



LUND UNIVERSITY

I de goda och farliga aerosolernas spännande världar

Akselsson, Roland; Johansson, Gerd

Published in:
Ordo

1988

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Akselsson, R., & Johansson, G. (1988). I de goda och farliga aerosolernas spännande världar. *Ordo*, 22(4), 5-10.

Total number of authors:

2

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

I DE GODA OCH FARLIGA AEROSOLERNAS SPÄNNANDE VÄRLDAR

Roland Akselsson och Gerd Johansson — Avdelningen för Arbetsmiljöteknik, Maskinsektionen och Aerosollaboratoriet, LTH

ORDO 4/88

Under denna rubrik ska vi försöka locka er med på några korta resor. Ni kommer bl a att följa med

- heta partiklar från härden i en reaktor i Tjernobyl till svensk mark
- radondöttrar och svetsrök ner i våra lungor
- ultrafina partiklar från deras bildning till nya spännande material.

För att ni inte ska blir reströtta gör vi flera utflykter. På dagens program står heta partiklar och radondöttrar.

Innehållet i artiklarna bygger på några pågående och planerade verksamheter i Aerosollaboratoriet (som drivs gemensamt av Avdelningarna för Arbetsmiljöteknik och Kärnfysik.) samt på en internationell konferens som vi var med om att arrangera i Lund kring månadsskiftet augusti/september 1988. Konferensen, European Aerosol Conference 1988, samlade över 300 deltagare från mer än 20 länder. Vi har inte ambitionen att vare sig täcka hela verksamheter vid Aerosollaboratoriet eller de över 200 bidragen till konferensen utan enbart ambitionen erbjuda några smakbitar.

En introduktion med lite fysik och lite teknik

En aerosol är en dispersion av fasta eller vätskeformiga partiklar i en gas. Vi approximerar ofta partiklarna med sfärer och de har då en diameter i intervallet någon nano-

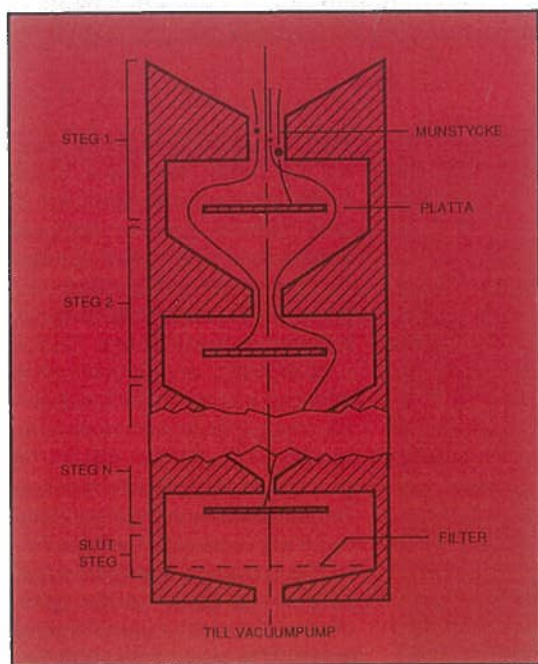
meter upp till någon tiondels milimeter.

(1 nm = 10^{-9} m, $1 \mu\text{m} = 10^{-6}$ m)
För partiklar större än ungefär 0.1-0.5 μm använder man ofta den (ekvivalenta) **aerodynamiska diametern**, ϕ_a . För en partikel, P,

definieras ϕ_a som diametern hos en tänkt sfärisk partikel med densiteten 1 och som på grund av tyngdkraften sedimenterar med samma hastighet som P.

Partiklarna inom detta stora storleksintervall, ca. 5 tiopotenser, uppför sig fysikaliskt och kemiskt mycket olika. De minsta partiklarnas ($\phi_a < 0.5 \mu\text{m}$) rörelse vid normalt tryck och normal temperatur påverkas i hög grad av stötar från luftens molekyler. Partiklarna beskriver därför en oregelbunden sick-sack bana — de diffunderar. De följer också relativt väl med det luftpaket de befinner sig i, även om luftpaketet tvingas att kraftigt ändra riktning eller hastighet.

