

Rajakerroksen fysiikka II, kevät 2014

Harjoitus 3

Palauta vastaukset to 6.2. klo 12 mennessä kurssin laatikkoon Dynamicumin käytävään (sisään pääovesta ja heti oikealla yliopistokäytävän ovi) postilokerikkoon (huonetta 1D24b vastapäätä), tai sähköpostilla sampo.smolander@helsinki.fi

Laskarit pe 7.2. klo 12:15, sali D116 Physicum

1. Tarkastellaan stationääristä tilannetta tammikuussa leveyspiirillä 80°N . Lämpimässä inversiokerroksessa on paksuja pilviä, joten lumenpintaan tuleva pitkäaaltoinen säteilyvuo on yhtä suuri kuin pinnan emittoima säteilyvuo. Ilman lämpötila ja tuulen nopeus 2 m:n korkeudessa ovat -10°C ja 4.0 m/s, ja lämmönvaihtokerroin $C_{H2m} = 0.0010$. Lumen paksuus on 20 cm, ja lämpötila lumen ja lumen alla olevan jään rajapinnalla on -15°C . Lumikerros on homogeeninen, ja sen lämmönjohtokyky on $0.1 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$. Määritä lumenpinnan lämpötila. Mitkä ovat lämmönvoiden suunnat ilmassa ja lumessa? Mikä voisi olla syynä siihen, että lumenpinnan lämpötila on nyt korkeampi kuin lämpötila jään ja lumen rajapinnalla?

Vihjeitä: stationaarisessa tilanteessa lämpötilaprofiili lumessa on lineaarinen, ja lämmön molekyyläarinen johtuminen on suoraan verrannollinen gradienttiin. Haihdunnan voi olettaa nollassa. Ilman tiheyden merenpinnan tasolla voi approksimoida yhtälöstä $\rho(\text{kg m}^{-3}) = 349/T(\text{K})$.

2. Tarkastellaan tilannetta tammikuussa leveyspiirillä 80°N . Ilman lämpötila ja tuulen nopeus 2 metrin korkeudessa avoimen railon yllä ovat -30°C ja 8.0 m/s. Veden lämpötila railossa on jäätympisteessä eli -1.8°C . Lämpötilagradientti ilmassa tarkastelupisteestä tuulen tulosuuntaan on $-0.1 \text{ K} / 200 \text{ m}$. Yksinkertaisuuden vuoksi oletetaan, että tuulen nopeudella ei ole horisontaalista gradienttia, ja että nettosäteilyn pystydivergenssi on nolla. Havaittavan lämmön vuo on veden ja ilman rajapinnalla 500 Wm^{-2} , ja vuo pienenee lineaarisesti nolnaan 80 metrin korkeudelle mentäessä. Rajakerroksessa ei vapaudu tiivistymislämpöä. Määritä potentiaalilämpötilan muutosnopeus 2 metrin korkeudella.

Vihje: ks. myös monisteen yhtälöä (1). Jos halutaan arvioida potentiaalilämpötila samalla paikalla esimerkiksi 6 h myöhemmin, aikaderivaattaa ei voida kuitenkaan suoraan kertoa aikaerolla. Miksi ei?

3. Ilmakehämallin hilaruutu koostuu kolmesta alustatyyppistä, joiden pinta-alaosuudet ovat keskenään yhtä suuret mutta rosoisuusparametrit erilaiset. Alustatyypeillä mitataan neutraalissa tilanteessa seuraavat tuuliprofiilit ja kitkanopeus, jonka oletamme korkeuden suhteen vakioksi:

Korkeus	Alusta 1: $z_0 = 0.01 \text{ m}$, $u_* = 0.50 \text{ m/s}$	Alusta 2: $z_0 = 0.1 \text{ m}$ $u_* = 0.70 \text{ m/s}$	Alusta 3: $z_0 = 0.5 \text{ m}$ $u_* = 1.00 \text{ m/s}$
1 m	5.76 m/s	4.03 m/s	1.73 m/s
5 m	7.55 m/s	6.83 m/s	5.99 m/s
10 m	8.38 m/s	8.06 m/s	7.75 m/s
18 m	9.16 m/s	9.13 m/s	9.12 m/s
40 m	10.58 m/s	10.59 m/s	10.63 m/s

Määritä korkeus, jossa tuuliprofiilien horisontaalisuudesta homogeenisuudesta poikkeaman ja paikallisesta tasapainosta poikkeaman summa saavuttaa miniminsä (vrt. luentomonisteen sivulla 29 esitetty eräs määritelmä sekoituskorkeudelle). Poikkeama paikallisesta tasapainosta tarkoittaa poikkeamaa paikallista alustaa vastaavasta (neutraalissa tilanteessa) logaritmisesta profiilista (joka voidaan määrittää paikallisista z_0 - ja u_* -arvoista). Tarkastele absoluuttisia poikkeamia (metreinä sekunnissa) suhteellisten poikkeamien asemasta. Poikkeama on kullakin alustatyyppillä erilainen ja usein myös erimerkkinen, joten tarkastele poikkeamien itseisarvojen keskiarvoa. Horisontaalisesti homogeenisena tuuliprofiilina käytämme alustojen korkeuden z tuulten keskiarvoa.