

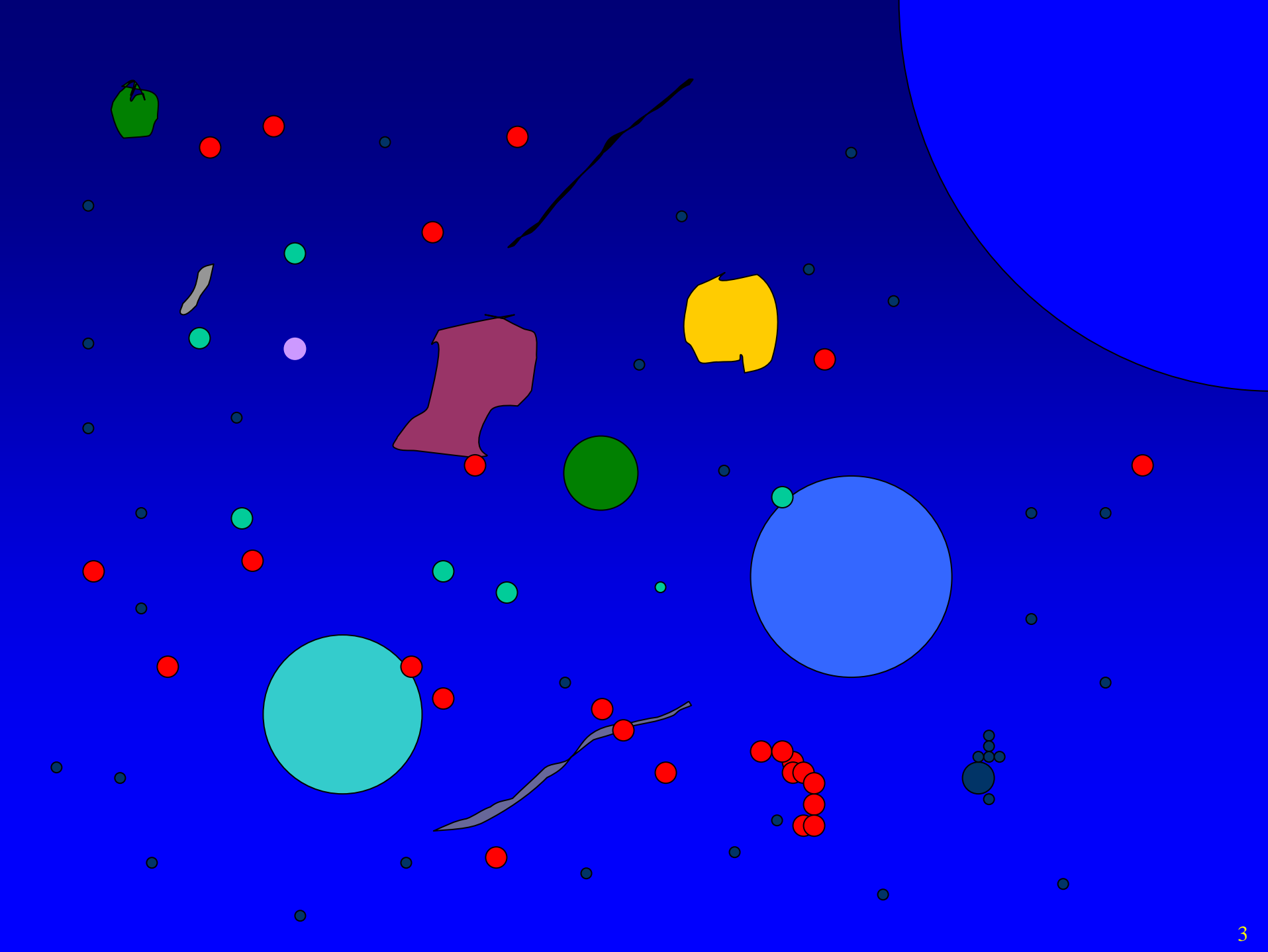
Luften vi andas

Luftburna partiklar i vår miljö

Temadag om personskydd i räddningstjänsten
7 mars 2007

Mats Bohgard
Ergonomi och aerosolteknologi
Lunds universitet

1. Aerosoler i allmänhet
2. Hälsoeffekter
3. Mätteknik



Arbetsmiljö



I industrimiljöer hittar man de högsta koncentrationerna

Inomhusmiljö



Vi tillbringar mest tid i inomhusmiljöer

Yttre miljö

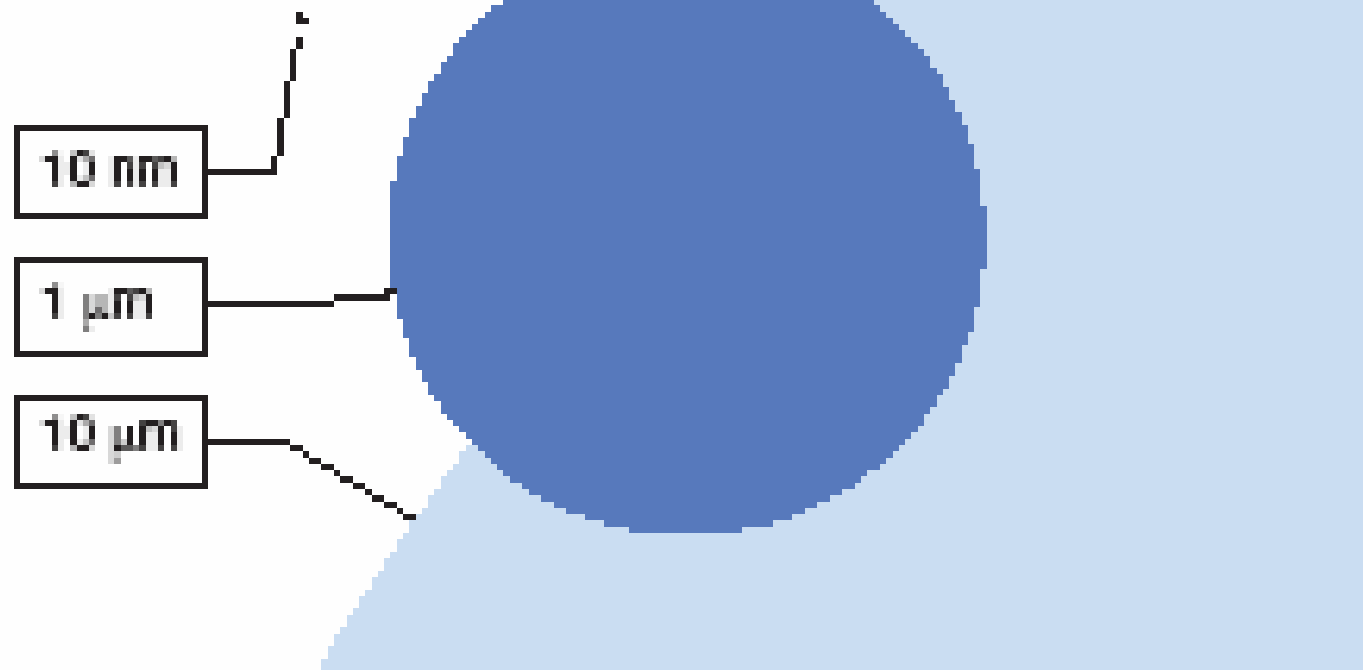


Förbränningsprocesser ger det största bidraget av små partiklar till den yttre miljön. Globala effekter

Hur stora är partiklarna?

Mellan 1 nm och 100 μm
(0.0000001 – 0.1 mm)

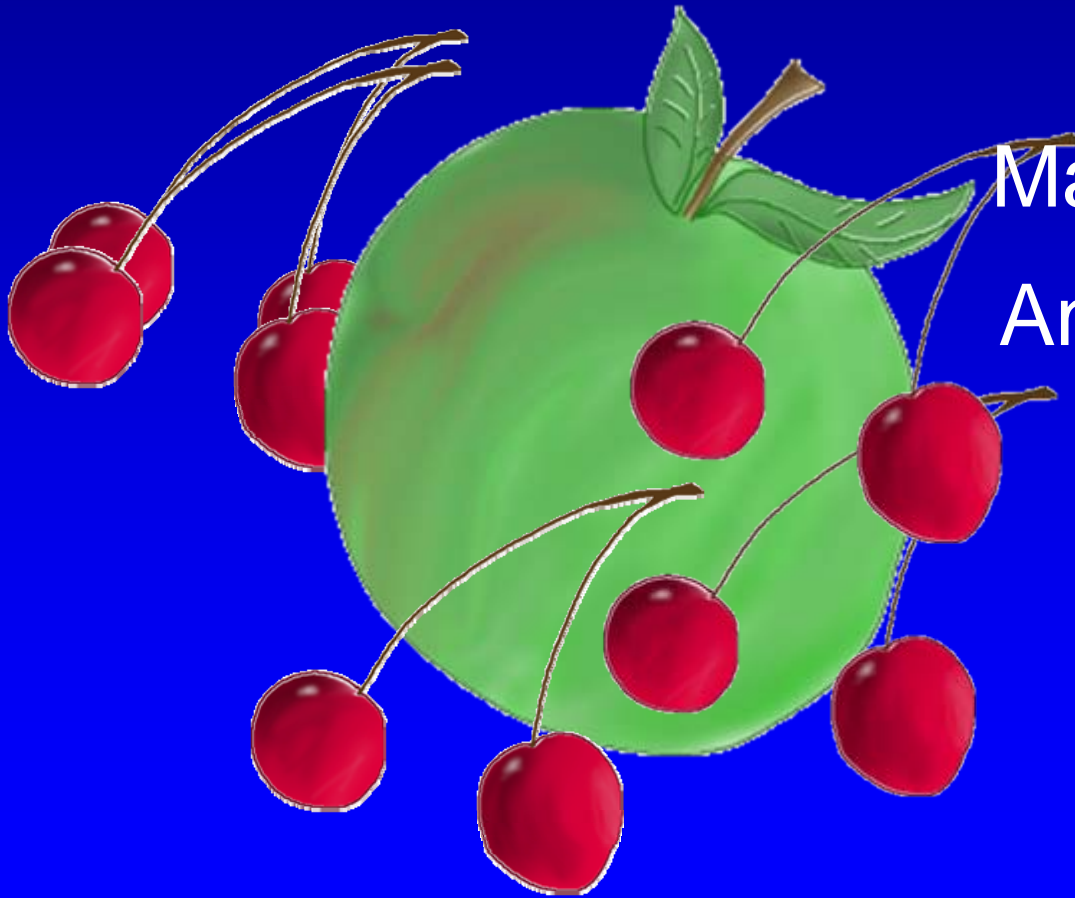
Storlek – partikelns diameter



Hur anges partikelhalter?

Koncentrationen av partiklar i luften kan anges som antal (räkning av partiklar), massa (vägning av partiklar) eller storleken av den totala partikelytan

Fruktanalogin



Massa: 90 % äpplen

Antal: 90 % körsbär

Hur mycket partiklar finns det i luften?

I vikt finns det mellan några μg till några mg per kubikmeter

Antalet partiklar kan variera mellan omkring tusen till några miljoner per cm^3

Partikelstorleksfördelningar

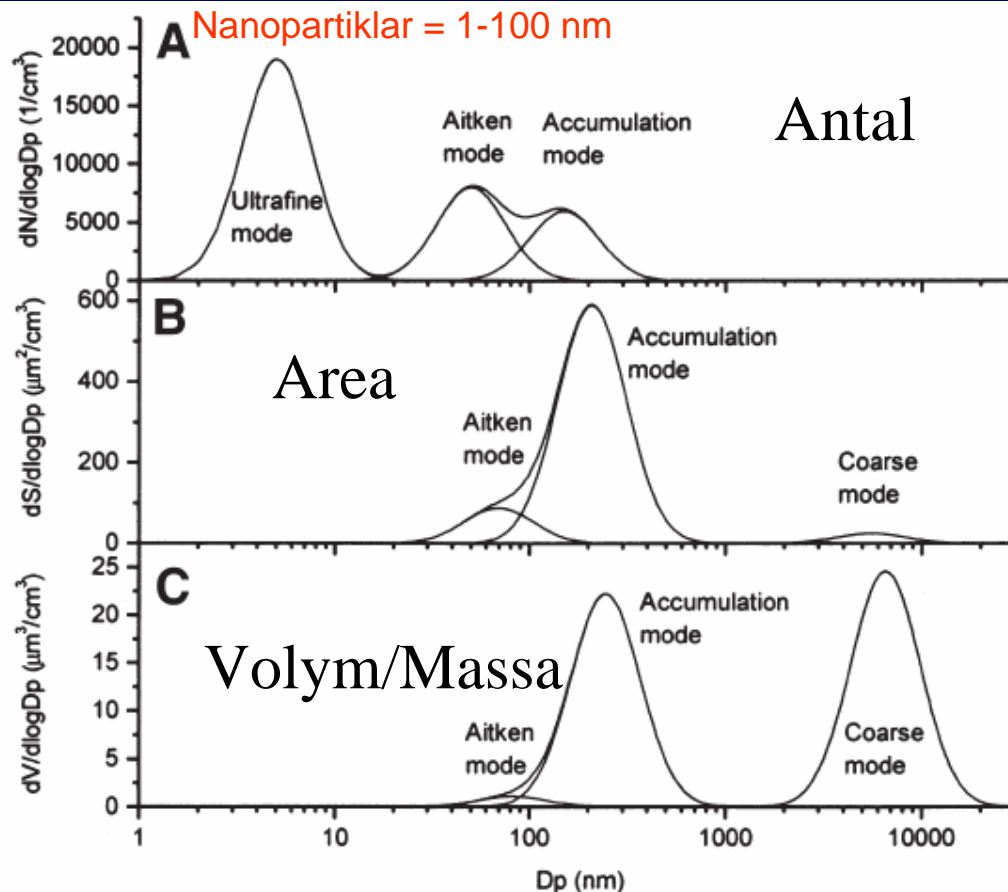


Figure 2.

