

# Partikulära föroreningar i inomhusluft

Inomhusluften innehåller alltid, liksom utomhusluften, ett stort antal mycket små partiklar. Antalet har bestämts i olika undersökningar och varierar starkt med olika faktorer men är vanligen mellan  $0,1-100 \cdot 10^9$  part per  $m^3$ . Antalsmässigt dominerar de submikrona partiklarna - viktmsässigt dominerar de mellan 1 och 100  $\mu m$ . Luftburna partiklar har alltid funnits men dagens industrisamhälle uppvisar både partikel-typer och -halter som inte var aktuella för några 10-tal år sedan. Synergistiska effekter har också klarlagts.

Luftburet stoft har aldrig positiv inverkan på människan, av denna anledning betraktas här alla luftburna partiklar som "föroreningar". Riskpotentialen hos olika partikelslag behandlas senare, detta måste dock ses i sitt sammanhang med kroppens försvarsmekanismer och eventuella synergistiska effekter.

## Vad innebär inomhus?

Då man behandlar begreppet "inomhus" är det måhända lämpligt att ange använd definition: Här avses således:

- Arbetslokaler med maskiner etc inom en rad olika industribranscher
- Arbetslokaler av kontorstyp inom industri, förvaltning etc.
- Sjukhuslokaler, kemiska och mikrobiologiska laboratorier
- Allmänna lokaler, typ tunnelbanestationer, barndaghem, biografer etc
- Bostäder

Man kan givetvis hävda att riskfaktorerna är störst inom industrin och där inom vissa branscher, men det står numera alltmer klart att risker finns inom många miljöer, varav flera tidigare negligerats. Den nya synen på

*Luftburet stoft har aldrig positiv inverkan på människan, av denna anledning kan alla luftburna partiklar betraktas som föroreningar, menar tekn. lic Ake L Möller, Cogito Consult AB, som här beskriver de partikulära föroreningarnas uppkomst, förekomst, vilka risker de medför och hur man kan förhindra skadorna. Den bästa regeln att minska hälsoriskerna är att förhindra spridning av luftburna partiklar - de får inte nå ut i rummet utan ska genom inkapsling och punktutsug föras från rummet.*



Alla luftburna partiklar, t ex damm och mineralullsfiber (här i stark förstoring), är att betrakta som föroreningar.

tobaksrökning i allmänna lokaler, liksom på bilavgaserna, avspeglar detta.

### Varifrån kommer de partikulära föroreningarna?

Inomhusluftens partikelhalt är en följd av många faktorerers inverkan:

- Inomhusalstrade partiklar och deras ev borttransport eller omblandn.
- Den tillförda luftens partikelhalt
- Intransport av partiklar med människor och material
- Läckage mellan rummet och omgivningen
- Luft rörelser, sedimentation, uppvirvling samt, icke minst,
- Människans partikelalstring och -spridning

Partiklar av riskkaraktär kan tillföras inomhusluften via alla de nämnda faktorerna även om man ofta - felaktigt - tänker sig den interna alstringen genom industriprocesser vara dominerande.

Under senare år har emellertid också andra orsaker alltmer börjat beaktas t ex:

- Spridning av mikroorganismer genom ventilationen, t ex via luftbefuktningssaggregat i pappers- och träindustrin.
- Bakteriespridning via människor (hudflagor, kläder etc) inom sjukhus och livsmedelsindustri.
- Alstring av tobaksrökningsaerosol vilken förs runt via luft rörelserna i rummet, läcker in i andra rum.
- Bilavgasernas stoft liksom stoft från förbränningsanl vilket via inläckage (och ventilationssystem) påträffas inomhus.

Samspelet mellan "inomhus" och den omgivande miljön inses alltmer. Även med bra, normala ventilationssystem fås ökade stofthalter inomhus då ytterluftens stofhalt ökar. Tillkomsten av sopförbränningsanläggningar, stora värmekraftverk och stora trafikleder måste beaktas, de förra kan dessutom orsaka förhöjd stofthalt mycket långt ifrån spridningskällan, beroende på väder och atmosfäriska förhållanden.

Tabell 1. Gränsvärdeslista för aerosoler enl Arbetarskyddsstyrelsens Anvisn 100. Ger nivågränsvärden och takgränsvärden.

