA (Legend)

Podregija (Subregion)		Regija (Region)
	P 1 istočna (eastern)	PANONSKA (PANNONIAN)
	P 2 središnja (central)	
	P 3 zapadna (western)	
	P 4 sjeverozapadna (northwest)	
	G 1 predplaninska (submountainous)	GORSKA (MOUNTAINOUS)
	G 2 planinska (mountainous)	
	J 1 sjeverna (northern)	JADRANSKA (ADRIATIC)
	J 2 središnja (central)	
	J 3 južna (southern)	

Autori (Authors): F. Bašić, M. Bogunović, S. Huenjak, Zavod za opću proizvodnju bilja i  
Zavod za pedologiju, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2000.  
(Faculty of Agronomy University of Zagreb, Department of Agronomy and  
Department of Soil Science)

## 12) MIJENJANJE METEOROLOŠKIH UVJETA U OKOLIŠU BILJKE I ŽIVOTINJE

Svrha umjetnih promjena meteo-utjecaja:

- zaštita uzgajanog organizma,
- pomoć pri rastu i razvoju

Kratkoročno

- zalijevanje
- prskanje
- zaštita od nepovoljnih temperatura
- zaštita od štetnih oborina i nepogoda:
  - olujni vjetar
  - poplave
  - prolom oblaka
  - tuča
  - grom
  - požar

Dugoročno

- melioracije
- sustavi za natapanje
- sadnja drvoreda i živica
- gradnja staklenika, plastenika i sl.

## 12.1. Mijenjanje temperature u prizemnom sloju zraka i biljnom pokrovu

### Zaštita od niskih temperatura: **Pasivna** i **Aktivna**

#### **Pasivna:**

- planiranje i/ili odabiranje površina s manjom vjerojatnošću rizika niske temperature
- određivanje perioda s  $t > 0^{\circ}\text{C}$  za uzgoj kultura (statistička obrada višegodišnjih motrenja) ← određivanje datuma sjetve i žetve/berbe
- odabir kultura/sorti/hibrida s višom tolerancijom na niske temperature

#### Praktični savjeti:

- ❖ izbjegavati sadnju u kotline, depresije i sl. biljaka neotpornih na niske temperature; radije birati obronke
- ❖ vodene površine u blizini = manja šansa da se pojavi noćna  $t < 0^{\circ}\text{C}$
- ❖ ispred prepreka za struju zraka opasnost od hladnoće veća za adveksijsko hlađenje, dok je u zavjetrini moguće noćno hlađenje. U svakom slučaju, prepreke stavljati za zaštitu, npr. na nagnutim terenima, protiv dotjecanja hladnog zraka
- ❖ ukoliko je rizik za subzero temperature, ne rahliti/okapati tlo ← sporedni izvor hladnog zraka (kao i suho lišće, korov, slama i sl. malčevi – zastiranja) → površinski dio se ohladi brzo, a kako je takav sloj izolator (pun zraka), ne propušta toplinu iz dubine tla

## **Aktivna** – zaštita u vrijeme neposredne opasnosti od hladnoće

- 1) Pokrivanje bilja, zatvaranje staklenika, klijališta i sl.
- 2) prskanje bilja vodom, vlaženje tla
- 3) grijanje zraka
- 4) stvaranje dimne zavjese ili umjetne magle
- 5) vertikalno miješanje zraka i razbijanje inverzije
- 6) postavljanje zaštitnih ograda

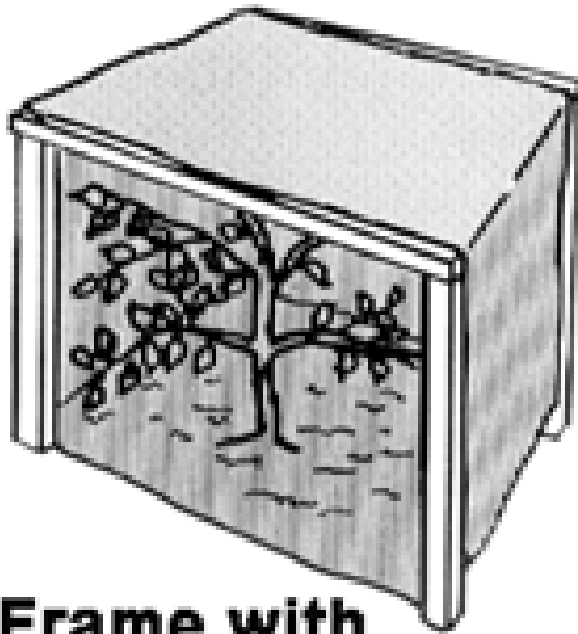
- 1) pokrivanje bilja, zatvaranje staklenika, klijališta i sl.
- 2) prskanje bilja vodom, vlaženje tla
- 3) grijanje zraka
- 4) stvaranje dimne zavjese ili umjetne magle
- 5) vertikalno miješanje zraka i razbijanje inverzije
- 6) postavljanje zaštitnih ograda

1) materijali – suho lišće, slama, papir, platno, umjetne folije i sl. ← temp. zraka 1,5-3,5 °C viša od okoline

