

Toplinski procesi u atmosferi

Meteorologija, 2.N

Toplinsko zračenje

Toplina

- prijelazni oblik energije koja prijenosom zagrijava tijela
- zbroj kinetičke energije gibanja molekula + potencijalna energija međusobnih udaljenosti
- J – joule

Temperatura tijela

- stupanj toplinskog stanja
- K – kelvini ili °C – stupnjevi celzijevi
- celzijeva nula = ledište vode
- absolutna nula = -273,15°C

Veza između topline i temperature

$$Q = m \cdot c_v \cdot \Delta T$$

- ako se tijelu mase m
- obujma c_v
- želi povisiti temperaturu za ΔT
- potrebno je uložiti količinu topline Q

Specifična toplina

- količina topline potrebna da se 1g neke tvari temperatura povisi za 1°C

Širenje topline

Zračenjem

- zagrijano tijelo pretvara toplinsku energiju u energiju zračenja
- drugo tijelo upija tu energiju
- Sunčeve zračenje grije Zemlju

Vođenje

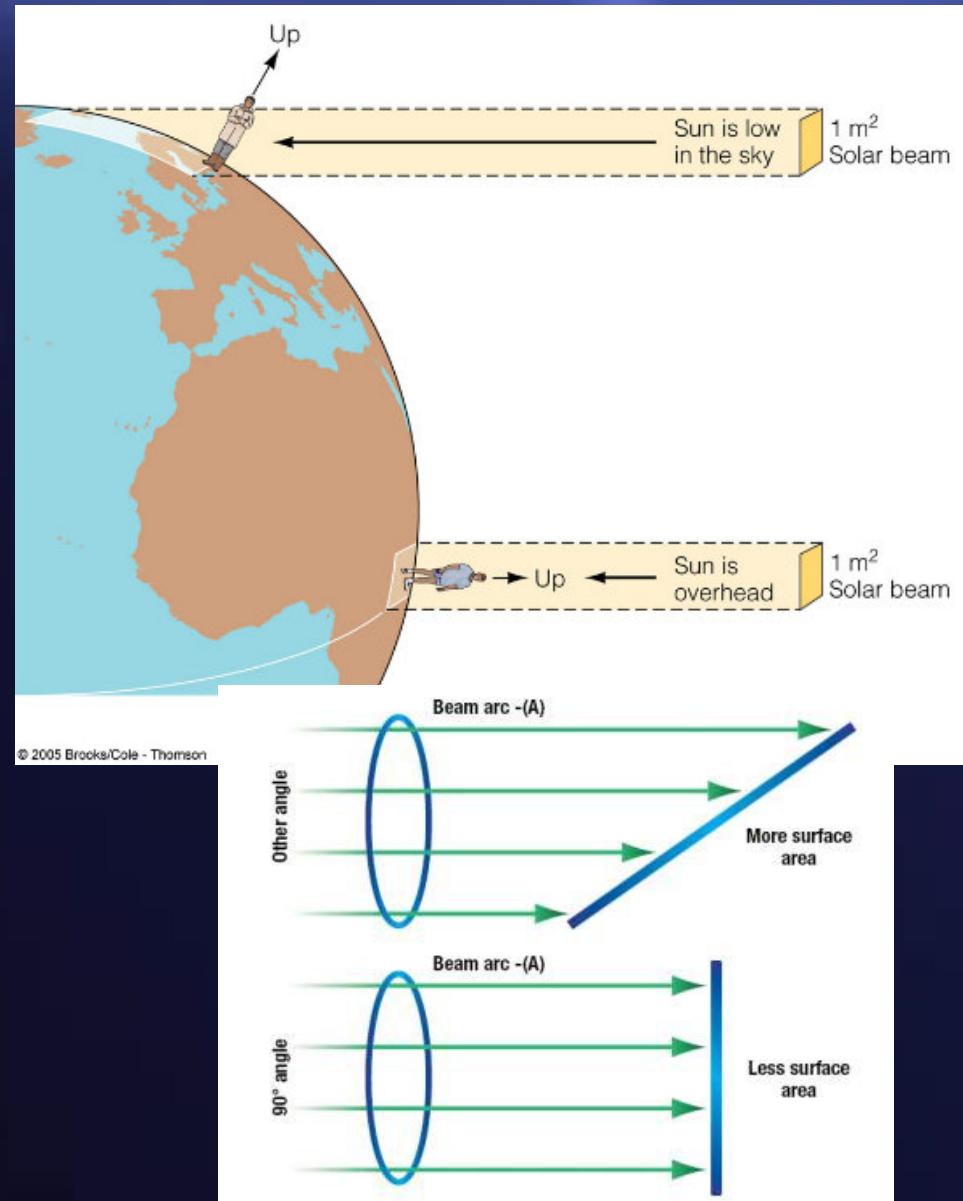
- prijenos topline sa toplijeg na hladnije tijelo
- *toplinska vodljivost*
 - *tok* (gustoća) predane topline na okomitu jediničnu površinu u jedinici vremena
 - mala u plinovima – atmosfera!

Sunčeve zračenje

- Sunčeva energija koja elektromagnetskim zračenjem stigne na neku površinu u određenom razdoblju
- na Zemlju stiže dvomilijarditi dio zračenja Sunčeve energije
- manji utjecaj udaljenosti Sunca
- veći utjecaj kuta upada zraka i trajanja osunčanja

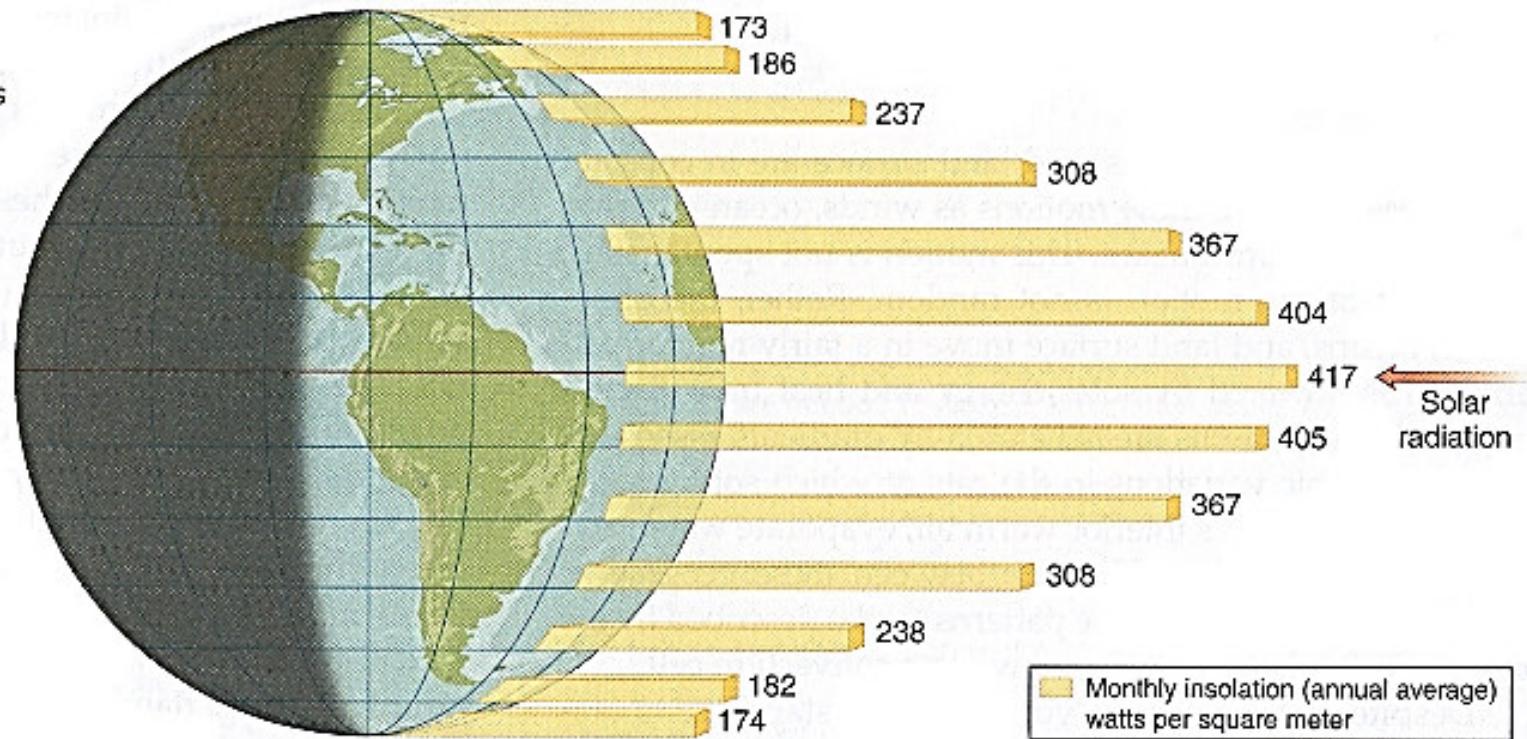
Solarna konstanta

- tok Sunčeva zračenja na gornjoj granici atmosfere na 1 cm^2 plohe okomite na zračenje
- $1371 \text{ J/m}^2 \text{ min}$

