

Rajakerroksen fysiikka I (5 op)

Luennot ma, ti klo 10-12, D112

Laskarit ti klo 12-14, D112

Käytännön tiedotus kurssin sivulla:

<http://cs.helsinki.fi/u/ssmoland/rajakerros/>

ja kurssin blogissa:

<http://blogs.helsinki.fi/rajakerros/>

Luentomoniste

Rajakerroksen fysiikka I (Hannu Savijärvi ja Timo Vihma), Yliopistopaino (Exactumissa) 5.50 euroa (toivovat tasarahaa)

Itse asiaa 59 sivua, kurssilla n. 14 luentokertaa

Keskimäärin $59/14 = 4.2$ sivua per luentokerta.
Etenemme siis kaikessa rauhassa.

Joitain monisteen helppolukuisia kohtia en käy läpi luennoilla, hankalat kohdat puolestaan avataan auki kunnolla.

Minä

Sampo Smolander

sampo.smolander@helsinki.fi

FT (sovellettu matematiikka)

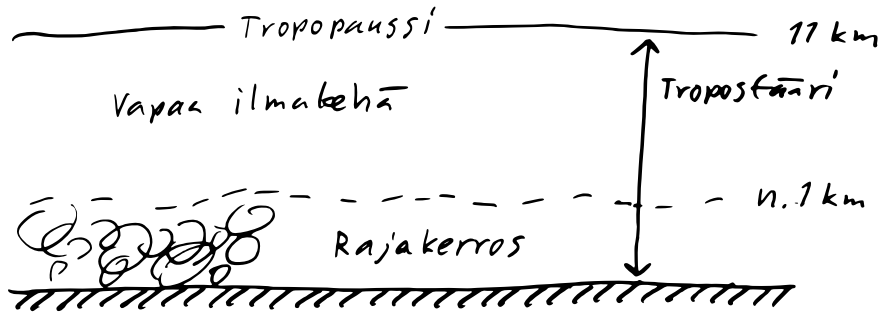
FM (biologia)

Tutkimusaloja:

- Valon kulku ja fotosynteesi metsissä
- Valon heijastuminen ja kaukokartoitus
- Mikrometeorologisia rajakerrossimulointeja
(turbulenssi, hiilidioksidin vuo, footprint-analyysi, ilmakeemialliset mallit)

Loppuluento: Rajakerrosta ilman kaavoja

Virtauksessa pinnan yli muodostuu turbulентtinen rajakerros (paitsi jos viskositeetti on suuri, eli Reynoldsin luku pieni)

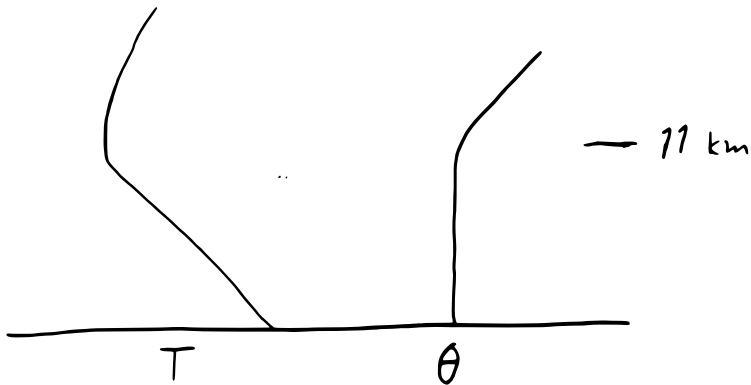


Määritelmä

Rajakerros on se osa troposfääriä johon maan pinnan ominaisuudet suoraan vaikuttavat, ja joka reagoi pinnan pakotteiden muutoksiin korkeintaan n. tunnin viivellä.