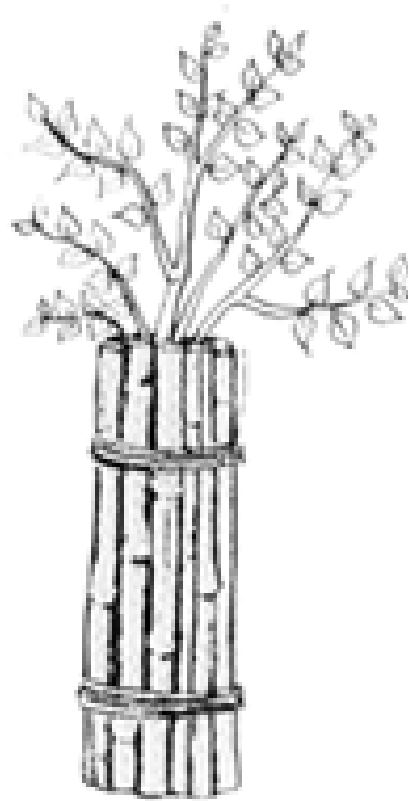


**Correct**

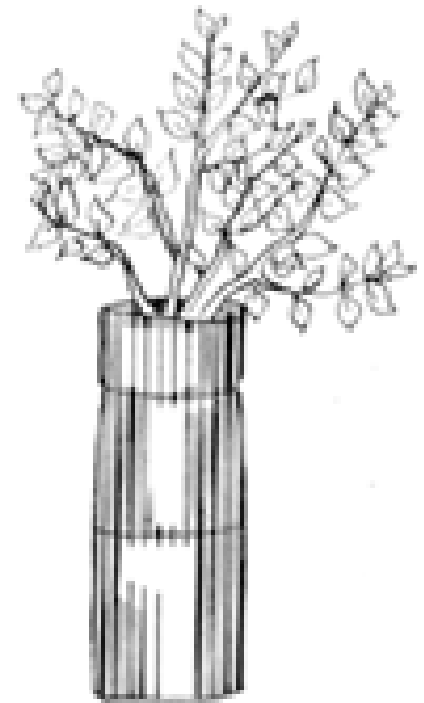
**Incorrect**



**Frame with  
burlap cover  
(removable top  
and south side).**



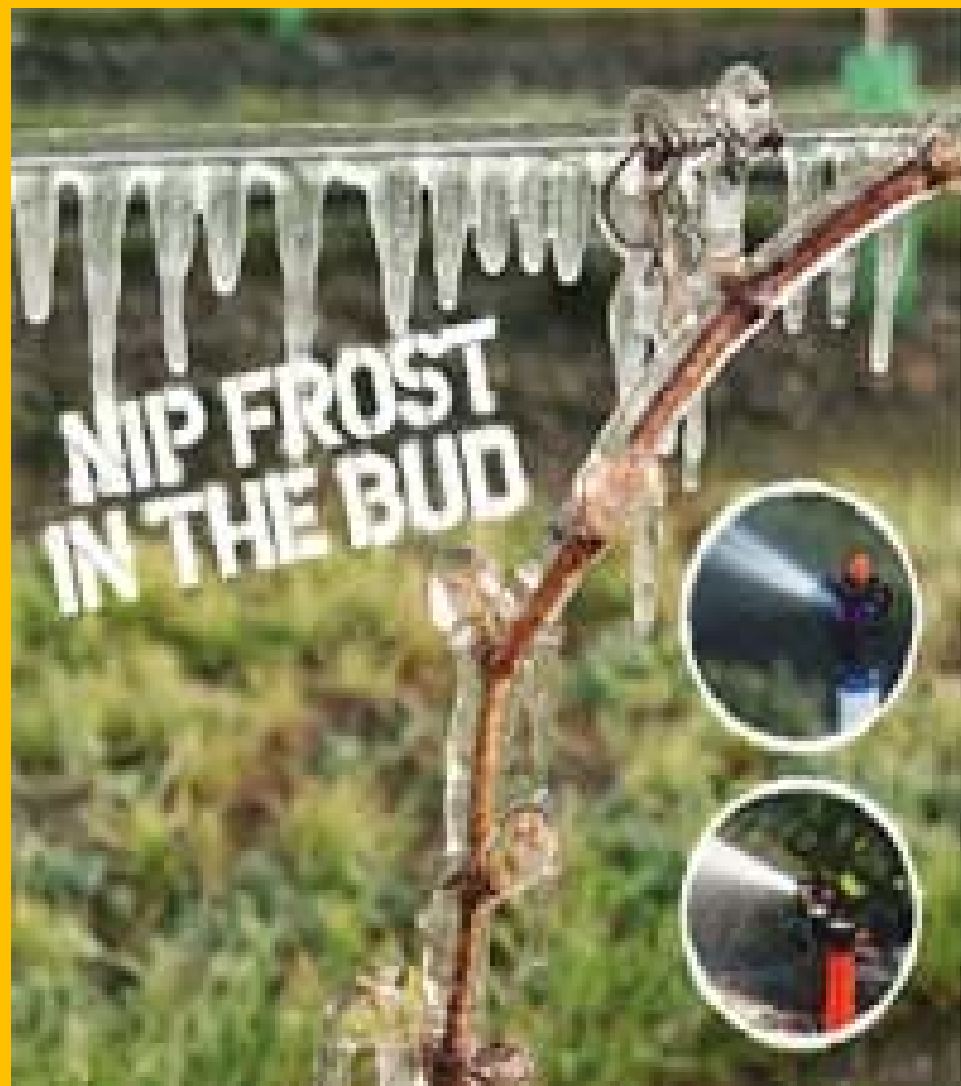
**Corn Stalks**



**Insulative wrap  
(aluminum foil  
backing or  
fiberglas).**

- 1) pokrivanje bilja, zatvaranje staklenika, kljajališta i sl.
- 2) prskanje bilja vodom, vlaženje tla**
- 3) grijanje zraka
- 4) stvaranje dimne zavjese ili umjetne magle
- 5) vertikalno miješanje zraka i razbijanje inverzije
- 6) postavljanje zaštitnih ograda

- 2) Uspješna za period do 3-4 dana;
  - a) vlažno tlo bolje provodi toplinu iz dubine;
  - b) prijelaskom vode iz tekućine u krutinu oslobađa se latentna toplina (4 J za svaki °C smanjenja, + 335 J po gramu kad se zaledi)



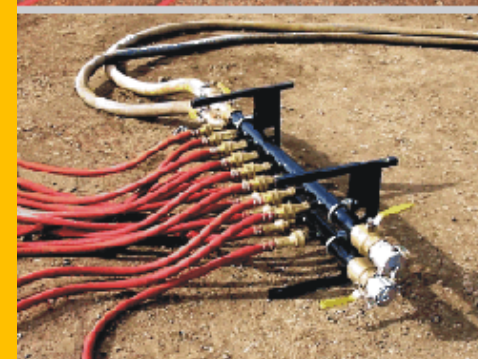




- 1) pokrivanje bilja, zatvaranje staklenika, klijališta i sl.
- 2) prskanje bilja vodom, vlaženje tla
- 3) grijanje zraka**
- 4) stvaranje dimne zavjese ili umjetne magle
- 5) vertikalno miješanje zraka i razbijanje inverzije
- 6) postavljanje zaštitnih ograda