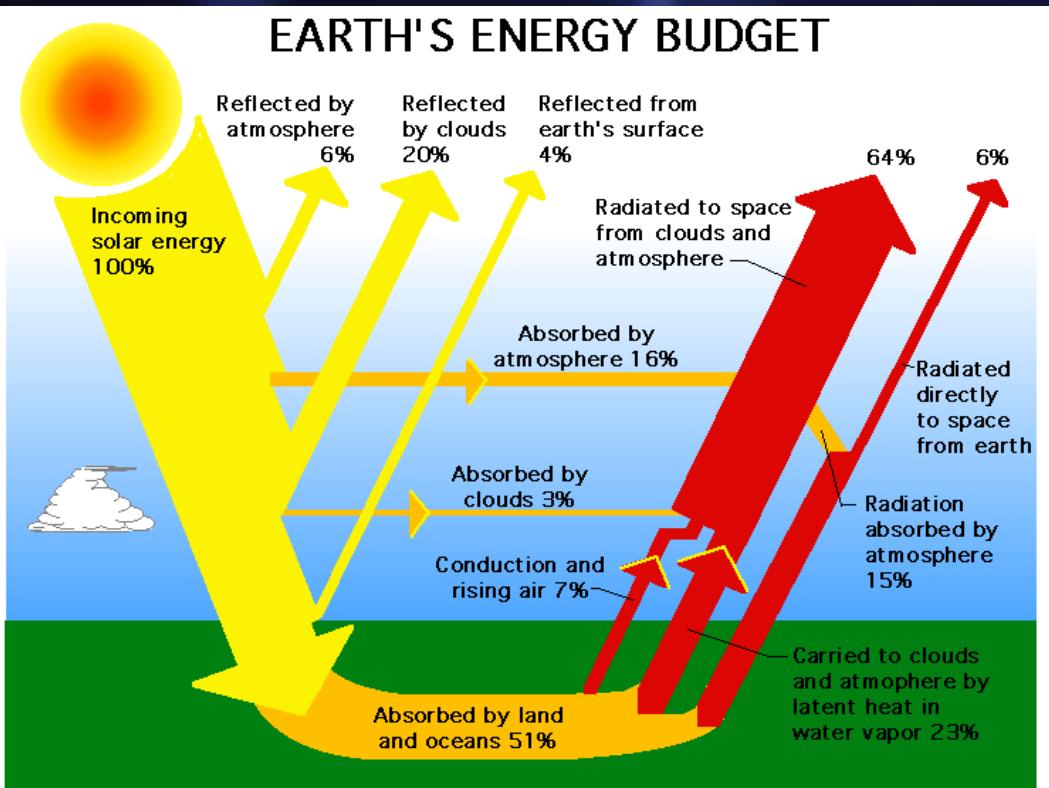


Mjesečna insolacija – W po m²

FIGURE 4.4 *Geographical Variation in the Intensity of Sunlight* The intensity decreases as one moves away from the equator.



Utjecaj atmosfere na Sunčeve zračenje



- 30-40% se odbija ili raspršuje u atmosferi
- 25-30% stiže do Zemljine površine
- 35-40% zadržava atmosfera
 - 10-15% atmosfera upija
 - grijanje atmosfere upijanjem beznačajno
- atmosfera se uglavnom grije odozdo, zračenjem sa Zemljine površine

Utjecaj atmosfere na Sunčeve zračenje

- *raspršivanje svjetla*
 - difuzija
 - na česticama koje lebde u zraku
- *upijanje svjetla*
 - apsorpcija
 - u plinovima koji su u atmosferi
 - dušik i kisik u visokim slojevima,
 - ozon UV,
 - ugljik-dioksid i vodena para infracrveni dio spektra
- *albedo*
 - omjer odbijenog Sunčevog zračenja od podloge u odnosu na upadno zračenje izražen u postocima
 - veći albedo – manje grijanje površine
 - najveći za svježi snijeg 70-90%, za vodene površine 2-80%

Pitanja za ponavljanje gradiva

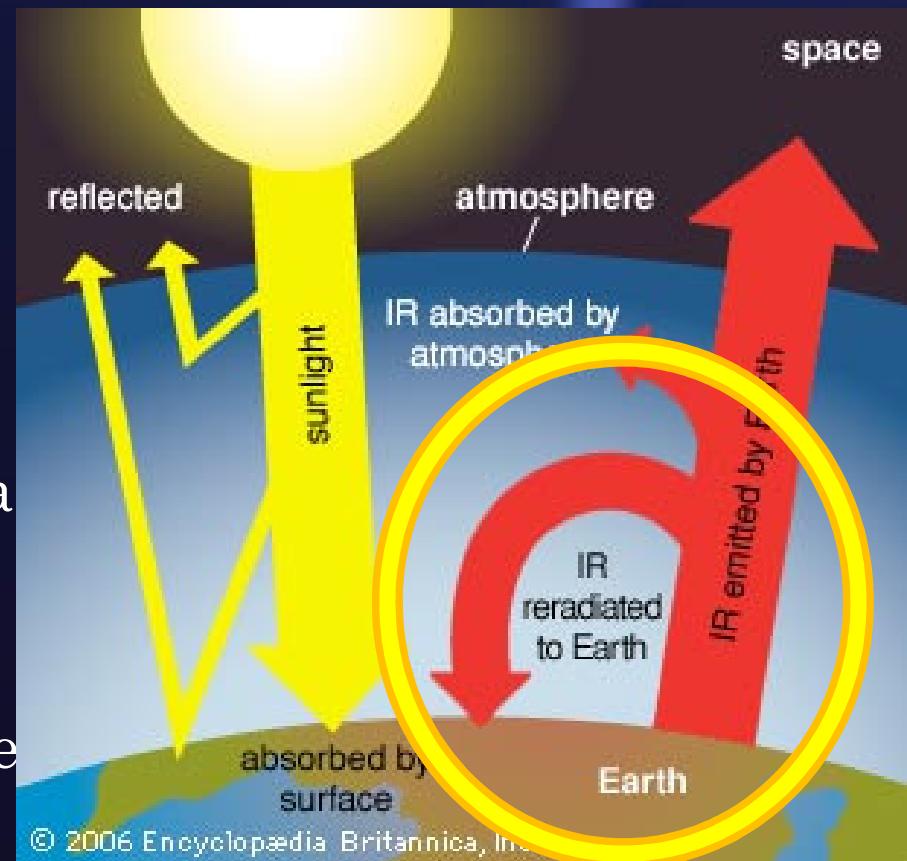
- Što je toplina, a što temperatura?
- Koje su jedinice za temperaturu i toplinu?
- Objasni vezu između temperature i topline
- Usporeди zračenje i vođenje
- Što je toplinska vodljivost?
- Što je Sunčev zračenje? kako utječe na grijanje Zemlje?
- Što je solarna konstanta?
- Kako atmosfera utječe na Sunčev zračenje?
- Što je upijanje, a što raspršivanje svjetla?
- Što je albedo?

Zemljino zračenje

- zračenje Zemljine površine
 - infracrveni dio spektra
 - promjena temperature površine Zemlje tijekom dana = promjena količine zračenja danju/noću
- **protuzračenje atmosfere**
 - u atmosferu „ulazi“ zračenje od Sunca i od Zemljine površine
 - troposfera ne upija Sunčevu zračenje pa se od njega ne grije
 - atmosfera se grije upijanjem zračenja iz Zemlje te isijava toplinu u svim smjerovima (i prema kopnu i moru)
 - Zemljinoj površini se vraća dio energije koju je predala atmosferi

Protuzračenje atmosfere

- energija zračenja atmosfere koja stigne na jedinicu Zemljine površine u jedinici vremena
- ovisi o temperaturi
 - veća danju, najveća oko 15h
- veće s vlagom, oblacima (manje se gubi energija)
- bilanca zračenja
 - razlika između zračenja i protuzračenja atmosfere
- atmosfera je filter koji propušta energiju od Sunca do površine Zemlje i grije se toplinom koju preuzima sa površine Zemlje



Zagrijavanje Zemlje i njezine atmosfere

➤ *aktivni sloj atmosfere*

➤ najniži sloj blizu površine Zemlje u kojem se odvija najviše toplinskih procesa

➤ najizraženije dnevne i godišnje temperaturne promjene

➤ zagrijavanje i hlađenje kopna

➤ kopno koje nije pokriveno vodom, ledom ili snijegom troši svu energiju na zagrijavanje tla

➤ kopno pokriveno vodom, ledom ili snijegom troši dio energije na promjenu agregatnog stanja vode

➤ ovisi o reljefu, vegetaciji,...

