

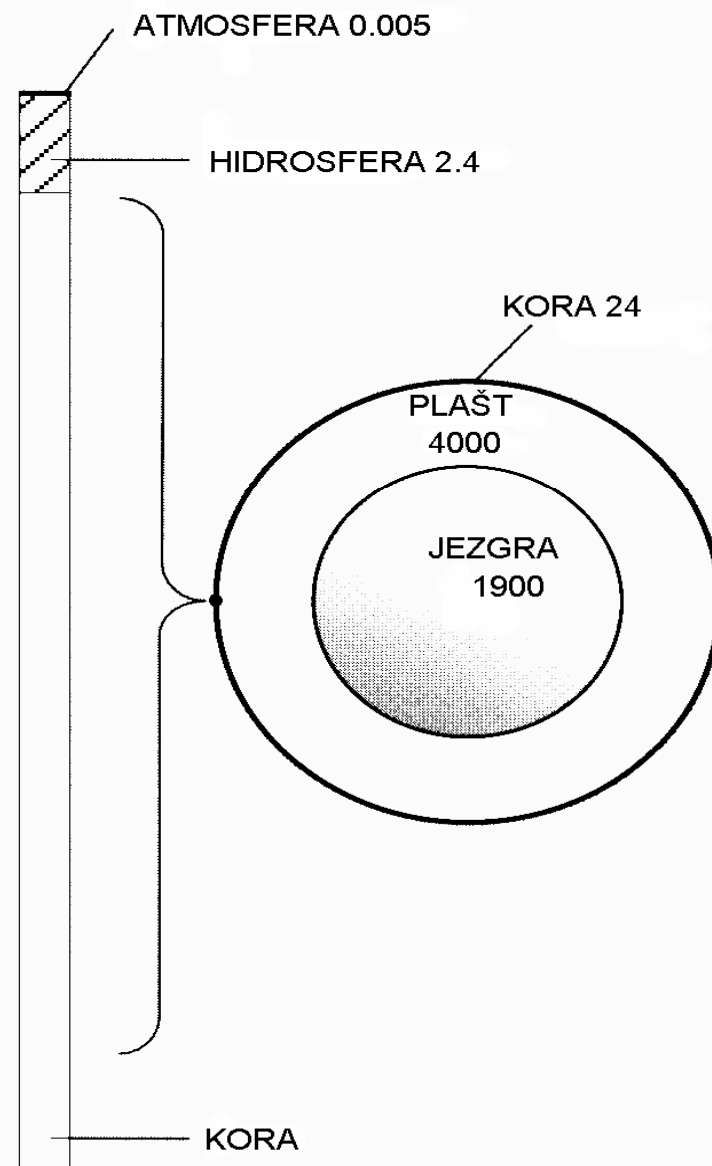
# **GEOKEMIJSKI SUSTAV ATMOSFERE**

**GRADA  
ATMOSFERE**

Atmosfera je najmanji Zemljin geološki rezervoar. Ukupna masa atmosfere iznosi  $5,29 \times 10^{18}$  kg, što je zanemarivo u usporedbi s masom čvrste Zemlje ( $5,98 \times 10^{24}$  kg), ili mora ( $1,35 \times 10^{21}$  kg (sl.7-1). Zbog ograničene veličine taj je prostor potencijalano vrlo osjetljiv na zagađenje. Već i vrlo mali dodatci strane tvari mogu izazvati značajne promjene u ponašanju atmosfere.