3) uspješno za manje površine, bolje uz vjetar ← diže topli zrak;  
veći broj malih peći bolji od jedne velike  
od velike peći se može razvoditi i cijevima po voćnjaku

Ili, vući peć po voćnjaku: Frostbuster

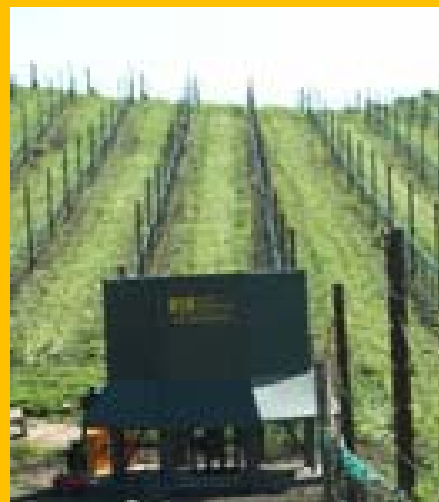
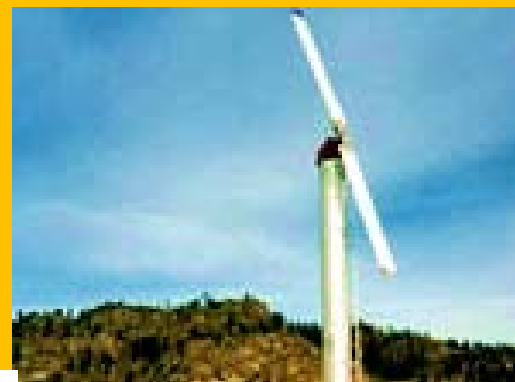


- 1) pokrivanje bilja, zatvaranje staklenika, klijališta i sl.
  - 2) prskanje bilja vodom, vlaženje tla
  - 3) grijanje zraka
  - 4) stvaranje dimne zavjese ili umjetne magle**
  - 5) vertikalno miješanje zraka i razbijanje inverzije
  - 6) postavljanje zaštitnih ograda
- 4) sloj dima ili magle upija dugovalno zračenje → protuzračenje  
- dimna zavjesa mora biti gusta

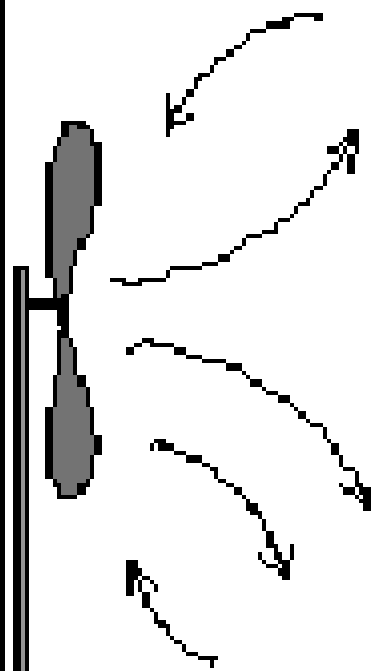
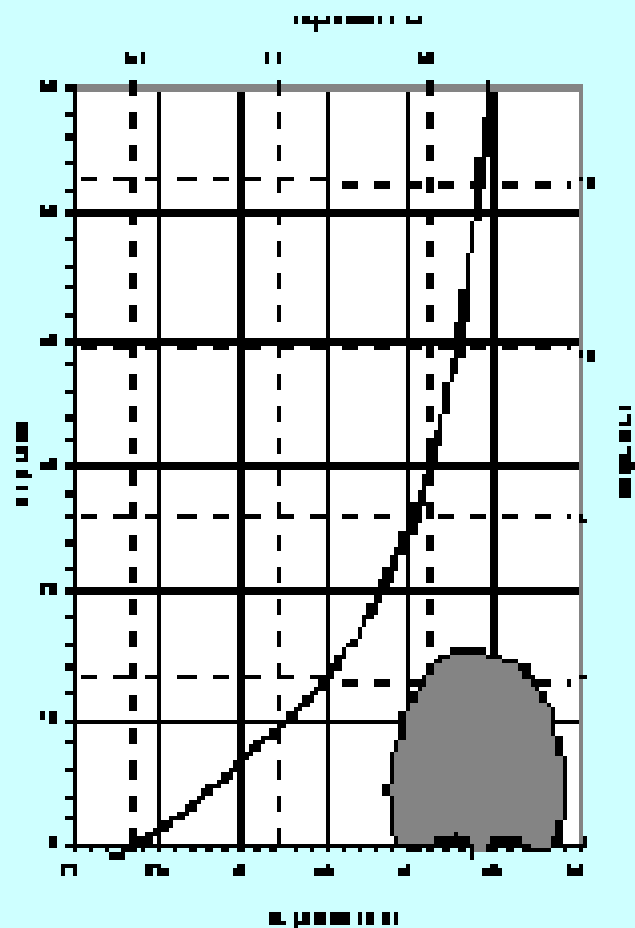


- 1) pokrivanje bilja, zatvaranje staklenika, klijališta i sl.
- 2) prskanje bilja vodom, vlaženje tla
- 3) grijanje zraka
- 4) stvaranje dimne zavjese ili umjetne magle
- 5) vertikalno miješanje zraka i razbijanje inverzije**
- 6) postavljanje zaštitnih ograda