(Poikkeus: yöllinen jäännöskerros, muistuttakaa kalvon 16 kohdalla)

Oleennaista on ilmakehän stabiilisuus,
eli lämpötilaprofiili. Lämpötilan
havainnollisempi on potentiaalilämpötila



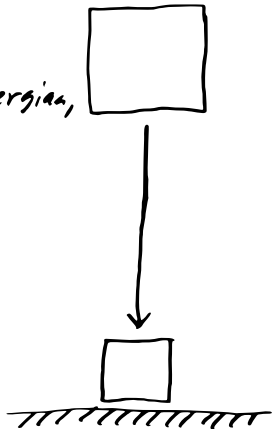
Potentiaaliämpötila

Ilmapaketti tuodaan adiabattisesti maan pinnalle

Alemmas paine kasvaa,
puristaa ilmapaketin pienemmäksi,
puristus työ lisää molekyylien liike-energiaa,
eli ilmapaketti lämpenee.

Saavutettu lämpötila

= alkuperäisen korkeuden
potentiaaliämpötila



Neutraali / Neutraalisti kerrostunut ilmakehä

Kun ilman pyörre heittää ilmapaketin pois alkuperäiseltä korkeudeltaan, ilmapaketti saavuttaa paineenmuutoksesta johtuen täsmälleen uuden korkeutensa ilman lämpötilan.

vakio potentiaalilämpötilan profiili



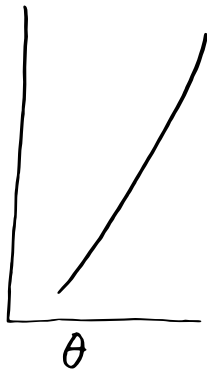
Stabiili ilmakehä

Ylöspäin siirtynyt ilma päätyy ympäristöään
viileämmäksi. Alaspäin siirtynyt
ympäristöään lämpimämmäksi.

Eli raskaammaksi/kevyemmäksi.

Pyrkii palaamaan lähtökorkedelleen.

Kasvava potentiaali lämpötilan
profiili



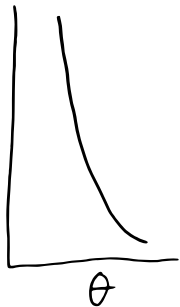
Epästabiili ilmacehä

Ylöspäin siirtynyt ilma ympäristöään
lämpimämpää = kevyempää.

Alaspäin siirtynyt ilma ympäristöään
viileämpää = raskampaa.

Pyrkii jatkamaan liikettään.

Pienenerä potentiaalilämpötilan
profiili



Virtuaali lämpötila:

Vesihöyry on (samassa paineessa ja lämpötilassa) ilmaa kevyempää, joten kostean ilman tiheys on sama kuin hieman lämpimämmän kuivan ilman.

Vesihöyrypitoisuus nostaa virtuaalilämpötilaa
vastaa vasti

Tiivistynyt vesi (vesipisarat) laskee

Virtuaali potentiaali lämpötila, θ_v

Kuten potentiaali lämpötila, θ ,
mutta vesipitoisuuden (höyry ja pisarat)
vaikutus nosteeseen huomioitu

Loppukurssilla kun sanon θ tarkoitan θ_v

Kurssi lyhyesti

Lähinnä meitä kiinnostaa tuulen yms. suureiden korkeusprofiilit rajakerroksessa

Virtauskitka aiheuttaa rajakerrokseen turbulenssia

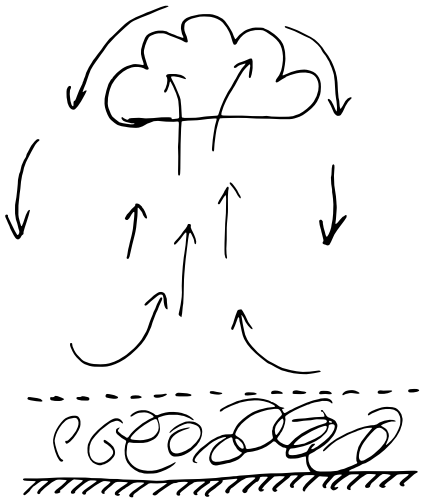
Päivällä maa lämmittää, epästabiili, konvektio lisää sekoittumista