Example of an aerosol particle number concentration (A), the corresponding surface distribution (B) and the volume distribution (C). Reproduced from Mentes (2000).

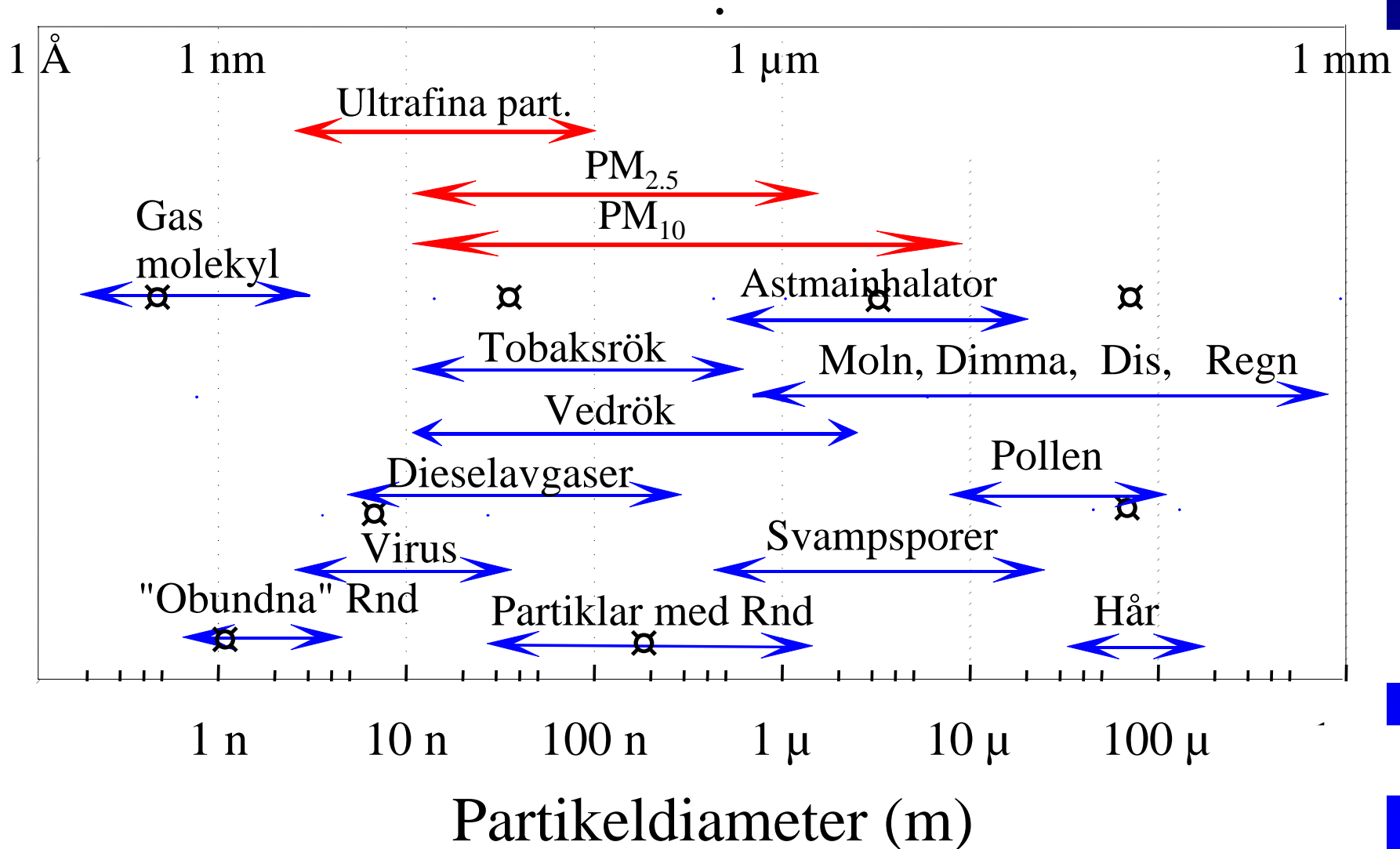
Hur uppkommer partiklarna?

1. Sönderdelning av material, resuspension (t. ex slitage och uppvirvling från golv, textilier och hud; slitage däck-vägbana)
2. Kondensation/sammanslagning av gasmolekyler (dimbildning, upphettning –nedkylning)
3. Kemiska reaktioner (t ex ozon från utomhusluften som reagerar med organiska ångor, förbränning)

Vanliga källor i olika miljöer

- Uppvirvling från jord och hav, skogsbränder, vulkanutbrott, biologiskt material: pollen och sporer, terpenier som reagerar med ozon
- Förbränningsmotorer, förbränning vid energiproduktion, termiska processer i industrin
- Arbetsmiljöer: svetsning, lödning, termisk skärning, gjutning, sprutmålning, nanoteknologitillämpningar
- Inomhus: eldning, rökning, stearinljus, matlagning, städning, torktumling, uppvirvling vid aktivitet, organiska ångor som reagerar med ozon, laserskrivare, kopiatorer, radondöttrar från radon som kommer från berggrund och byggnadsmaterial, hudfragment från människor, textilier
- Bränder och olyckor

Några vanliga partiklar och deras storlek



Stora variationer i inomhusmiljön

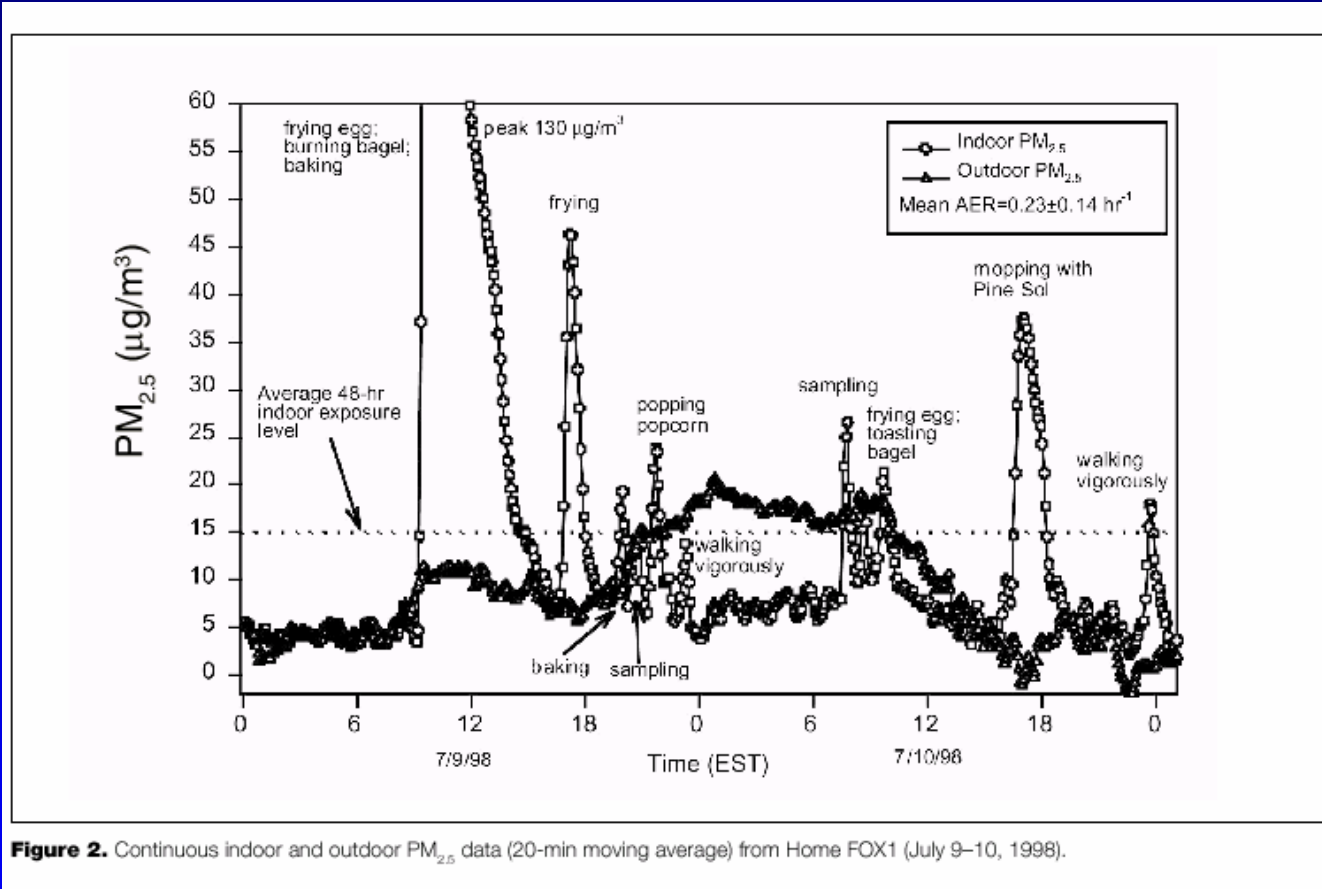
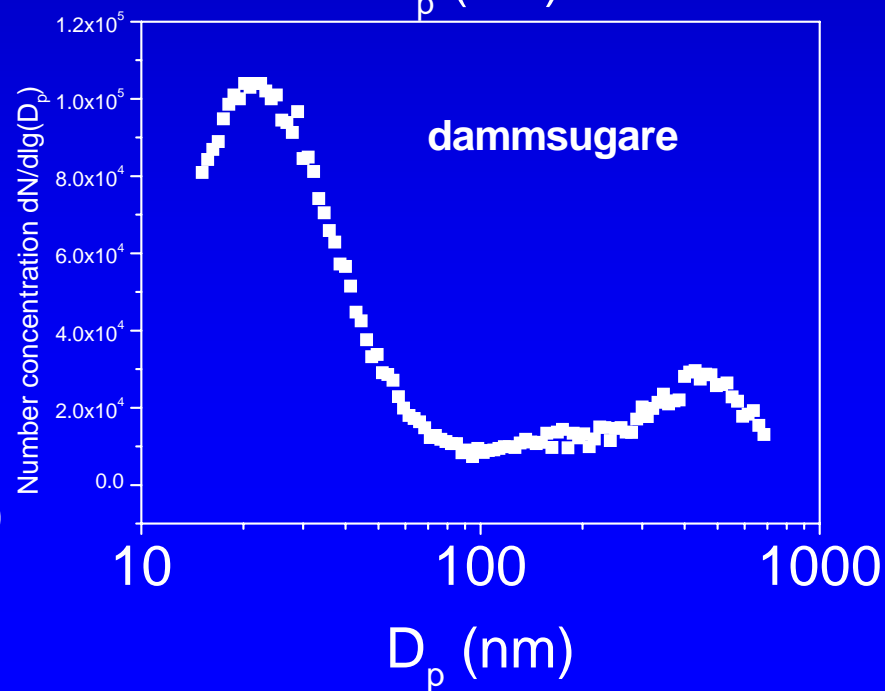
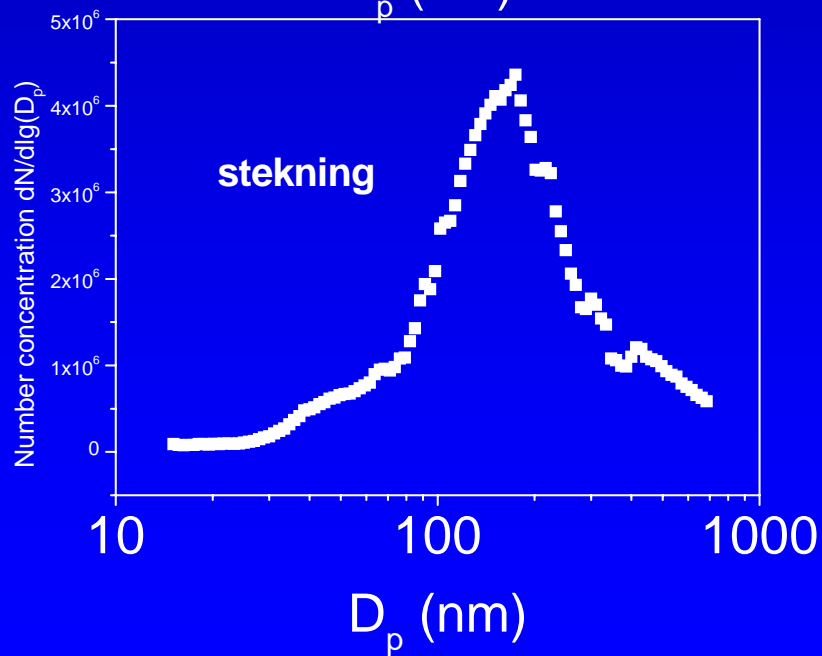
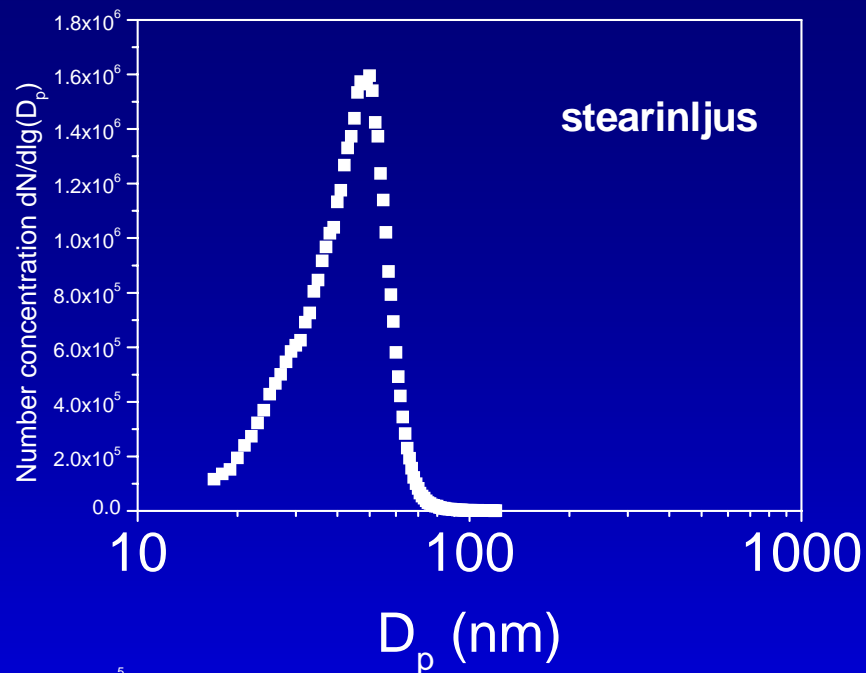
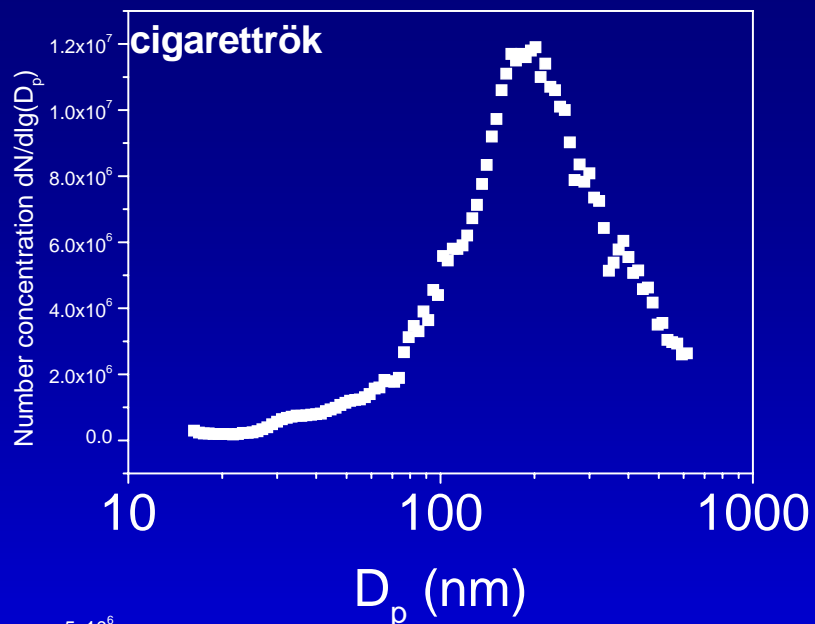