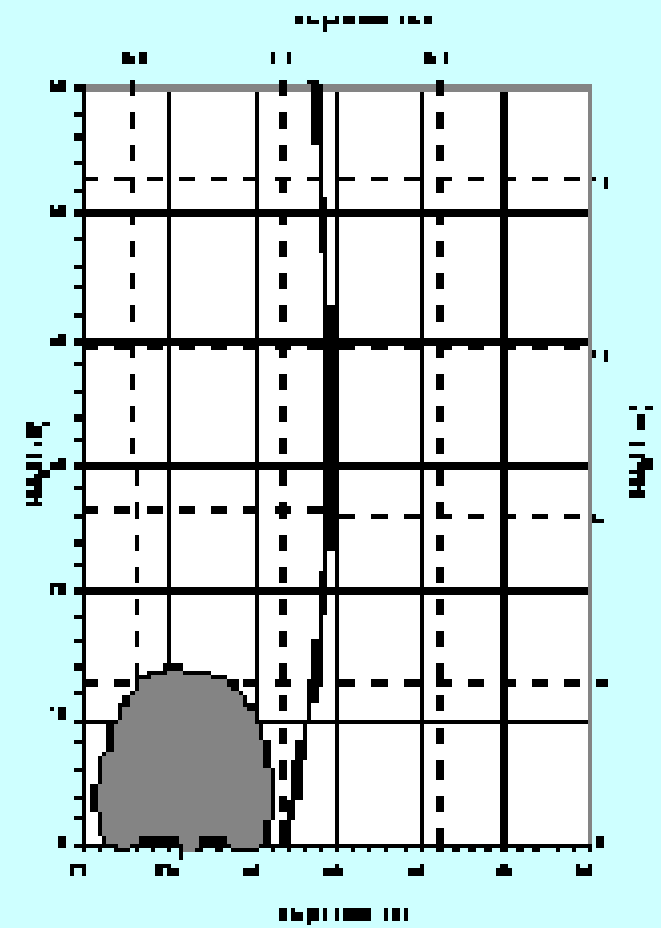
5) inverzija se može razbijati propelerima – samonoseći, helikopterski, zrakoplovni



# No Wind Machine



# With Wind Machine

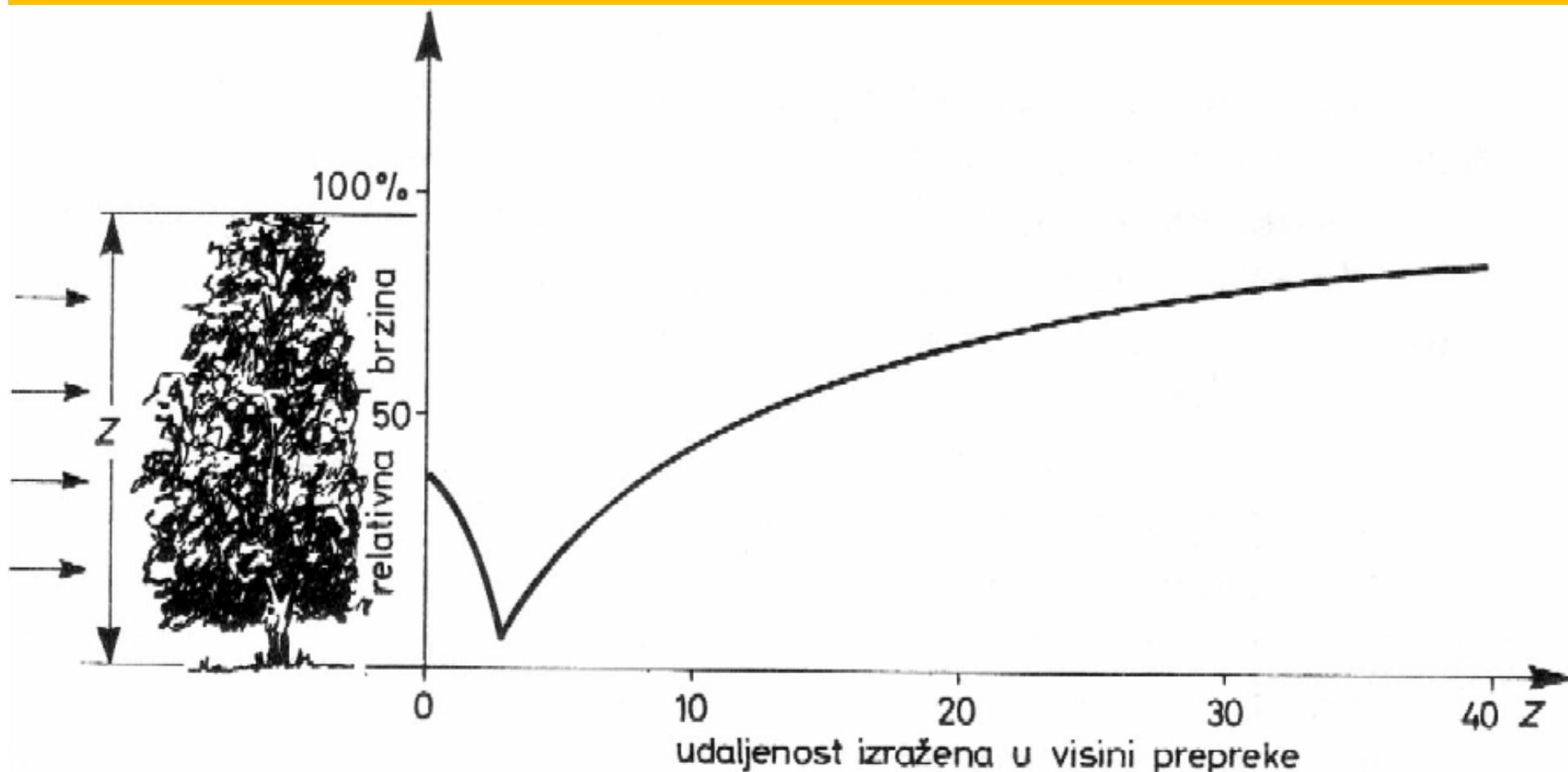


- 1) pokrivanje bilja, zatvaranje staklenika, klijališta i sl.
- 2) prskanje bilja vodom, vlaženje tla
- 3) grijanje zraka
- 4) stvaranje dimne zavjese ili umjetne magle
- 5) vertikalno miješanje zraka i razbijanje inverzije
- 6) postavljanje zaštitnih ograda**

-ako se zna točno odakle dolazi hladni zrak, ili odakle je najčešći



## 12.3. Zaštita od vjetra



**Slika 126. Iza vjetrobrana i ostalih prepreka brzina vjetra se najprije smanjuje, a zatim povećava**

Oprez!: snijeg se nakuplja iza vjetrobrana  
→ udaljiti vjetrobran 6-7 visina od štíćenog objekta

