



HydMet ennustuskurssi
1-2.4.2005

Ilmanlaatuennusteet

Minna Rantamäki, FM

Turvallisuussää/Viranomaisyhteistyö
Ilmanlaatu/Ilmanlaadun mallimenetelmät

minna.rantamaki@fmi.fi

Esityksen sisältö

- Miten sää vaikuttaa ilmanlaatuun?
- Ilmanlaadun keskeisimmät ongelmat
 - Inversiotilanteet ja kevätpöly
- Muut ongelmat
 - Rannikon vaikutus, kaupunkituulisolut ja katukuilut
- Leviämismallit

Alue- ja aikaskaalat

Sään (ja ilmanlaadun) ennustaminen vaatii tietoa useista tekijöistä eri alue – tai aikaskaaloissa

Globaali

Alue: 4,000 km – 20,000 km

Aika : 1 - 2 viikkoa

Synoptinen

Alue: 400 km – 4,000 km

Aika: 1 päivä – 1 viikko

Mesoskaala

Alue: 10 km – 400 km

Aika: 1 tunti – 1 päivä

Kaupunki

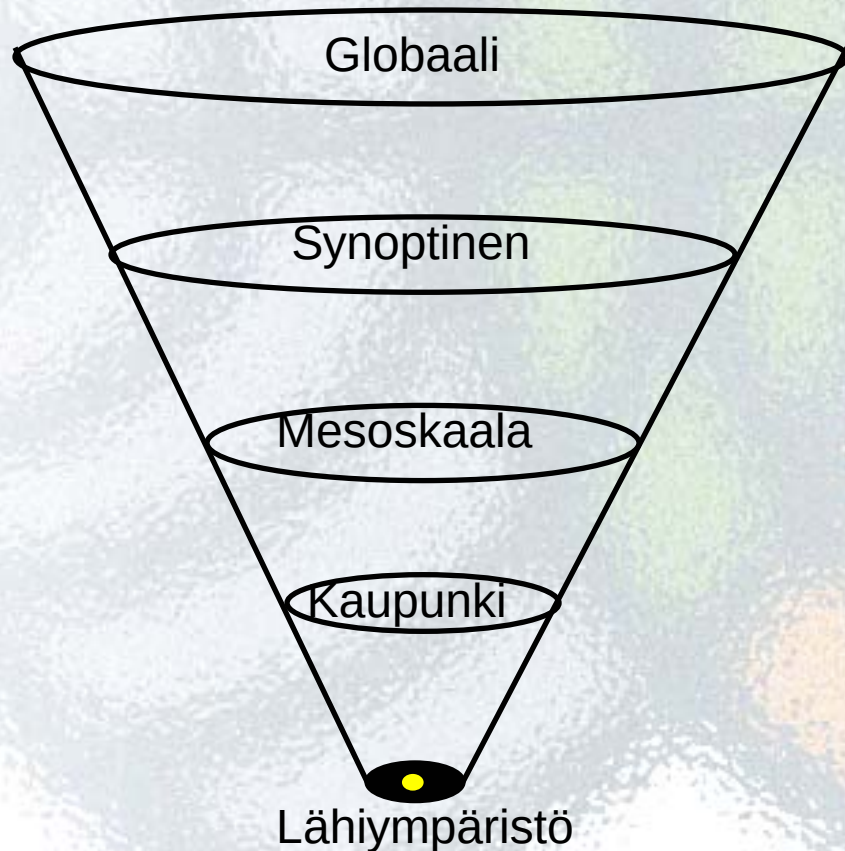
Alue: 5 km - 50 km

Aika: 1 tunti - 4 tuntia

Lähiympäristö

Alue: 500 m - 5 km

Aika: 1 min – 1 hr



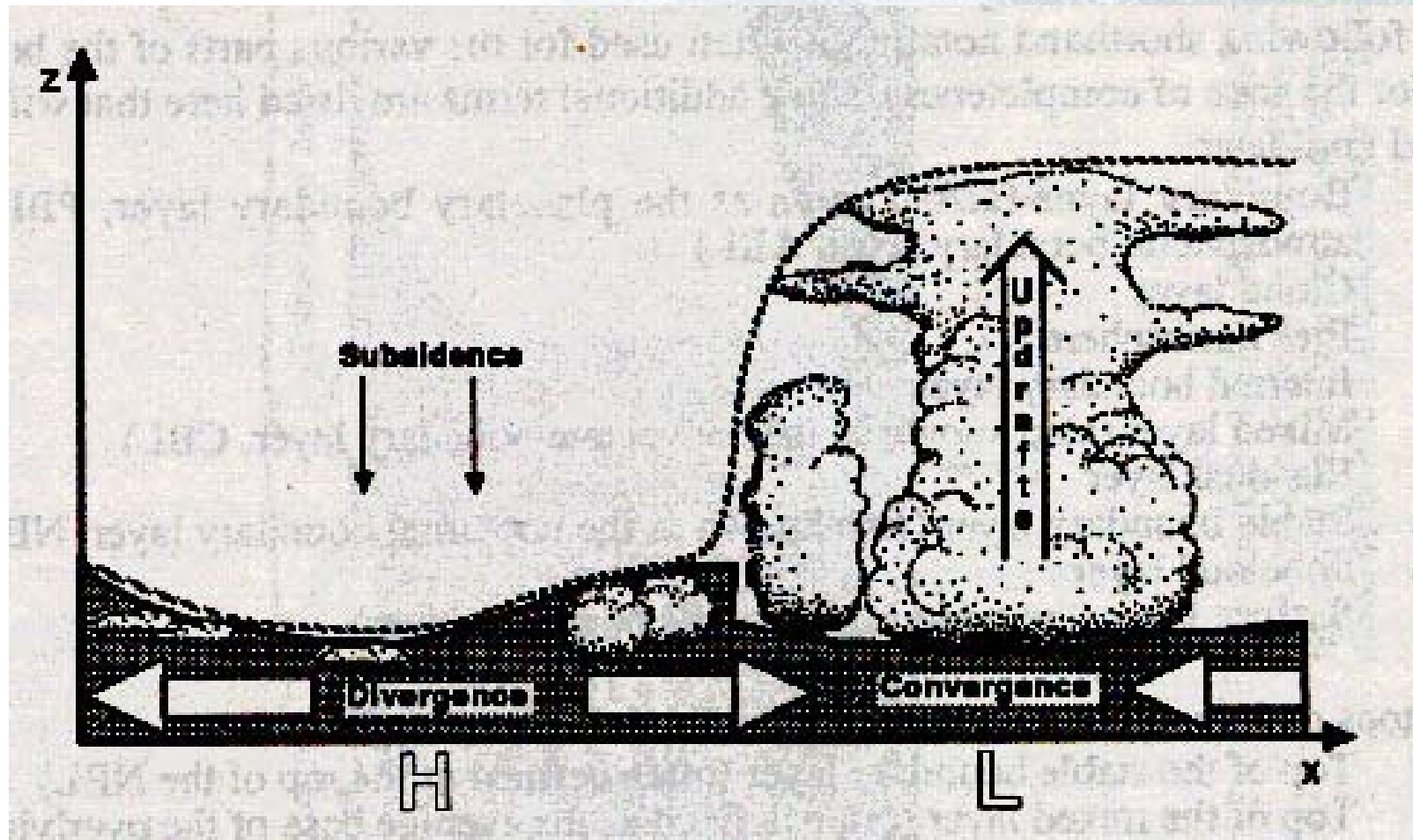
Miten sää vaikuttaa ilmanlaatuun?

