

# Hyvinvointia työstä





# Hiukkaspitoisuuksien määrittäminen työpaikkojen ilmasta

Tomi Kanerva  
erityisasiantuntija  
Materiaali- ja hiukkastutkimus-tiimi

# Johdanto

- Työympäristö
  - Fysikaaliset tekijät
    - esim. melu, lämpöolot, värinä, valaistus
  - Biologiset tekijät
    - esim. bakteerit, homesienet, punkit
  - Kemiaalliset tekijät
    - esim. kemikaalit, pölyt

# Johdanto

- Sisäympäristö
  - Sisäilman koostumus
    - ilmakehä: typpi, happi, argon, hiilidioksidi ym.
  - Tavallinen "puhdas" sisäilma sisältää kuitenkin paljon epäpuhtauksia
    - ihmisperäisiä hiukkasia
    - rakennusmateriaaleista vapautuvia yhdisteitä (VOC)
    - puhdistus- ja hygieniatuotteiden yhdisteitä
    - luonnon hiukkasia ja itiöitä
    - ym.
  - Työpaikalla sisäilmassa voi olla em. lisäksi vielä muitakin ilman epäpuhtauksia
    - kaasumaisia (esim. orgaanisia ja epäorgaanisia kaasuja)
    - hiukkasmaisia (pölyt)

# Johdanto

- Epäpuhtaudet työpaikalla, määritelmiä:
  - Aerosolit
    - aerosoli on kaasun ja siinä leijuvien kiinteiden tai nestemäisten hiukkasten seos
      - esim. pakokaasut, pilvet, katupöly, sumut, huurut
      - työhygieniassa ilman ja hiukkasten seos
      - pölyt ja nanohiukkaset ovat siis aerosoleja leijuessaan ilmassa
  - Pölyt
    - kiinteiden hiukkasten muodostamien aerosolien arkisempi nimitys
    - useita eri jaottelutapoja, esim. kokoluokittain:
      - karkeat hiukkaset,
      - pienhiukkaset,
      - ultrapienet hiukkaset:
        - nanot, nanohiukkaset, nanomateriaalit jne.
          - ultrapieniä hiukkasia
          - käsittää sekä "aina olemassa olleet" että uudet teollisesti kehitetyt nanokokoiset hiukkaset

# Työympäristön aerosolit

-yleisemmin: pölyt



- Pölyn määritelmä
  - on olemassa useita eri käyttötarkoituksiin luotuja määritelmiä (mm. ISO, IUPAC)
  - työympäristössä käyttökelpoinen määritelmä on:

*Pölyt ovat kiinteitä hiukkasia, joiden koko vaihtelee alle 1  $\mu\text{m}$ :stä vähintään 100  $\mu\text{m}$ :iin*

- näiden hiukkasten pysyminen tai joutuminen ilmaan riippuu niiden alkuperästä, fysikaalisista ominaisuuksista ja muista ympäristöehdoista
- sumujen, savujen ja huurujen raja pölyihin ei ole selvä
  - itse asiassa monet muuttuvat työpaikan ilmassa ajan mittaan pölyksi

# Pölyt

- Eräs luokittelu muodostumistavan perusteella
  - pölyt 1 – 100  $\mu\text{m}$  esim. mekaanisessa työstössä
  - savut 0,5 – 2  $\mu\text{m}$  esim. epätäydellisessä palamisessa
  - huurut 0,2 – 2  $\mu\text{m}$  esim. metallihöyryn jäähtyessä (hitsaus)
  - sumut 0,5 – 25  $\mu\text{m}$  esim. nesteiden kondensoituessa
  - pienhiukkaset
  - ultrapienet hiukkaset (nanohiukkaset)
- noin  $\geq 20$   $\mu\text{m}$  hiukkaset näkyvät pölynä ilmassa
  - valon laatu vaikuttaa