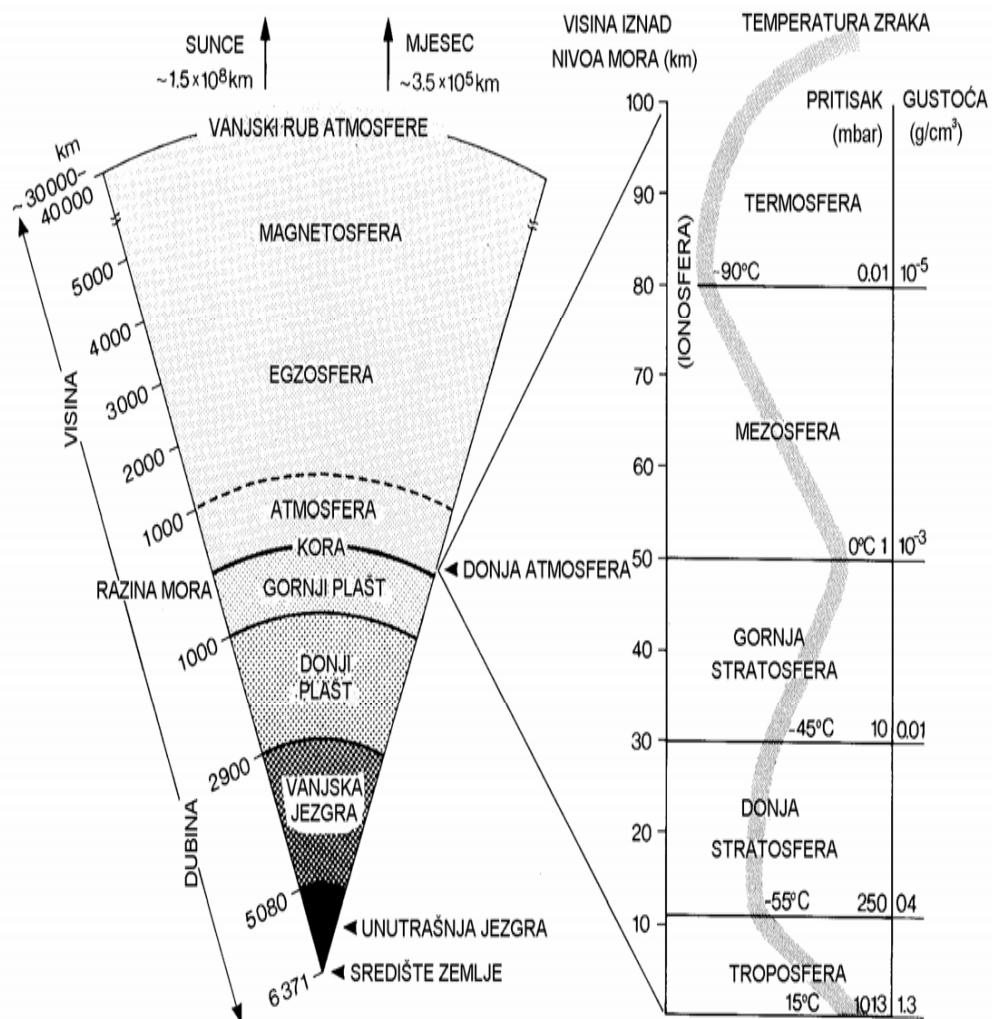
Procesi miješanja tvari u atmosferi vrlo su brzi, tako da se, primjerice, tvari uvedene u atmosferu kao posljedica nesreća (kao primjerice nesreća nuklearnog reaktora u Černobilu, 1986.), brzo rasprostiru po cijelom planetu. Međutim, to miješanje, iako prenosi zagađivače na veliku udaljenost, ujedno, u isto vrijeme, vrši funkciju i razrjeđenja. Nasuprot tome, rasprostranjenje štetnih tvari u oceanima je mnogo sporije, a u drugim se rezervoarima Zemlje događa u geološkoj vremenskoj skali milijuna godina.

**Relativni odnosi  
veličina glavnih  
Zemljinih geokemijskih  
sfera - vrijednosti u  
 $10^{24}g$**



Atmosfera je vrlo stiješnjena uz površinu Zemlje, pa od svih terestičkih planeta Zemlja ima najveću akceleraciju slobodnog pada.