- Pitoisuuksien kohoamiseen vaikuttavat alimman ilmakehän tuuli-, lämpö- ja kosteusolosuhteet.
 - Ilmanlaadun huonontuminen on todennäköisintä talvisaikaan korkeapainetilanteiden yhteydessä, jolloin tuuli heikkenee ja maanläheinen ilmakerros muuttuu hyvin vakaaksi (NO₂).
 - Toinen ongelmallinen ajankohta on kevätaika, jolloin korkeapainetilanteissa on hyvin kuivaa (hiukkaset)
- Kesällä päästömäärät ovat pienempiä ja ilman sekoittuminen tehokkaampaa.
- Ilman epäpuhtauksien leviäminen tapahtuu pääosin ilmakehän alimmassa osassa, jota kutsutaan rajakerrokseksi.

Rajakerros

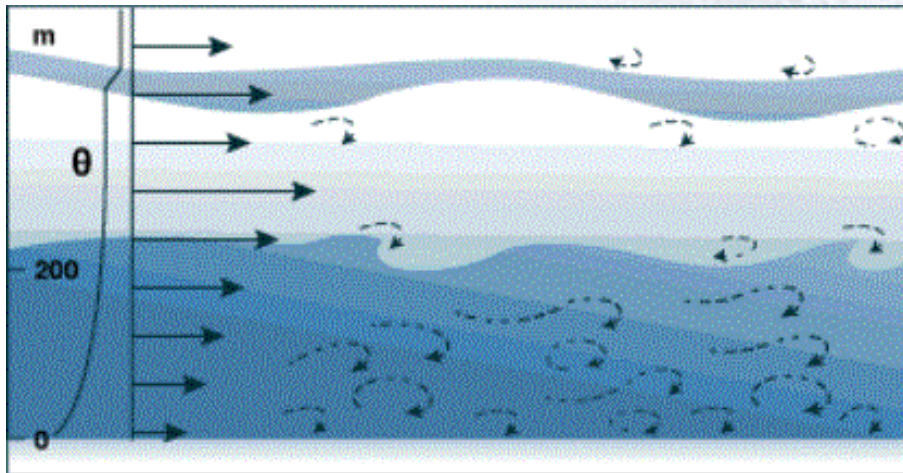
- Rajakerros toimii eräänlaisena puskurina alustan ja vapaan ilmakehän välillä.
 - Ilman epäpuhtaudet varastoituvat usein pitkiksi ajoiksi rajakerrokseen.
 - Rajakerroksen korkeus on Suomessa tyypillisesti alle kilometri, mutta varsinkin kesällä rajakerros voi ulottua yli kahteen kilometriin.
 - Rajakerroksen tuuliolosuhteet määräävät karkeasti ilman epäpuhtauksien kulkeutumissuunnan
 - rajakerroksen ilmavirtausten pyörteisyys ja kerroksen korkeus vaikuttavat merkittävästi epäpuhtauksien sekoittumiseen ja pitoisuuksien laimenemiseen kulkeutumisen aikana.

Rajakerros korkeapaineessa (H) ja matalapaineessa (L)

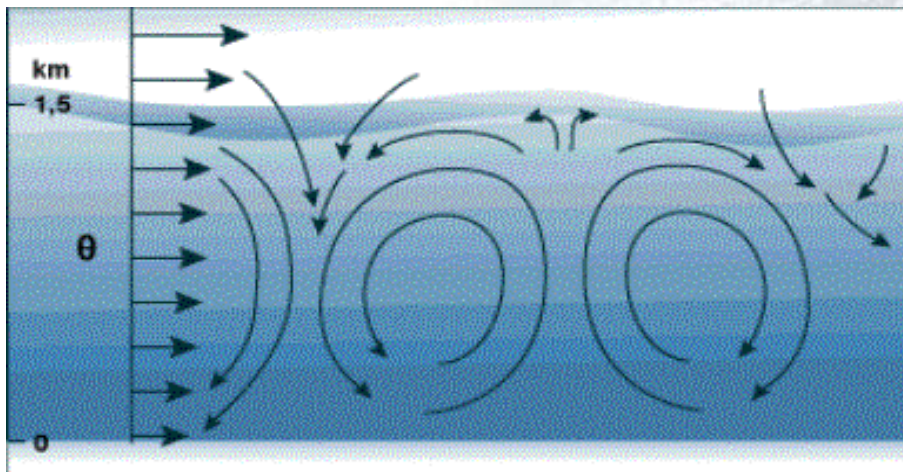


(Stull, 1988)