Yöllä maa viileämpi, stabiili, kerrostuminen vaimentaa sekoittumista

Joskus (pilvisellä säällä, meren päällä) voi olla myös lämpötasapaino, neutraali

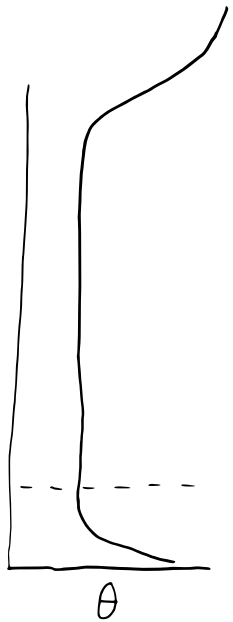
(Tropiikki, meret, napa-alueet eivät välttämättä käyttyädy ihan samoin)

Rajakerros päivällä

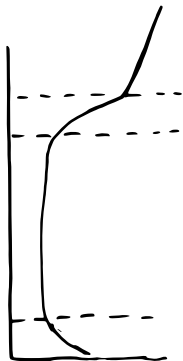


Sekoittunut kerros

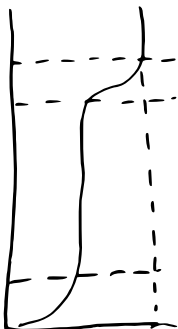
Pinta-kerros



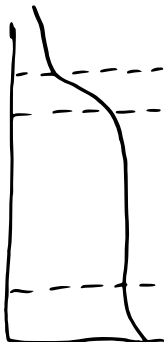
Päiväaikaisia profiileja



θ
Potentiaali-
lämpötila



tuli ↑
geostrofinen

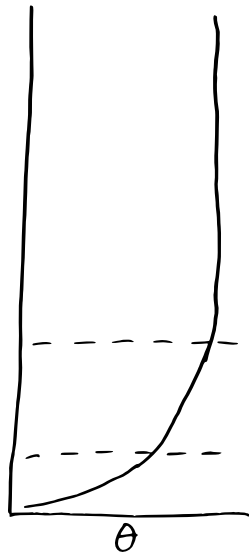
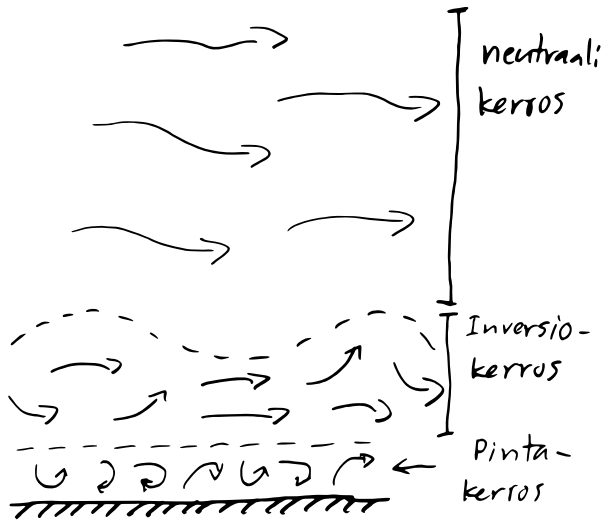