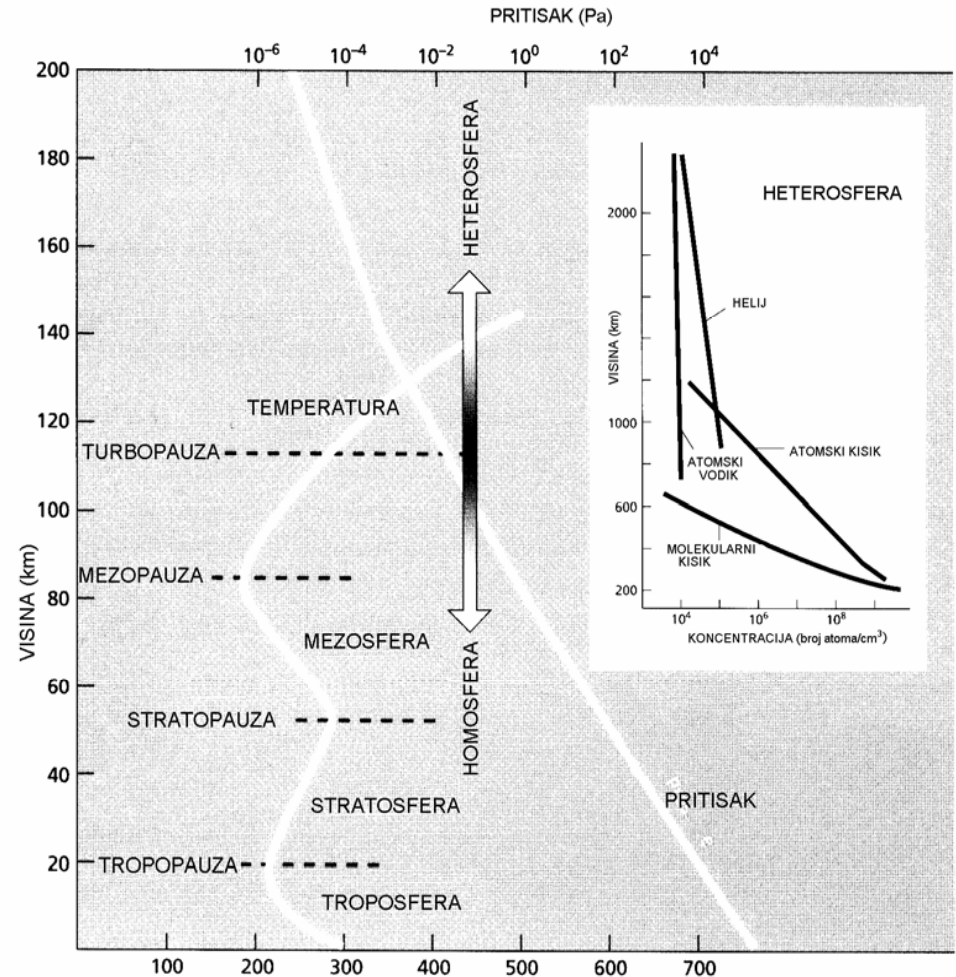
Na rotirajućoj Zemlji zrak se drži gravitacijom, a tlak i gustoća, sukladno tome, opadaju s visinom. Na visini od oko 700 km iznad površine mora može se pretpostaviti - tehnički govoreći - gotovo idealan vakuum. Međutim, sam opis i definicija idealnog vakuma (što je izvan teme ove knjige), dovode nas do određenih teškoća. **Po definiciji, granica Zemljine atmosfere dogovorno je postavljena na 1.000 km.** Sfera iznad te visine, **egzosfera** je područje iz kojeg molekule odlaze u svemir na svom putu do visine od oko 5.000 km kroz tzv. **magnetosferu** (slika7-2.). Iako tisuće kilometara udaljena od Zemljine površine ta sfera može značajno utjecati na klimu na Zemlji.



**Interna građa Zemljine atmosfere. Na izvučenoj desnoj slici prikazane su srednje globalne promjene temperature, parcijalnog tlaka i gustoće za donjih 100 km atmosfere. Za usporedbu su prikazane i debljine različitih lupina čvrste Zemlje**

vertikalna gradnja atmosfere ovisi o temperaturi i tlaku  
 (skala tlaka je logaritamska) Osvijetljeni dio slike prikazuje  
 koncentracije plinova u funkciji visine u heterosferi i  
 prisustnost lakih  
 plinova (vodika i helija) pri većim visinama.