Figure 2. Continuous indoor and outdoor $PM_{2.5}$ data (20-min moving average) from Home FOX1 (July 9–10, 1998).

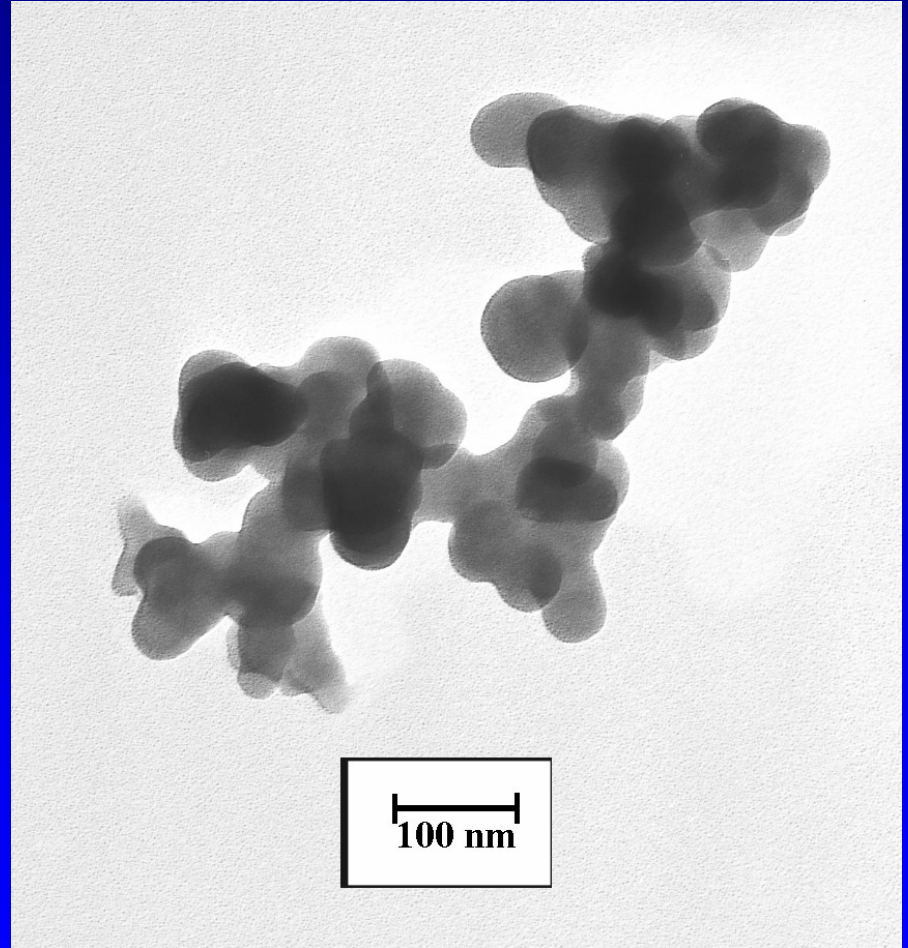


Exempel på partikelstruktur

Transmissionselektronmikroskopi

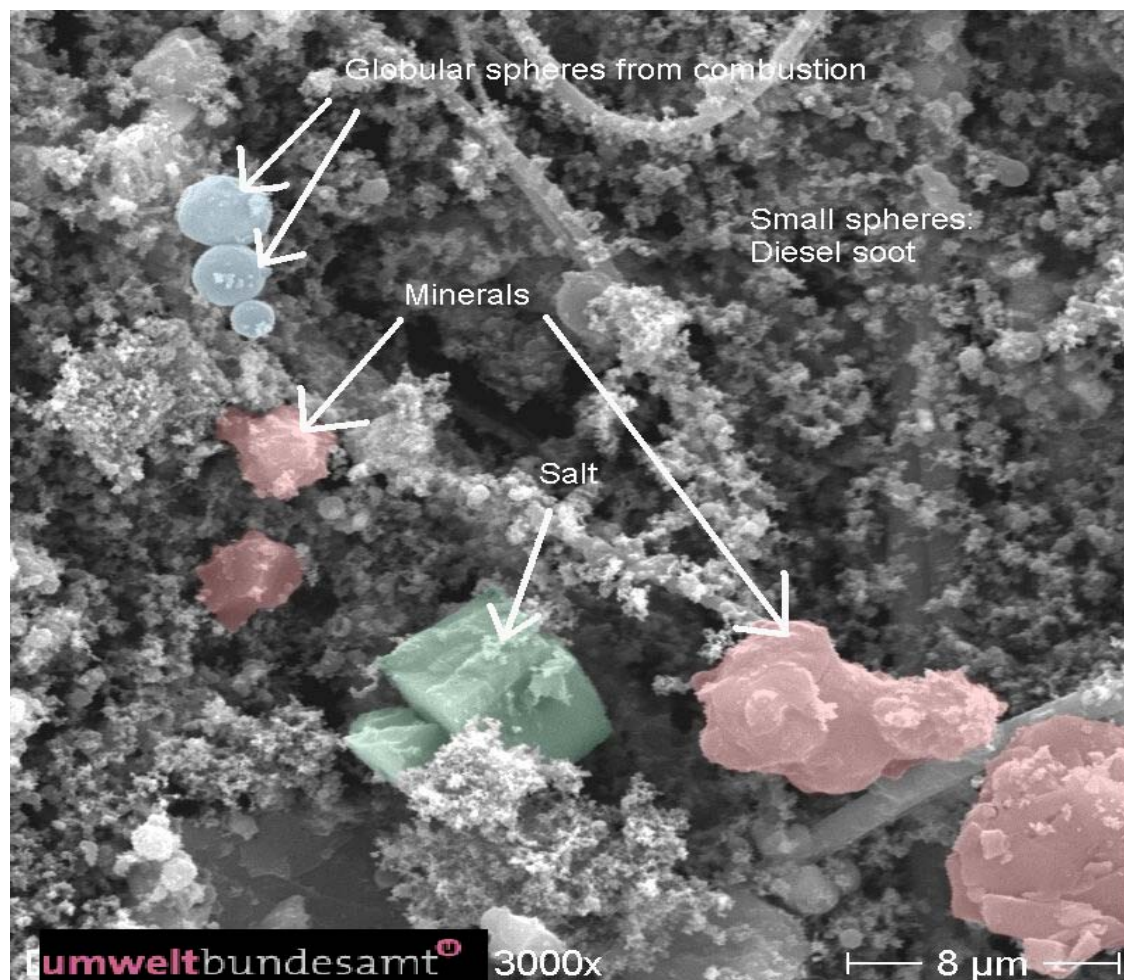


Från fotogenlampa



Från slitage däck mot vägbana

Fina partiklar – Många och farliga? Grova partiklar – Få men mycket massa



PM ingen enhetlig
sammansättning

Vad är farligt med
PM?
(massa, antal, yta?)

Hur bör PM
övervakas och
begränsas?

Sammanfattning

- Luftburna partiklar finns i alla miljöer
- Stor variation i storlek, halt och kemisk sammansättning
- Små partiklar har speciella fysikaliska och kemiska egenskaper – konventionell toxikologi är inte alltid tillämplig

Partiklar - Hälsoeffekter

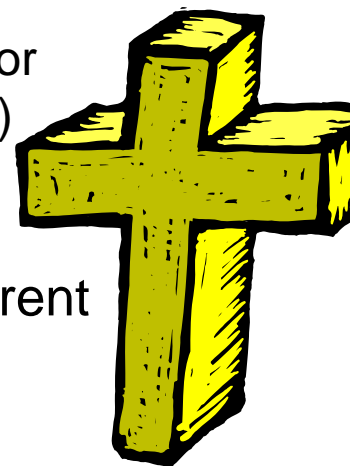
- **CAFE** estimates that fine particles (PM2.5) and ozone combined are responsible for **370,000 premature deaths** each year in EU25, and the loss of 3.6 millions years of life annually.

(CAFE: *Impact Assessment of the Thematic Strategy on Air Pollution and the Directive on "Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe"*, SEC(2005)1133, Brussels, 21 Sept. 2005 (<http://www.cafe-cba.org/>))

- **WHO** estimates that exposure to fine particulate matter in outdoor air leads to about 100 000 deaths (and 725 000 years of life lost)

(WHO, *World Health Report 2002*, Geneva)

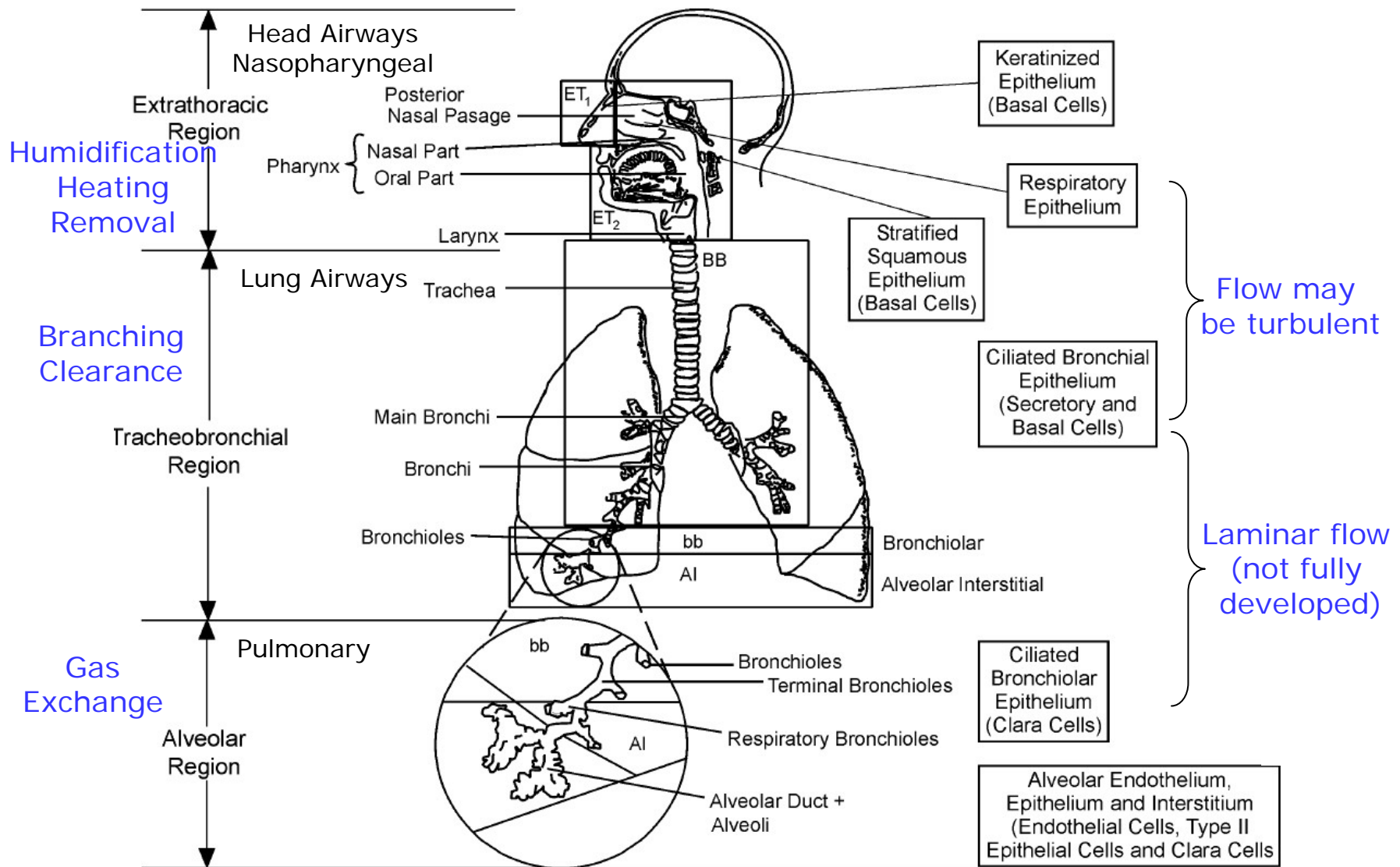
- For **Sweden**, Forsberg et al. (2005) estimated that the current population exposure to PM10 results in **5000 premature deaths** annually.