## 12.4. Djelovanje na oblake i oborinu. Obrana od tuče

Moguće djelovanje na oblak dodavanjem umjetnih kondenzacijskih jezgri

Ipak,

- 1) Oborine nema ukoliko nema pogodnih oblaka ← pretanki, slojasti oblaci nestanu
- 2) Oborine se mogu izazvati ukoliko je oblak na visinama gdje je subzero temp., te postoji prehladna voda
- 3) Dodavanjem umjetnih jezgara u suvišku nastaje previše premalih kapljica, te se ispare prije nego padnu na tlo

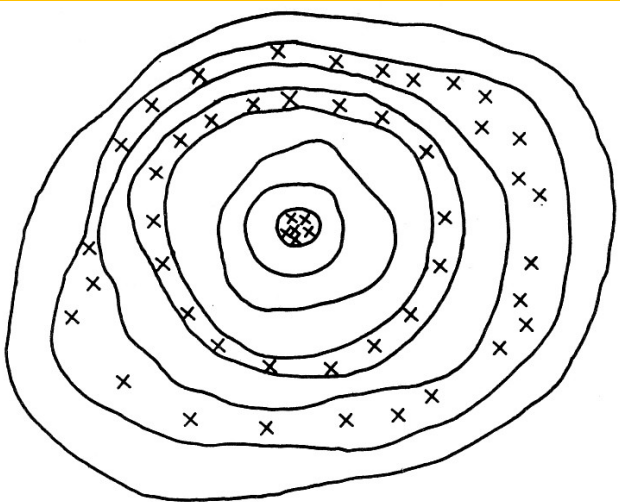
Zanimljivo za tri slučaja u praksi:

- razbijanje magle iznad aerodroma
- induciranje kiše iz razvijenih kumulusa/kumulonimbusa nad poljoprivrednim površinama ili hidroakumulacijskim područjem
- protugradna obrana djelovanjem na kumulonimbus



## 12.4. Djelovanje na oblake i oborinu. Obrana od tuče

TUČA (grad): višeslojna nakupina leda, nastaje isključivo u Cb, gdje se jezgre kreću vrlo brzo gore-dolje i na taj način rastu, sve dok im težina ne prevlada uzlazne struje zraka u Cb



