

VISINA KONDENZACIJE

$$H_K = (T_Z - T_R) / \gamma_s$$

T_Z = temperatura zraka

T_R = temperatura rosišta

γ_s = suhoadijabatički gradijent

Pseudoadijabatički proces:

iznošenje topline iz oblaka s kapima oborine

VLAGA U ATMOSFERI

podrazumijeva se vodena para,
tj. voda u plinovitom stanju kao dio mase zraka

vodena para prisutna je samo u troposferi,
iznos se mijenja u prostoru i tijekom vremena;

utjecaj vodene pare na život – proučava bioklimatologija

U atmosferi vrijedi Daltonov zakon:

ukupni tlak mehaničke smjese plinova jednak je sumi tlakova
pojedinih plinova koji tvore smjesu

(uvjet: *da nema kemijskih reakcija ni promjene volumena smjese*)

tlak vlažnog zraka: $p = p_s + p_v$

(p_s ... je tlak suhog zraka ; p_v ... je tlak vodene pare)

**Standardni tlak zraka na morskoj razini
pri temperaturi od 15°C iznosi 1013.2 mbar.**

U atmosferi važi i Pascalov zakon jednolikog širenja tlaka

opadanje tlaka zraka s visinom

Laplaceov izraz za opadanje tlaka zraka s visinom:

$$p_H = p_0 \cdot \exp [-(g \cdot H) / (R \cdot T)]$$

p_H - tlak zraka na nadmorskoj visini H

p_0 - tlak zraka na morskoj razini

H - nadmorska visina za koju se izračunava tlak zraka

T - srednja temperatura zraka u sloju visine H

R - plinska konstanta za suhi zrak

Maksimalna količina vlage u zraku

Maksimalna količina vlage u zraku zavisi o temperaturi zraka;

Pri stanju zasićenja zraka vodenom parom imamo tlak zasićenja ili ravnoteže.

Magnus-Tetensova formula za izračun tlaka zasićenja:

$$P_v = c_1 \cdot \exp [c_2 \cdot T / (c_3 + T)]$$

T ... temperatura zraka u °C,

c₁... ravnotežni tlak vodene pare pri 0°C (6.11 mbar),

c₂ i c₃ ... konstante zavisne o agregatnom stanju vode

- kod $T > 0$ °C → c₂ = 17,1 ; c₃ = 234,2

- kod $T < 0$ °C → c₂ = 22,4 ; c₃ = 272,4 za led

- kod $T < 0$ °C → c₂ = 17,1 ; c₃ = 245,4 za podhlađenu vodu

Kod prelaženja vode iz krutog u tekuće ili tekućeg u plinovito stanje troši se toplina okoline.

Latentna toplina isparavanja E_0 : iznos topline potreban da jedinica mase vode iz tekućeg stanja prijeđe u vodenu paru pri konstantnoj temperaturi T °C

*(povratno se oslobađa: **Latentna toplina kondenzacije**)*

$$E_0 = 606,5 - 0,695 \cdot T \quad [\text{cal/gr}]$$

Latentna toplina otapanja leda: iznos topline potreban da jedinica mase vode prijeđe iz krutog u tekuće stanje (80 cal / gram vode)

*(povratno se oslobađa: **Latentna toplina skrućivanja**)*

Latentna toplina sublimacije je količina topline neophodna prilikom direktnog prijelaza iz krutog u plinovito stanje vode

(odgovara sumi latentne topline isparavanja i latentne topline otapanja leda)

Vertikalni gradijent vodene pare - slijedi vertikalni gradijent temperature

Omjer mješavine:

masa vodene pare u **gr/kg** mase suhog zraka

Specifična vlažnost ili sadržaj vlage S_v [gr/kg] u zraku je odnos mase vodene pare u zraku prema ukupnoj masi vlažnog zraka;

Apsolutna vlažost (*koncentracija, gustoća vodene pare u zraku*)

A_v je masa vodene pare m_v u datom volumenu zraka V

$$A_v = m_v / V = 217 \cdot p_v / T \quad [\text{gr/m}^3]$$

p_v = tlak vodene pare u mbar

T = temperatura zraka u °K

Relativna vlažnost R_v je odnos između stvarnog tlaka vodene pare p_v i tlaka zasićenja vodenom parom P_v izražen u postocima:

$$R_v = (p_v / P_v) \cdot 100$$

Deficit vlažnosti ili deficit zasićenja D_v je razlika između vlage zasićenog zraka i stvarne vlage u zraku:

$$D_v = 1 - R_v$$

Temperatura rosišta T_R : definiše se kao temperatura pri kojoj je zrak u stanju zasićenosti vodenom parom, tj. kada zbog sniženja temperature zraka postojeći tlak vodene pare postane tlak zasićenja, tj.: $p_v = P_v$

Pri temperaturi rosišta započinje proces kondenzacije; u slučaju daljnjeg hlađenja zraka pojavljuje se rosa na tlu ako je temperatura viša od 0 °C, ili slana (*mráz*) ako je temperatura niža od 0°C