Rajakerros stabiilissa ja labiilissa tilanteessa



Stabiili

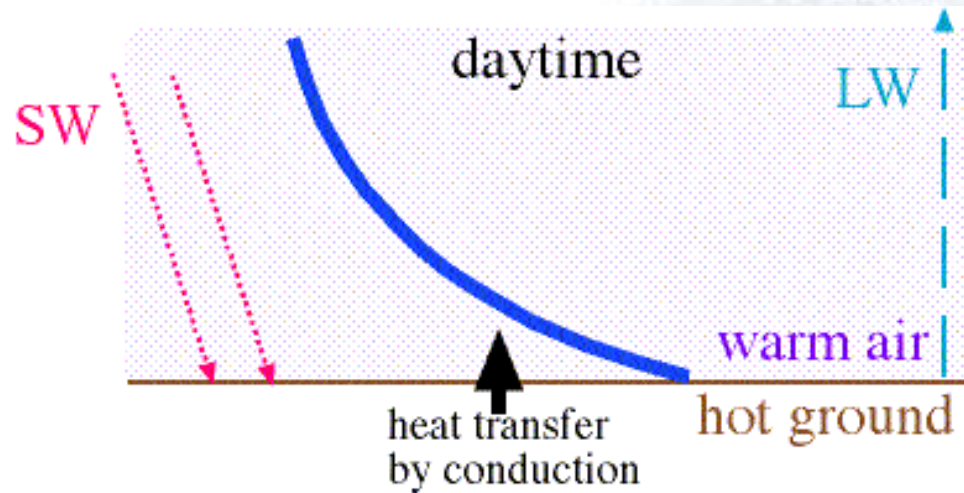


Labiili

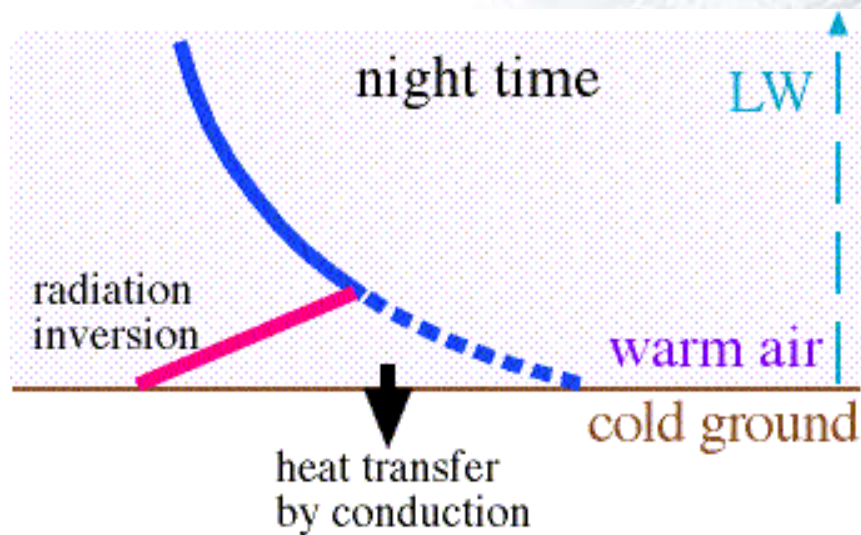
Saasteiden leviäminen

- Saasteet leviävät vaaka- ja pystysuunnassa alimman ilmakehän turbulenttisten ja konvektiivisten liikkeiden vaikutuksesta.
 - Kaukoskaalan leviämiseen vaikuttaa: tuulen suunnan vaihtelut ja poistumanopeudet (säähäiriöt)
 - Kuiva – ja märkädepositio
 - Paikallisen skaalan leviämiseen vaikuttaa: rajakerroksen turbulenttisen sekoittumisen tehokkuus (stabiilisuus), alustan laatu ja tuuli
 - Päästölähteen lähellä: Leviämiseen vaikuttaa mm. savukaasujen lämpösisältö, ns. piippulisä