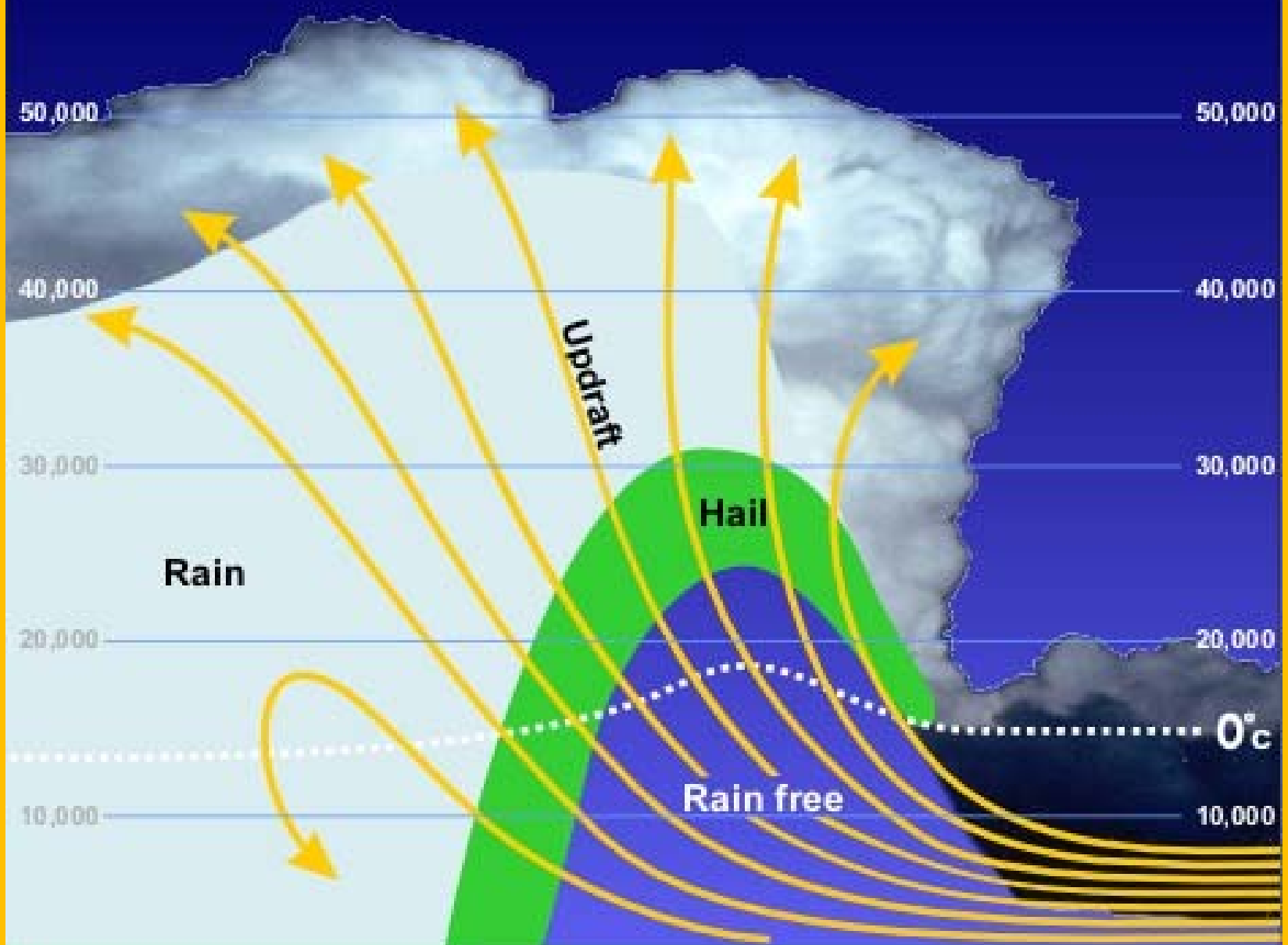
Slika 84. Presjek kroz zrno tuče

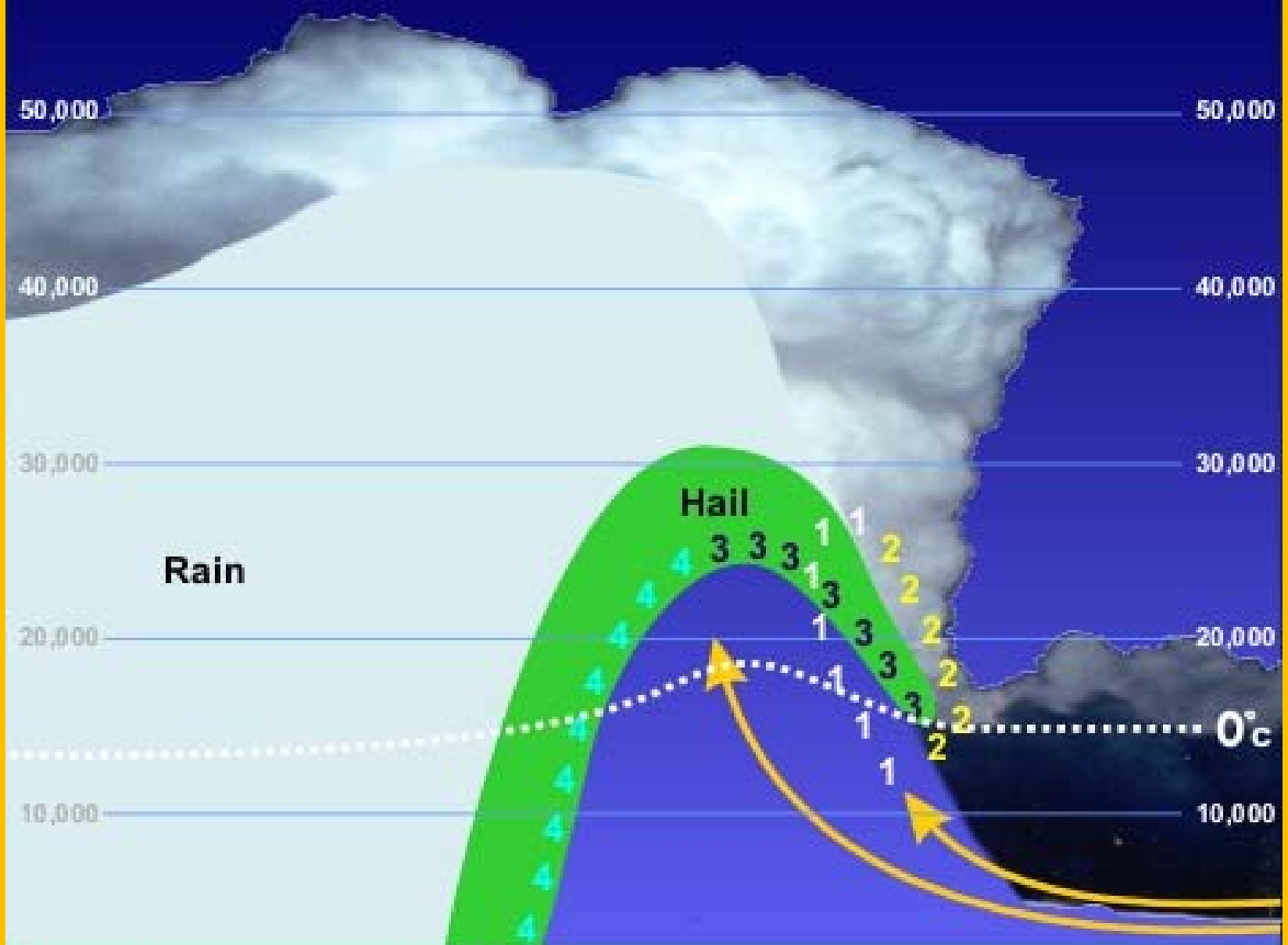
Kako djeluje protugradna obrana raketama?

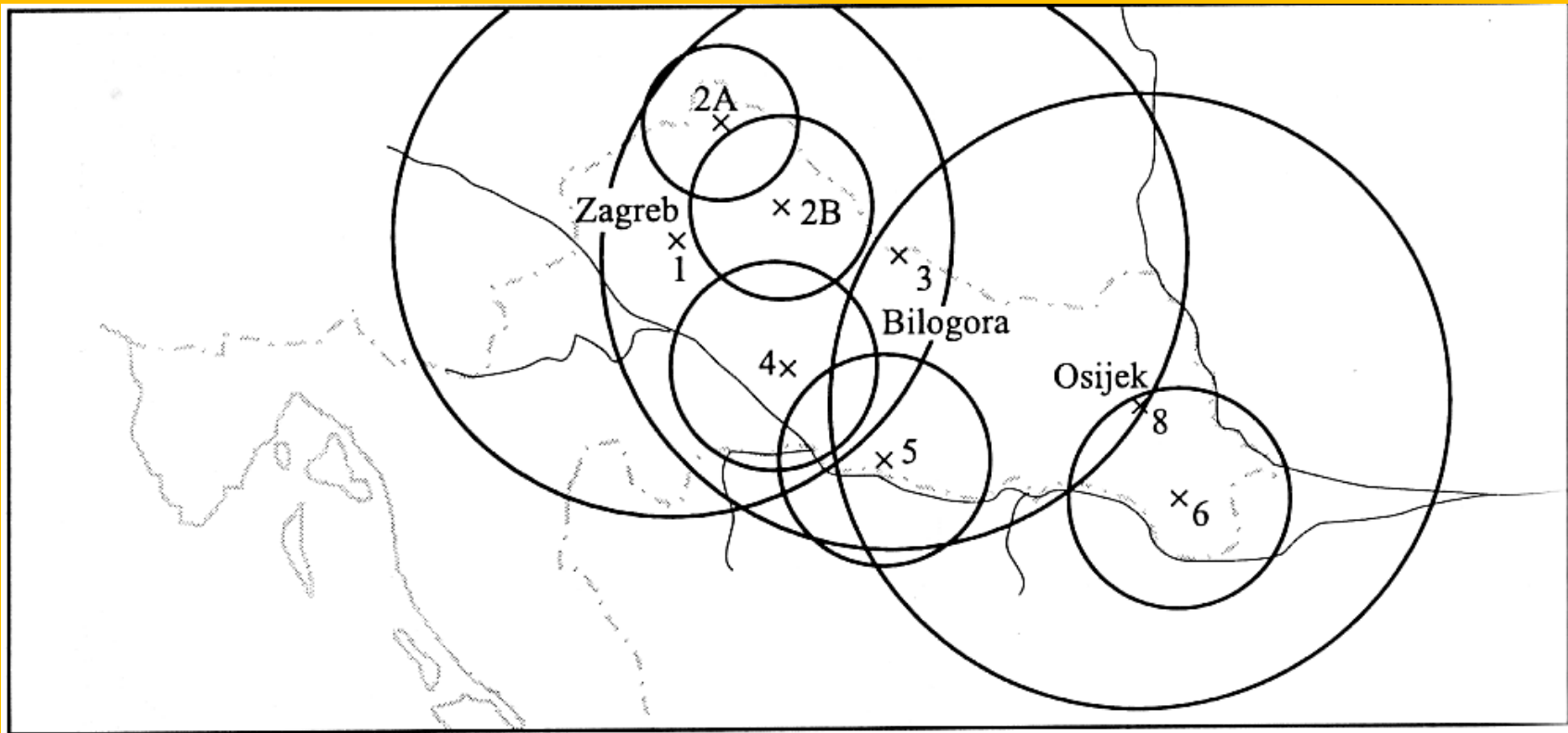
- rakete eksplodiraju na visini stvaranja ledenih jezgri, i eksplozijom raspršuju sitne higroskopne čestice (srebro-jodid ( $\text{AgI}$ ), olovo-jodid ( $\text{PbI}_2$ ),  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$  i sl. spojevi)
- oblak se na taj način zasiti jezgricama kondenzacije, pa se stvara veliki broj malih zrna tuče, umjesto malog broja velikih zrna tuče
- većina tih, novostvorenih, zrna leda padom prema tlu se otapa, te na tlo dopire kao obična kaplja kiše