Slika 7-3. oslikava različite slojeve atmosfere. Dio atmosfere pod djelovanjem gravitacijske sile naziva se **heterosfera**, koja je, kako joj ime govori, različitog sastava i to zbog izrađene stratifikacije i odjeljivanja sastojaka. Bolje izmješani dio ispod toga, naziva se **homosfera**. **Turbopauza** je pojam kojim se označava granica kojom se odvajaju ta dva dijela. Heterosfera se proteže stotine kilometara iznad Zemlje, pa su tlakovi u tom dijelu ekstremno niski, što je na slici prikazano u logaritamskoj skali.



**Sastav atmosfere je prilično jednostavan i sličan u cijelom području Zemlje i to uglavnom zbog izraženog visokog stupnja miješanja unutar atmosfere. U horizontalnom smislu to je miješanje prouzročeno rotacijom Zemlje, dok je vertikalno miješanje produkt zagrijavanja površine Zemlje zračenjem sa Sunca. Promjene temperature zraka s visinom su prikladan način za podjelu vertikalnog profila zraka u pojedinačne sfere, slojeve ili ljuske, bez obzira za koji se od ovih naziva odlučimo.**

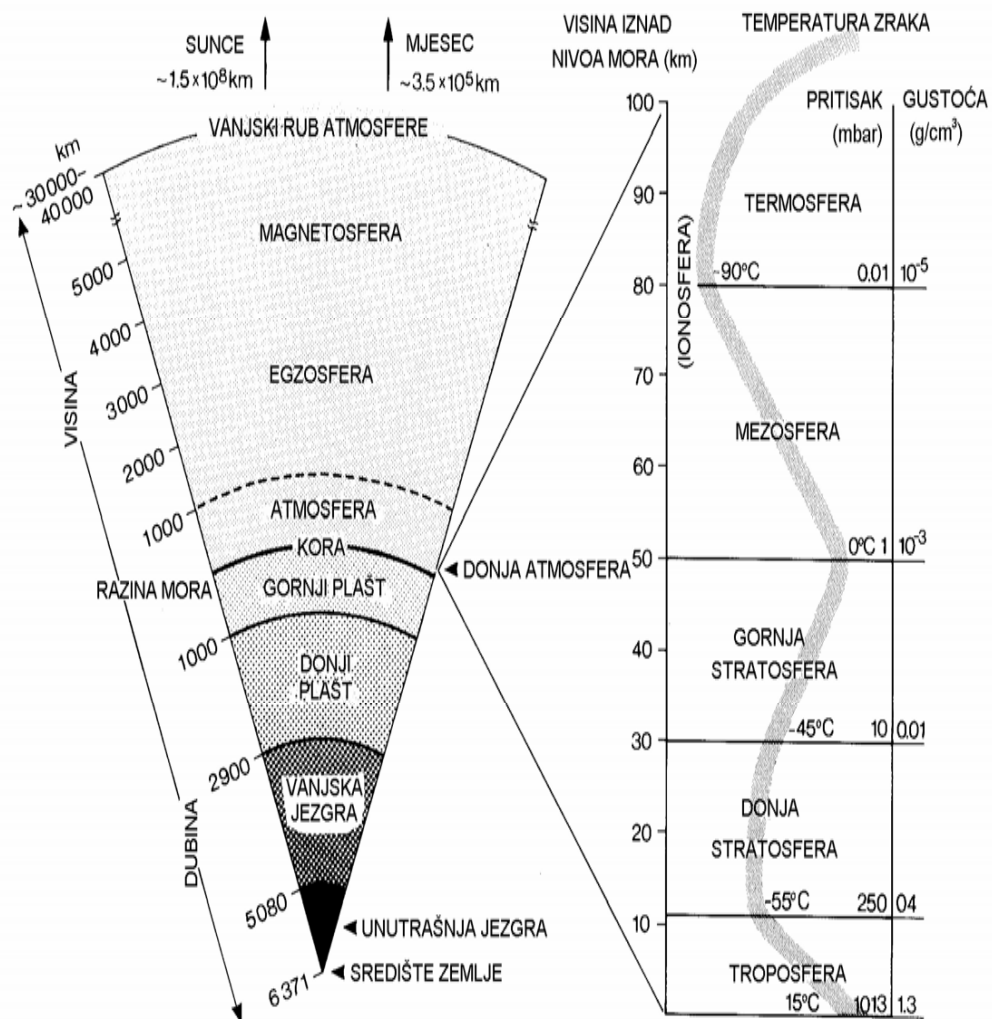
Najdonji dio atmosfere, koji se naziva **troposfera**, vrlo je dobro izmiješana konvekcijom. Snažni vjetrovi tipa uragana najočitije su konvekcijske pokretačke sile. Troposfera je područje u kojem se odvijaju vremenske promjene, javljaju oblaci i oborine. U troposferi temperatura opada s visinom; Sunčeva energija zagrijava površinu Zemlje čime se direktno zagrijava zrak neposredno iznad, uzrokujući konvekcijsko miješanje. Niži slojevi s višom temperaturom imaju smanjenu gustoću, oni se uzgonom dižu, a na njihovo mjesto pristiže hladniji visinski zrak veće gustoće.