Lämpötilan vaikutus

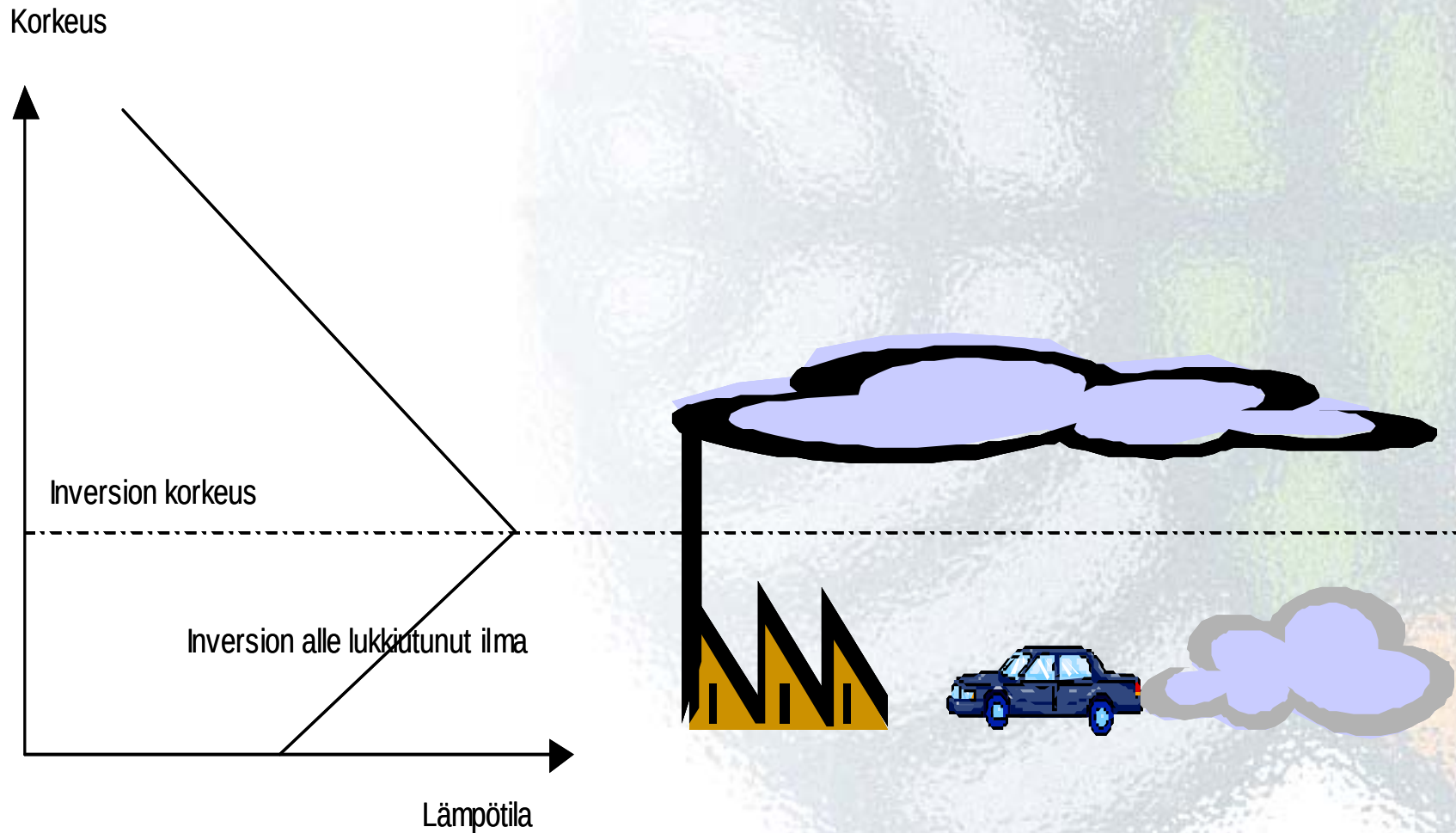


Päivällä

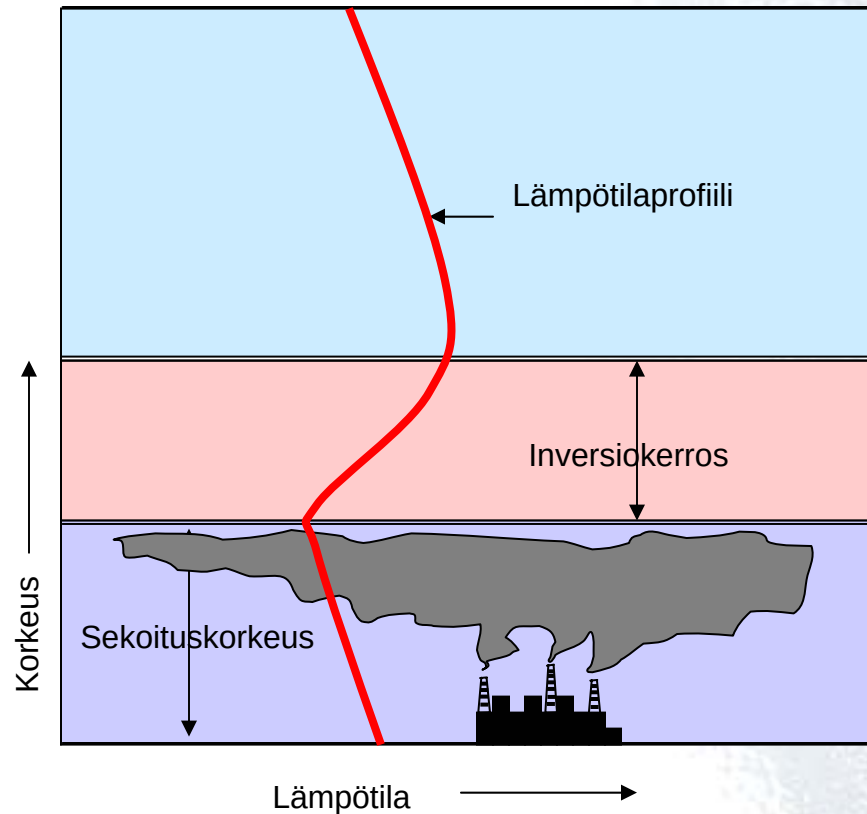


Yöllä

Maanpintainversio



Yläinversio



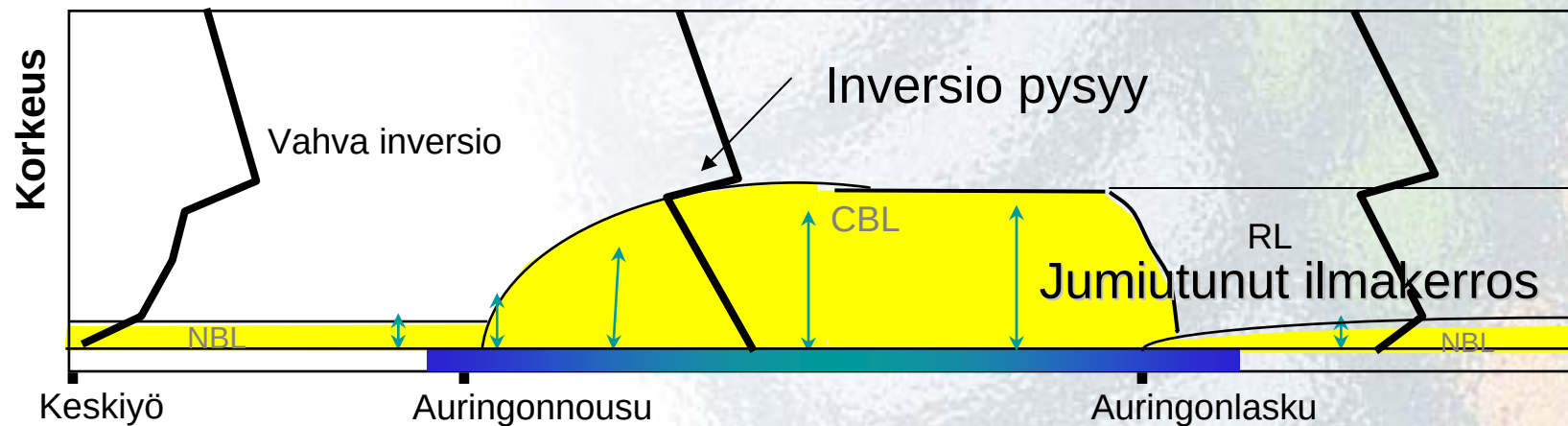
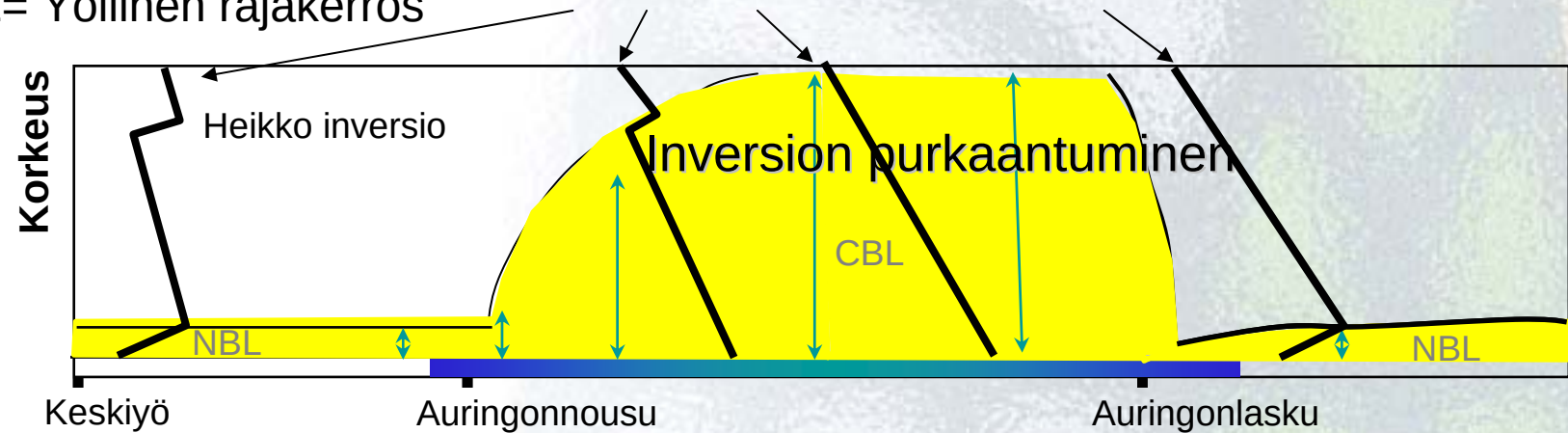
- Yläinversio muodostuu usein korkeapaineen alueella alaspäin laskeutuvan ilman lämpenemisen takia.
- Jos tilavuus on pieni, pitoisuudet kasvavat. Piipusta nouseva savuviuhka voi heijastua matalasta yläinversiosta takaisin maanpintaan nostaen pitoisuuksia.