# Pölyt

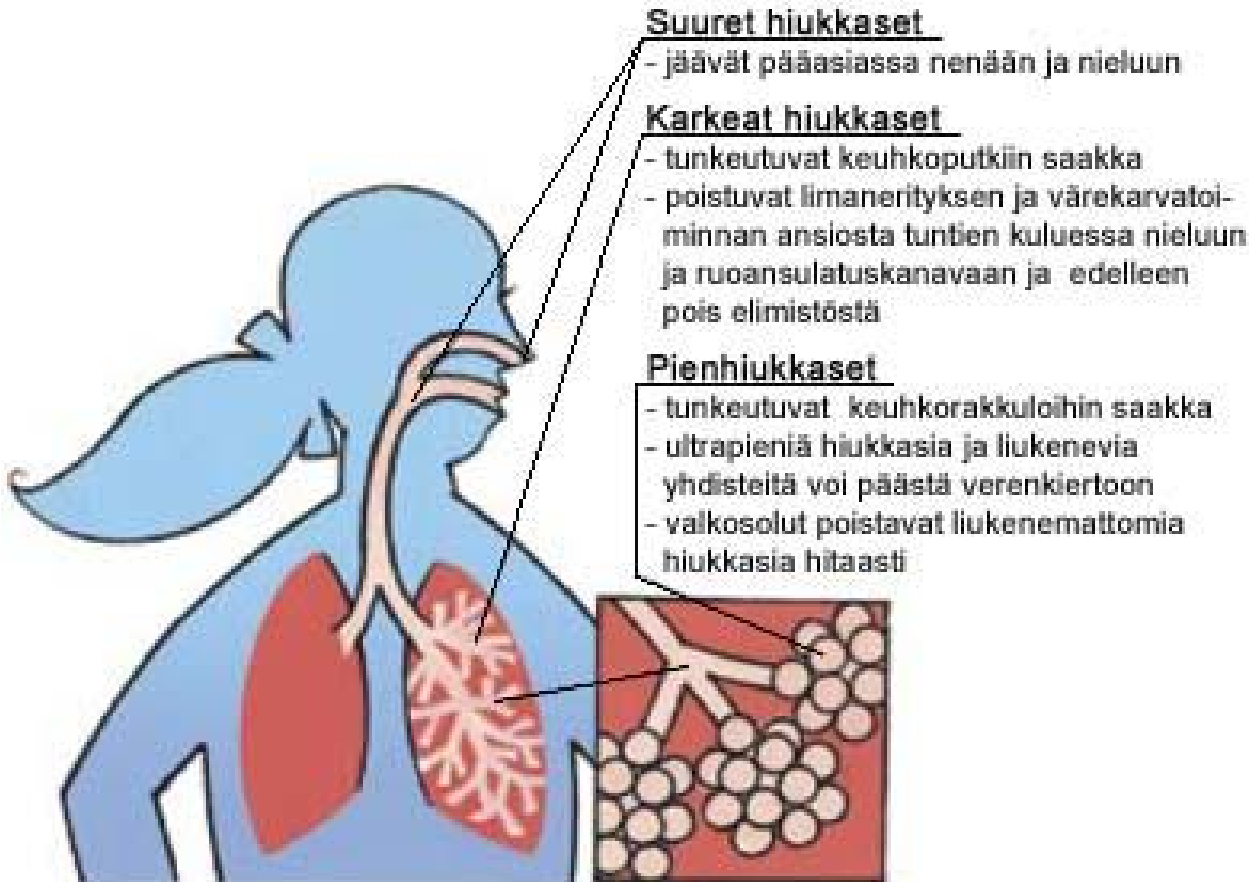
## –hiukkasten terveysvaikutuksista yleisesti

- Hiukkasia päätyy hengitysilman mukana elimistöön
  - seurauksena voi olla monenlaisia akuutteja ja kroonisia terveyshaittoja
    - tavallisimmin hengityselinsairauksia sekä sydän- ja verisuonitauteja
- Haitallisuus riippuu fysikaalisista ominaisuuksista (mm. koko, muoto) ja kemiallisesta koostumuksesta
  - haitallisimpia näyttävät olevan erityisesti pienhiukkaset, jotka voivat tunkeutua syvälle keuhkoihin



# Pölyt

## –hiukkasten terveysvaikutuksista yleisesti



Kuva: Hengityslitto HELI r.y.