Andra hälsoeffekter och besvär:

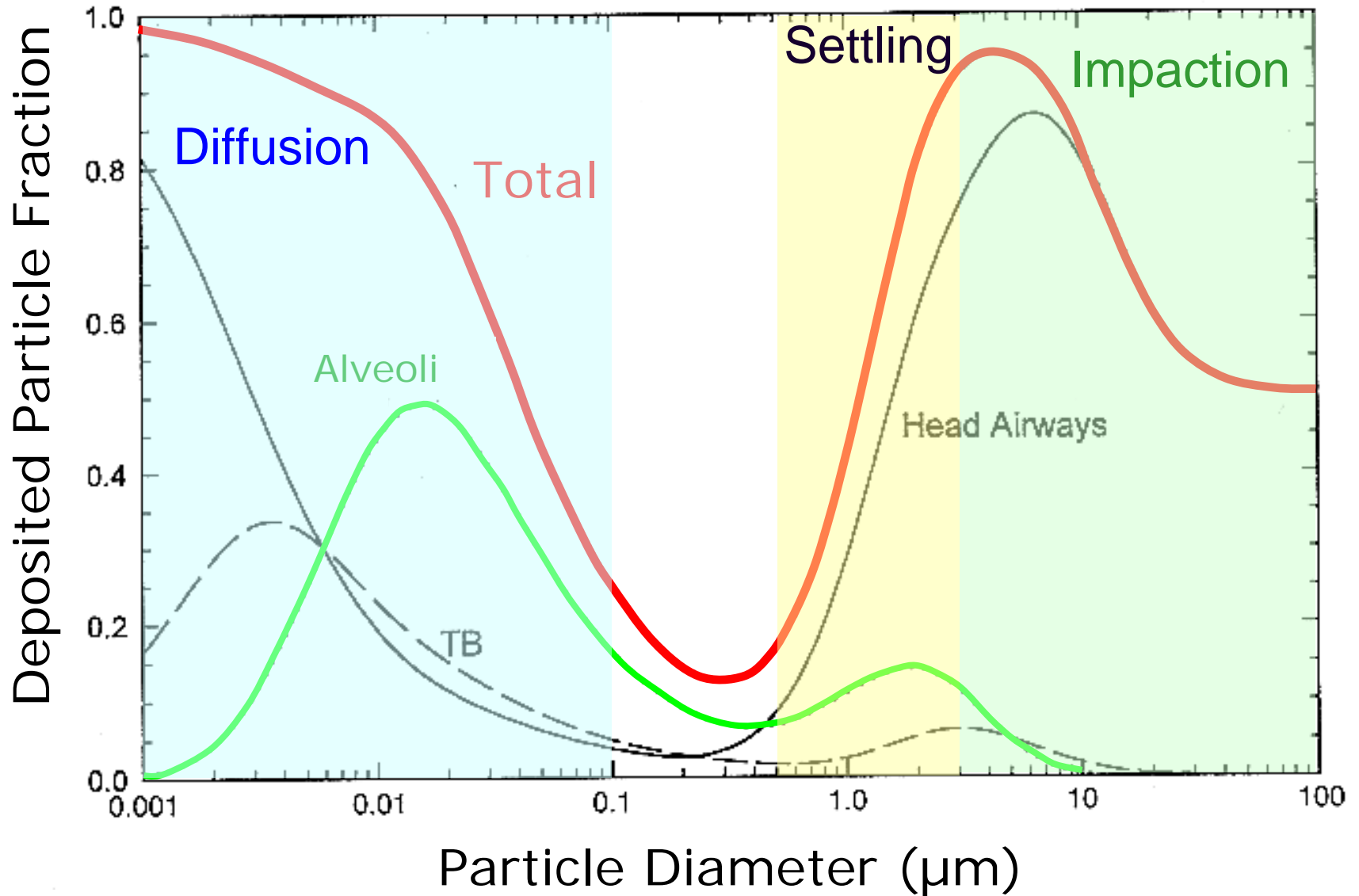
Till detta kommer effekter i arbetsmiljöer av partiklar med kända hälsorisker (asbest, kvartsdamm, metallpartiklar, isocyanater etc) och radon, passiv rökning och allergener i inomhusluften samt andra effekter än förkortning av livslängden

The Human Respiratory Tract



ICRP Deposition Model

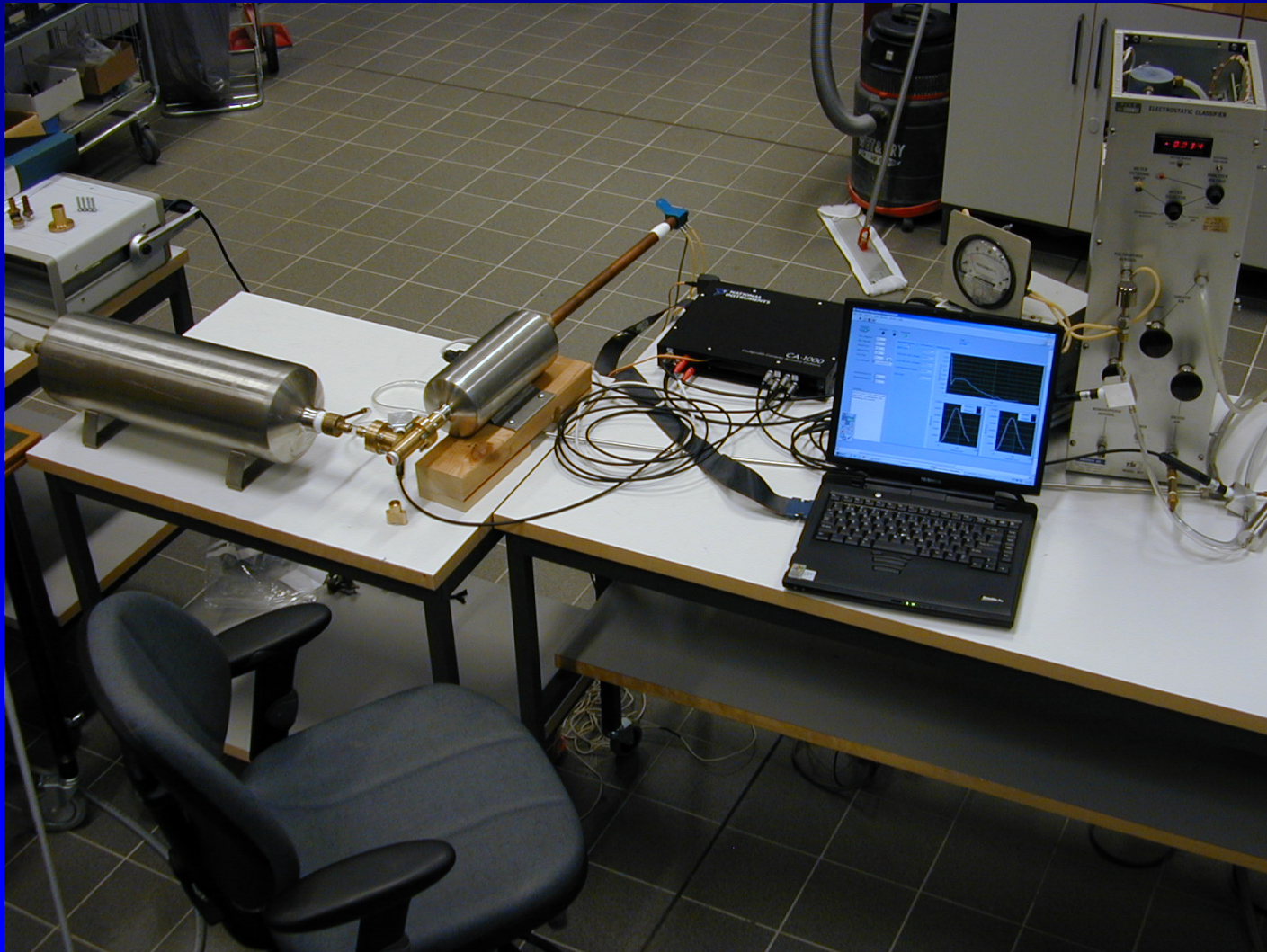
International Commission on Radiological Protection

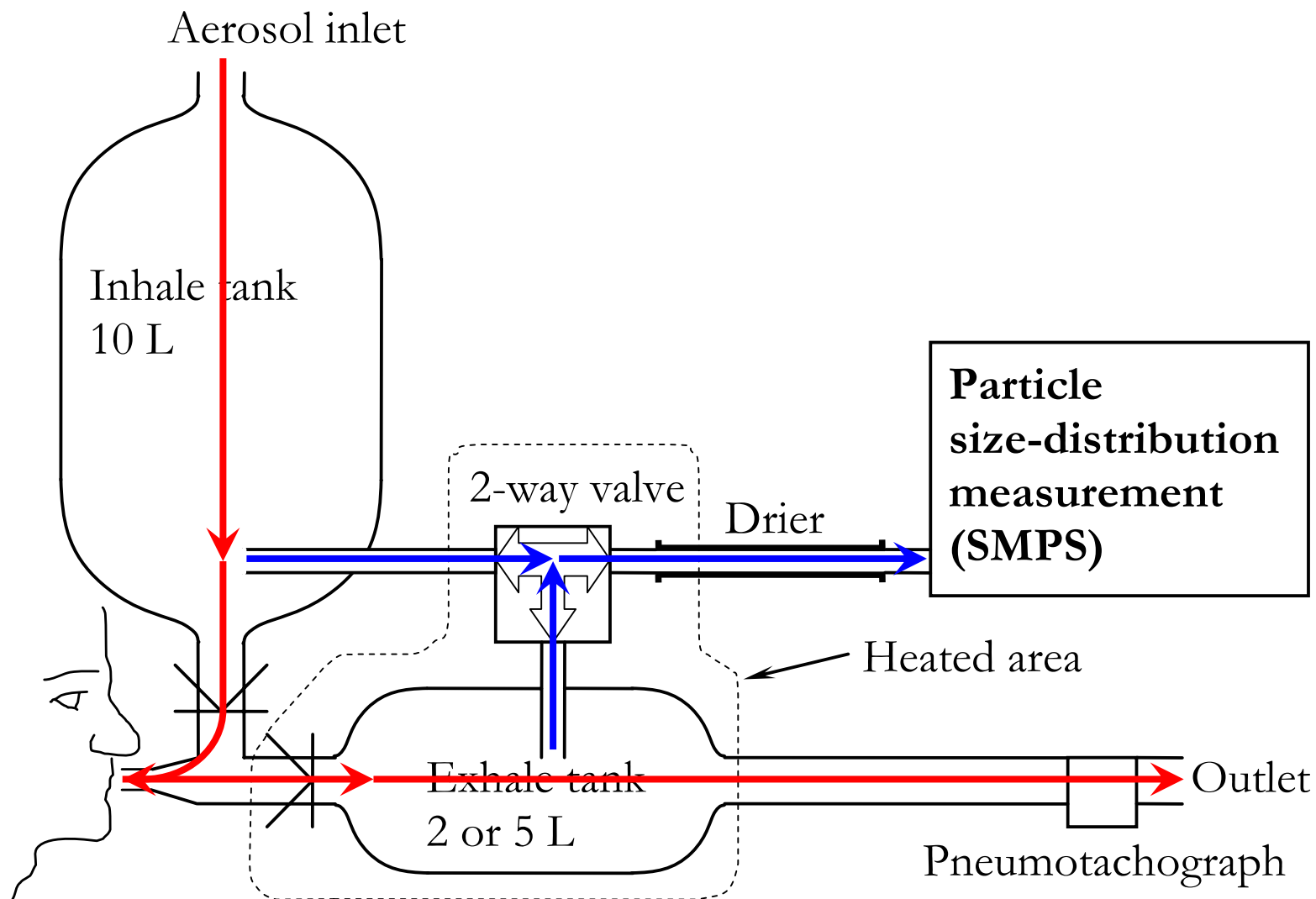




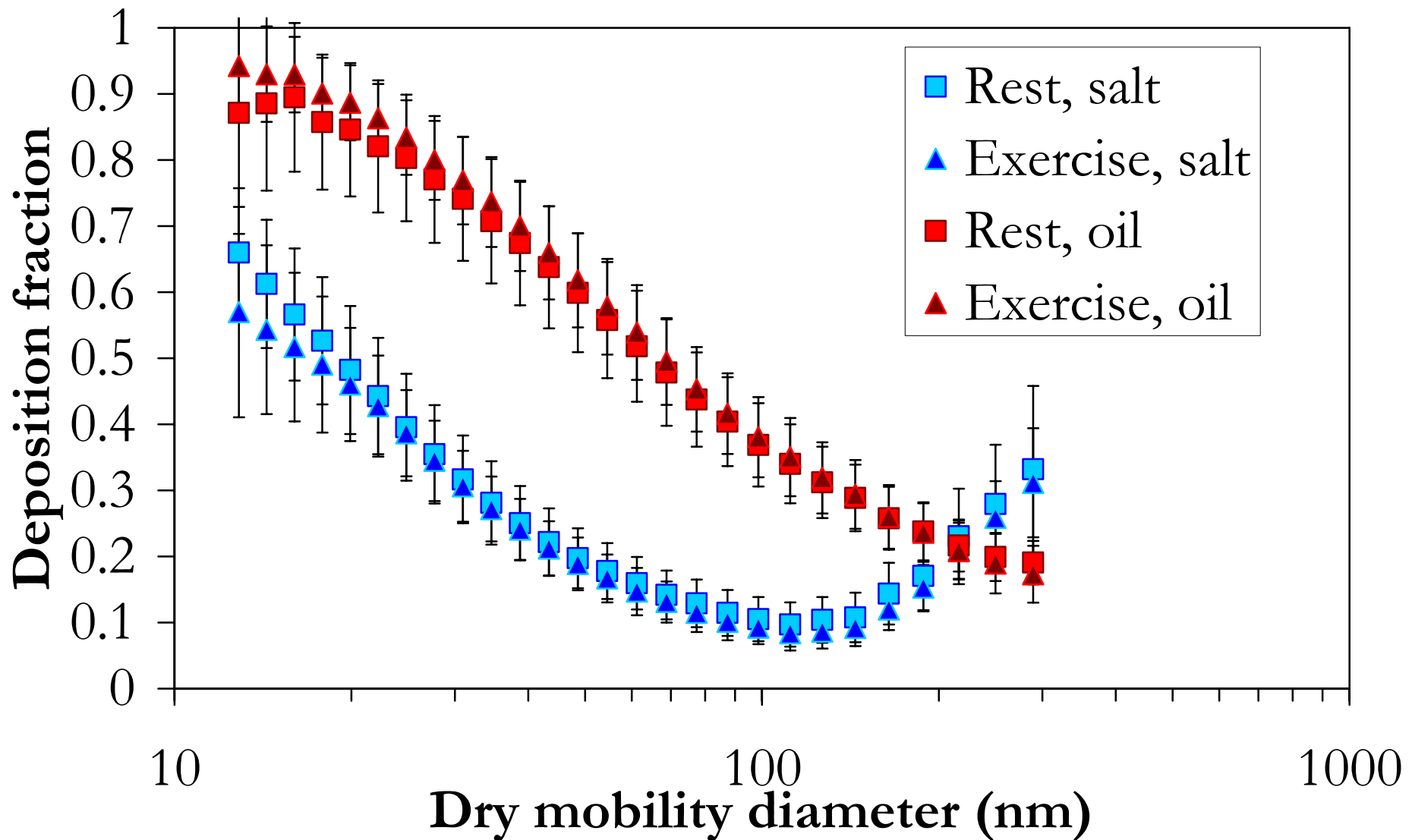
LUND INSTITUTE
OF TECHNOLOGY
Lund University