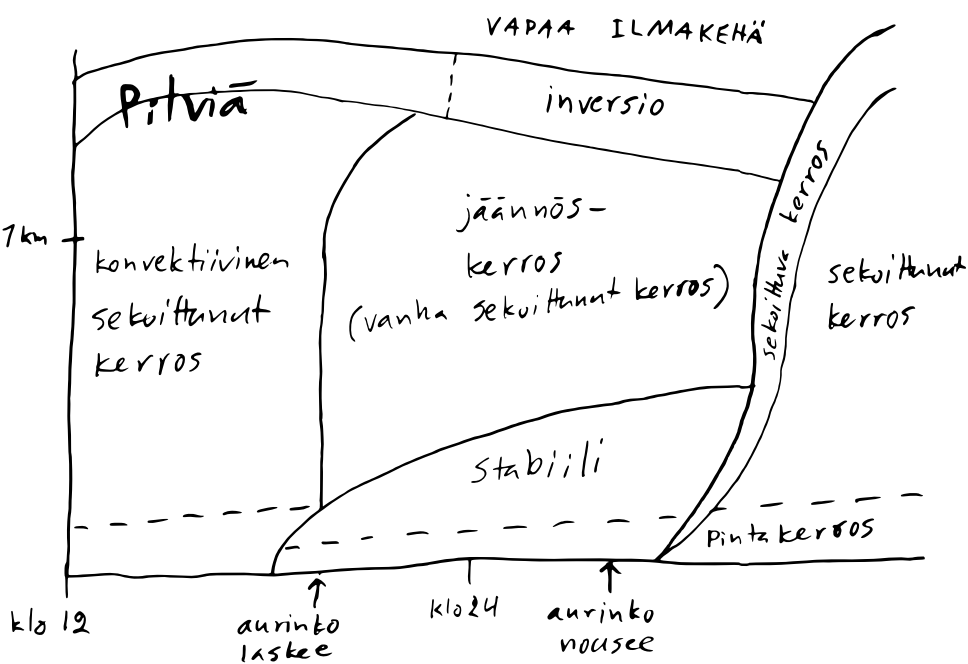
kosteus



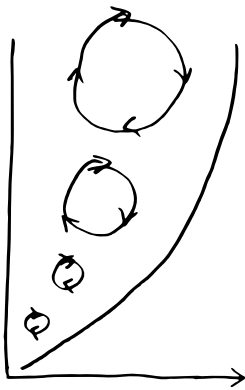
epäpuhtaudet

Rajakerros yöllä

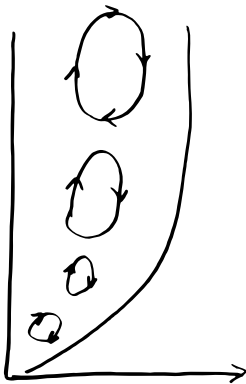




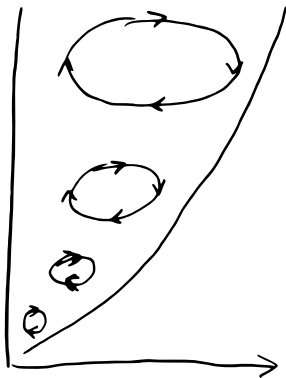
neutraali



epästabiliili

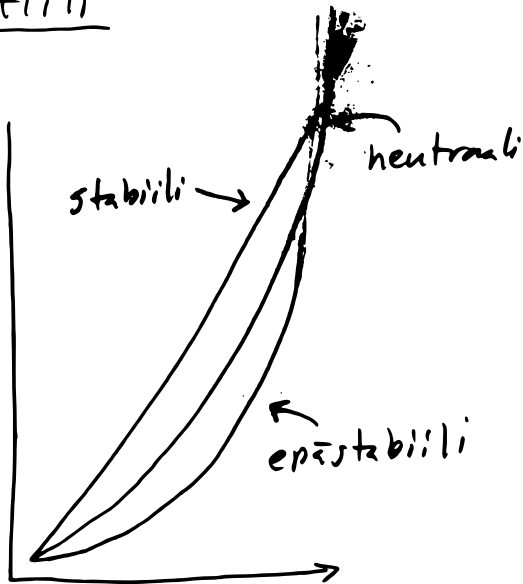


stabiili



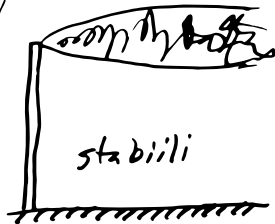
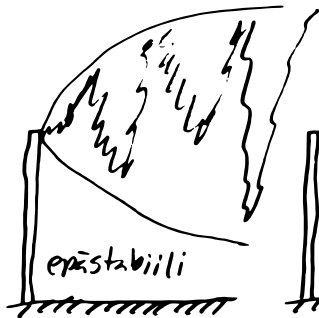
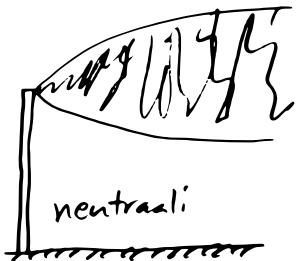
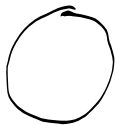
tunlennopeus