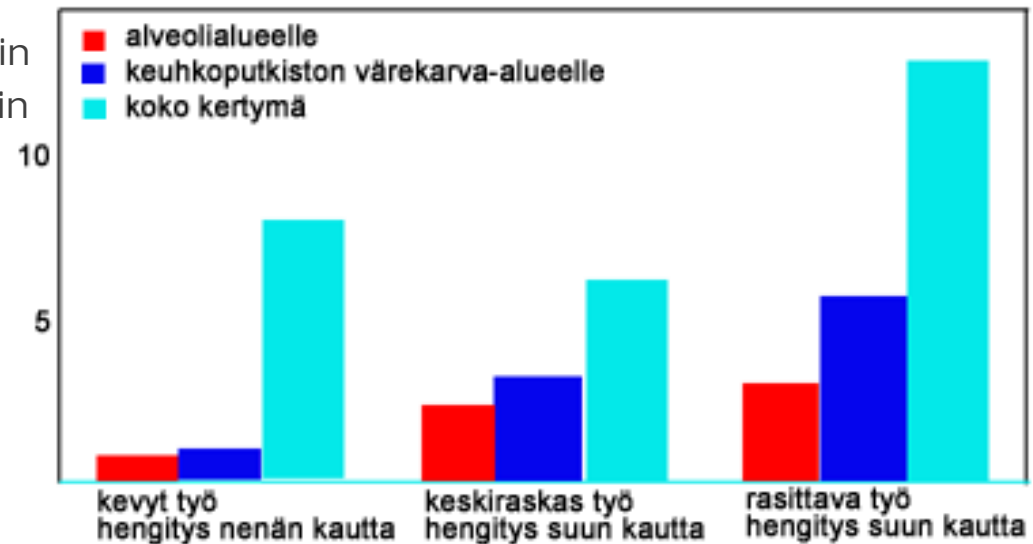
# Pölyt

## –hiukkasten terveysvaikutuksista yleisesti



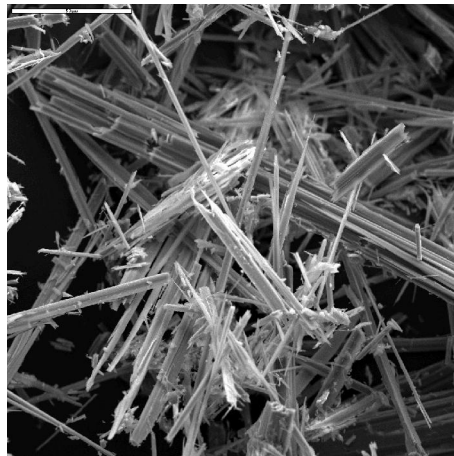
- Työn rasittavuuden vaikutus hiukkasten kertymiseen hengityselimistöissä
  - hiukkasten massapitoisuus 8h aikana 1 mg/m<sup>3</sup>
  - aerodyn. halk. massamediaani 5,5 µm
- Kuvan perusteella työn fyysinen kuormittavuus lisää merkittävästi hiukkasten pääsyä ja kertymistä alveolialueelle
- Samalla lisääntynyt aktiviteetti yleensäkin lisää hiukkasten kertymistä hengitysteihin

Kertynyt massa 8 tunnin altistumisen jälkeen (mg)



# Pölyt –esimerkkeitä työympäristön pölyistä

- Epäorgaaniset pölyt:
  - mineraalipölyt, kvartsipöly, kivihiilipöly, sementtipöly
  - kuitumaiset pölyt
    - asbesti, lasikuitu, vuorivilla ym.
    - terveyshaitta johtuu pääasiassa kuitumaisesta muodosta
  - metallipölyt, lyijy-, kadmium- ja berylliumpöly



# Pölyt –esimerkkejä työympäristön pölyistä

- Orgaaniset pölyt ja kasviperäiset pölyt
  - puupöly
  - tekstiilipöly
  - eläinpölyt
  - jauhopöly
  - mausteet
  - orgaanisten yhdisteiden pölyt, torjunta-aineet



# Pölyt –esimerkkejä työympäristön pölyistä

- Bioaerosolit
  - homepöly
  - siitepöly
  - endotoksiinit





# Altistumisen arviointi

- Riskinarviointi on turvallisuuden hallinnan perustoiminto

- Työhygieniassa:

$$\text{RISKI} = \text{HAITTA} + \text{ALTI STUMI NEN}$$

- Altistumisen merkitystä riskinarvioinnissa tarkastellaan raja-arvojen avulla
  - määritellään minimi tavoitetasot ja toimenpiderajat
  - hyvän turvallisuustoiminnan yrityksissä tavoitetasot asetetaan raja-arvoja pienemmiksi
    - tavoitteena turvallisuuden lisäksi viihtyisä työympäristö



# Altistumisen arviointi

- Hiukkasille altistumista selvitetään usein mittauksin:
  - verrataan pitoisuuksia raja- ja ohjearvoihin, eli noudattaako työpaikka määräyksiä
  - arvioidaan:
    - terveysriskejä
    - henkilönsuojainten tarvetta ja suojaustehoa
  - suunnitellaan/arvioidaan:
    - työmenetelmiä, -välineitä ja laitteita
    - työtapoja
    - teknisiä torjuntaratkaisuja
    - tuottavuus- ja viihtyvyysseikkoja