Prema **Magnus-Tetensovoj** formuli:

$$T_R = c_3 \cdot (\ln P_v - \ln c_1) / c_2 - (\ln P_v - \ln c_1)$$

METODE MJERENJA VLAGE U ATMOSFERI

- Termodinamička metoda uz korištenje psihrometra
- Metoda promjenom higroskopne tvari (higrometri na vlas)
- Apsorpcijska metoda promjenom električnog otpora
- Kondenzacijska metoda (higrometri na osnovi temperature rosišta)

prve dvije metode - *mjernje prizemne vlage*

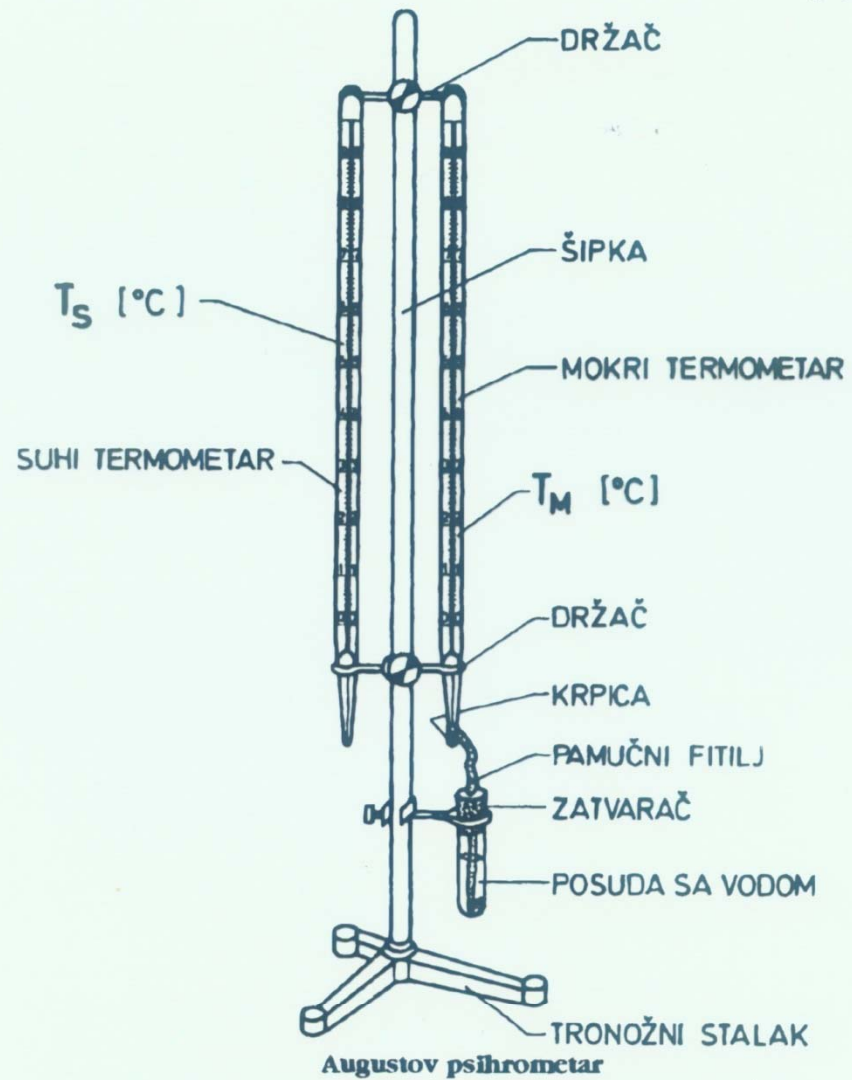
druge dvije metode - *mjerenje vlage u višim slojevima troposfere*

Psihrometri: stacionarni (Augustov) i
 prenosni (Assmannov, obrtni)

Princip rada psihrometra:

mjerenje temperature zraka tzv. suhog termometra i
mokrog termometra

Augustov psihrometar



Psihrometrijska formula

$$p_v = P_v - c \cdot (T_s - T_M)$$

psihrometrijski koeficient c [mbar / °C] zavisi o stupnju ventiliranja psihrometra (*bez vjetra $c = 1.20$; kod brzine vjetra veće od 1.5 m/s $c = 0.66$, u praksi se koriste tabele i nomogrami*)

Assmanov psihrometar (*prenosni*) snabdjeven je aspiratorom a termometri su zaštićeni od zračenja poliranim metalnim oklopom (*mjerenje na otvorenom*)

Obrtni psihrometri (za rad na terenu) : suhi i mokri termometar motritelj okreće iznad glave oko ručke proizvodeći stalno strujanje zraka.