För större partiklar får diffusionen föga eller ingen betydelse. De följer ej längre så väl med sina luftpaket vid hastiga avvikelser i riktning eller hastighet. Detta kan utnyttjas vid mätning eller elimination av partiklar. Figur 1 visar en **kaskadimpaktor**. Den är ett insamlingsinstrument för partiklar i luft och delar upp partiklarna i storleksklasser. Impaktorn bygger på principen att tillräckligt stora



Figur 1
Kaskad-
impaktor

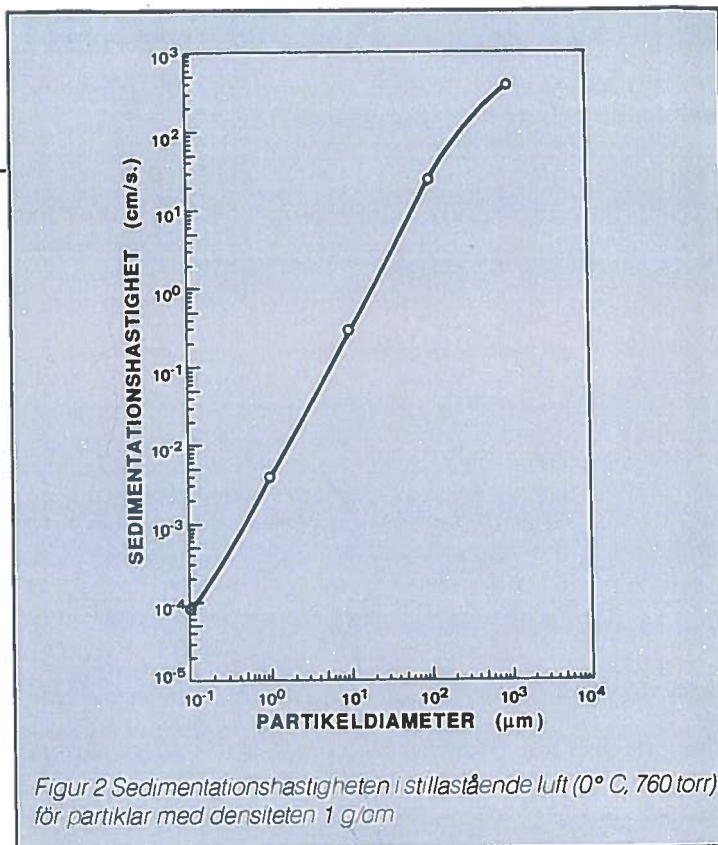
partiklar fortsätter framåt och fastnar (impakterar) på en platta när luftstrålen tvingas runda plattan. Genom att utforma impaktorsteg med mindre och mindre hål erhålles högre och högre hastigheter varför mindre och mindre partiklar kan avskiljas.

Proven från impaktorn i figur 1 lämpar sig utomordentligt väl för analys med den vid avdelningen för kärnfysik utvecklade PIXE-metoden.

För stora partiklar får även sedimentation pga tyngdkraften betydelse. Figur 2 visar sambandet mellan sedimentationshastighet och partikelstorlek uttryckt i aerodynamisk diameter. Den linjära delen av kurvan visar Stokes lag. I figur 3 återfinns storleken på partiklarna i ett antal aerosoler.