# Hiukkasten mittaukset

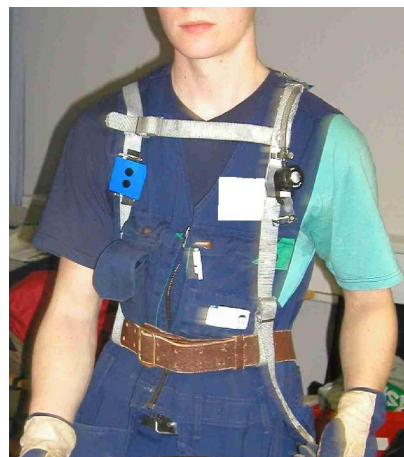
- Keräävät menetelmät:
  - näytteenkeräys + laboratorioanalyysi
  - raja- ja ohjearvojen mukaisia tuloksia:
    - hengittyvä pöly (<100 µm)
    - pölyn alveolijae, hienopöly (<4 µm)
- Suoraan osoittavat menetelmät
  - hiukkasten lukumäärä- tai massapitoisuus
  - kokojakaumaluokittelijat
  - hiukkasten pinta-ala
  - reaaliaikaisia, seurantaan käytännöllisiä





# Hiukkasten mittaukset -keräävät menetelmät

- Hengittyvän pölyn mittaus IOM-keräimellä:
  - pöly kerätään ilmasta suodattimelle pumpun avulla (2 l/min)
  - mittaus pyritään tekemään työntekijän hengitysvyöhykkeeltä
    - myös staattisia ns. kiinteän pisteen mittauksia käytetään
  - mittausaika useita tunteja
    - HTP-arvot annettu yleensä 8 h pitoisuutena mg/m<sup>3</sup>



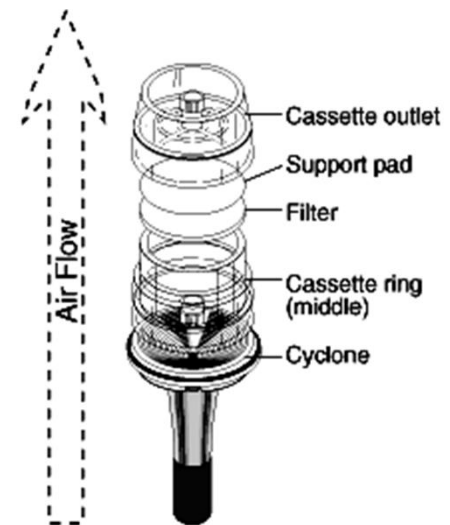


# Hiukkasten mittaukset -keräävät menetelmät

- Hengittyvän pölyn mittaus IOM-keräimellä, analysointi:
  - suodattimien punnitus vakiolämpötilassa ennen ja jälkeen näytteenoton
  - tarvittaessa voidaan analysoida haitallisia aineita, esim. metalleja
  - epäherkkä menetelmä
    - usein tarvitaan lähes koko työvuoron mittainen näyte, jotta päästään vertailemaan HTP-arvoihin

# Alveolijakeen mittaus esim. kvartsi eli kiteinen piidioksidi

- Kvartsipölyä esiintyy
  - kaivos-, louhinta-, kivi- ja rakennustöissä
  - valimoissa
  - lasin, posliinin, sementin, laastin, tiilien, betonin valmistuksessa
- Mittaus ilmasta
  - kvartsinäyte kerätään suodattimelle, jossa sykloni erottaa yli 4  $\mu\text{m}$  hiukkaset pois
  - tilavuusvirta 2 l/min
  - yleensä lähes koko työvuoron näyte
  - epävarmuutta keräysmenetelmästä
  - analyysi laboratoriossa



# Hiukkasten mittaukset -suoraan osoittavat menetelmät



- Reaaliaikaiseen pitoisuuksien ja kokojakaumien seurantaan
  - työympäristömittauksissa yleensä käytössä kannettavia laitteita
  - mahdollistaa myös PIMEX-käytön tutkimuksissa
    - PIMEX = työn videoinnin ja pitoisuusmittauksen yhdistäminen
- Tulokset suuntaa-antavia
  - yleensä tarkimmat tulokset mitattaessa samanlaista pölyä millä laite on kalibroitu
  - tulosten tulkinnassa ymmärrettävä laitteen fysikaalinen toimintaperiaate ja siitä seuraavat rajoitukset
- Käytettävän laitteen valinta riippuu mitä halutaan mitata:
  - massaa  $\text{mg}/\text{m}^3$
  - vai lukumäärää  $\text{kpl}/\text{cm}^3$