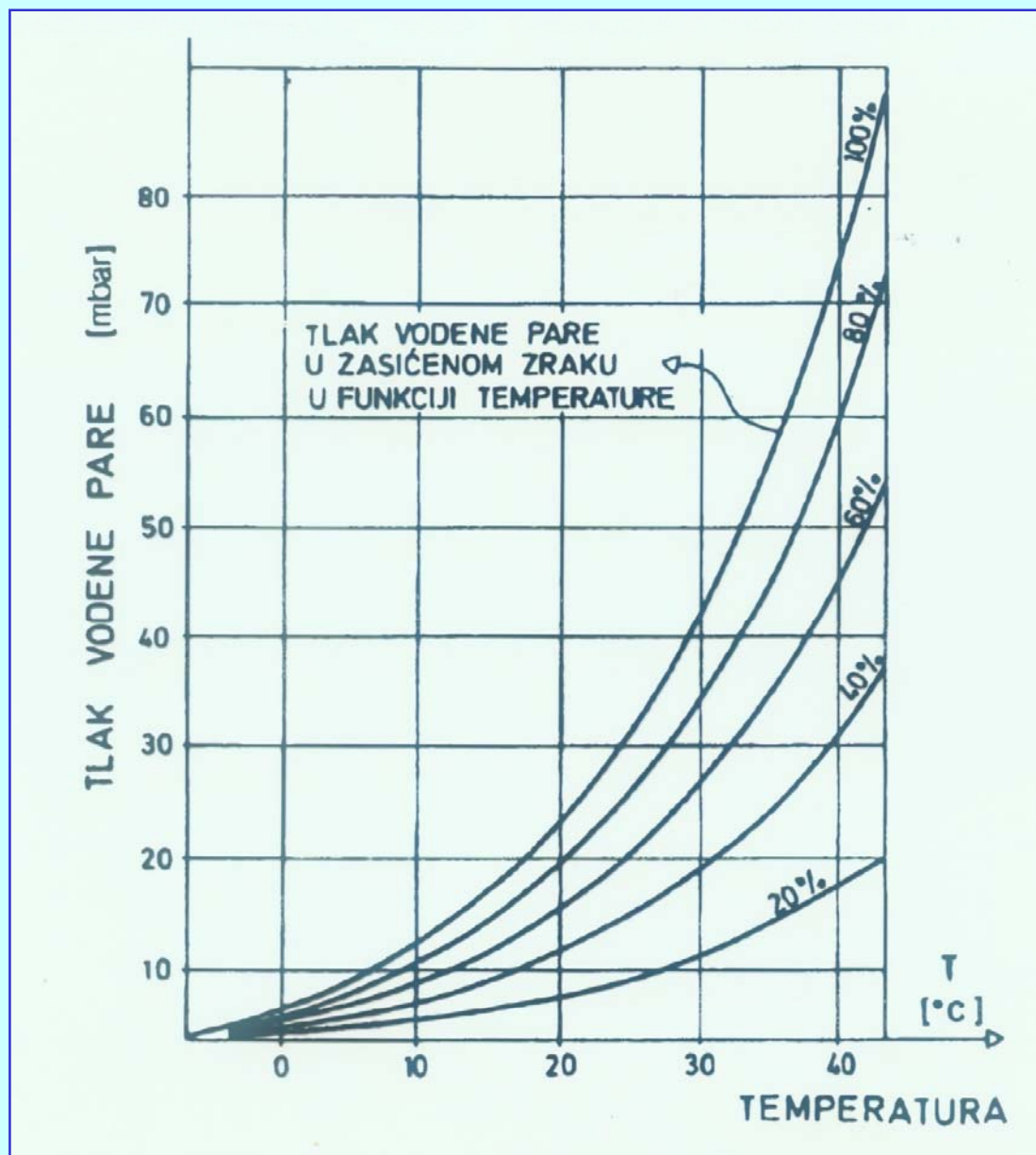
Higrometri: neposredno mjerenje relativne vlažnosti

U higrometrima je higroskopna tvar (*vlak, dlaka*) učvršćena u jednoj točki i omotana oko osovine na koju je montirana kazaljka koja pokazuje na skali vrijednost relativne vlažnosti.