Från Tjernobyli till svensk mark

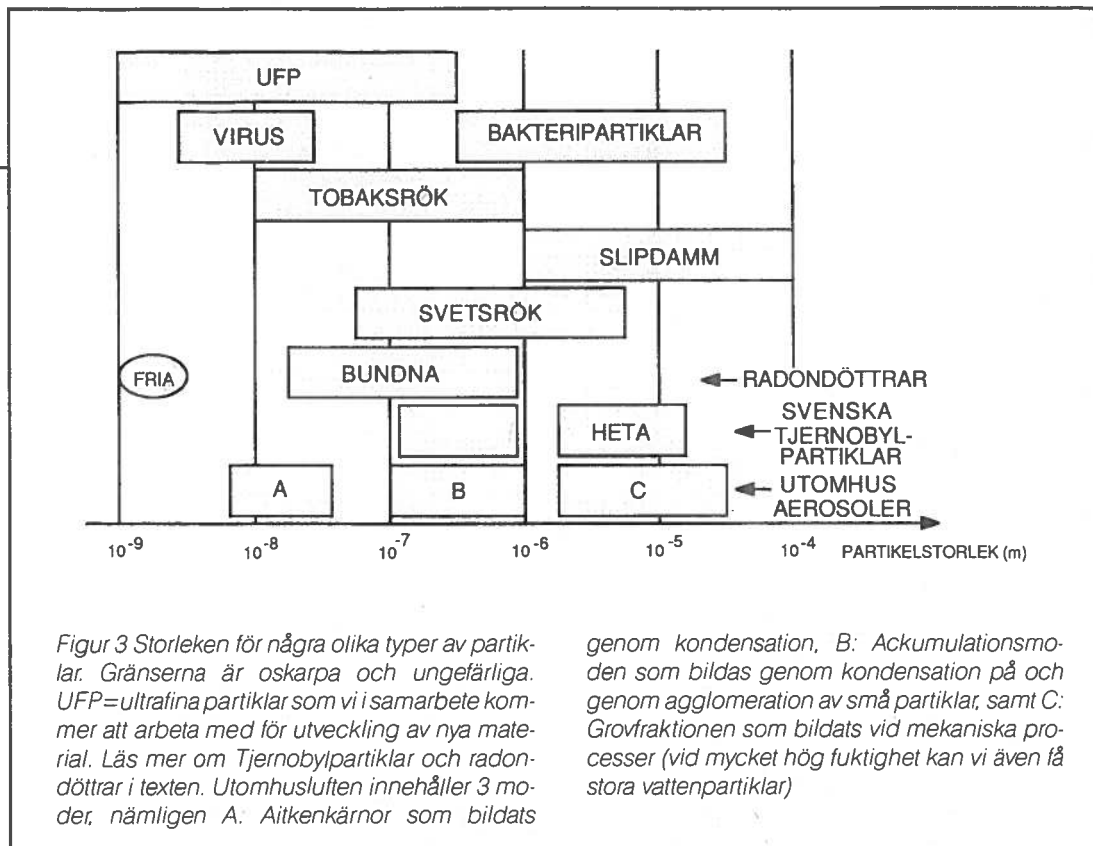
Under den europeiska aerosolkonferensen i Lund presenterade Rolf Falk från Strålskyddsinstitutet en intressant undersökning. Figur 4 från denna presentation visar en så kallad het partikel som hittats i Sverige och som härrör från Tjernobylireaktorns härd. Partikeln kallas het eftersom koncentrationen av radioaktivt material är hög. Ungefär ett år efter olyckan sökte Falk och medarbetare systematiskt igenom tre områden i Sverige (i Gästrikland, i Stockholm och på Gotland) med en sammanlagd area på 500 m². De använde en Geiger-Müller räknare och upptäckte då 36 punkter med hög radioaktivitet. Genom att ta ett



Figur 2 Sedimentationshastigheten i stillastående luft (0° C, 760 torr) för partiklar med densiteten 1 g/cm³

jordprov som innehöll aktiviteten och sedan successivt dela provet och behålla den del som var aktiv kunde de i flera fall isolera en het partikel. Diametern på de funna partiklarna är ca 10 µm och eftersom de heta partiklarna har hög densitet är den aerodynamiska diametern så stor som ca 30 µm. Enligt de modeller, som först användes för att beskriva förloppet under de katastrofala vårdagarna i Tjernobyli 1986, borde inte så stora partiklar ha transporterats hit. Uppkomsten och transporten av en aktivitet, som vi hört och sett mest om i massmedia, förstår aerosolforskarna ganska väl. Vid de höga temperaturer som upp-

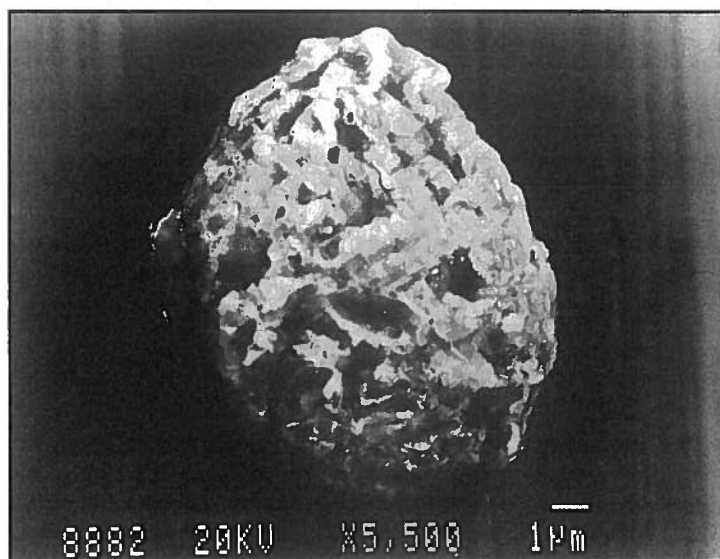
stod i reaktorn förångades material. Då ångan avkyldes av omgivande luft kondenserades den till små partiklar. Genom ytterligare kondensation på dessa partiklar och genom att små partiklar i höga koncentrationer snabbt agglomererar växte partiklarna. De fick i genomsnitt en aerodynamisk diameter något mindre än 0.5 µm. Så små partiklar kan transporteras långa sträckor, t ex 100 mil. På grund av de vid olyckan rådande vindförhållandena transporterades sådana partiklar över bl a Finland och Sverige. Transportvägar beskrivs väl av vindförhållandena vid den höjd där lufttrycket är 850 hPa, d v s på ca 1500 me-