Gornja granica troposfere, **tropopauza**, nalazi se na visini od 7 do 9 km u polarnom području i raste do visine od oko 16 do 17 km iznad ekvatora. Visina tropopauze ovisi i o godišnjem dobu, a najviša je ljeti.



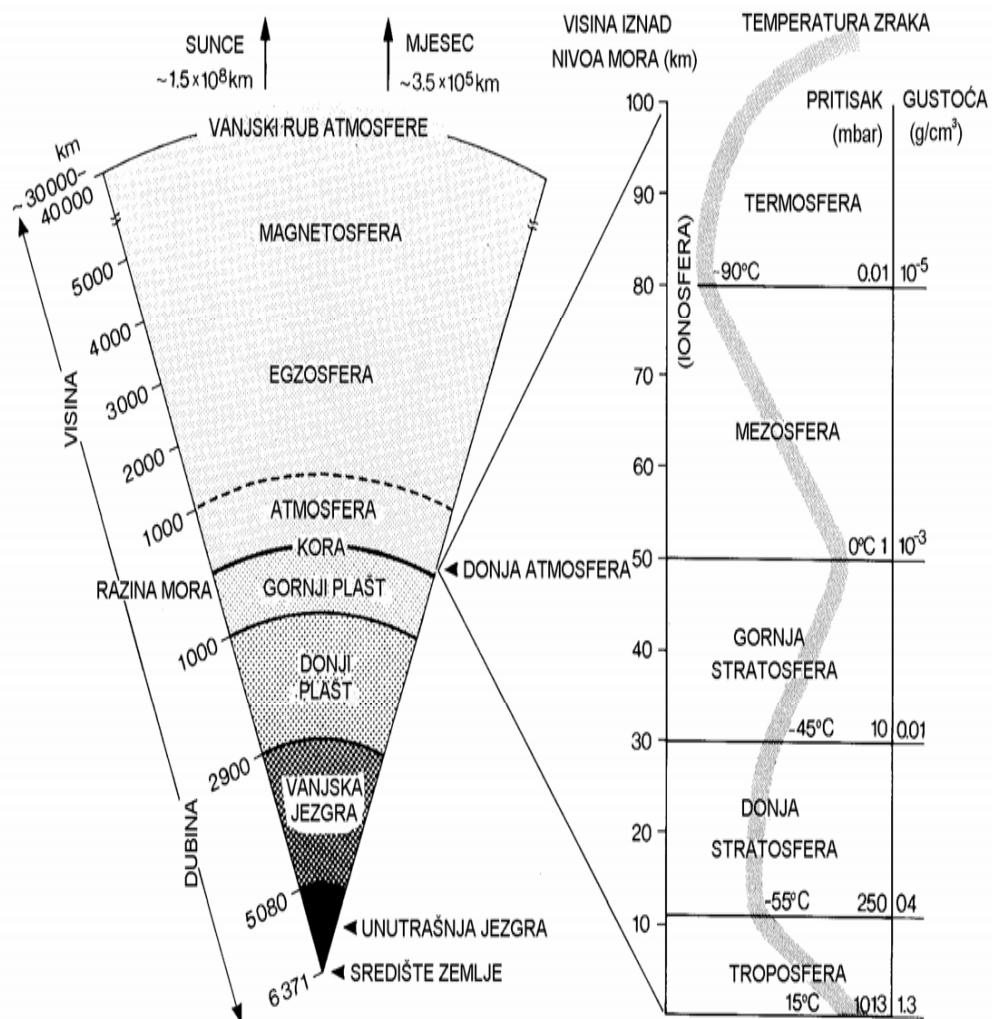


Na troposferu slijedi **stratosfera** koja završava stratopauzom, na visini od oko 50 km. Za razumijevanje razlika u temperaturi unutar sloja stratosfere, korisno je podijeliti je na *donju stratosferu* i na *gornju stratosferu*. Profil temperature u donjoj atmosferi uglavnom je ravan, bez većih promjena, da bi se naglo, strmo mjenjao prema višim temperaturama u gornjoj stratosferi. Na granici ta dva dijela stratosfere nalazi se vrlo važni *difuzni sloj