RL = "Jäännöskerros",
residuaalikerros

CBL= Konvektiivinen rajakerros

NBL= Yöllinen rajakerros

Lämpötilan profiilit



 = Sekoituskorkeus

 = Pystysuuntainen sekoittuminen

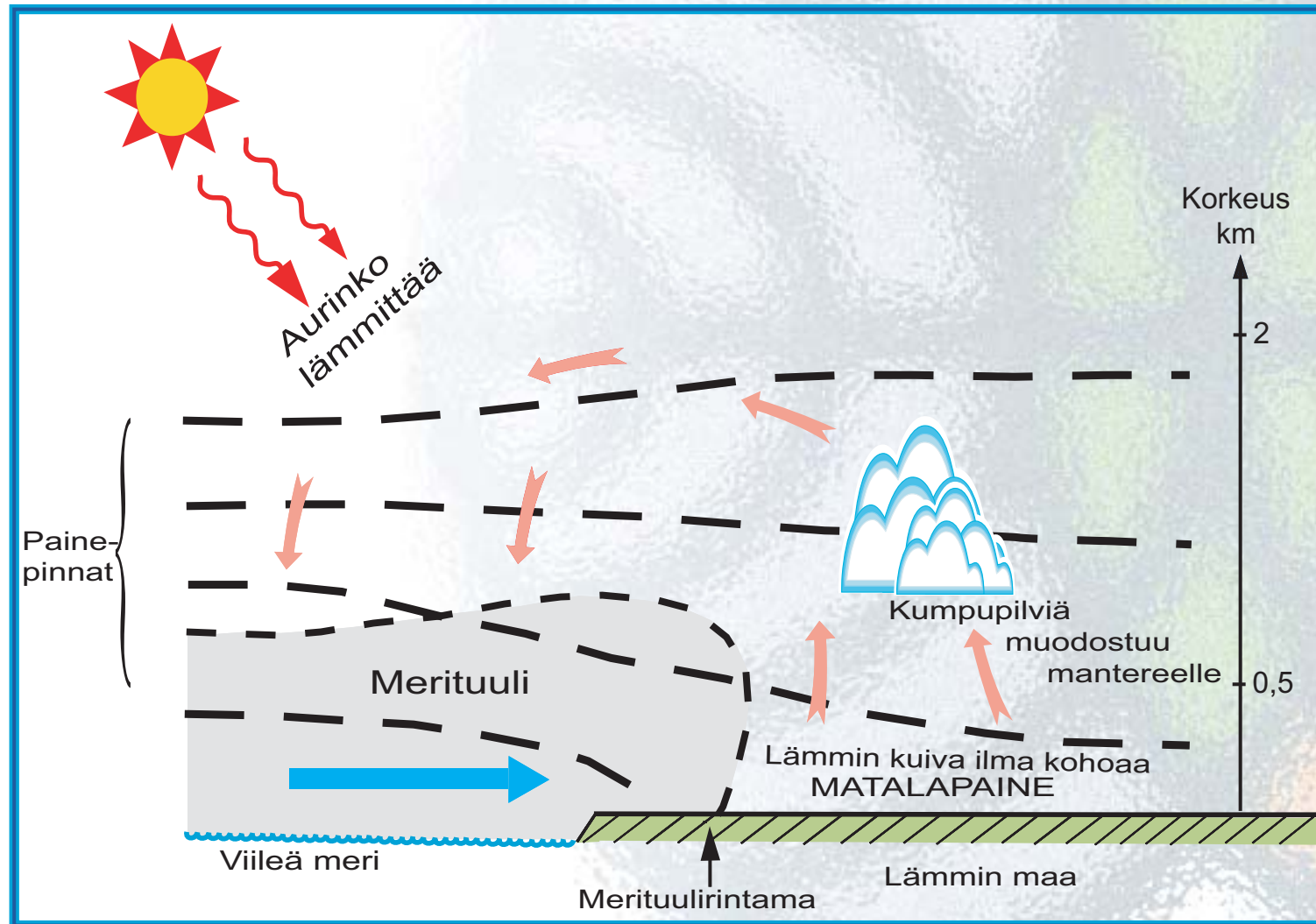
Inversiot Suomessa

- Lumen peittämällä mantereella alustan jäähdyttävä vaikutus on voimakasta selkeillä alueilla. Pintainversio johtuu alustan jäähdytyksestä ja sekoittavan turbulenssin puutteesta (kylmä ilmamassa on jäänyt ikäänkuin loukkuun maanpinnan lähelle).
- Hyvin stabiili rajakerros voi esiintyä (a) pilvettöminä heikkotuulisina kesäöinä, (b) pilvettöminä heikkotuulisina talvipäivinä ja -öinä, sekä (c) heikon tuulen kuljettaessa lämmintä ilmaa selvästi kylmemmän alustan ylle.
- Inversion vaikutus on sitä suurempi, mitä suurempi on lämpötilaero sekä lämpötilan nousu pituusyksikköä kohti ja mitä pidempään inversio kestää.

Kevätpöly

- Korkeapainetilanne, kuiva ja lämmin sää.
- Hengitettävien karkeiden hiukkasten pitoisuudet kohoavat erityisesti maalis-huhtikuussa.
- Katupölyä nousee ilmaan maan kuivuessa, jolloin talven aikana liukkauden vähentämiseksi kaduille sekä jalkakäytävälle levitetty hiekoitushiekka nousee kaduilta sekä liikenteen että tuulen vaikutuksesta.
 - Hiekoitushiekan lisäksi ilmassa leijuva pöly sisältää muun muassa tien pinnoitteesta, autojen renkaista ja jarruista sekä pakokaasuista peräisin olevia hiukkasia.
- Pahin tilanne on tyypillisesti ruuhka-aikoina vilkkaasti liikennöidyillä katu- ja tieosuuksilla.