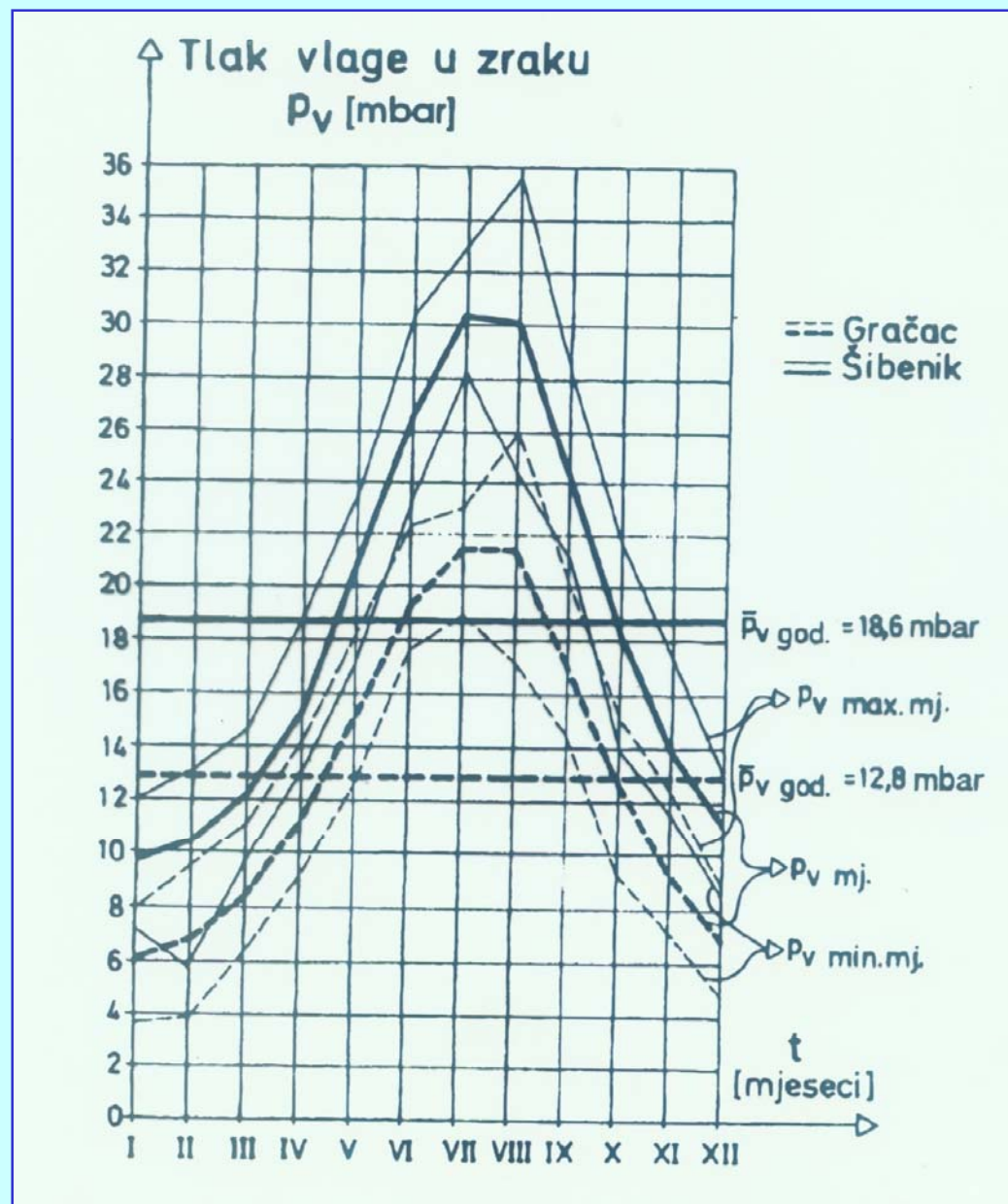
HIGROGRAF



Tlak vodene pare u funkciji temperature i postotka zasićenja zraka



Prikaz godišnjeg hoda tlaka vodene pare



ZRAČNE MASE I FRONTE

Elementi procesa cirkulacije atmosfere:

zračne mase, ciklone, anticiklone i fronte.

zračna masa: prostrana prostorna količina zraka, gotovo homogena u horizontalnom smjeru, nastala kao rezultat stacioniranja iznad kopna ili vodene površine;

svojstva zračne mase:

- toplinsko stanje
- stanje vlažnosti
- prevladavajući tlak
- sadržaj aerosola, itd.

strujanje zraka : svako gibanje zraka

cirkulacija zraka : strujanja u zatvorenom sustavu

vjetar : strujanje "paralelno" s površinom Zemlje

TLAK I STRUJANJE ZRAKA

Tlak zraka se smanjuje s porastom visine,
a zavisi direktno o tlaku na morskoj razini.

Izobare: linije istog tlaka zraka.

Normalan tlak zraka: tlak na razini mora na zemljopisnoj
širini 45° pri temperaturi 15°C 1013 mbar ili 760 mm Hg.

Strujanje zraka posljedica je nejednolike raspodjele tlaka u
horizontalnoj ravnini.

Uzrok postojanja nejednolikog tlaka je različita brzina
grijanja ili hlađenja zraka nad podlogom Zemlje.

CIKLONE I ANTICIKLONE

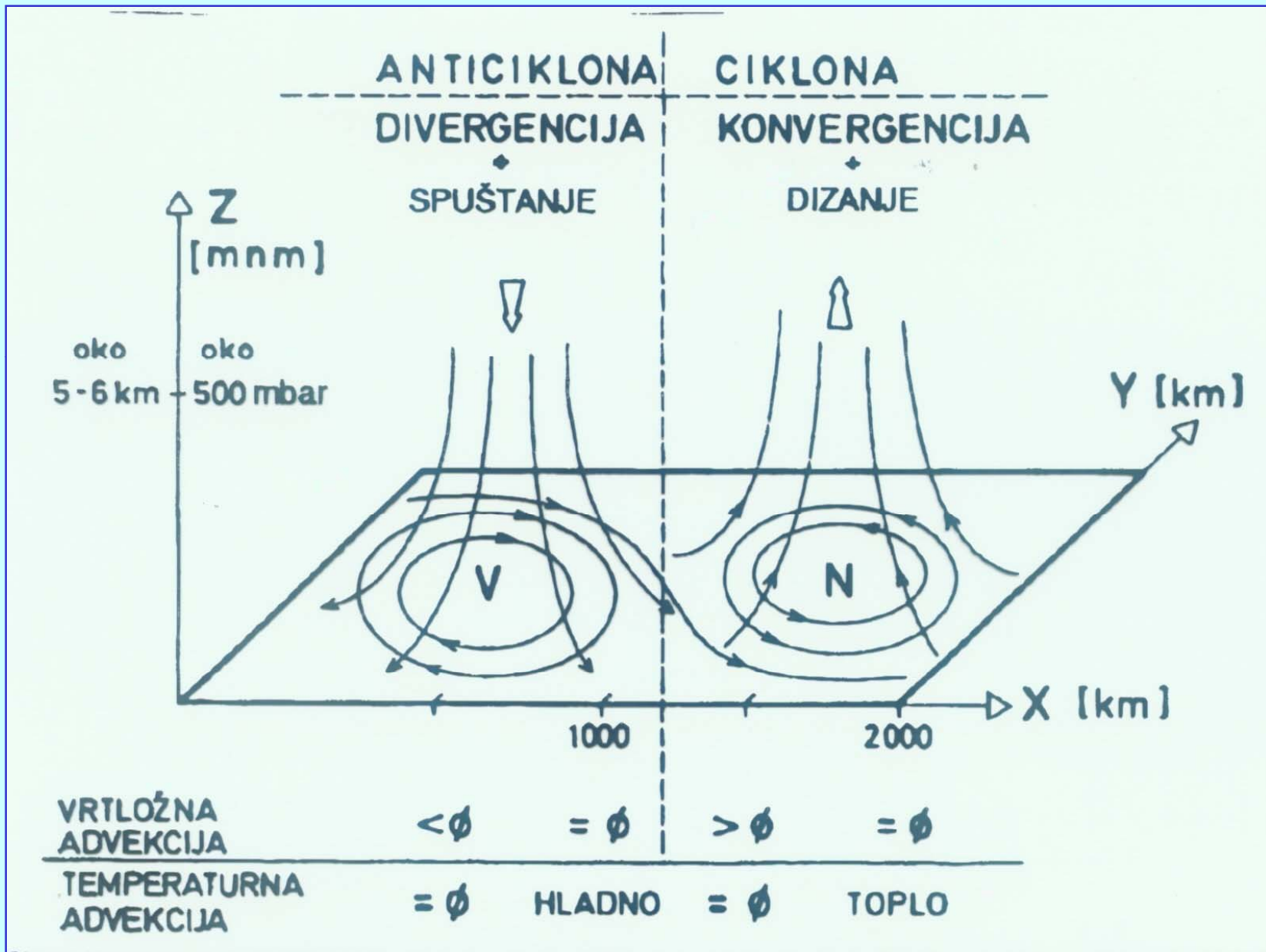
Ciklone:

polja niskog tlaka s minimumom u središtu,
konvergentno strujanje zraka suprotno od kazaljke na satu,
razvijena ciklona ima promjer reda veličine do **1000 km**,
ciklone zahvate nešto manje površine od anticiklona.

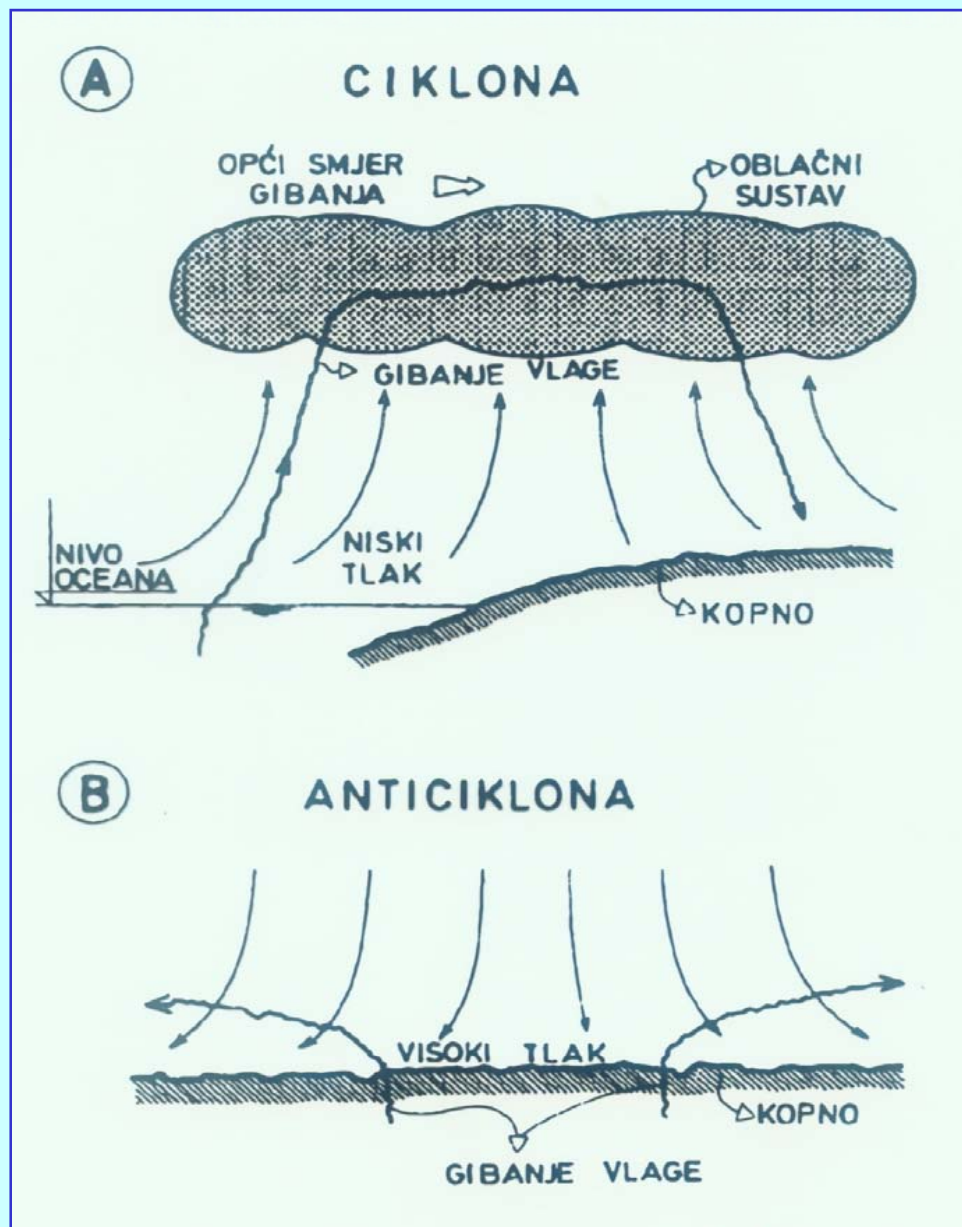
Anticiklone:

velike zračne mase formirane kao područja povišenog tlaka
s maksimumom u centru,
divergentno strujanje zraka u smjeru kazaljke na satu,
vlaga se zbog divergencije iznosi iz područja,
spuštanje zraka vezano s centrom visokog tlaka spriječava
postanak oborina