ozona*. Taj se dio ponekad naziva i *ozonosfera*. Iako je sloj ozona iznimno tanak (molekula ozona ima milijun puta manje od ostalih molekula atmosfere) zbog svojstva upijanja ultraljubičastog zračenja Sunca taj je sloj važan, kako za život na Zemlji, tako i za profil temperature koja neprestano raste sa visinom. Ozon se pojavio u posljednjoj milijardi godina pa je kao brana od štetnih zračenja omogućio razvoj života na kopnu.



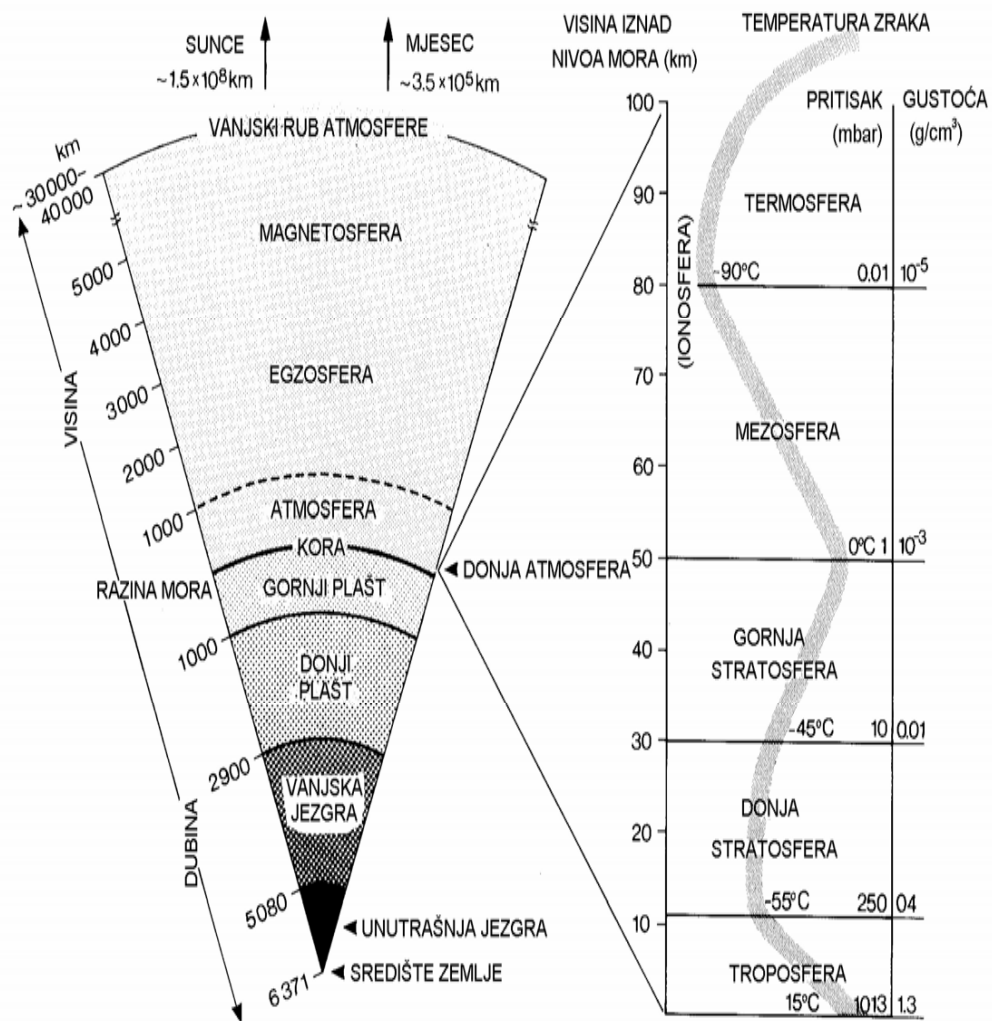
**Interna građa Zemljine atmosfere. Na izvučenoj desnoj slici prikazane su srednje globalne promjene temperature, parcijalnog tlaka i gustoće za donjih 100 km atmosfere. Za usporedbu su prikazane i debljine različitih lupina čvrste Zemlje**