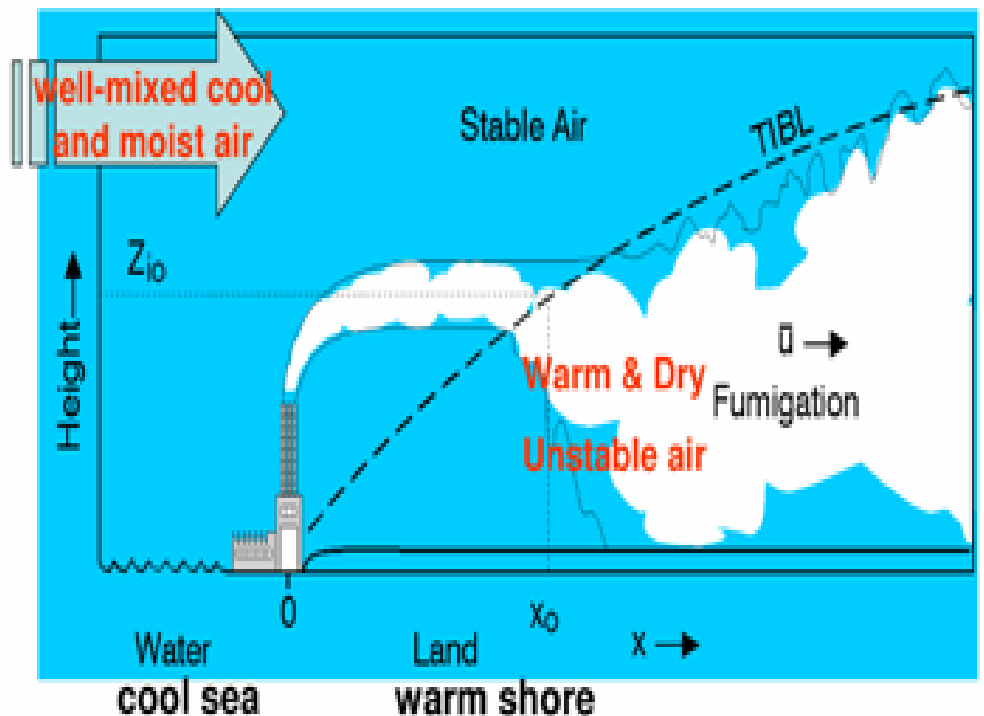
Maa- ja merituuli



(Sää ja meritieto, 2004)

Rannikon vaikutus

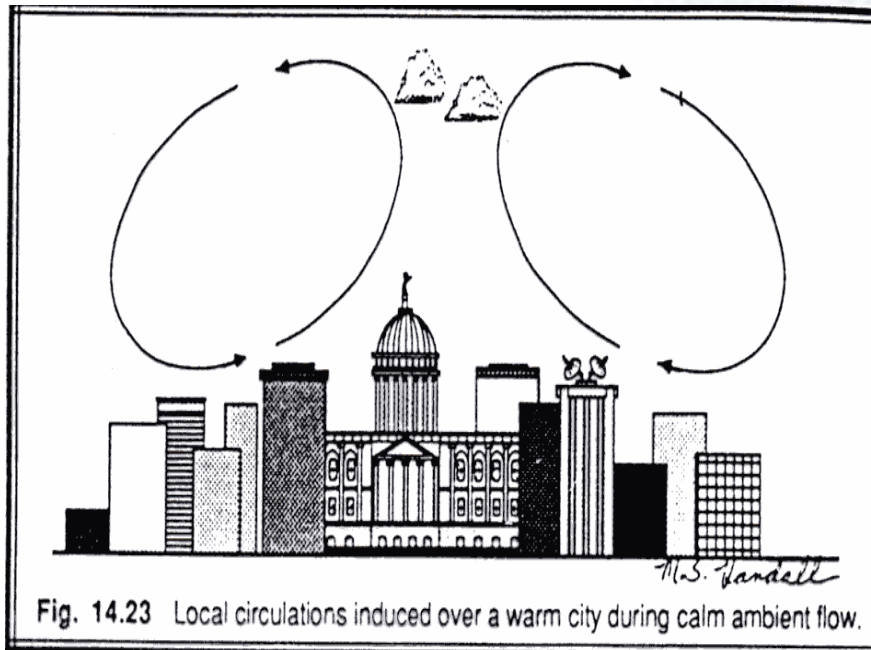
- Paikallinen meteorologia
 - Rannikkoefektit



- Virtaus kylmältä alustalta (stabiili viileä meri) selvästi lämpimälle alustalle (labiili lämmin ranta)
- Mereltä tuleva tuuli jarruuntuu tullessaan rosoisemmalle maalle. Aivan esteen takana on työntä, mutta hie-
man kauempana puuskaista sekä pyörteistä tuulta.
- Rajakerroksen yläpuolella kulkee viileää stabiilia merellistä ilmaa.
→ Pinnalla suuria hetkellisiä pitoisuuksia lähteistä myötävirtaan

Tuulettuvuus ja sekoittuminen kaupunkiseudulla

Kaupunkituulisolut



(Stull, 1988)

- Kaupungin keskustassa ilman lämpötila on useita asteita lämpimämpi kuin kaupungin ulkopuolella. Suurehko kaupunki on ns. "lämpösaareke" (Tummat asfalttipinnat, rakennusmassat, niiden lämmitys, teollisuus...)
- Heikolla tuulella kaupungin lämmitys muodostaa merituulimaisen pintavirtauksen kohti lämmintä kaupunkia.
- Kaupungin yllä on nousevaa liikettä ja paluuvirtausta 0,5-1 km korkeudella.

→ Kokonaistuuli jää heikoksi ja ilmanlaatuongelmat kärjistyvät

Tuulettuvuus ja sekoittuminen kaupunkiseudulla

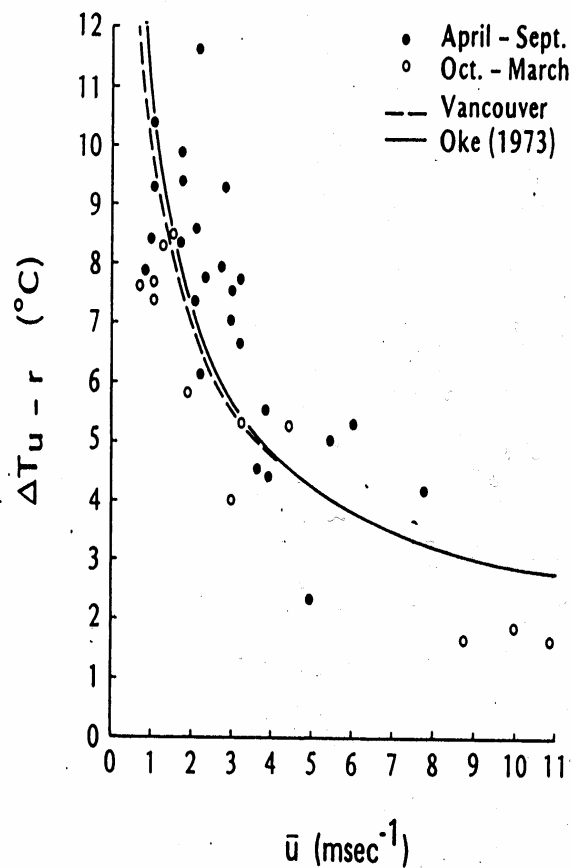


Fig. 5.21 Heat-island intensity ΔT_{u-r} ($^{\circ}\text{C}$) 1–3 hr after sunset in Vancouver (solid line and points), dashed line based on Quebec data (from Oke, 1976).

- Heikkotuulisissa tilanteissa erot korostuvat kaupungin sekä kaupungin ulkopuolisen alueen välillä.