Zagrijavanje i hlađenje voda/mora

- voda ima gotovo najveći specifični toplinski kapacitet
- glatka površina vode odbija veliki dio sunčevih zraka
- more se zagrijava upijanjem Sunčeva zračenja, a dio energije se troši na isparavanje
- grije se površinski sloj, a donji slojevi mora se griju prenošenjem topline sa čestice na česticu
 - tijekom dana oko 0,5m
 - tijekom godine do 7m
- utjecaj rasporeda kopna/mora, strujama, valovima, slanosti,

Zagrijavanje i hlađenje voda/mora

Vertikalno strujanje u vodama stajačicama:

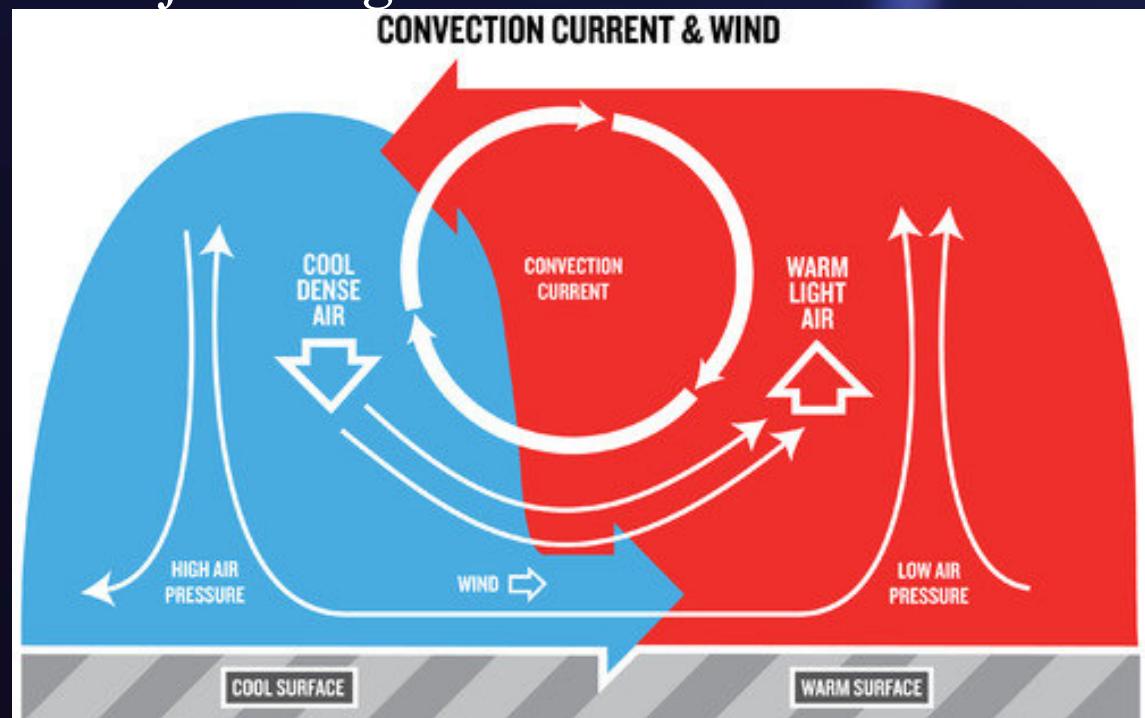
- prestaje insolacija
 - površina se počinje hladiti
 - hladnija površina postaje gušća i teža
 - rashlađeni površinski sloj se počinje spuštati prema dnu dok ne nađe na sloj iste gustoće i temperature
 - na njegovo mjesto dolazi toplij i sloj manje gustoće

Fizikalne osobine morske i slatke vode

- oceani i mora nikada ne miruju
 - toplina se prenosi miješanjem i strujanjem vode
 - površina se zagrijava i isparava
 - povećava se slanost i gustoća
 - sloj vode tone do sloja iste gustoće različite temperature
- more akumulira veliku količinu topline koju otpušta noću i kada je hladnije (zimi)
- jednaka toplinska energija se u vodi raspoređuje na veliki prostor, a na kopnu samo u tankom površinskom sloju (mali prostor)

Zagrijavanje i hlađenje zraka

- posredno, preko Zemljine površine
 - ovisi o stanju i osobina podloge pod zrakom
- vođenjem bi se zagrijao samo mali sloj zraka, ali je zrak loši vodič i prijenos topline se ne odvija vođenjem nego..
- zračenjem
 - javlja se uzlazno i silazno strujanje zraka – *konvektivno strujanje*
 - *konvekcija*



Zagrijavanje i hlađenje zraka

➤ *konvektivno strujanje*

➤ *konvekcija*

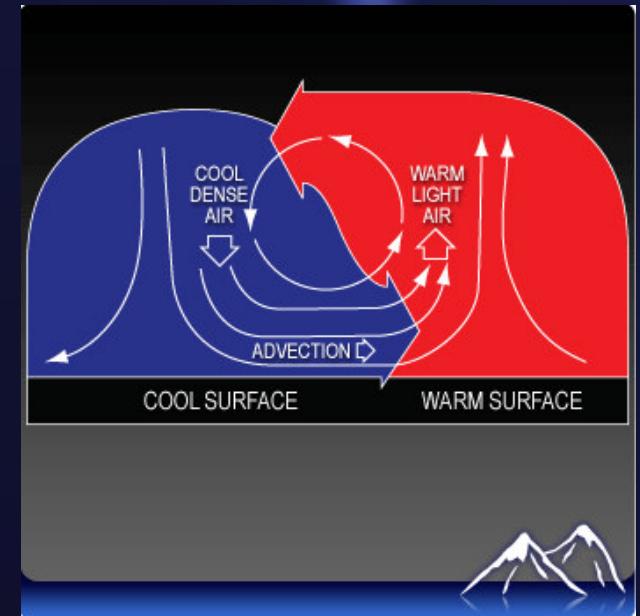
➤ lakši zrak se diže, na njegovo mjesto „pada“ hladni zrak

➤ ovisi o zagrijanosti podloge – izrazito
jako kod ekvatora, nema je na polovima,