Lung Deposition Measurements RESPI instrument





Mean values



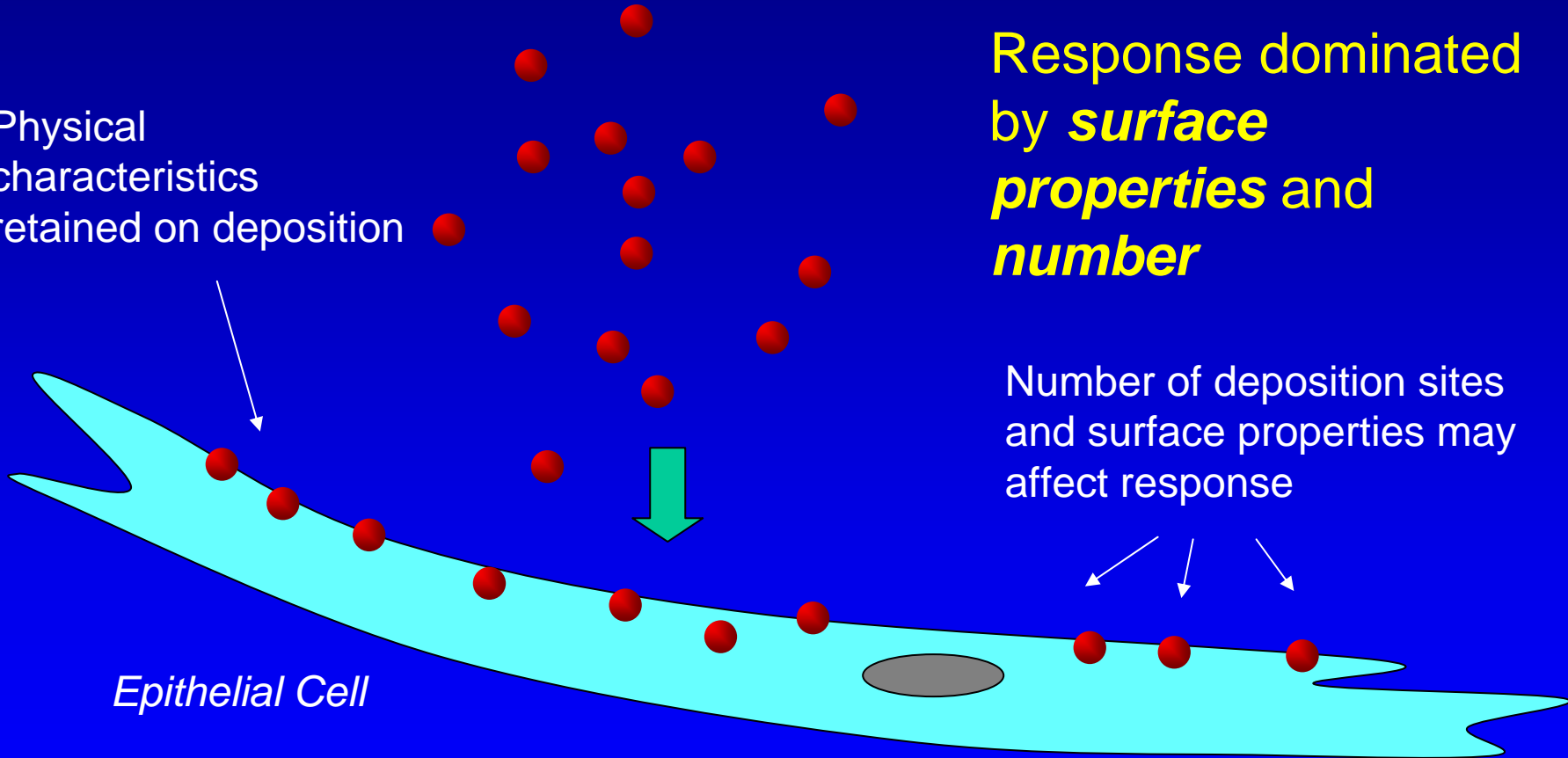
Svårlösliga partiklar

Physical characteristics retained on deposition

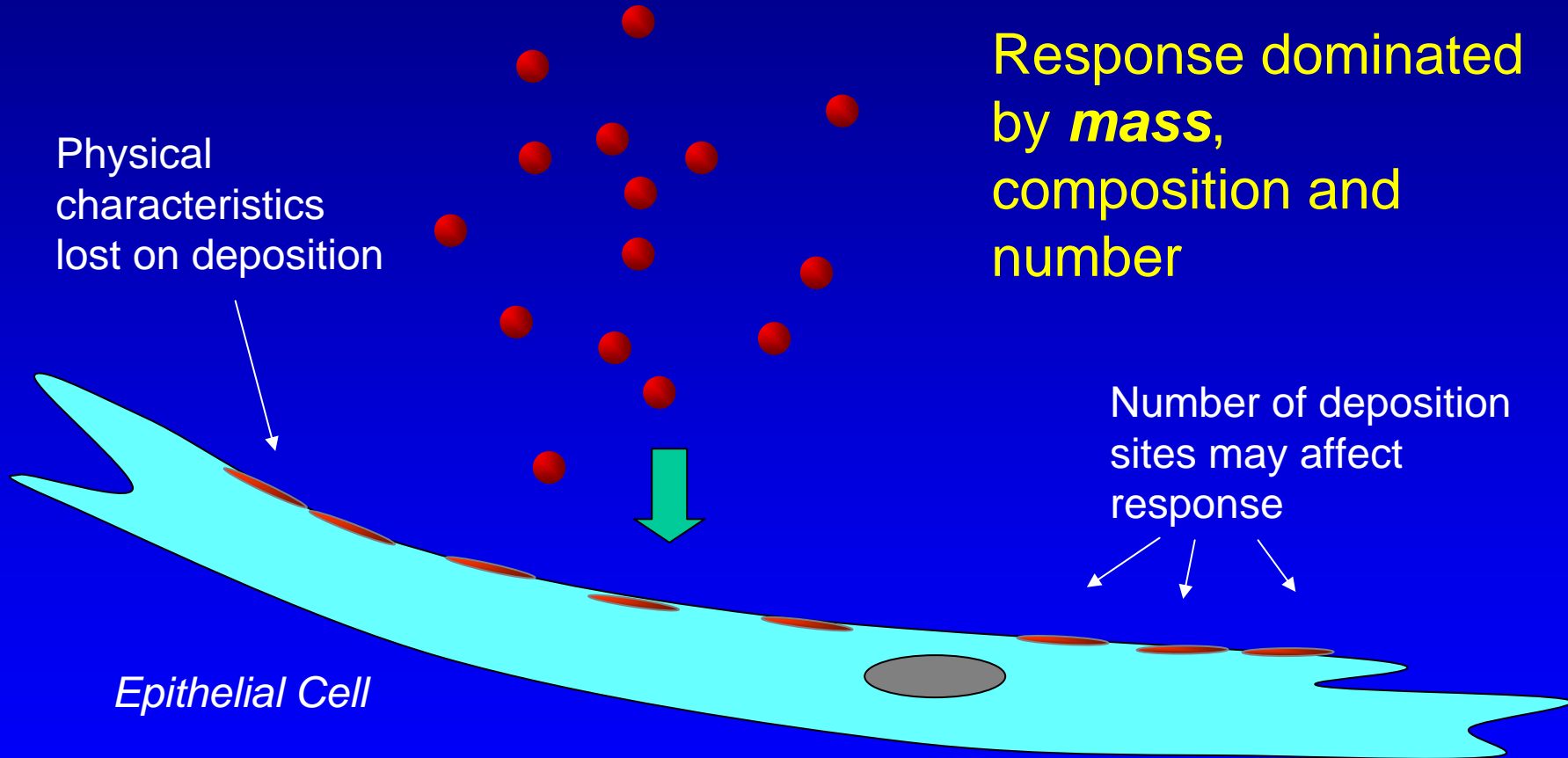
Response dominated by **surface properties** and **number**

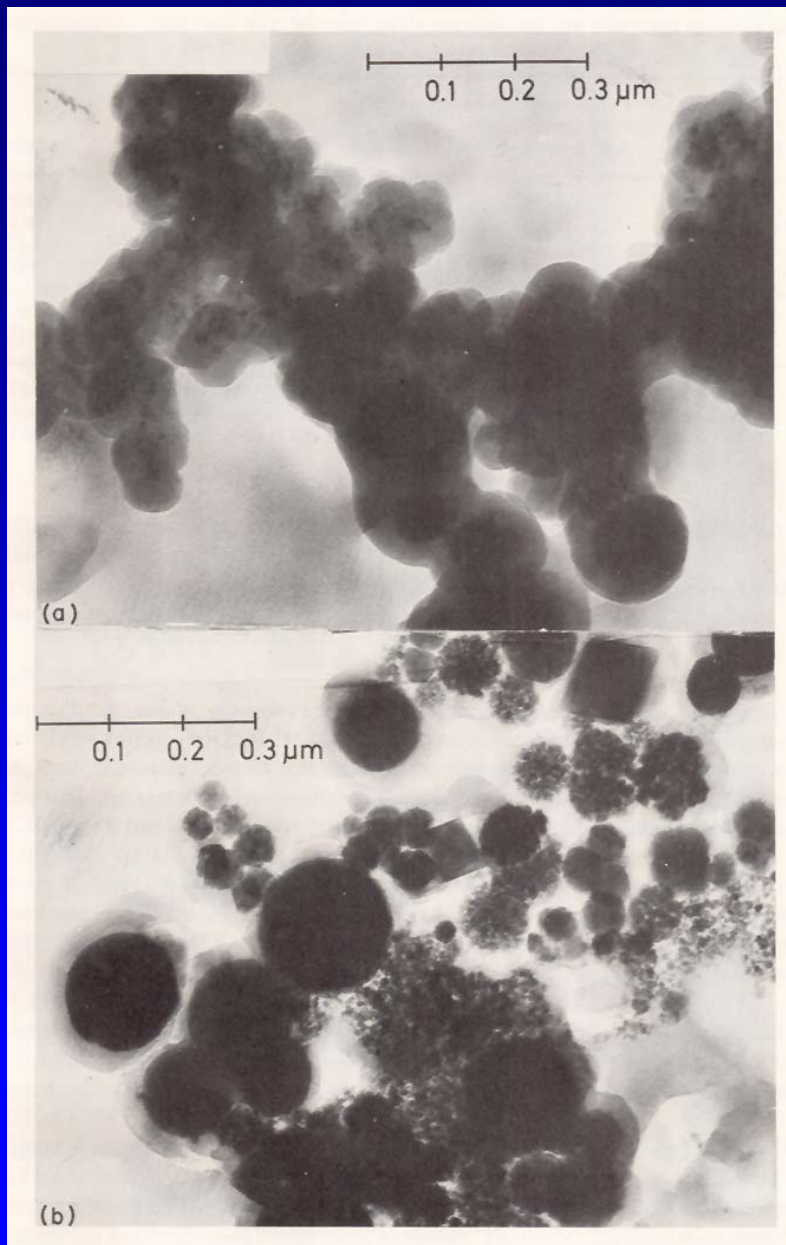
Number of deposition sites and surface properties may affect response

Epithelial Cell



Lättlösliga partiklar





Svetsrökspartikel
före och efter
tvättning

Aerosolegenskaper som kan vara viktiga

- Masskoncentration (PM1, PM2.5, PM10, respirabel, torakal, inhalerbar etc.)
- Areakoncentration
- Antalskoncentration
- Partikelstorleksfördelningar
- Kemiska sammansättning
- Biologiskt innehåll
- Radioaktivitet
- Löslighet
- Hygroskopicitet
- Partiklarnas form/morfologi

Filter används för att skydda människan mot luftburna partiklar i ventilationssystem och andningsskydd