Katukuilut



Runeberginkatu, Helsinki, näkymä etelään

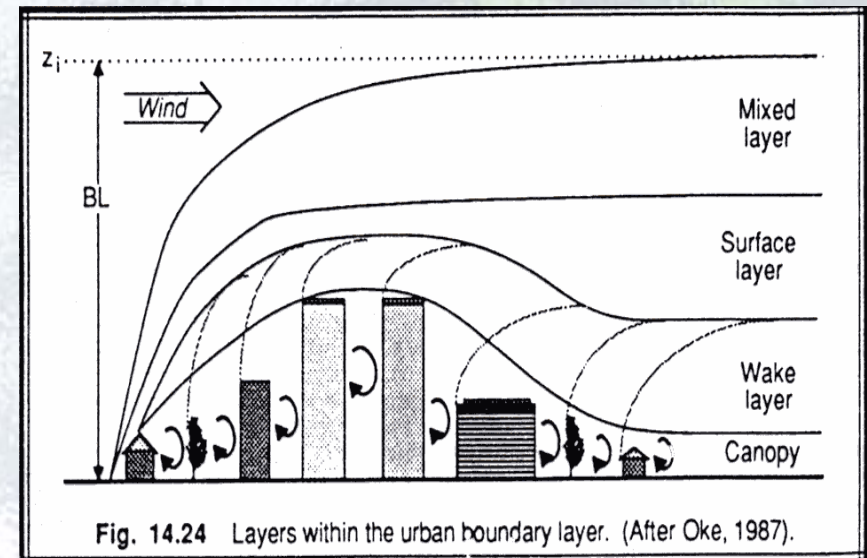
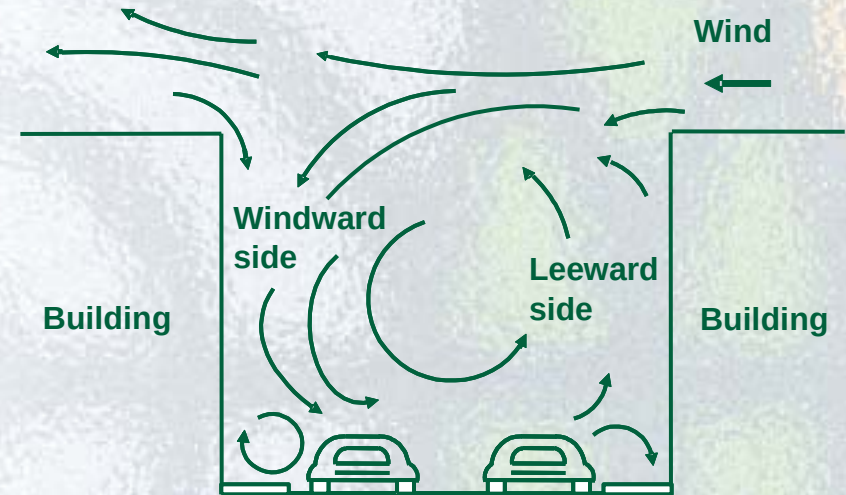
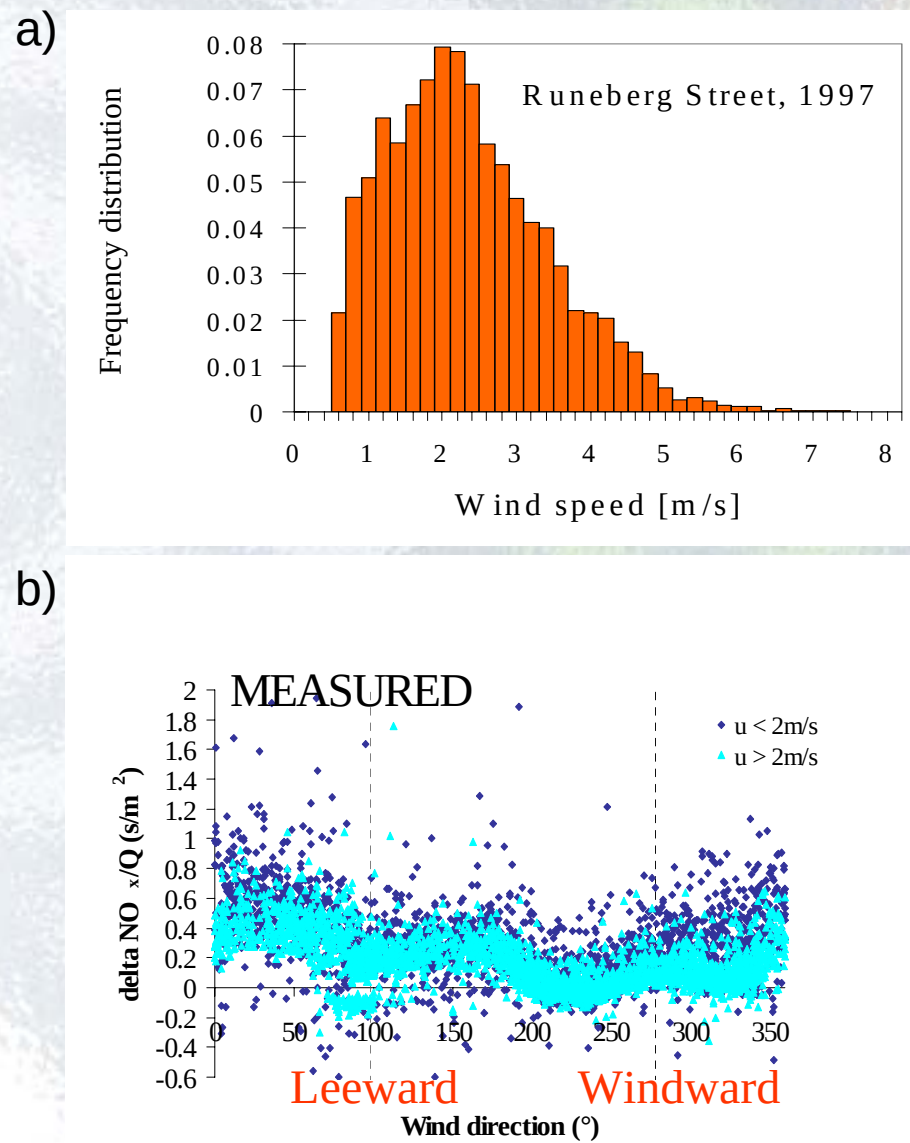


Fig. 14.24 Layers within the urban boundary layer. (After Oke, 1987).

Katukuilut

- Synop-havainnoista pre-prosessoitu tuulen nopeuden frekvenssijakauma (a)
- Tuntikohtaisten normalisoitujen NOx pitoisuuksien riippuvuus tuulen suunnasta (mitattu klo. 6-23) (b)
- Katukuilussa on yleensä huonot laimenemisolosuhteet → heikentävät ilmanlaatua.