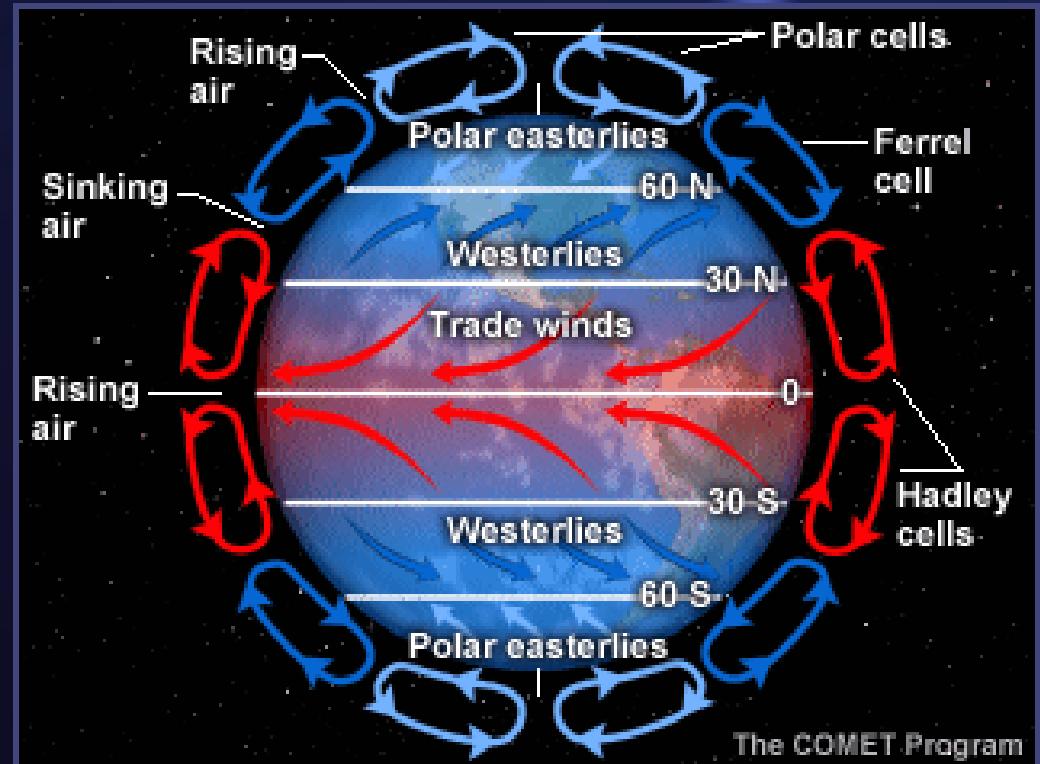
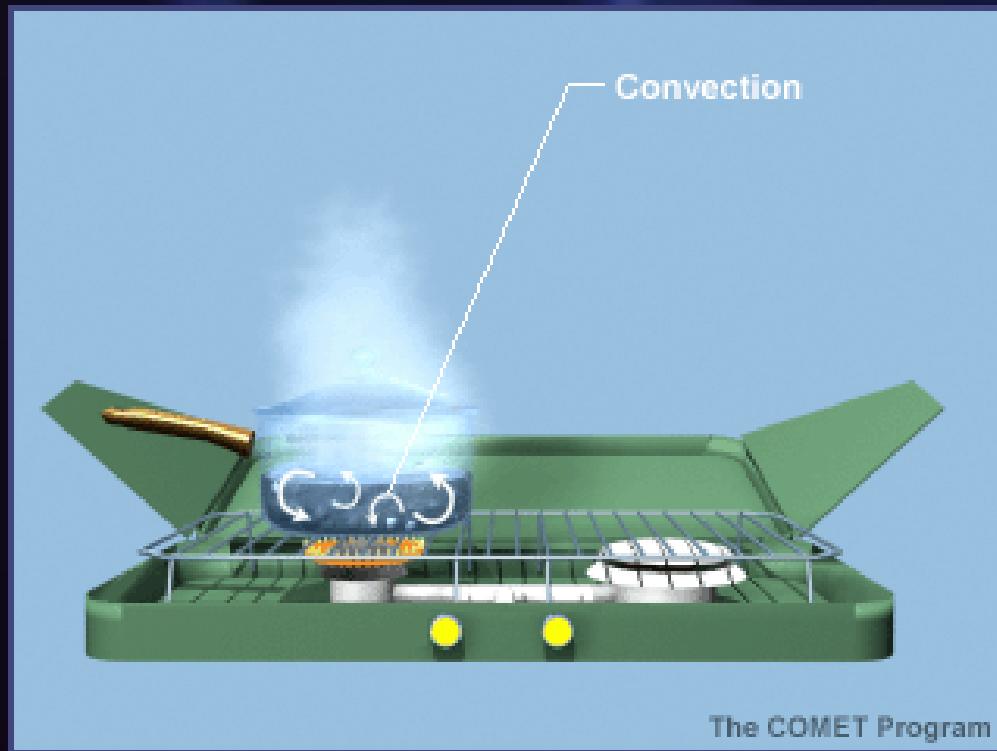
➤ izraženija iznad kopna nego iznad mora

➤ prenošenje vodene pare u više slojeve
atmosfere

➤ kondenzacija → oblaci vertikalnog
razvitka



Konvektivno kretanje

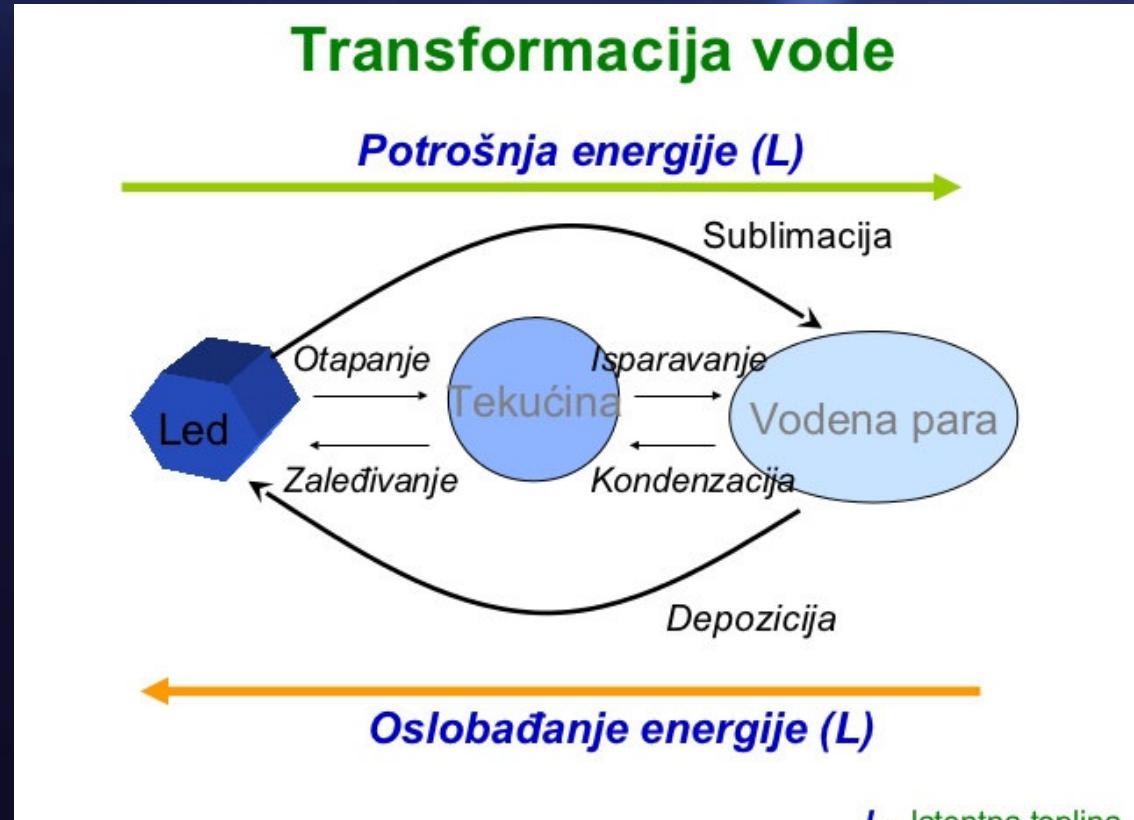
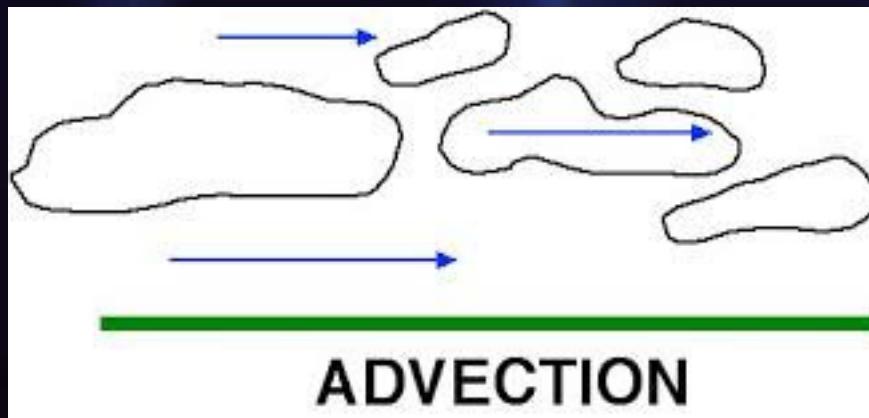


Zagrijavanje i hlađenje zraka

- *turbulencija zraka*
 - vrtložno strujanje
- *advekcija*
 - prenošenje topline između površinskih dijelova Zemlje
- *vjetar*
 - strujanje paralelno s površinom Zemlje
- *latentna toplina*
 - isparavanje vode – para se diže uvis – dolazi do kondenzacije – oslobođa se *latentna toplina* koja grije zrak
- nad morem je noću zrak hladniji od mora (sadrži čestice vode ili pare od isparavanja mora), danju topliji
- nad kopnom je noću zrak topliji od kopna, danju hladniji



birdlikeimages



Ponavljanje gradiva

- Kako nastaje protuzračenje atmosfere?
- Što je bilanca zračenja?
- Koji sloj atmosfere zovemo aktivnim? Što se u njemu događa?
- Kako se zagrijava/hladi kopno, a kako more (voda)?
- Kako dolazi do vertikalnog strujanja u vodama?
- Kako se događa konvekcija?
- Opiši pojave: turbulenciju, advekciju, vjetar.
- Što je latentna toplina?