Figur 3 Storleken för några olika typer av partiklar. Gränserna är oskarpa och ungefärliga. UFP=ultrafina partiklar som vi i samarbete kommer att arbeta med för utveckling av nya material. Läs mer om Tjernobytpartiklar och radondöttrar i texten. Utomhusluften innehåller 3 moder, nämligen A. Aitkenkärnor som bildats

genom kondensation, B: Ackumulationsmoden som bildas genom kondensation på och genom agglomeration av små partiklar, samt C: Grovfraktionen som bildats vid mekaniska processer (vid mycket hög fuktighet kan vi även få stora vattenpartiklar)

Figur 4 Het partikel från Tjernobylsreaktorns härd.

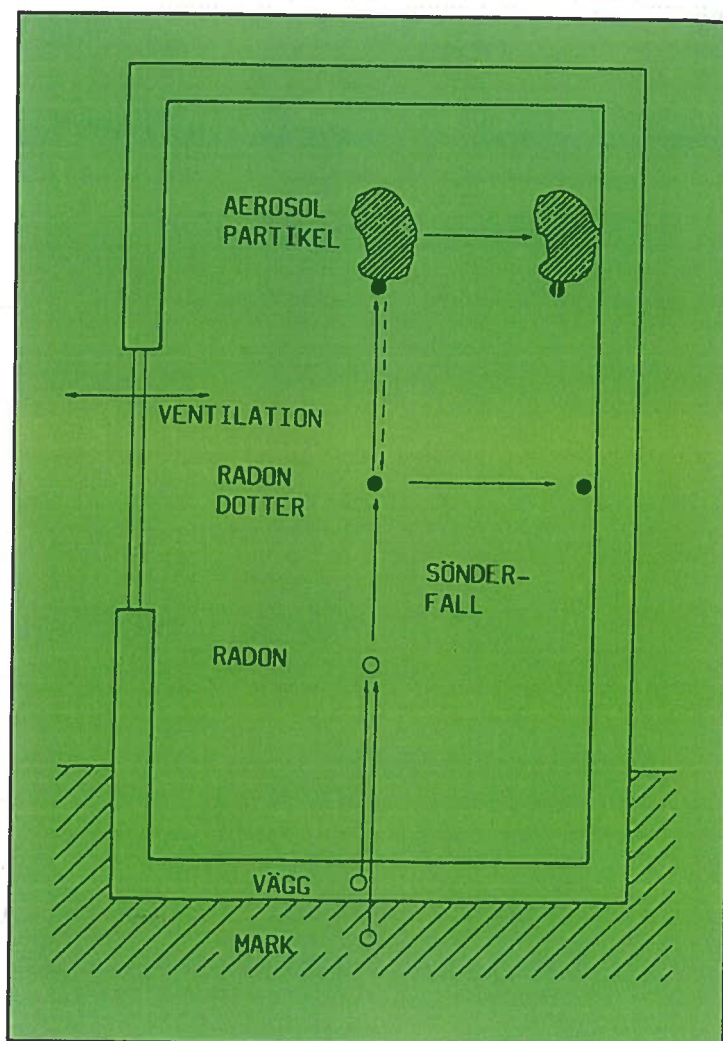


ters höjd. En del av aktiviteten deponerades på mark och växtlighet genom sk torrdeposition. De lokalt höga koncentrationerna av radioaktiva ämnen erhöles genom att regn på dessa platser tvättade ut lufthavet, sk våtdeposition. Långväga transport och deposition av partiklar är för övrigt två av de mest framträdande forskningsområdena vid Aerosollaboratoriet (H C Hansson och medarbetare).