Shema ciklone i anticiklone



Shema ciklone i anticiklone



Procesi unutar zračnih masa

turbulencija; konvekcija; konvergencija; divergencija

Frontalna ploha (fronta) : fiktivna granična ploha između različitih zračnih masa. Uvijek je položena koso u prostoru pod oštrim kutom prema hladnom zraku;

Frontalna linija: crta presjecišta frontalne plohe sa površinom Zemlje;

fronte se razvijaju isključivo u ciklonama;

razlikuju tri vrste fronti:

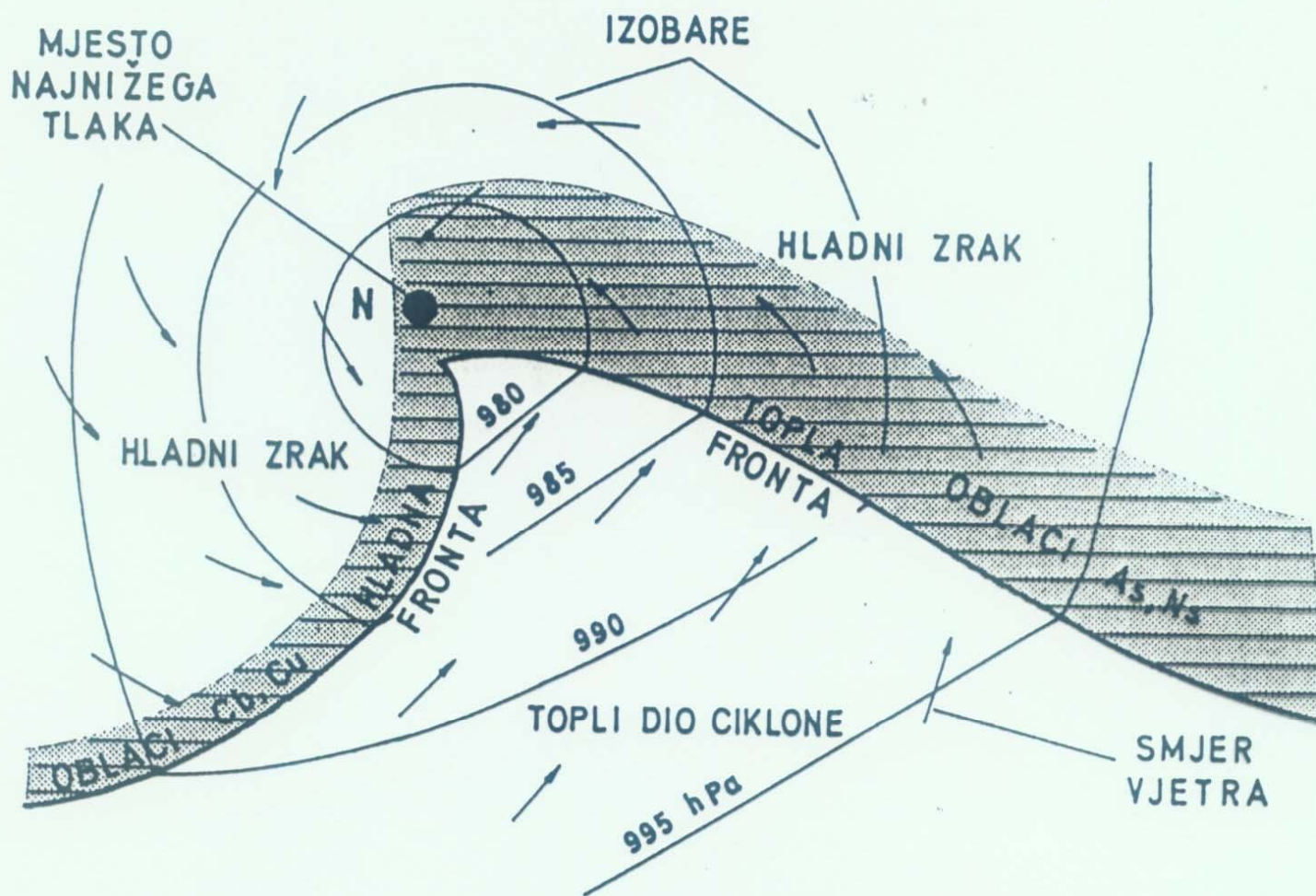
- *topla fronta*: na mjesto hladnog zraka dolazi topliji zrak
(*slabe oborine*),

- *hladna fronta*: prodor hladnog zraka u područje toplog
(*intenzivnije oborine*);

- *fronta okluzije (okludirana fronta)*: kada u cikloni brže krećuća fronta sustigne sporiju (*intenzivne oborine*);