Fizikalna stanja atmosfere – adijabatski procesi

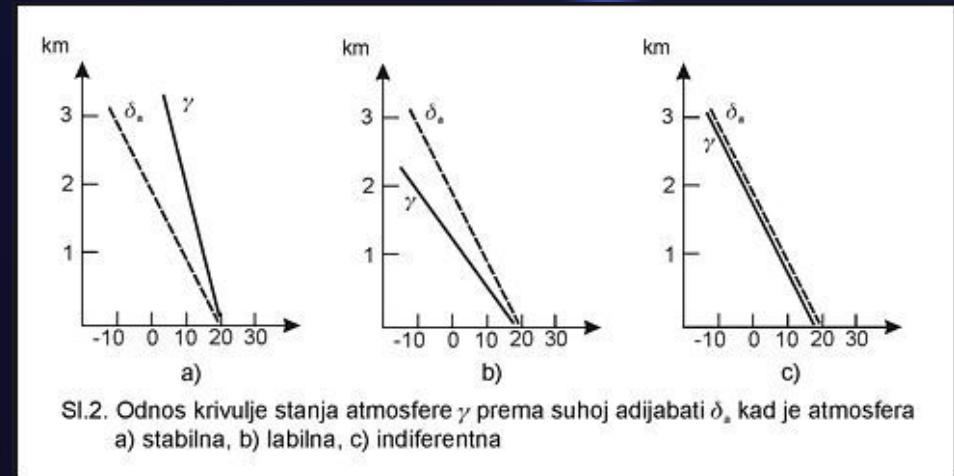
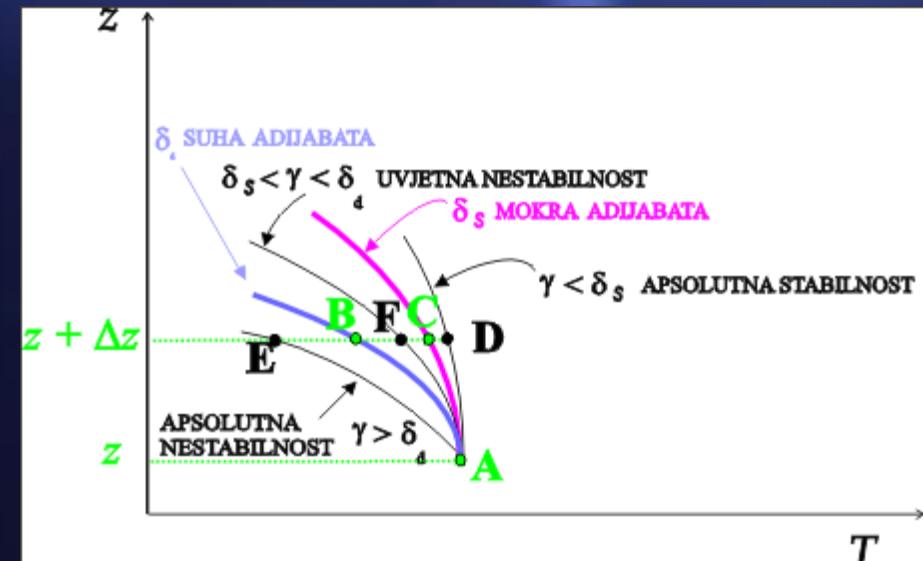
- na jednom mjestu se zrak jače zagrije od „susjednog”
- što će se dogoditi?
- taj zrak je postati lakši i počet će se dizati - *adijabatsko gibanje*
- što će se dogoditi?
- kako bude išao u visinu doći će do rjeđeg sloja, širit će se i na to će se trošiti energija i smanjiti će mu se temperatura
- na drugom mjestu se zrak ohladi
- što će se dogoditi?
- zrak će biti teži i počet će padati-
adijabatsko gibanje
- što će se dogoditi?
- komprimirat će se (stisnuti) i radi toga će porasti temperatura
- **sve ovo se dogodilo bez priljeva ili skidanja toplinske energije (bez zračenja...)**

Adijabatski procesi u atmosferi

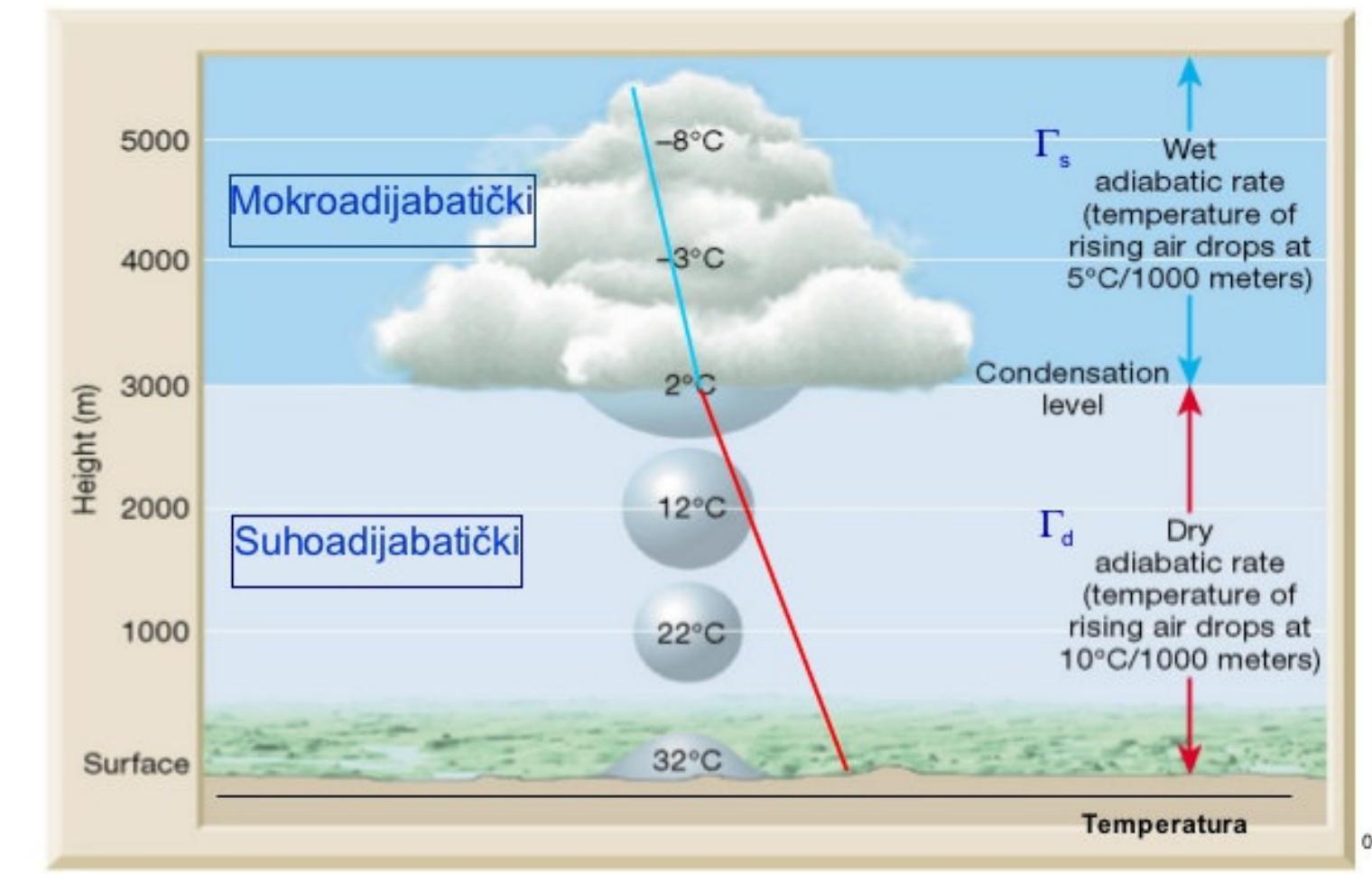
- adijabatsko hlađenje i adijabatsko grijanje
- suhom zraku temperatura pada za 1°C na svakih 100m uspona
 - *suhoodijabatski gradijent*
- kada se zrak ohladi ispod rosišta para se počinje kondenzirati,
oslobađa se _____ toplina i smanjuje se daljnje hlađenje zraka
- latentna toplina
 - *mokroadijabatski gradijent* – $0,5\text{-}0,7^{\circ}\text{C}$ na 100m
- visina na kojoj temperatura dotakne rosište je – *kondenzacijska razina*