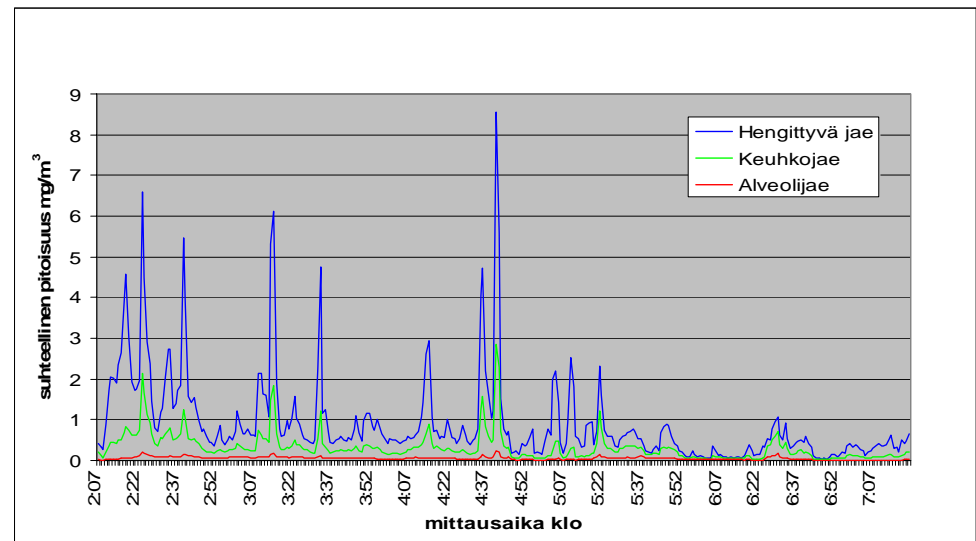
# Hiukkasten mittaukset -suoraan osoittavat menetelmät



- Laitetyyppejä useita
  - massapitoisuudet
  - lukumääräpitoisuudet
  - kokojakaumat
  - ominaispinta-alat
- Myös esim. hiukkasten koko itsessään vaikuttaa sopivan laitteen valintaan
  - esim. nanohiukkasmittaukset
- Usein eri laitteiden mittauksia yhdistämällä kattavimmat tulokset

# Hiukkasten mittaukset -suoraan osoittavat menetelmät

- Optiset hiukkanalyysaattorit
  - massapitoisuuksia työhygieenisesti tärkeällä pitoisuusalueella
    - n. 0,1 – 100 mg/m<sup>3</sup>
    - n. 0,3 µm kokoluokasta alkaen
  - perustuu valonsirontaan
  - voidaan yhdistää gravimetriseen analyysiin -> luotettavampi tulos
  - voidaan luokitella kokoluokkiin, esim. hengittävän pölyn, keuhko- ja alveolijakeen pitoisuuksiksi



# Hiukkasten mittaukset -suoraan osoittavat menetelmät

## Nanokokoisten hiukkasten mittaaminen

- Lukumääräpitoisuus:
  - Kondensaatiotekniikka
    - CPC (Condensation Particle Counter)
  - Diffuusiovaraus
    - Diffusion charger
      - itse asiassa hiukkasen pinta-alan mittaus
- Aikaresoluutio hyvä (1s)
- Laitteesta riippuen eri kokoalueille
  - alaraja 3 -20 nm
  - yläraja 300 nm – 1  $\mu\text{m}$



# Hiukkasten mittaukset -suoraan osoittavat menetelmät

## Nanokokoisten hiukkasten mittaaminen

- Kokojakauma + lukumääräpitoisuus
  - SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer)
    - Laitteessa yhdistettynä CPC ja DMA
      - CPC laskee hiukkaset
      - DMA (Differential Mobility Analyzer) luokittelee hiukkaset eri kokoluokkiin
    - ei ole reaaliaikainen, mittauksen kesto n. 1-4 min
      - lyhytkestoiset pitoisuusmuutokset jäävät "huomaamatta"
  - ELPI (Electrical Low Pressure Impactor)
    - reaaliaikainen (1s)
    - samalla myös keräävä menetelmä
      - TEM/SEM-analysointi
    - lisäksi massan mittaus mahdollista





# Mittausten merkityksestä

- On muistettava, että mittaukset ovat apuväline ja yksi vaihe työhygieniä-, työterveys- ja työturvallisuusketjussa, toiminta ei saa päättyä mittauksiin!
- Niiden avulla saada luotettavaa objektiivista tietoa päätösten ja toimenpiteiden tueksi, kun pyritään:
  - takaamaan työolojen terveellisyys
  - parantamaan työntekijöiden viihtyvyyttä
  - lisäämään työn houkuttelevuutta ja tuottavuutta



Kiitos!