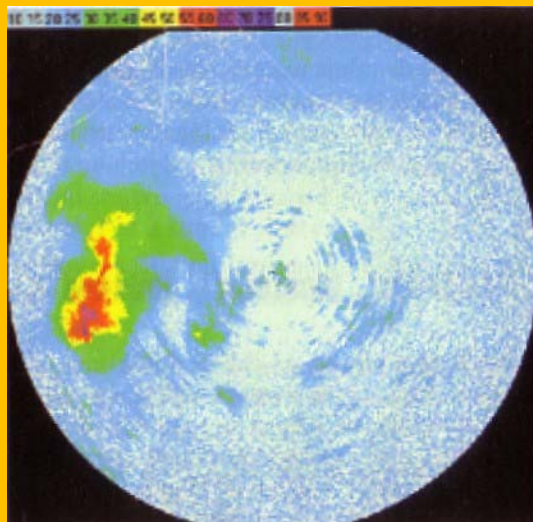
"Saltshaker" – soljenica – montira se na zrakoplov koji je navođen nad sredinu gradonosnog oblaka







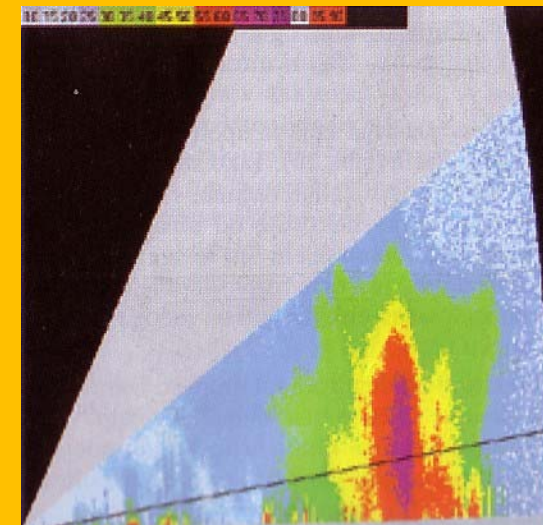
**Slika 117.** Mreža meteoroloških radarskih središta u poljodjelskom dijelu Hrvatske



radarska slika Cb oblaka:

← horizontalni presjek

vertikalni presjek →



## Generatori ledotuče

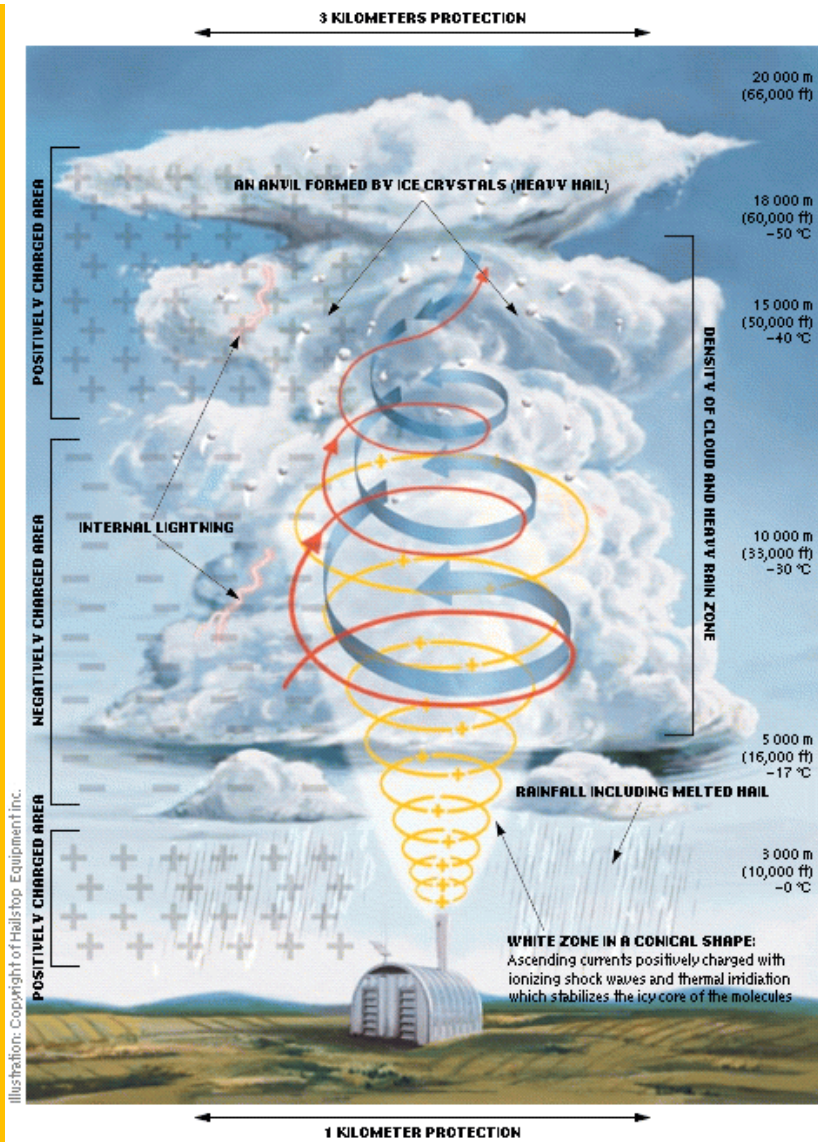
Djelovanje "zvučnim valom"