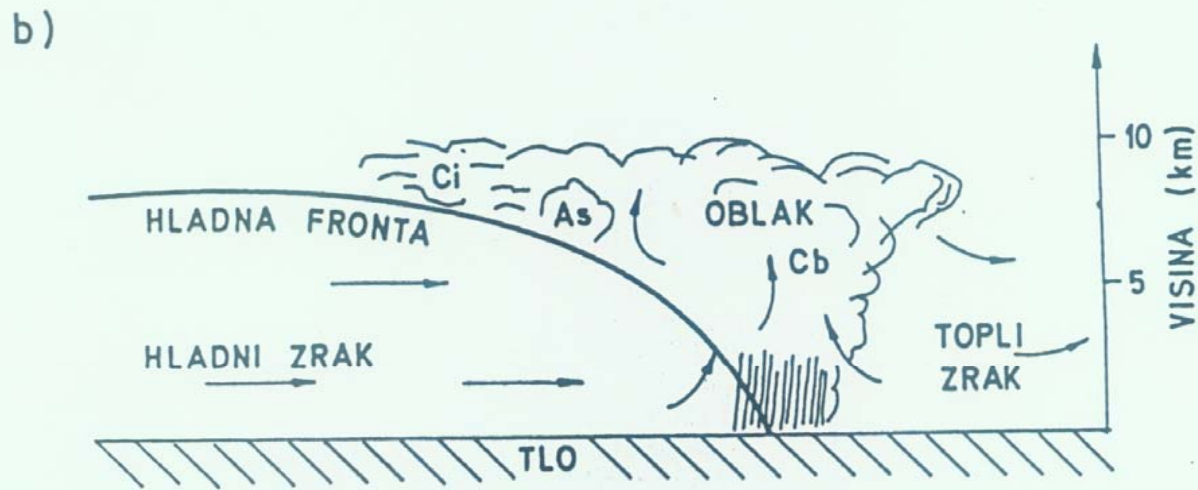
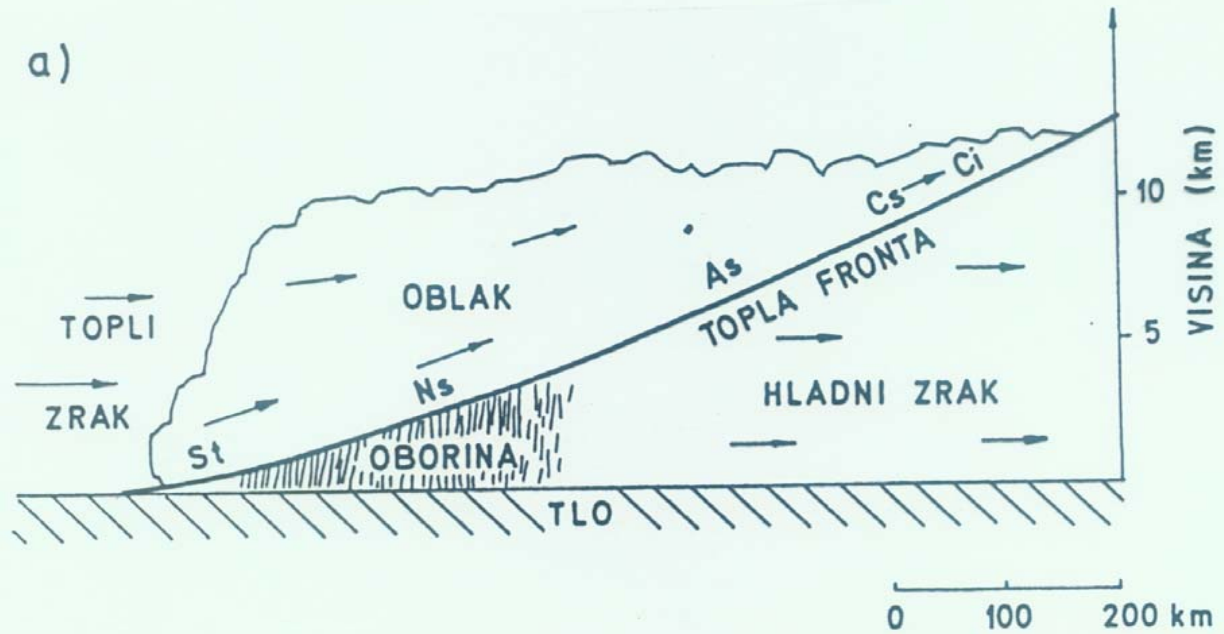
poslije formiranja kompletne okluzije ciklona zamire;