Huvuddelen av aktiviteten i dessa submikrona partiklar härör från jod- och cesiumisotoper. ^{137}Cs har en halveringstid på ca 30 år. Även om mekaniska och andra blandningsmekanismer ger en utspädning kommer vi alltså att i Sverige se spår av Tjernobylolyckan i många år.

Vad gäller då för de heta partiklarna? Innehållet talar om att en del partiklar kommer från själva kärnbränslet och andra från metaller i bränslestavarna. Aktiviteten från en partikel har uppmätts till så mycket som 40 000 Bq (1 Bq = 1 Becquerel = 1 sönderfall/s) vid tiden för partiklarnas ankomst till Sverige. Halveringstiden för den då dominerande aktiviteten, den från ^{103}Ru (rutenium), är emellertid relativt kort (39 dygn).

Falk och medarbetare uppskattar förekomsten av heta partiklar i de undersökta områdena till ca 1 per kvadratmeter. För att så stora partiklar som det här är frågan om ska nå Sverige från Tjernobyli bör de ha kastats upp över 3000 m vid olyckan. Ur risksynvinkel verkar 1 partikel per m^2 mycket. Falk och medarbetare har emellertid undersökt 1000 personer, varav 750 är bosatta i de undersökta områdena, och inte funnit att någon av dessa fått någon het partikel i sina lungor. Eftersom partiklarna är så stora som $30\ \mu\text{m}$ är sannolikheten för att en sådan partikel ska nå lungorna mycket liten. En mångdubbelt större hälsofara, än de heta partiklar som i dag ligger på svensk mark, tar vi upp i nästa avsnitt — radondöttrar i inomhusmiljön.

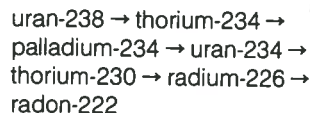


Figur 5 Radon/radondöttrars samverkan med omgivningen i en bostad.

Med "radonföräldrar" och radondöttrar från universums skapelse till en av våra allvarligare miljöfaror

Vid universums tillkomst för ca $4.5 \cdot 10^9$ år sedan bildades många olika nuklider. De flesta var instabila på grund av att de innehöll för många protoner och/eller neutroner. En av dessa nuklider var radon-222 (^{222}Rn). Halveringstiden för denna nuklid är 3.82 dygn. Av det radon som bildades för flera miljarder år sedan finns således inget kvar. Däremot finns uran-238 kvar eftersom dess hal-

veringstid är ca $4.5 \cdot 10^9$ år. ^{238}U är en "förälder" till ^{222}Rn , vilket innebär att ^{222}Rn nybildas hela tiden enligt kedjan



I de sönderfall i kedjan där massalet minskar med fyra (tex från 238 till 234) utsänds en α -partikel (=helium-4 kärna). I de sönderfall där massalet ej ändras utsänds en β -partikel (=elektron). Sönder-