Ravnotežna stanja atmosfere

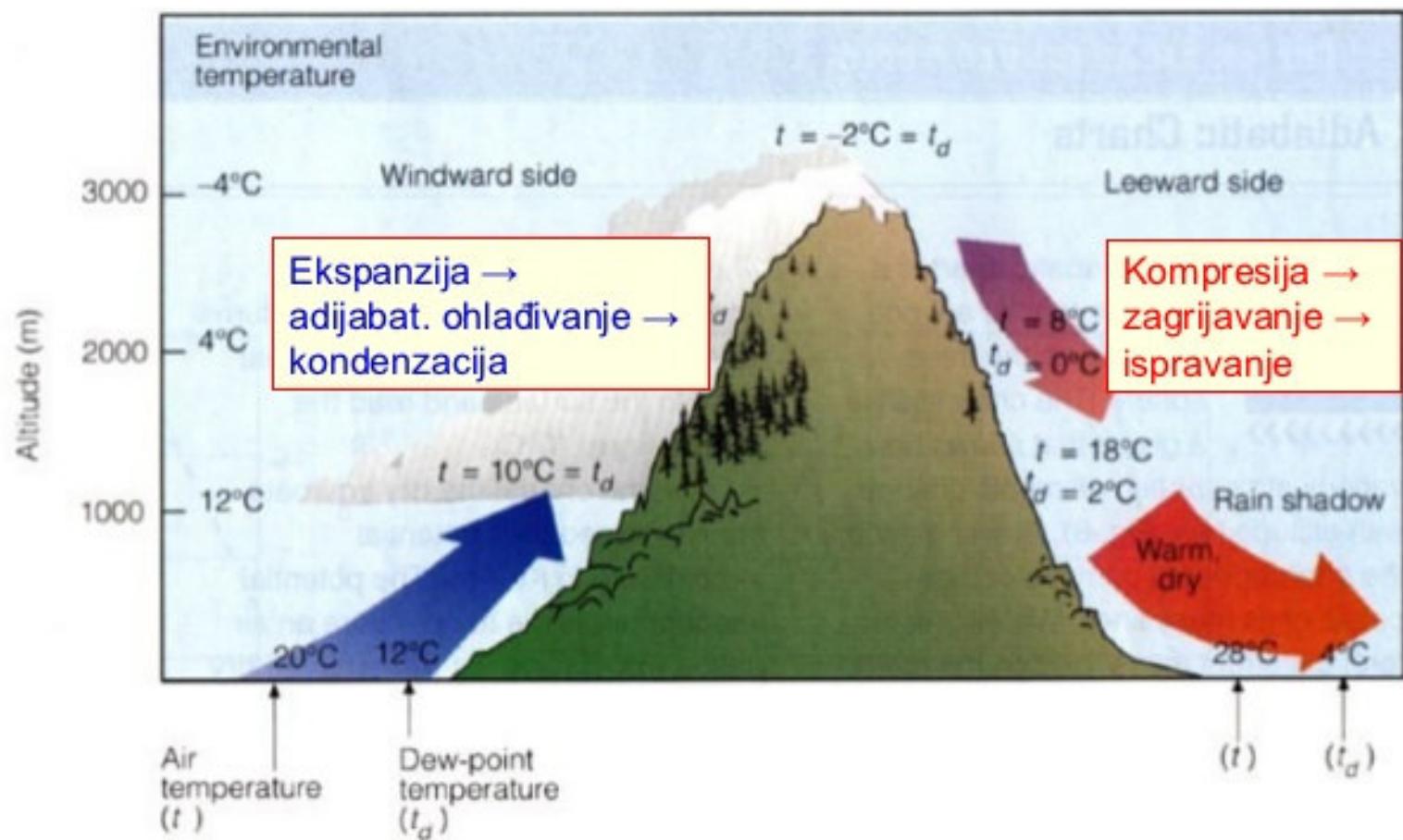
- stabilna ravnoteža – vertikalni temperaturni gradijent manji od adijabatskog, vertikalno gibanje prigušeno
- labilna ravnoteža – vertikalni temperaturni gradijent veći od adijabatskog, brzo kretanje čestica i udaljavanje od razine koju je postigla
- indiferentna ravnoteža – vertikalni temperaturni gradijent isti adijabatskom, čestica zraka ostaje na visini na koju je dovedena



Adijabatičko dizanje i hlađenje



Orografska uzdizanje



Pitanja za ponavljanje

- Koja je karakteristika adijabatskih procesa?
- Kako se dogodi adijabatsko hlađenje, a kako adijabatsko grijanje?
- Što je i koliko iznosi suhoadijabatski a koliko mokroadijabatski gradijent?
- Što je kondenzacijska razina?
- U kakvom stanju može biti atmosfera?

Temperaturne promjene i raspodjela temperature na Zemlji

- periodičke promjene tijekom dana i godine
 - ovise o insolaciji i zračenju Zemlje
 - ovise o ϕ , nadmorskoj visini, topografiji,....
- *dnevni/godišnji raspon (amplituda) temperature*
 - razlika između najviše i najniže temperature u danu/godini
- **temperaturni gradijent**
 - razlika u temperaturi na jedinici dužine od 111km (1° na eq)
 - bitan za razumijevanje prognoze vremena

Dnevne i godišnje promjene površinske temperature tla

- tijekom dana Sunčeve zračenje jače od Zemljinog i temperatura tla raste
- kada zračenje Zemlje počinje biti jače od Sunčevog temperatura počinje padati (noć)
- Zemljino zračenje je neprekidno
- oko 14 sati se intenziteti zračenja Sunca i Zemlje izjednačavaju i tada je najtoplije, a neposredno prije izlaska je najhladnije
- rasponi temperature rastu ljeti, s nadmorskom visinom, padaju s povećanjem φ , s povećanjem količine vegetacije
- tlo najtoplije krajem srpnja, najhladnije krajem siječnja
- područje ekvatora ima najmanje godišnje promjene temperature tla

Dnevne i godišnje promjene površinske temperature mora

- more se teže grijе i hlađi od kopna
 - prirodni regulator topline
 - manje dnevne i godišnje promjene uz more nego na kontinentu
 - ptomjene nestaju na dubinama oko 25m
- najviša temperatura oko 15-16 sati
- dnevna amplituda u jezerima oko 2°C , u moru oko $0,4^{\circ}\text{C}$
- najtoplije u kolovozu/rujnu, najhladnije u veljači/ožujku

Dnevne i godišnje promjene temperature zraka

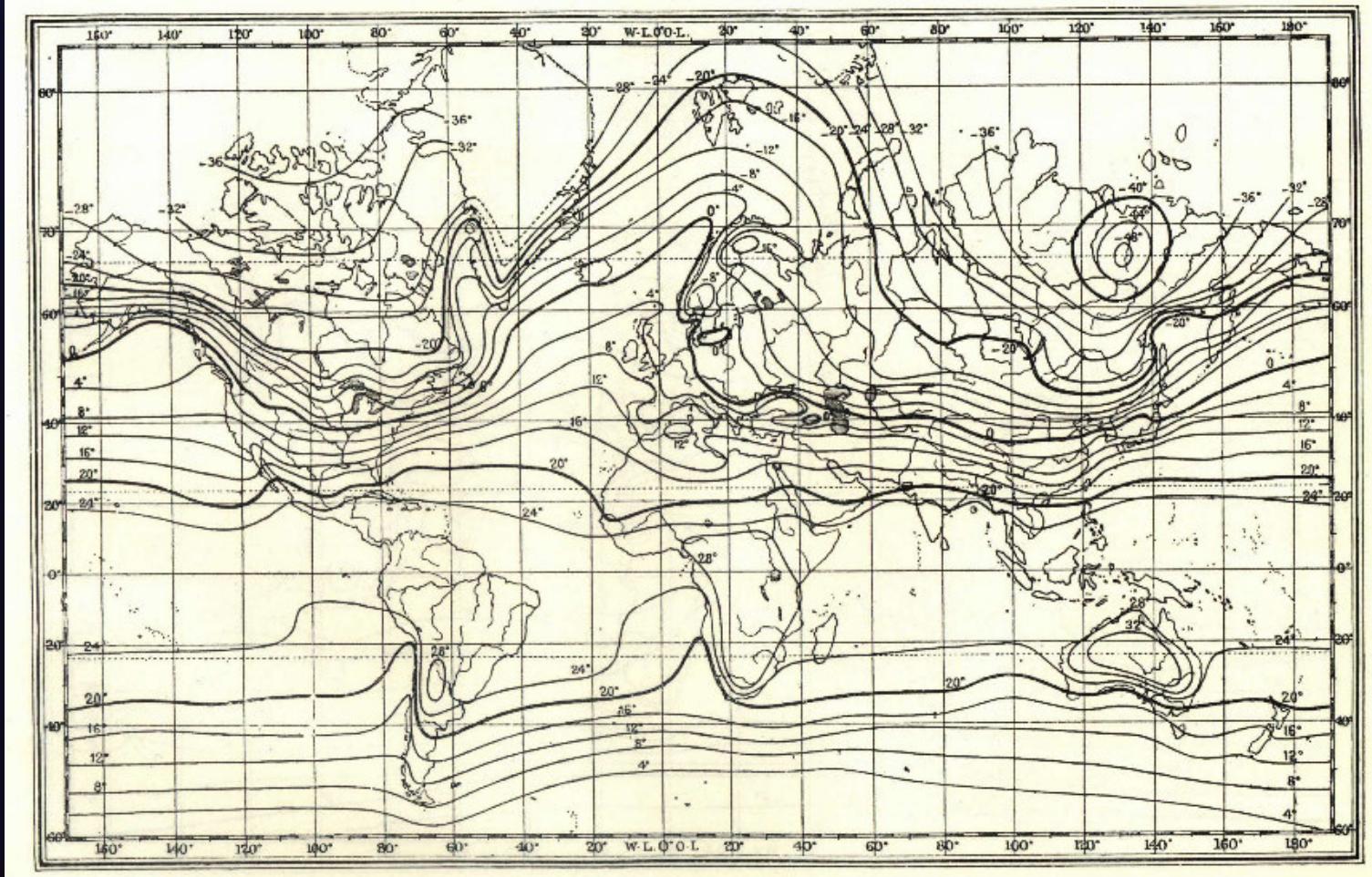
- uvjetovane promjenama u podlozi (voda/more ili kopno)
- nad kopnom
 - na visini 2m iznad tla najviše oko 14, najmanje prije izlaza
 - najveći dnevni rasponi na ekvatoru, iznad stepa i pustinja, za vedrih dana
 - Sahara 28°C
- nad morem
 - najniža temperatura oko 1-3, najviša oko 13-14 sati
 - temperatura zraka neposredno nad morem se ne razlikuje mnogo od morske (max.2°C) – na barci zimi nije toliko hladno ako stoji!
 - godišnji rasponi veći: oko eq 1°C, srednji φ 10-15°C, polovi >20°C (nad kopnom u istim područjima promjene od 15-20°C pa do 40-50°C!)