TLOCRT CIKLONE



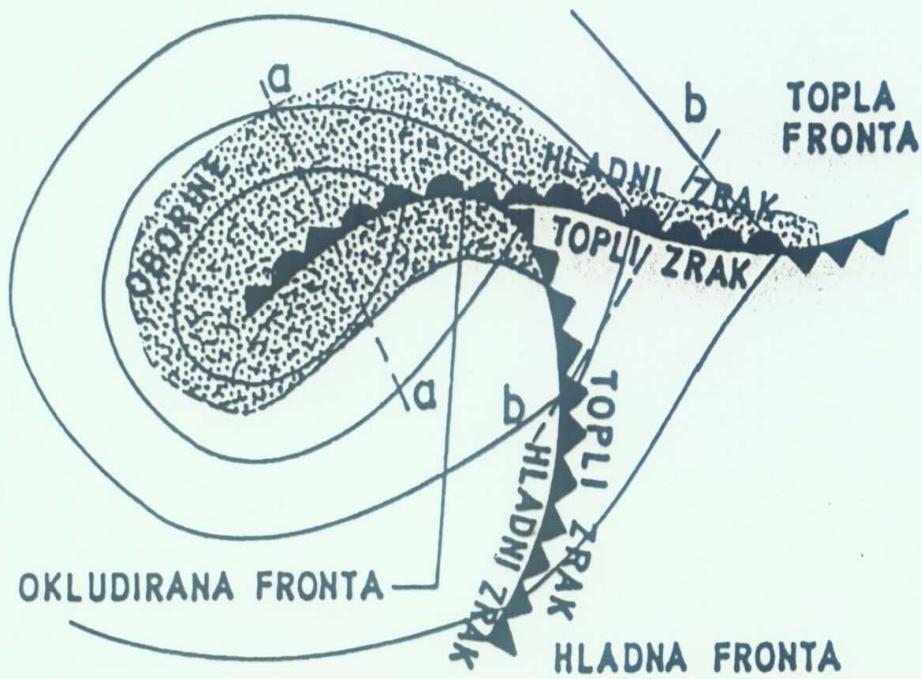
Tlocrt ciklone

Presjeci kroz toplu i hladnu frontu

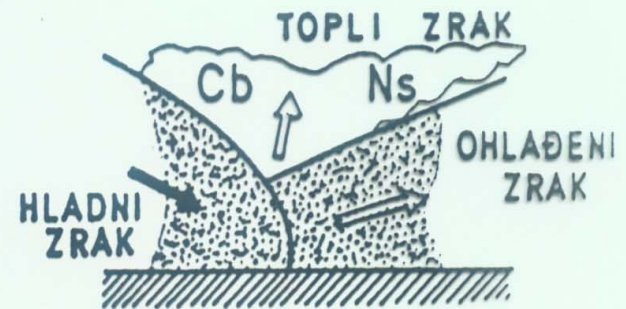


Razvoj okludirane fronte

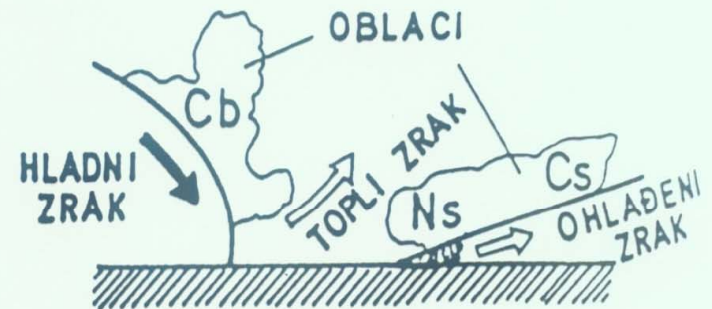
SITUACIJA



PRESJEK a-a



PRESJEK b-b



O B L A C I

Oblak: hidrometeor sastavljen od vidljivih čestica vode i/ili leda izdignut iznad površine Zemlje; (*obično 2 do 3 grama vode / m³ oblaka*);

Magla: zamućenost zraka u prizemnom sloju (vidljivost do 1 km); početni stadij kondenziranja vode - sitne kapljice

Prema visini baze oblaci mogu biti:

visoki (*polarni 3-8 km; umjereni 5-13 km; tropski 6-18 km*)

srednje visoki (*polarni 2-4 km; umjereni 2-7 km; tropski 2-8 km*)

niski (*do 2 km*)

Kondenzacijske jezgre: neophodne su za početak procesa kondenzacije i sublimacije;

karakteristike jezgri: veličina, el. naboj, higroskopnost

Za kondenzaciju pare neophodan je određeni **stupanj prezasićenosti** zraka vodenom parom.

Prezasičenost zraka vodenom parom

prezasičenost nastupa:

- kad se zrak zasićen parom hladi a tlak zraka ostaje isti
- kad se tlak zraka povećava a temperatura ostaje ista
- kad se sadržaj vodene pare u zraku povećava pri istoj temperaturi i istom tlaku zraka;

pothlađene kapljice vode u čistoj atmosferi sve do - 40 °C

Proces smrzavanja ili kristalizacije na ledenim jezgrama,:

- a) sublimacijski (*para u led*)
- b) na jezgrama smrzavanja (*voda u led*)

načini hlađenja zraka:

- adijabatičko ili dinamičko hlađenje;
- miješanje zračnih masa s različitim temperaturama;
- kontaktno hlađenje;
- hlađenje zbog izračivanja Zemlje (*radijacijsko hlađenje*)

klasifikacija oblaka prema uzrocima hlađenja zraka

- **orografski**
- **frontalni**
- **oblaci termičke konvekcije**
- **radijacijski**
- **oblaci nastali istodobnim djelovanjem više činioca**

Orografski oblaci nastaju mehaničkim dizanjem toplih i vlažnih zračnih masa za vrijeme prelaza preko orografskih prepreka;

Frontalni oblaci javljaju se u ciklonama iznad frontalnih ploha;

Konveksijski oblaci nastaju u uzlaznoj konveksijskoj zračnoj struji;

Radijacijski oblaci nastaju hlađenjem prizemnog zraka terestričkim zračenjem topline.