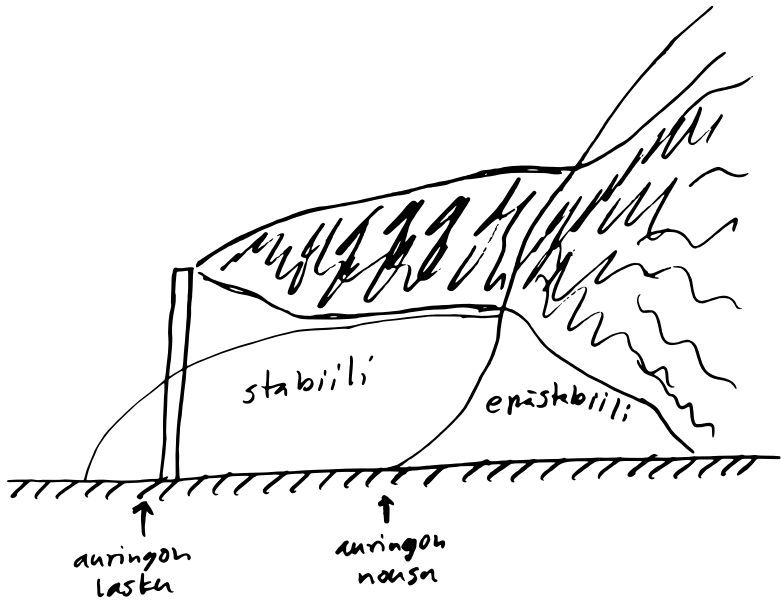
Tuuliprofiili



Jos ajatellaan saasteiden leviämistä

poikkileikkaus/sivulta

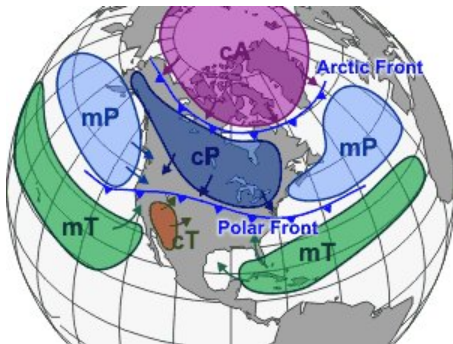




Rajakerrosmeteorologian sovellusaloja

- Ihmiset (ja muut) elävät rajakerroksessa
- Päivittäiset sääennusteet, kosteus, T_{\min} , T_{\max} , sumu, jne. ovat rajakerroksen ennusteita
- Ilman epäpuhtaudet syntyvät, ja pääosin pysyvät, rajakerroksessa
- Tuulienergia
- Tuuli ja puuskaisuus kiinnostaa lentokoneita, laivoja, rakennusten suunnittelijoita

- Ilmamassat ovat oikeastaan rajakerroksia jotka ovat ehtineet mukautua alla olevan pinnan ominaisuuksiin.



Tästä syntyy barokliininen instabiilius (Holtonin luku 8, mutta se on vasta dynIII:ella)

- Ilmakehän pääasillinen energian lähde on auringon säteily, joka lämmittää maata/merta, ja siirtyy ilmakehään rajakerrosprosessien kautta

n. 90% valtameriin sitoutuvasta säteilyenergiasta poistuu haihduntana (vuodessa haihtuu n. 1 m vettä). Vesihöyryn tiivistyessä vapautuva latentti lämpö tuottaa noin 80% ilmakehän liike-energiasta

- Maatalousmeteologia
- Siitepölyn kulkeutuminen
Siitepölyn puhkeamisen ennusteisiin tarvitaan kasvitiedettä, mutta kasvitieteilijöiden mallit puolestaan tarvitsevat lämpötilaennusteita
- Pilvipisaroiden tiivistymisytimet
nousevat ilmaan, tai syntyvät ja/tai kasvavat rajakerroksessa
- Alueelle virtaava kostea rajakerrosilma liittyy ukkos- ja pyörremyrskyjen syntyyn

- Liikemäärän turbulenttinen kuljetus ylhäältä alas, läpi rajakerroksen, on ilmakehän tärkein liikemäärän nielu
- n. 50% ilmakehän liike-energiasta dissipoituu rajakerroksessa
- Tuulipakote meren pintaan on merivirtojen pääasillinen liikuttaja
- Ekosysteemin ja ilmakehän välinen hiilidioksidivuo
- Näiden prosessien parametrisointi sää- ja ilmastomalleihin