Promjena temperature zraka s visinom

- veća nadmorska visina – manji utjecaj zračenja Zemlje, manja gustoća zraka, manje vodene pare
- na $\phi=45^\circ$ *vertikalni temperaturni gradijent* $0,56^\circ\text{C}/100\text{m}$ visine
- izuzeci:
 - *izotermija/izotermni sloj* – ne dolazi do pada temperature
 - *inverzija* – porast temperature s visinom

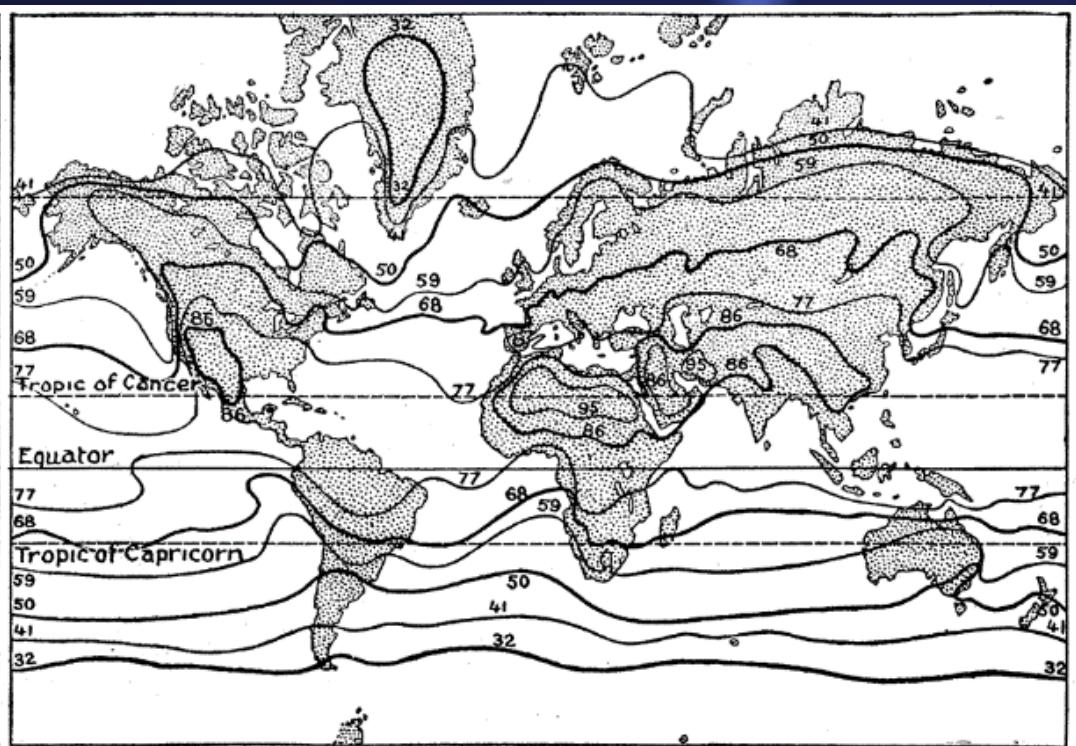
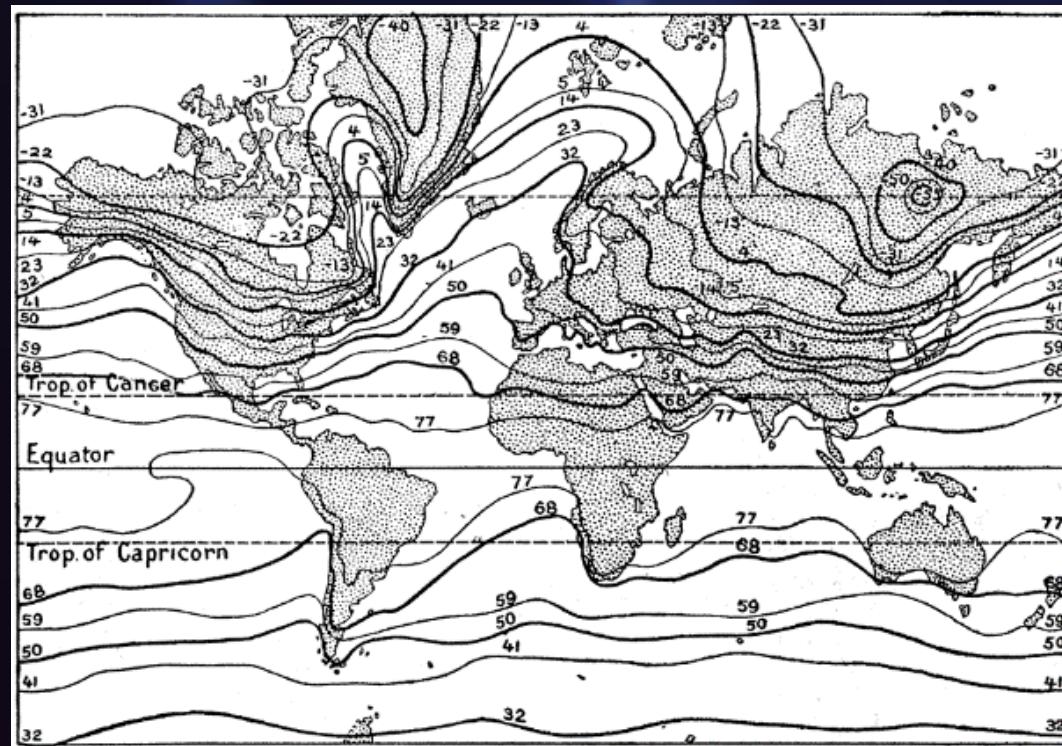
Raspodjela prizemne temperature zraka

- svaki stupanj φ (oko 111km) pada temperatura za oko $0,5^{\circ}\text{C}$
 - *vodoravni temperaturni gradijent*
- *izoterme* – linije koje spajaju mjesta iste temperature
- *hidroizoterme* – linije koje spajaju mjesta iste temperature vode/mora
- *toplinski ekvator* – izoterna s najvišom temperaturom
- *pol hladnoće* – točke s najnižim temperaturama
- *karte izoterna*
 - toplinski ekvator mijenja položaj kroz godinu
 - više je na sjevernoj nego na južnoj hemisferi (više kopna, duže ljetno razdoblje)
 - uočljiv utjecaj morskih struja



