

Partiklerne, vi aldrig udånder igen

Af Jakob Löndahl

Natten til den 6. december 1952 slog en sort, stinkende tåge ned over London. Det havde været usædvanligt koldt nogen tid, og for at holde varmen fyrede byens borgere for fuld kraft i alle kaminer. Da så vinden pludselig tog af, pakkede røgen sig til en næsten uigennemtrængelig dis. Biler blev efterladt på gaden. Teaterforestillinger blev aflyst. Tog og fly stod stille.

Den værste effekt mærkedes dog først nogle uger senere, da hospitalerne blev overfyldte og ligkister en mangelvare. Cirka 12.000 personer døde, og langt flere fik alvorlige helbredsproblemer. Katastrofen i London regnes for at være starttidspunktet for den moderne forskning i luftforurening. Faktisk kendte man allerede i antikken til, at udslip i luften kan føre til sygdom. Men under den hastige udvikling i industrialismens barndom opstod en slags fartblindhed,

hvor rygende skorstene blev set som tegn på fremgang. F.eks. blev "Titanic" – først og fremmest af æstetiske grunde - forsynet med en ekstra skorsten.

Nu ved vi, at luftforurening kan skade høsten, forskyde vore økosystemer og påvirke den globale middeltemperatur.

Millioner dør af forurenede luft

Trods de enorme lidelser, som luftforurening giver anledning til, findes der mange huller i vores viden om, hvordan forureningen påvirker os. Det er som oftest svært at lave en direkte kobling mellem eksponeringen for forurenede luft og følgende helbredsproblemer. Kun i undtagelsestilfælde kan man konstatere, at en sygdom virkelig har sammenhæng med forekomster i luften – som f.eks. ved akut røgforgiftning eller ved langvarigt arbejde med asbest eller et andet,

velkendt farligt materiale. Langt mere sædvanligt er det, at skaderne forekommer senere i form af hjerte-kar-sygdomme, nedsat lungefunktion, astmaproblemer, allergiske reaktioner eller ved, at den udsatte f.eks. føder børn med for lav fødselsvægt.

Opgørelser af antallet af dødsfald, som forvoldes af uønskede elementer, som hvirvles rundt i luften, baseret derfor som regel på statistiske beregninger. Ifølge beregningerne for tæt ved 3 millioner mennesker årligt deres liv forkortet på grund af røgfylde indeklime eller færdene i forurenede byluft. Tobaksrygning, som opgøres i en særskilt kategori, er alene årsag til 5 millioner dødsfald. Af de cirka 60 millioner dødsfald, der årligt sker i verden, kan med andre ord 8 millioner knyttes til indåndingen af forurenende stoffer.

Men statistiske sammenhænge er ikke nok til med sikkerhed at fastslå, at luftforurening er årsag til sygdom. Af den grund har forskerne længe forsøgt at finde årsagen til, at bittesmå, svævende partikler, endda i lave koncentrationer, kan føre til, at sygeligheden øges.

Teori i svævende støv

Et af de spørgsmål, der har skullet besvares er, hvordan partikler opfører sig inde i kroppen. Dette problem har stået på den videnskabelige dagsorden siden slutningen af 1800-tallet. De første laboratorieforsøg blev udført af den irske fysiker John Tyndall, som i øvrigt også var den første, der i eksperimenter påviste drivhuseffekten.

Tyndall betragtede, hvordan lys reflekteredes fra de støvkorn, der svævede rundt i luften – nogenlunde som vi kender det, når en stribe sollys stråler ind i et ellers mørkt lokale. Han lagde mærke til, at mere lys blev reflekteret i den luft, han indåndede, end i den luft, han udåndede. Særligt i slutningen af åndedraget var lysrefleksionen bemærkelsesværdig lille. Ud fra det drog han den slutning, at en del af de indåndede partikler måtte have sat sig fast i hans luftrør.

Da Tyndall i 1870 præsenterede sine resultater på Royal Institution i London vakte de nærmest opstandelse. På det tidspunkt diskuterede medicinske

forskere intensivt den kontroversielle teori om, at sygdomme skulle kunne spredes via luftbårne mikroorganismer. Tyndall vurderede, at hans observationer støttede den tanke, men kritikken mod ham blev hård. En fysiker burde vide bedre end at fremsætte synspunkter inden for biologiens verden. Men selv om mange blev oprørte, gav historien Tyndall ret, og vi kan til stadighed lære meget af de eksperimenter, han indledte. Tyndalls målemetode var genial i al sin enkelhed. Den havde dog store begrænsninger. Han kunne kun betragte de partikler, som kunne ses med det blotte øje, og han kunne ikke danne sig et indtryk af partiklernes størrelse og antal. I dag ved vi, at små, usynlige partikler spiller en stor rolle. En væsentlig del af de stoffer, som svæver rundt i luften, tilhører denne kategori. Det gælder både menneskeskabte forureninger og de emner, som opstår naturligt i atmosfæren.

Samarbejde styrkede metoden

I Lund har vi gennem et samarbejde med Afdelingen for Kärnfysik, hvor jeg selv arbejder, og Afdelingen for Aerosolteknologi for nyligt konstrueret en teknik, som gør det muligt mere præcist at bestemme den mængde af partikler, som fæstner sig i lungerne, når vi ånder. Med metoden, som har fået navnet Respi, til forskel fra Tyndall,

måle antallet, arten, volumen og størrelsen på de partikler, der optages i lungerne. Snart vil vi også kunne vurdere partiklernes kemiske sammensætning.