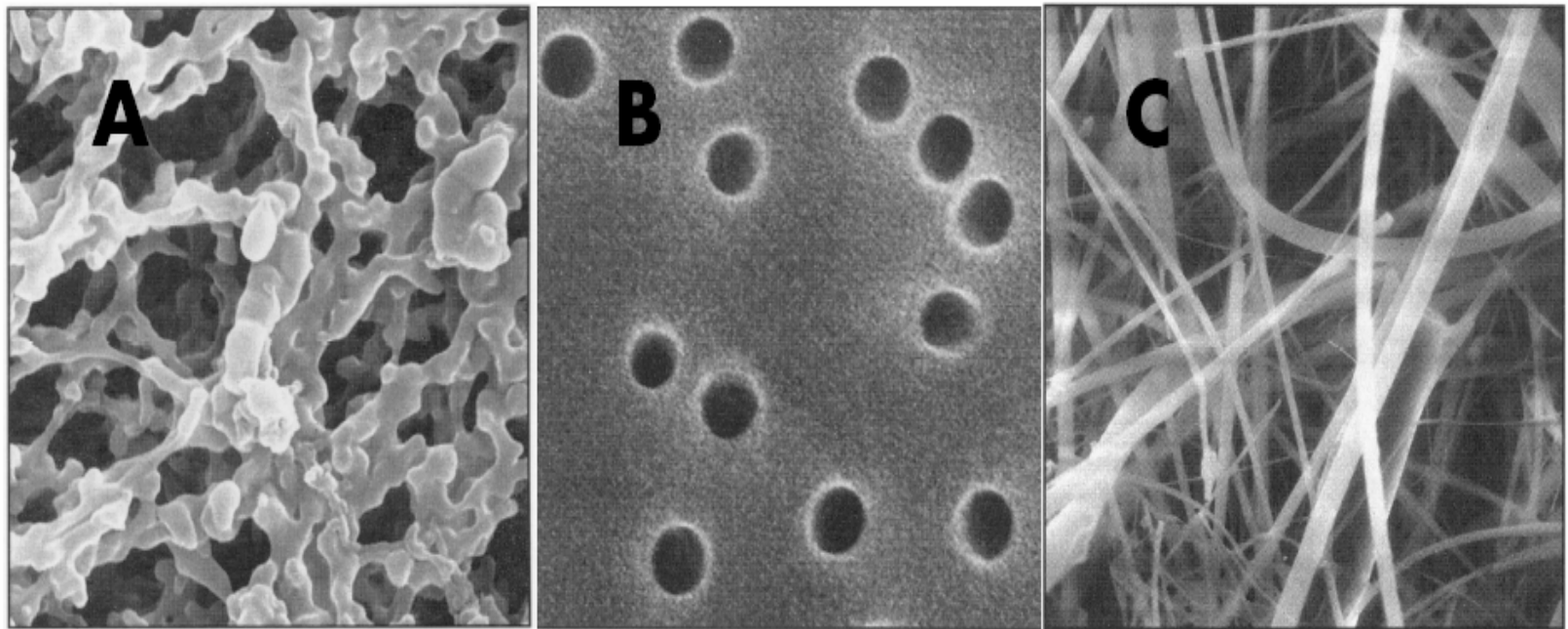


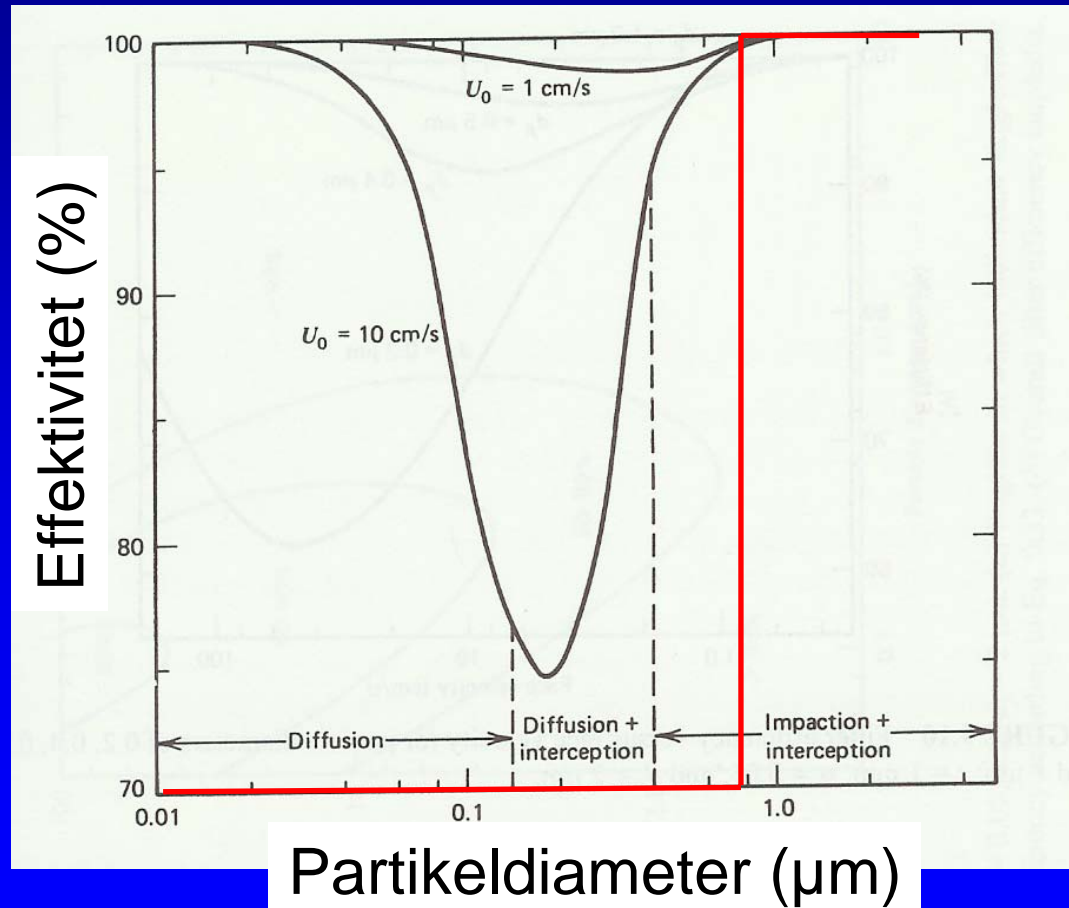
Figure 12.

Electron micrographs of **A:** membrane filter of cellulose ester, **B:** membrane filter with etched pores and **C:** glass-fibre filter. Magnification about 4000, 4000 and 1000 times, respectively.

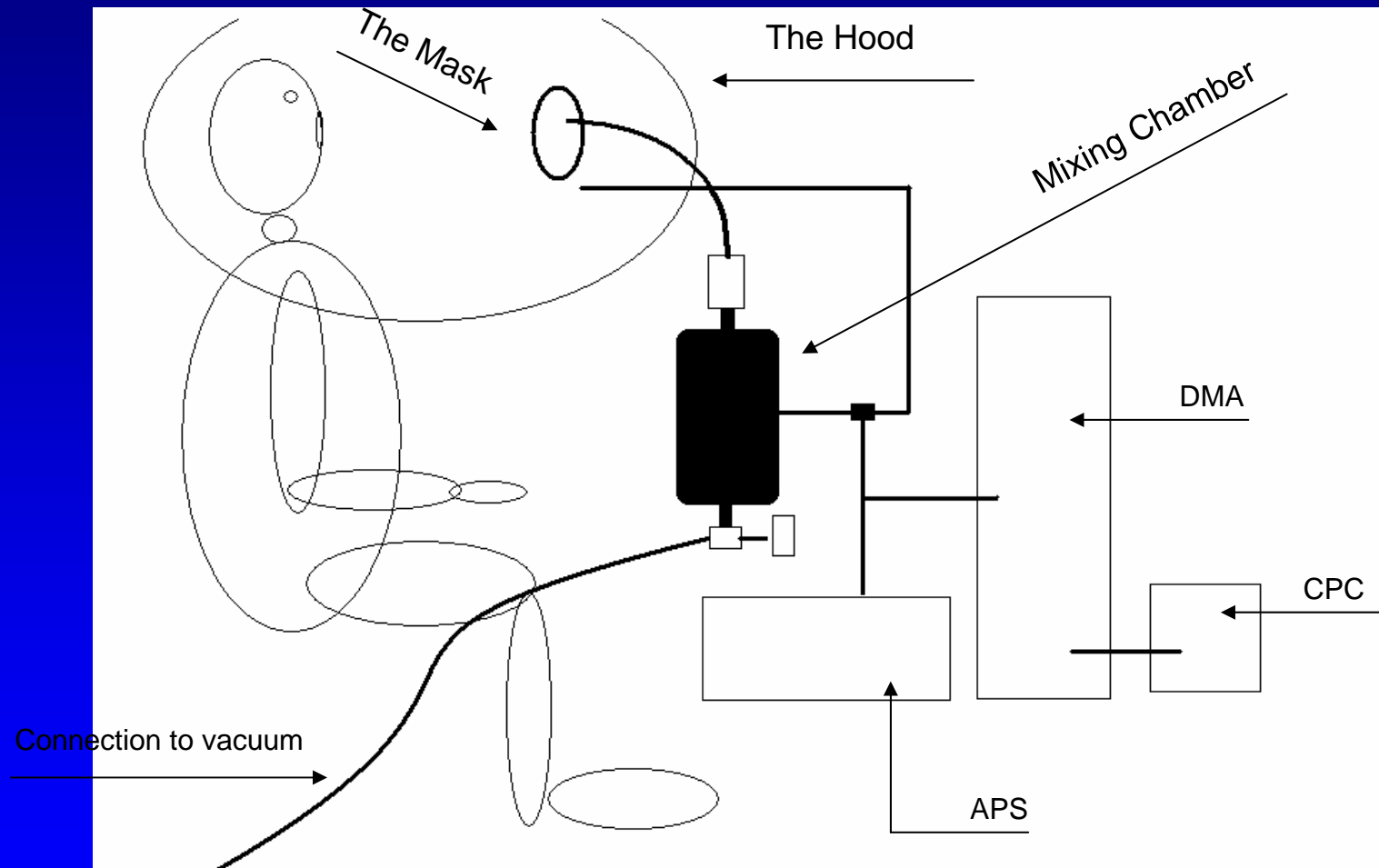
Depositionsmekanismer i filter

- Interception (sileffekt)
- Impaktion (tröghetseffekt)
- Sedimentation (gravitationen)
- Diffusion (beroende på Brownsk molekularrörelse)
- Elektrostatisk krafverkan

Filtrets insamlingseffektivitet



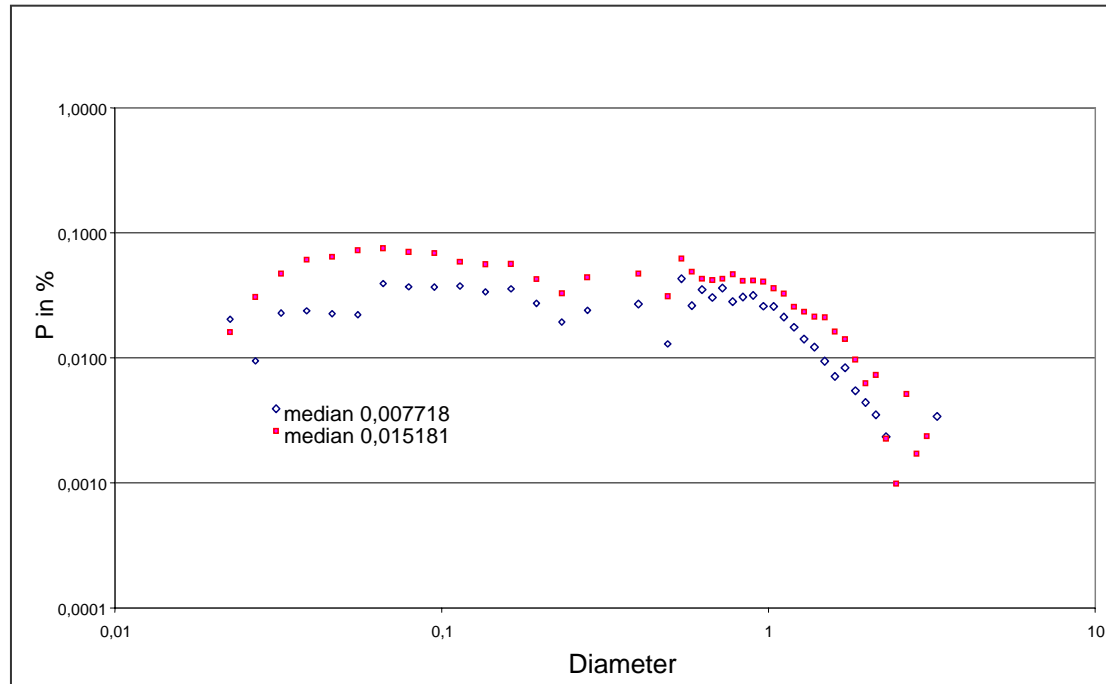
Försöksuppställning för enkelt test



Bilder från vårt utvecklingsarbete



Penetration through the mask in %



Egenskaper/prestanda

- Mäter skyddsfaktorn för alla partiklar mellan $0.01\mu\text{m}$ och $10\mu\text{m}$.
- Testar under funktion.
- Tar ca 10 minuter idag, kan minska till 2 minuter.

Nanoteknologins effekter börjar uppmärksammas

Nanopartiklar kan ge material helt nya mekaniska, elektriska, magnetiska och termiska egenskaper. Tillämpningar av nanoteknologi ökar kraftigt.

Stora möjligheter men också hot!

Slutsatser

- F/UF partiklar (t.ex. $PM_{2.5}$) i utomhusluften är associerade med lung och hjärt & kärlsjukdomar i befolkningen.
- Mest exponering sker inomhus (hög penetration till inomhusluften).
 - Kunskapen om källor och koncentrationer av F/UF partiklar i inomhusmiljöer är begränsad.
- I arbetsmiljöer sker de högsta exponeringar. Hälsoeffekterna av en del partikelslag är välkända
- Noggrannare exponeringsmått t.ex. partikelantal, yta, partikelstorlek, löslighet/hygroskopicitet och kemisk sammansättning behövs till toxikologiska och epidemiologiska studier.
- Det finns goda möjligheter att testa och stödja utvecklingen av andningsskydd med modern aerosolteknik kopplad till studier av hälsoeffekter.