January 1914

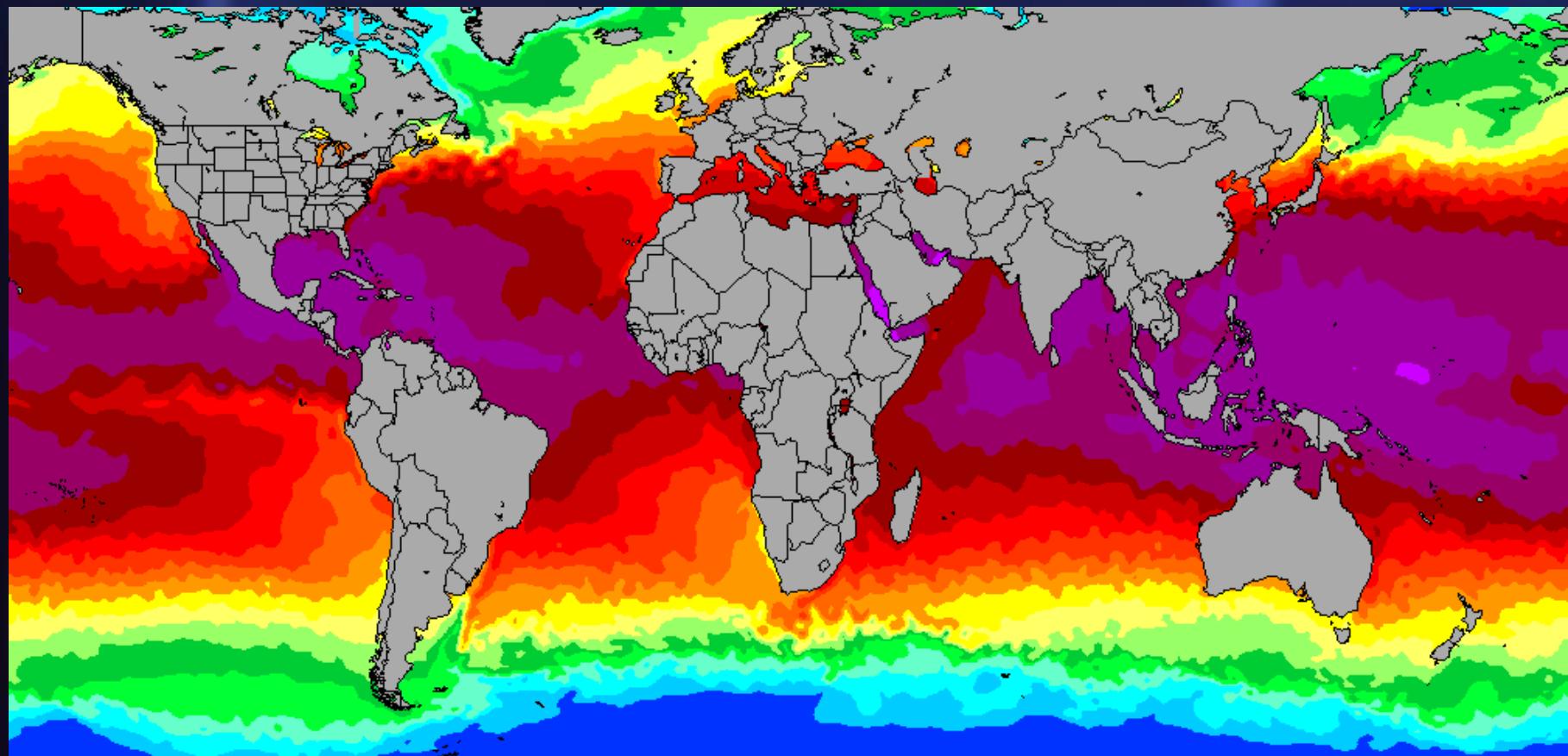
July 1914



Raspodjela površinske temperature mora

- jak utjecaj morskih struja
- najhladniji Atlantski ocean – 16,9°C
 - najhladniji Baffinov zaljev
- najtoplji Tihi ocean – 19,1°C – najširi u tropskom pojasu
 - najhladnije Ohotsko i Beringovo more
- Indijski ocean – 17,0°C
- pad temperature po dubini mora ovisi od φ
 - najmanji pad na polovima
 - najveća promjena/pad u tropima (do 1000m 15-20°C, do 2000m 1-4°C, ispod 2000m pad oko 1°C)
 - gustoća mora najveća pri 4°C

Temperatura mera dana 10.10.2016.
<http://www.seatemperature.org/>



°C 0 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 24 27 30 35

°F 32 34 37 41 45 48 52 55 59 62 66 70 75 80 86 95

The map above is updated daily and shows the ocean water temperature as recorded on 10th Oct 2016

Pitanja za ponavljanje

- Što je temperturni gradijent?
- Kada je površina Zemlje najtoplja, a kada najhladnija?
- Kada je najtoplje more, a kada je najhladnije?
- Kakve su promjene temperature zraka iznad mora i iznad kopna?
- Što je izotermija, a što inverzija?
- Što su izoterme i koje su izoterme posebne?
- Koji je ocean najtoplji, a koji najhladniji?

Mjerenje temperature zraka i mora

- Temperatura se mjeri pomoću termometara, a izražava se u Celzijevim stupnjevima (°C).
- Živin termometar, termometar punjen alkoholom
- Ljestvica od -35°C do +45°C
- Obični, suh/mokar (psihrometar), minimalni, maksimalni, obrtni, za temperaturu mora.
- Termograf – registrira promjenu temperature
- Danas i digitalni termometri

Meteorološki zaklon

- Za zaštitu instrumenata
- Na brodu manji



Običan termometar

- Živin termometar
- Suhi termometar od psihrometra
- Drži se i očitava u suhom položaju



➤ obrtni termometar

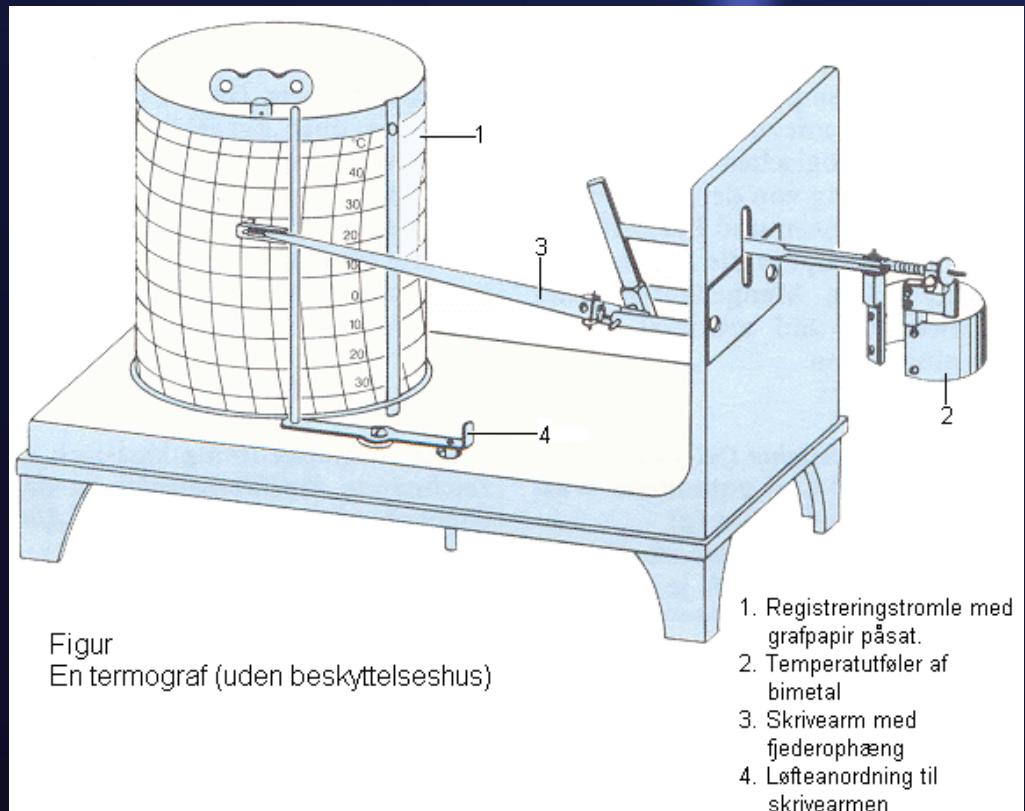
- termometar na uzici koja se u sjenovitom mjestu okreće iznad glave opažača barem dvije minute

➤ digitalni termometar

- danas se može povezati s aplikacijom na računalu/mobitelu/...

Termograf

- Na papirnoj vrpci neprekidno bilježi temperaturu
- Bourdonova cijev – metalna posuda ispunjena alkoholom
- S promjenom temperature mijenja se volumen alkohola i dimenzije cijevi što se prenosi na bimetalni prsten spojen s perom



Termometar za temperaturu mora

- Običan živin termometar u posebnom oklopu
- 30-50 cm ispod površine mora
- Termometar s osjetilnim elementom na trupu broda



Pitanja za provjeru znanja

- Čime se mjeri temperatura?
- Nabroji sve vrste instrumenata za mjerenje temperature!
- Opiši termograf
- Opiši termometar za temperaturu mora