3.XI 1855. Gospodarske novine:  
 "... na crne oblake vjetrom tjerane...  
 uz pucnjavu topovah sva zvona  
 zvoniše... što pomaže ili ne pomaže  
 ... oblake otjera u bližnje  
 susjedstvo...gdje kvara još većeg  
 načiniti može...što pravo  
 neimamo..."

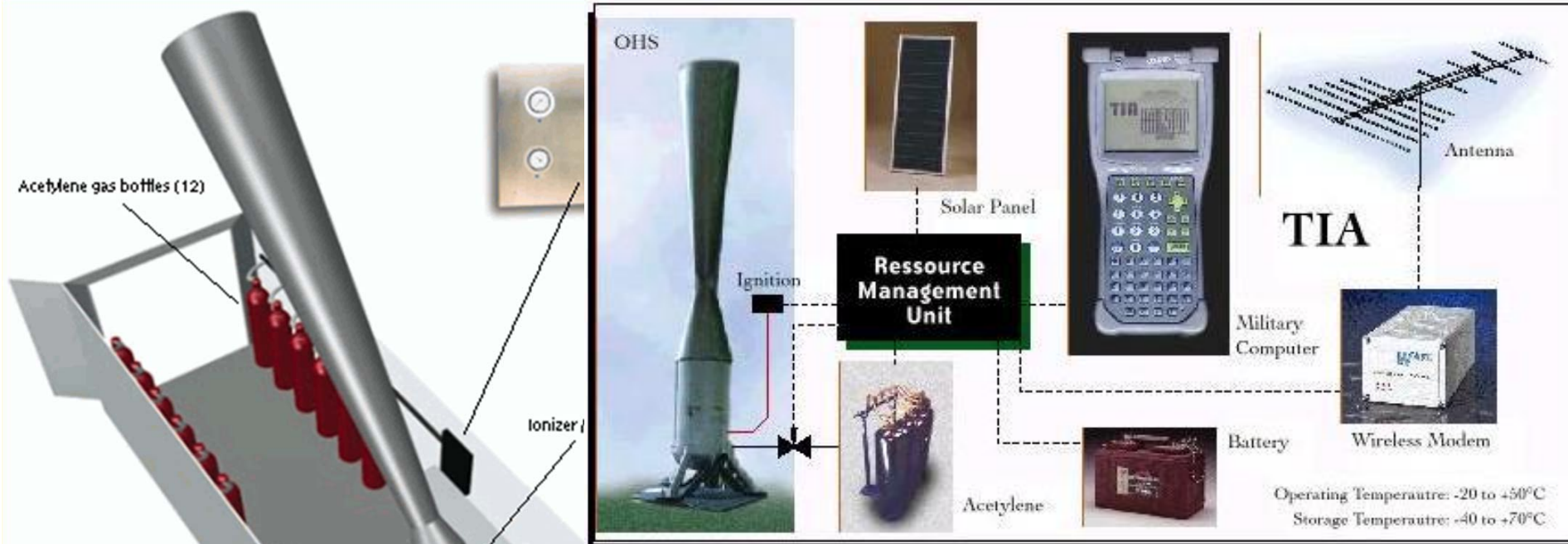
Generira se snažni "zvučni val" brzine  
 330 m/s izgaranjem acetilena svakih 6  
 sekundi

-kroz pothlađenu vodu formira stojni val,  
 pa se čestice ne mogu sudarati i  
 kumulirati u veće čestice

-naboji ubačeni u oblak destabiliziraju  
 uvjete za tuču



Opis	Polumjer	Promjer	Branjena površina
Po sistemu 100% zaštite	500 m (1640 ft)	1 km (0.62 mi.)	80 ha (200 acres)
Grupni sistem 100% zaštite	1000 m (3280 ft)	2 km (1.24 mi.)	220 ha (500 acres)
RADAR – rana detekcija tuče	200 km (124 mi.)	400 km (248 mi.)	40,000 ha (96,000 acres)



**Computer device**

- To program and control the HSE Hail Suppression System®
- Linked by radio communication to the central control.
- 2-way power: batteries and solar cells.
- Security and control mechanisms.
- Advanced electronics compliant to the anti-seismic security rules.

**Solar energy panel.**

The energy produced by this device is stored in a battery specially designed to this end, and activated by an electronic regulator, ensuring supply power of all the Ollivier System®.



**Portable transmitter**

with micro-processor, phase modulation, solid micro-electrical technology, for better reliability.

Izvedbe stacionarnog i mobilnog generatora tuče

## 12.5. Staklenici, plastenici, pokrovi i nastambe

Staklo – propušta u staklenik kratkovalno zračenje, no ne propušta van dugovalno



Plastenici – propušta dugovalno, ali vodena para i CO<sub>2</sub> ga zadržavaju





pokrovi – prirodni i umjetni materijali – izolacija i viša temperatura pod njima



# nastambe – negrijane i grijane – kontrolirani uvjeti – zaštićene od vanjskih uvjeta