AEROSOLMÄTNINGAR

- Insamling – analys
 - Filterprovtagare
 - Impaktorer
 - Impinger
- Direktvisande
 - Optiska
 - Elektriska
 - Mekanisk resonansmätning

Olika normer för olika miljöer

- **Arbetsmiljön** (respirabel, torakal, inhalerbar fraktion)
Arbetsmiljöverket
- **Inomhusmiljöer** (inga gränsvärden för bostäder utom för radon)
Socialstyrelsen
- **Yttre miljön** (PM10, PM2,5)
Naturvårdsverket

Filter

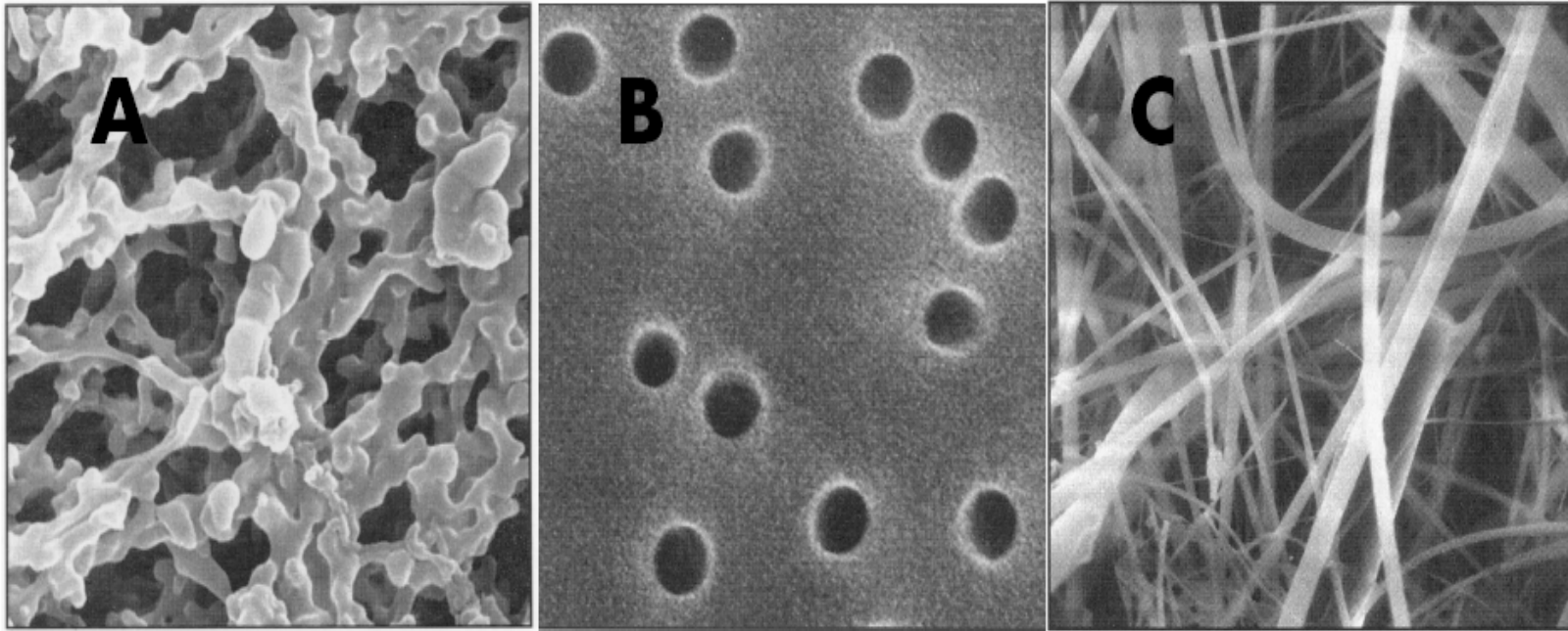
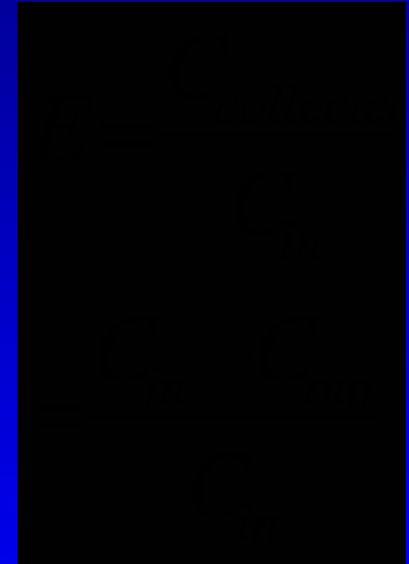
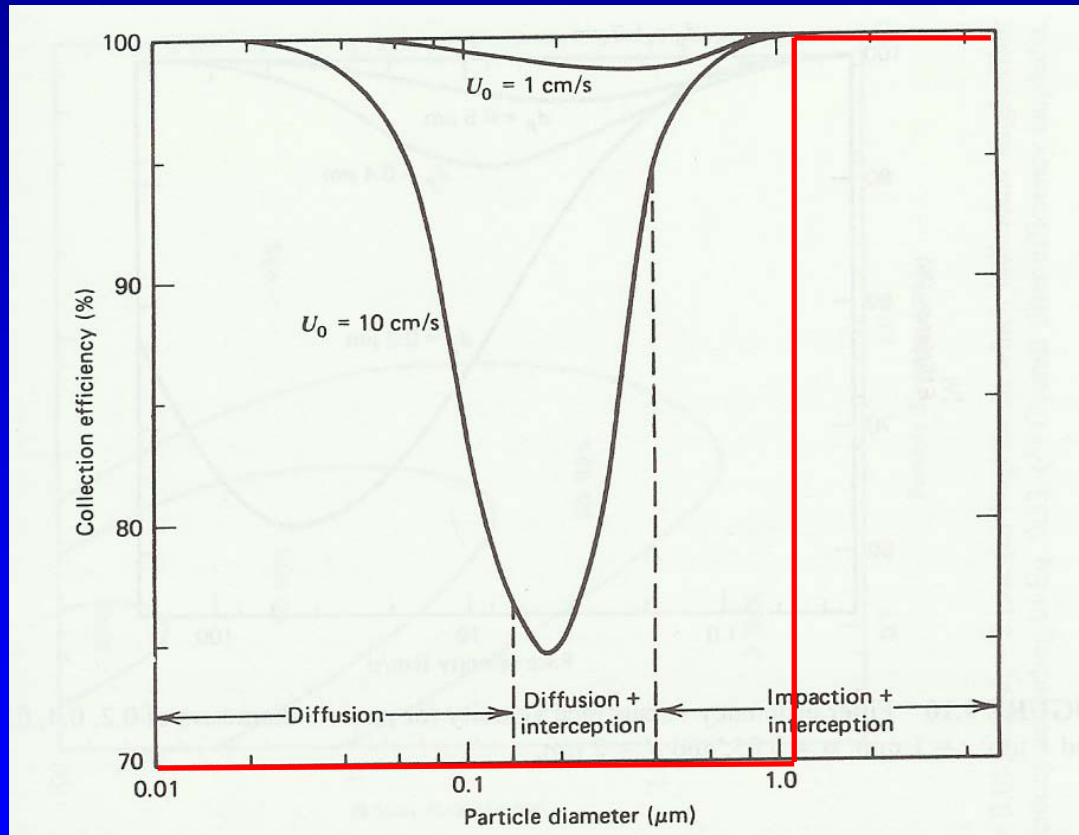


Figure 12.

Electron micrographs of **A:** membrane filter of cellulose ester, **B:** membrane filter with etched pores and **C:** glass-fibre filter. Magnification about 4000, 4000 and 1000 times, respectively.

Filter collection efficiency



Impaktorn

Separerar partiklar
efter deras
aerodynamiskt
ekvivalenta storlek

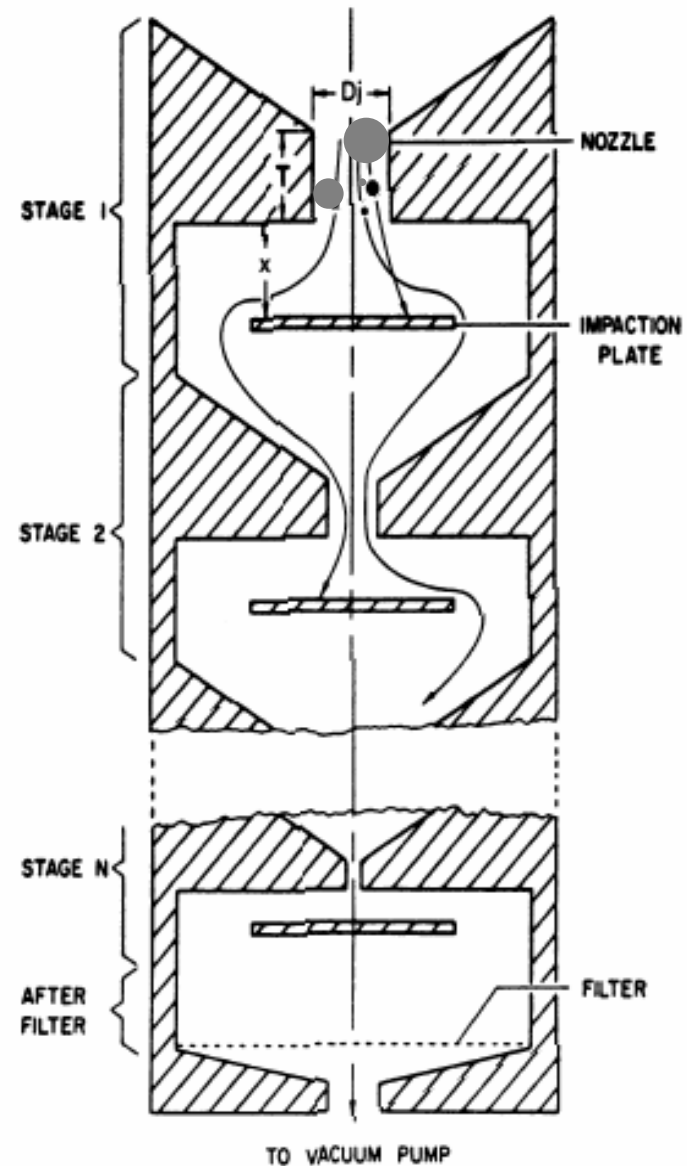


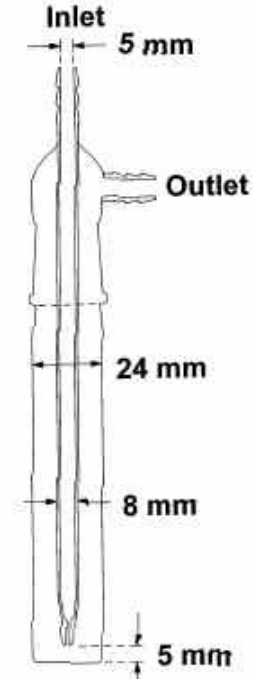
Figure 11.

A cascade impactor. Reproduced from Willeke and Baron (1993).