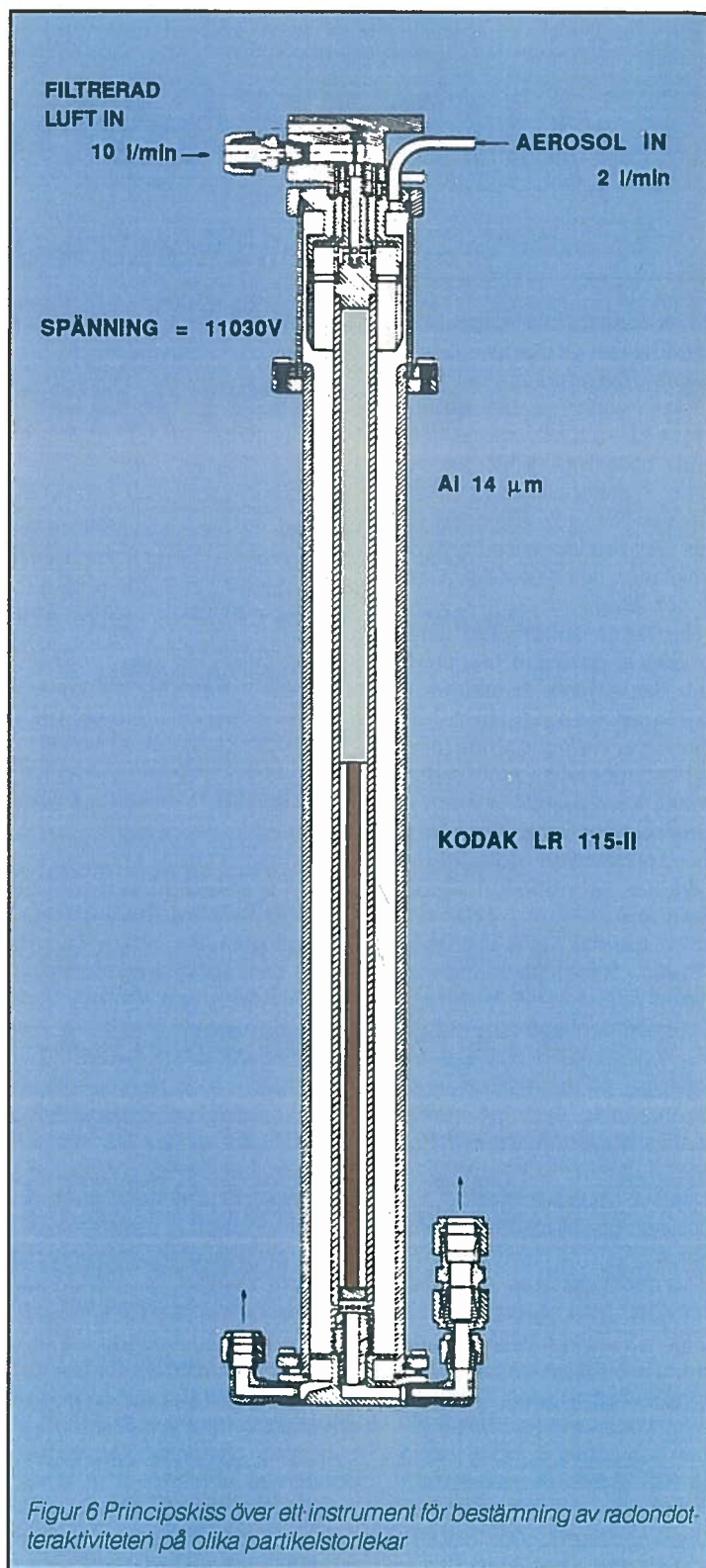
fallen i denna kedja sker huvudsakligen, i den berggrund där uran-238 föräldern finns. Radon är emellertid en gas, tillika en ädelgas, och som sådan kan den lämna sin "födelseplats" och transporteras tex in i luften i en bostad.

Sönderfallskedjan fortsätter enligt

radon-222 → polonium-218 →
 bly-214 → vismut-214 → polonium-214 → bly-210 →
 vismut-210 → polonium-210 →
 bly-206 (Stabil)

Radontets fyra första kortlivade sönderfallsprodukter, ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi och ^{214}Po , brukar benämnas radondöttrarna. Det är depositionen i lungorna av ^{218}Po , ^{214}Pb och ^{214}Bi som är farligast för vår hälsa. ^{214}Po har kort halveringstid ($164 \mu\text{s}$) och koncentrationen i inandningsluften blir därför låg. ^{210}Pb har så lång halveringstid (22 år) att eliminationsmekanismerna i lungorna får god tid på sig. Denna långa halveringstid gör också att nästan allt ^{210}Pb sprids ut och deponeras på omgivningen, varför koncentrationen i luft av efterföljande nuklider blir låg.

Stråldosen från radondöttrarna utgör den dominerande komponenten av naturlig strålning som människan utsätts för. Den är också betydligt större än den genomsnittliga dosen från kärnkraft och kärnvapen idag. Med en grov uppskattning kan man få fram en livstidsrisk för lungcancer p g a radon i bostäder till 0.5%, vilket skulle innebära ca 500 nya cancerfall/år i Sverige. Det är strålningen från de alfaemitterande radondöttrarna som ger upphov till skadan i lungorna. Då alfapartiklar bromsas upp, tex i lungvävnad, sker en kraftig jonisation. Genetiskt material i celler kan skadas. Med de α -energier som är aktuella vid radondottersönderfall är α -partiklarnas räckvidd i vävnad mycket kort (0.05-0.07 mm). Det är därför som



Figur 6 Principskiss över ett instrument för bestämning av radondotteraktiviteten på olika partikelstorlekar