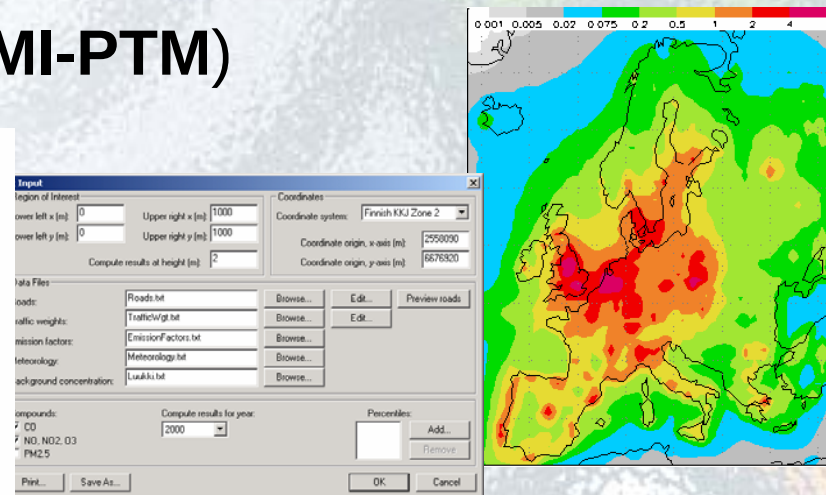
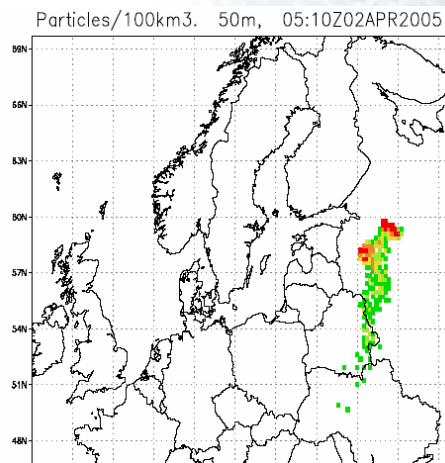
Ilmanlaatumallit

- Eri säätiloissa tapahtuvaa ilman epäpuhtauksien leviämistä, muuntumaa ja laskeumaa kuvaamaan on rakennettu matemaattis-fysikaalis-kemiallisia malleja, joita kutsutaan ilman **epäpuhtauksien leviämismalleiksi** eli ilmanlaatumalleiksi.
- Leviämismalleissa käytetään lähtötietoina päästökartoitusten tuloksia ja säätietoja. Mallilaskelmiin käytetään supertietokonetta.
- Leviämismalleilla voidaan selvittää energiantuotannon ja teollisuuden pistelähteiden, kiinteistöjen lämmityksen sekä auto-, juna-, laiva- ja lentoliikenteen yhteisvaikutus ilmanlaatuun. Mallilaskelmin saadaan myös eriteltyä eri päästölähteiden ja lähderyhmien osuudet kokonaispitoisuuksista ja -laskeumista.
- Leviämismallit voidaan jakaa paikallisiin, alueellisiin ja kaukokulkeumamalleihin.

Ilmanlaatumallit

Alueellinen tai maanosan mittakaava:

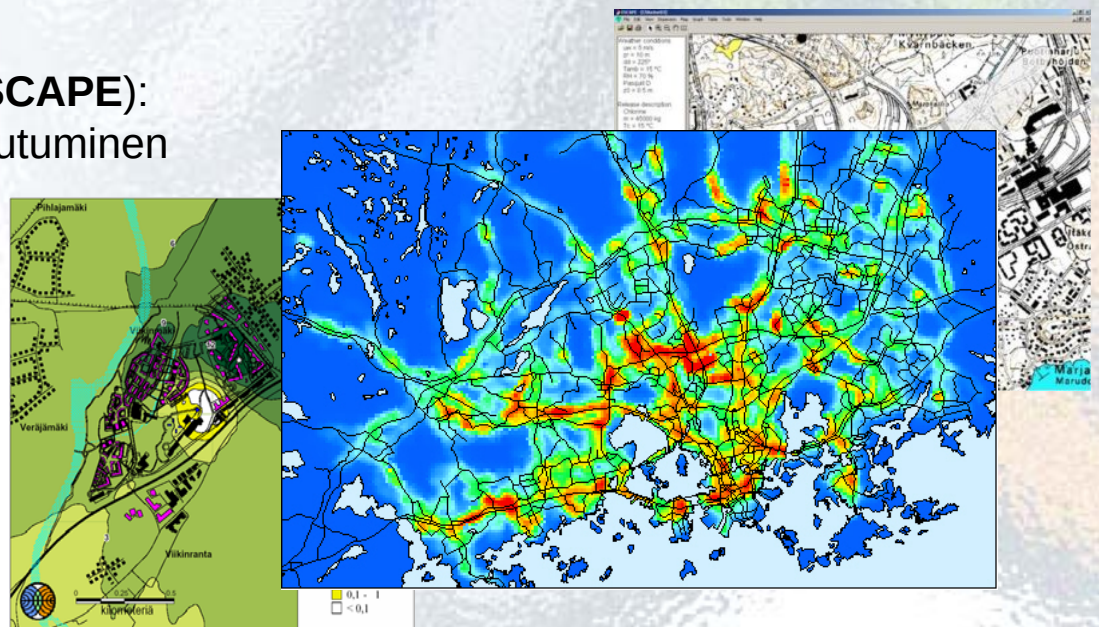
- Maanosan mittakaavan leviämis- ja laskeumamalli(t)
HILATAR
- Radioaktiivisten aineiden leviämis- ja puoliintumismalli(t)
(SILAM)
- Valokemia- ja otsonimallit **(FMI-PTM)**



Ilmanlaatumallit

Paikallinen mittakaava:

- Kaupunkimittakaavan ilmanlaatumalli (**UDM-FMI**): Malli sisältää tiedot kaikista kaupunkialueen päästölähteistä, osamallit päästöjen leviämiseksi, kemialliselle muuntumiselle, kuiva- ja märkälasseumalle, nousulisälle
- Katukuilumalli (**OSPM**)
- Tieliikenteen päästöjen leviämis- ja muutuntamalli(t) (**CAR-FMI**): Malli sisältää osamallit liikenteen päästöille sekä päästöjen leviämiseksi ja kemialliselle muuntumiselle
- Kemikaalionnettomuusmalli (**ESCAPE**):
Kemikaalionnettomuuksiin varautuminen
- Aerosolimalli(t) (**AEROCLOUD**)
- Hajumalli (**ODO-FMI**)



Viitteet

- Aihealueittain valikoituja leviämismallireferenssejä
http://www.fmi.fi/tuotteet/tutkimus_14.html#1
- Ilmanlaatu Suomessa
http://www.fmi.fi/kuvat/Ilmanlaatu_Suomessa.pdf

Kuvat:

- Oke, T. R., 1976. Distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands. Atmosphere, Toronto, Canada. Vol. 14, no. 4, pp. 268-277.
- Oke, T. R., 1987. Boundary Layer Climates. 2nd edition. Routledge.
- Stull, R. B., 1988: An introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer Academic Publishers