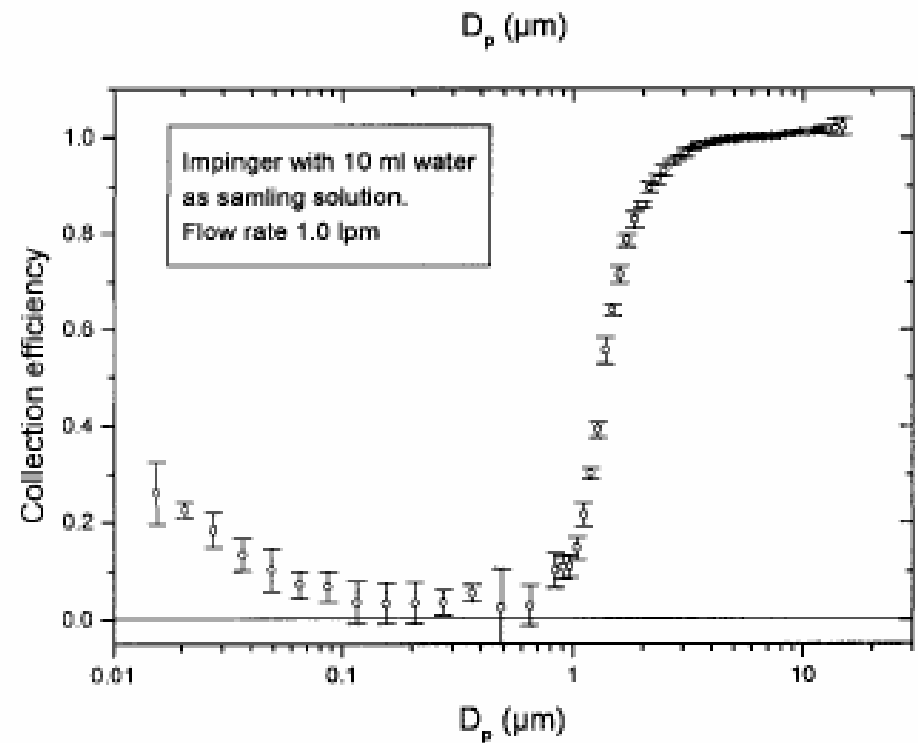
Impingern

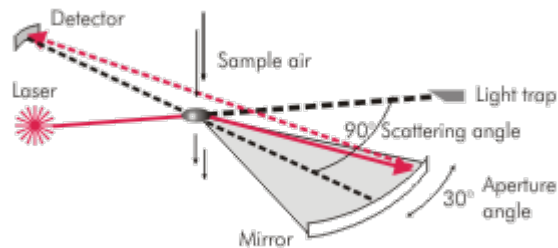
Impinger collection efficiency

Spanne et al. (1999) Am. Ind. Hyg. J. 60



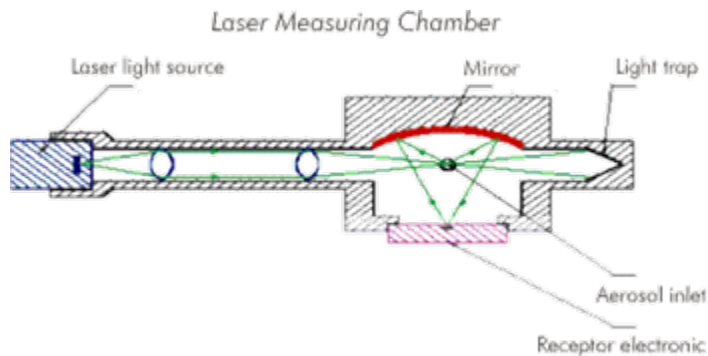
Insamlingseffektivitet





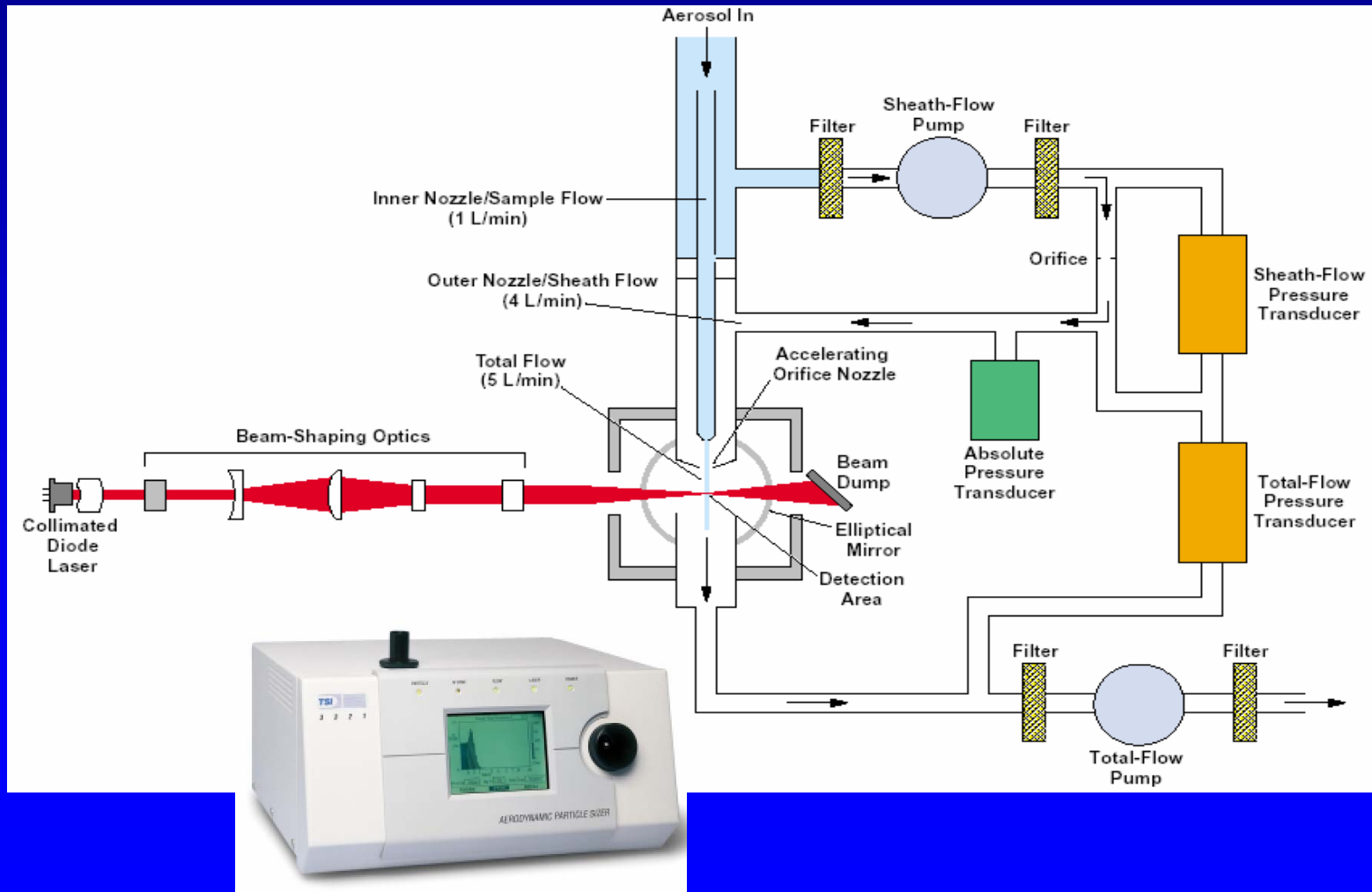
1. Optisk partikelräknare

2. Fotometer – mäter ljusspridning från många partiklar

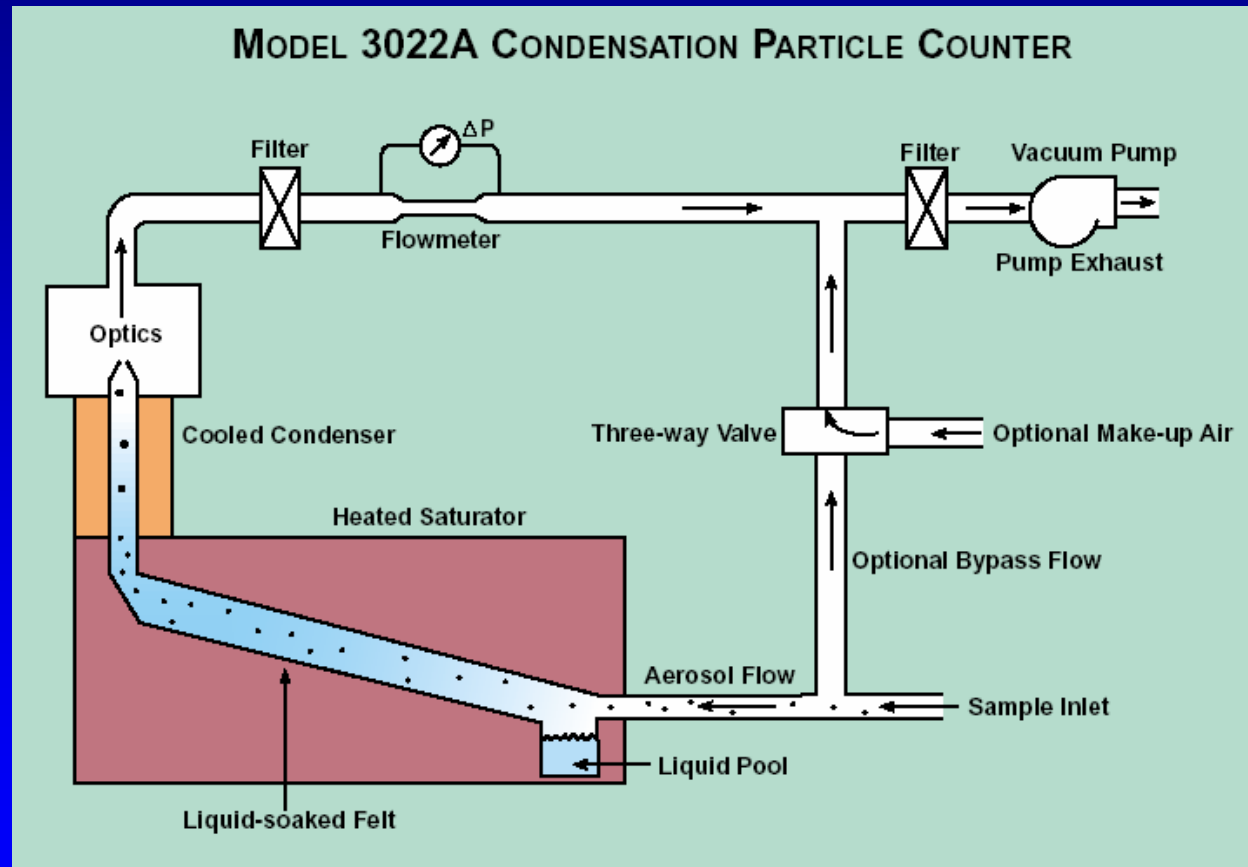


#107 Measuring Unit

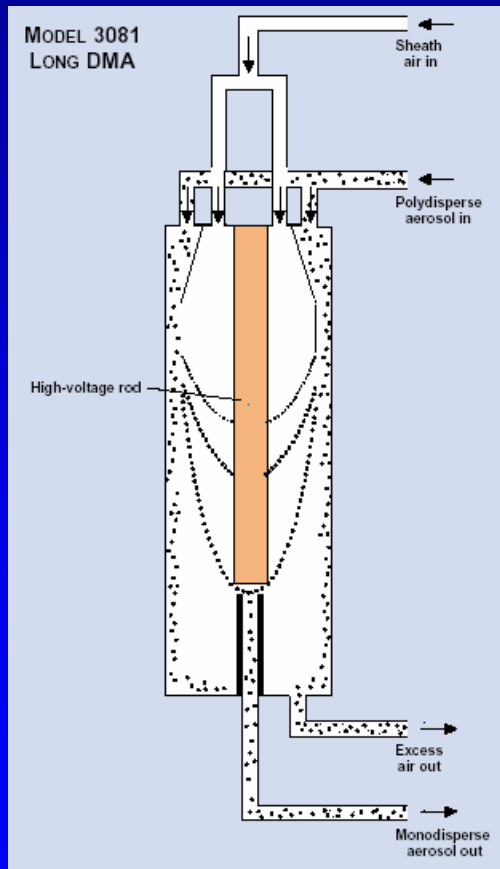
Aerodynamisk partikelräknare (passagetidsmätning)



Kondensationskärneräknare för ultrafina partiklar



Elektrostatisk spektrometer för mätning av storleksfördelning av nanopartiklar



Aerosol Time of Flight Mass Spectrometer

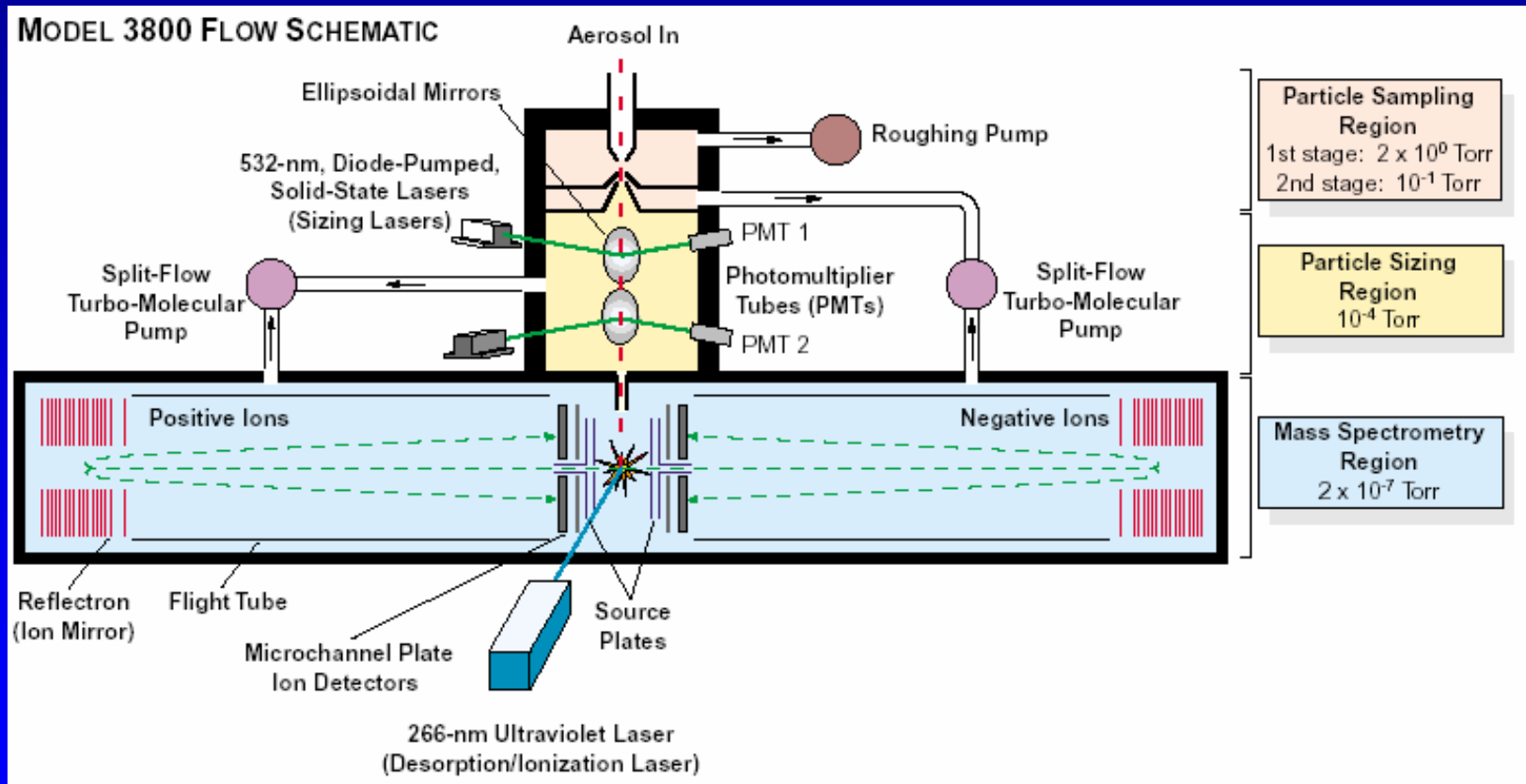


Figure 19.

The principal components of an aerosol mass spectrometer from TSI Inc. (Reproduced from the TSI sales prospect)

Sammanfattning

- Många olika mätprinciper och många olika kommersiella instrument
- Det finns ingen mätteknik som ger svar på alla frågor
- Idag är i princip alla normer baserade på masskoncentrationer vilket medför att gränsvärden och hälsoeffekter är relaterade till massvärden
- Vi behöver nya normer för nanopartiklar