Respi er en videreudvikling af en teknik, som har været tilgængelig for videnskaben i nogle år. Faktisk bygger metoden stadig på Tyndalls ide: Partikelkoncentrationen i indåndingsluften sammenholdes med

Koncentrationen i udåndingsluften, og forskellen formodes at være optaget i kroppen.

I stedet for at studere lysrefleksionen fra partiklerne, som Tyndall gjorde, oplades partiklerne elektrisk gennem radioaktiv bestråling. Når partiklerne siden passerer gennem et spændingsfelt, bevæger de sig med forskellig hastighed, afhængig af partiklens elektriske spænding og størrelse – eller snarere afhængig af partiklens luftmodstand. Inden for hver størrelse udregnes antallet af partikler, næsten på samme måde, som kunder i en forretning kan registreres ved at lade dem passere gennem en smal åbning, hvor de reflekterer skinnet fra en lampe.

De mindste partikler, ofte kaldet nanopartikler, kræver en særskilt håndtering. Da de ikke selv er store nok til selv at bryde lysstrålen, ledes de gennem en overmættet atmosfære med en gasart, der kondenserer på partiklerne.

Derved får partiklen en størrelse, som kan identificeres af måleudstyret. Trods sin ringe størrelse har især nanopartikler tiltrukket sig øget opmærksomhed på det seneste. Industrier vokser frem omkring anvendelsen af nanopartikler til forskellige formål samtidig med, at mange studier antyder, at de mikroskopiske emner kan have afgørende biologiske betydning, ikke mindst når de bliver luftbårne.

Hidtil har Respi kun været anvendt til nogle få studier. Til at begynde med har vi målt, hvor mange partikler, som forbliver i lungerne ved forskellig grad af anstrengelse. 30 frivillige åndede i instrumentet, når de sad afslappede på en stol og når de motionerede på en motionscykel. Det viste sig, at cirka 4 gange flere partikler fæstnede sig ved anstrengelse end ved hvile, da mængden af indåndet luft var større. Et ikke helt uventet resultat

Mere overraskende var det, at nogle individer optog flere partikler end andre. Der var næsten tre gange så stor forskel mellem dem, der optog flest og dem, der var mindst modtagelige. Forskellen kunne til dels forklares gennem åndedrætsmønstret, da sandsynligheden for, at partikler fæstner sig er mindre ved et hurtigt åndedrag end ved et dybt og langsomt åndedrag.

Men den teori stemte ikke på alle vore forsøgspersoner. Formentlig indvirker form og størrelse på luftrøret også på, om visse individer er mere modtagelige.

I et andet forsøg, som fokuserede på røg fra afbrænding af træ, fandt vi, at den målte mængde af røggaspartikler, som fæstnede sig i lungerne, ikke stemte med vore teoretiske modeller: Færre partikler end ventet blev ladet tilbage i lungerne. Først, når modellerne blev tilpasset til også at omfatte den høje luftfugtighed i luftvejene, blev der god overensstemmelse.

Partikler fra forbrænding af træ indeholder ofte rigelige mængder salte. I en fugtig atmosfære som lungernes absorberer saltet vand, hvilket får partiklerne til at vokse. Når partiklerne bliver større, farer de ikke rundt og kolliderer med luftens gasmolekyler, og den formindskede bevægelighed gør det mindre sandsynligt, at de kommer i kontakt med en overflade i lungerne, de kan fæstne sig på. I tilfældet med røg fra træ indebar det, at risikoen for deponering i lungerne blev halveret. Kun hver femte indåndet partikel fæstnede sig i luftrøret – resten fulgte med åndedraget ud i atmosfæren igen. Dette kan have indvirkning på, hvordan man bedømmer

sundhedsrisikoen i forbindelse med afbrænding af biomasse.

I et efterfølgende studie foretog vi målinger af partikelmængden fra bilernes udstødning på en trafikeret gade i København. Det viste sig, at to af tre indåndede partikler fra udstødning forblev i kroppen. Den store forskel over til partikler fra røgen ved afbrænding af træ kan forklares med, at partiklerne fra Trafikken er mindre og at de ikke vokser nævneværdigt på grund af optagelse af vanddampe i lungerne.

En anet effekt af trafikartiklernes ringe størrelse er, der kræves et betydeligt større antal for at komme op i den samme partikel-masse som i et miljø med partikler fra brænderøg. Dermed bliver deres sammenlagte overflade langt større – præcis på samme måde som et kilo vindruer har en større, samlet overflade end et kilo æbler. Faktisk viste vore målinger, at antallet af deponerede artikler fra trafikken var op mod 20 gange så stort som antallet af deponerede artikler fra brænderøg. Trafikpartiklernes totale overflade var 3 gange større på trods af, at de to deponeringer af partikler vejede lige meget. Resultatet er vigtigt, da det er på overfladen, den kemiske reaktion opstår. Flere studier har vist, at det kan være

partiklernes overflade som afgør, hvordan helbredet påvirkes.

I øjeblikket udarbejdes reglerne for partikeludslip gennem grænseværdier for partikelmassen i luften – ikke ud fra partiklernes overflade eller antal.

Hvad der sker med partiklerne inde i kroppen er endnu ikke helt kendt. Vi ved, at en del transporteres bort af de store fimrehår, som dækker lungernes store luftrør, og at andre partikler, som fæstner sig i næsen eller i munden, nyses ud eller sluges – samt at endnu andre uskadeliggøres af immunforsvarets såkaldte makrofag-celler.

Men visse partikler synes at kunne passere uhindret ud i blodet og siden videreføres til organerne, hvor de kan give anledning til betændelser og sygdomme. I de fleste helbredsundersøgelser overvåges alene koncentrationen af forurening i luften. Ikke desto mindre begrundes eventuelle virkninger alene af den dosis, som mennesket får i sig.