Ime same stratosfere upravo dolazi iz mogućnosti odvajanja pojedinih slojeva sa visinom, koji, ustvari, predstavljaju odvajanje komponenti po molekularnoj težini u fizičkom procesu stratifikacije. Ipak, u usporedbi s atmosferom u višim dijelovima, stratosfera je još uvijek dobro izmiješana u odnosu na glavne sastojke. Ovdje treba imati u vidu da na troposferu otpada gotovo 90% atmosferskih plinova, a ostatak najvećim dijelom se odnosi na sadržaj u stratosferi. Time se objašnjava da relativno male količine štetnih tvari u stratosferi mogu imati sadržajno nemjerljiv utjecaj. Osim toga, štetne se tvari obično akumuliraju u jasno definiranim slojevima, jer ograničeno vertikalno miješanje priječi raspršenje i razrjeđenje.



**Interna građa Zemljine atmosfere. Na izvučenoj desnoj slici prikazane su srednje globalne promjene temperature, parcijalnog tlaka i gustoće za donjih 100 km atmosfere. Za usporedbu su prikazane i debljine različitih lupina čvrste Zemlje**

U visinskom profilu slijedi sloj **mezosfere** koji pokazuje oštro opadanje temperature od nekih  $0^{\circ}\text{C}$  do oko  $-90^{\circ}\text{C}$ , i to kroz segment zraka od oko 30 km koliko iznosi debljina mezosfere. Temperaturni minimum se naziva **mezopauza**, od koje temperatura zraka ponovno raste.



**Interna građa Zemljine atmosfere. Na izvučenoj desnoj slici prikazane su srednje globalne promjene temperature, parcijalnog tlaka i gustoće za donjih 100 km atmosfere. Za usporedbu su prikazane i debljine različitih lupina čvrste Zemlje**

**Termosfera**, sloj koji slijedi iznad te visine, pokazuje temperaturne varijacije sve do 300°C, ovisno o dobu dana, godine i o Sunčevoj aktivnosti. To je zbog toga što taj sloj ne može reemitirati upadno kratkovalno Sunčevo zračenje kao dugovalno zračenje.



Na visinama većim od 80 km, kombiniranom aktivnošću Sunčevog ultraljubičastog zračenja i kozmičkih zraka, elektroni se odvajaju od atoma kisika i molekula dušika, pri čemu nastaju ioni, pa tako nastali ionski slojevi, tvore dio atmosfere koji se još naziva i ionosfera. Ta je ionizacija odgovorna i za fenomene polarnog svjetla (*Aurora Borealis* i *Aurora Australis*). Zone najveće ionizacije unutar ionosfere javljaju se unutar tzv. *D, E, F1* i *F2 slojeva*. Broj iona u tom sloju dostiže  $10^6/\text{cm}^3$ . Zahvaljujući refleksiji radio-valova, između slojeva i iona i Zemljina tla, radio-valovi se prenose na velike udaljenosti. Ultrakratki valovi, s valnom duljinom manjom od 30 do 50 m, prolaze nesmetano kroz atmosferu i ionske slojeve. Valove kraće od 1,5 mm upija vodena para. Istraživanje onih radio-valova koji prolaze kroz atmosferu dovelo je do razvoja radio-astronomije.