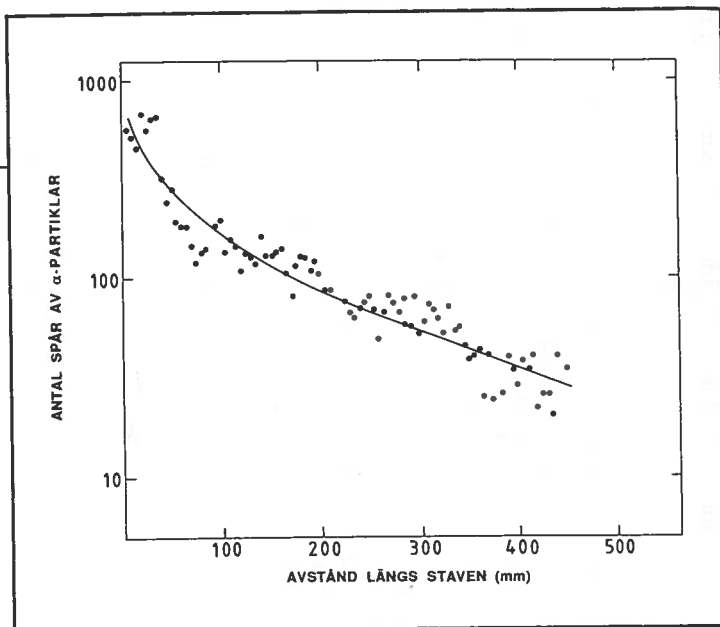
radondöttrarna efter deposition i lungorna kan ge skador i de ytligt liggande cellerna.

Våra kunskaper om exponeringen för radondöttrar är fortfarande bristfälliga, vilket ger osäkerhet i riskuppskattningar och dåligt underlag för åtgärdsstrategier. Detta måste anses som allvarligt med tanke på riskens storlek och allvar.

När radon sönderfaller bildas fria joner av polonium, bly och vismut. Dessa joner är små — av storleksordningen 1 nm — och diffunderar kraftigt. De fria jonerna har därför hög sannolikhet att fastna på omgivande ytor och på större partiklar i luften. I figur 5 visas en schematisk bild av radondöttrarnas samverkan med omgivningen.

I luften vi andas har vi således en fri fraktion och en partikelbunden fraktion radondöttrar. Andelen fri fraktion beror bl a på rumsaerosolens koncentration och storleksfördelning, på rummets utseende och inredning samt på ventilationshastigheten. Andelen fri fraktion kan variera mycket mellan olika miljöer. I bostäder brukar man uppskatta den till mellan 1 och 10 procent.

I en genomgång av litteraturen fann ICRP (International committee for radiation protection) att när hälsorisen vid radondotterexponering ska uppskattas, viktas den fria fraktionen med en högre faktor än den partikelbundna fraktionen. Riskfaktorn för den fria fraktionen varierar mellan 6 och 38 beroende på vilken lungmodell som används. Det är således av stor



Figur 7 Fördelningen av radondöttrar längs med staven i instrumentet i figur 6

betydelse att veta hur stor den fria fraktionen är i olika miljöer och hur den kan påverkas.

I ett samarbete med Institutionen för Radiofysik (Christer Samuelsson) och Fysiska Institutionen (Gilbert Jönsson) och med stöd från Naturvetenskapliga forskningsrådet och Statens Strålskyddsinstitut tar vi fram mätteknik för fri fraktion och för partikelbundna radondöttrar. Vi studerar bl a hur andelen fri fraktion beror av aerosolens koncentration och storleksfördelning. Vi vill också skapa en bättre bild av hur exponeringen för radondöttrar ser ut i bostäder. Sådana kunskaper är nödvändiga för att förstå sambandet mellan exponering och lungcancer, för att kunna göra riskbedömningar och för att utveckla lämplig åtgärdsteknik.

Figur 6 visar en skiss av ett instrument för bestämning av radondot-

teraktiviteten som funktion av partikelstorleken. Rumsaerosol sugts in, partiklarna laddas upp och släpps in perifert i ett rör. Centralt i röret sitter en lång elektrod som laddats upp till flera kilovolt. På elektroden sitter en remsa av film som är avsedd för registrering av α -partiklar. När luft strömmar genom röret kommer de laddade partiklarna med rätt polaritet att dras mot elektroden. Partiklarna med störst elektrisk mobilitet deponeras i början av filmremsan. Då det elektriska fältet, lufthastigheten och geometrin är känd kan man beräkna var olika partikelstorlekar hamnar utmed elektroden. Korrektioner måste göras för att inte alla partiklar blir enkelladdade vid uppladdningsprocessen. Figur 7 visar ett exempel på en aktivitetsfördelning.