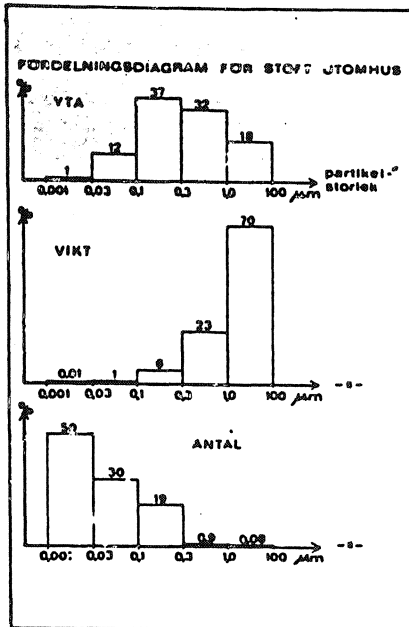
Aerosol		mg/m <sup>3</sup>	Anm		
Antimon o oxider	som	Sb 0,5			
Arsenik o oorg fören	"	As 0,05	K		
Asbest		1 fiber/ml	K		
Beryllium	"	Be 0,002	K	S	
Bly o oorg fören	"	Pb 0,1			
Bomullsdamm		0,5			
Borax		2			
Cyanider	"	CN 3	H	T	
Damm, härdplast		3			j
" , kol		3			i
" , totalt		10			m
" , trä		2	K		
Järnoxid, rök	"	Fe 3,5			t
Kadmium o oorg rök	"	Cd 0,02			t
Kalciumoxid		2			
Klorfenol		0,5	H		
Kobolt o oorg fören	"	Co 0,05	S		
Koppar, rök		0,2			t
Krom o org fören exkl	"	Cr 0,5	S		
Kromsyra, kromater	"	Cr 0,02	K	S	
Kvarts, respirabelt damm		0,1			
Kvikksilver, ånga		0,05			
" , alkylfören	"	Hg 0,01	H	T	
Mangan o oorg fören	"	Mn 2,5			
Nickel, metall		0,5			
"-fören	"	Ni 0,1	K	S	
Natriumhydroxid		2	T		
Naftalener, klorerade		0,2	H		
Oljedimma, inkl oljerök		3			x y
PCB		0,01	H	K	
Selen o oorg fören	"	Se 0,1			
Svavelsyra (dimma)		1			
Tennorg fören	"	Sn 0,1	H		
Tetra-etylbley, -metylbley	"	Pb 0,075	H	/	
Tridymit, respir damm		0,05			t
Trinickel disulfid	"	Ni 0,01	K	S	
Vanadinoxid, rök	"	V 0,05	T		t
Zinkklorid, rök		1			t
Zinkoxid		5			

Anm

K = Kancerframkallande H = Kan upptas genom huden S = Allergiframk T = Takvärde, avser maxvärde under 15 min exponer per timma.

Nivågränsvärde anger högsta tillåtna genomsnittskonc för en 8 h arbetsdag. Kortvarigt överskridande kan accepteras om konc i övrigt ligger under gränsvärdet, så att det tidsvägda medelvärdet högst uppgår till gränsvärdet. Riktvärden finns för överskridandet i förhåll till nivån.

För anm j, l, m, t, et, se Anvisn nr 100. Vissa förkortningar har också gjorts i aerosolbeskrivningen.



Under ca 0,1 μm rör sig partiklarna som gasmolekyler och följer således luftens rörelser helt. Går man nedåt 0,001 μm blir de minsta partiklarna = större gasmolekyler, man kommer således in på området gaser. Ett stort antal mycket små partiklar, 1-5 μm och nedåt, måste beaktas, t ex oljerök, metallurgisk rök, tobaksrök, Carbon black, färgpigment, virus, bakterier. Metallurgisk rök anges vanligen ha partiklar ned till 0,001 μm storlek, tobaksrök ned till 0,01 μm.

Storleksmässigt spänner de luftburna riskpartiklarna således över ett stort område: 0,001 μm till ca 100 μm. De minsta är genom sitt stora antal och stora yta, sin förmåga att inte sedimentera men däremot penetrera luftvägarna av stor betydelse och får icke underskattas ur hälsosynpunkt.

En storleksmässig indelning är också av intresse för avskiljning av partiklar med t ex fiberfilter, elektrostatfilter eller skrubber. Det vanligaste filtret, fiberfiltret, har störst genomsläpplighet för ca 0,3 μm partiklar. Inte biott större utan också mindre partiklar uppfångas således effektivare.

## Vilka är föroeningarna?

Ett stort antal partikulära föroeningar/hälsorisker måste beaktas. Nedan ges några indelningssätt och exemplifieringar.

■ **Storleksmässigt.** Förekomsten av luftburna partiklar begränsas uppåt av sedimentationsförhållanden. Förenklat kan partiklar över 10 μm sägas vara sedimentterande, därunder är de svävande. Givetvis inverkar densitet, form, luftförelse etc. Sfariska 100 μm partiklar med densitet = 1 kg/dm<sup>3</sup> sedimenterar i rumsluft med ca 30 cm/s medan 10 μm partiklar endast sjunker 0,3 cm/s.

I storleksområdet ca 10-100 μm finns många riskpartiklar: gjuteridamm, cementdamm, pollen, flygaska, talk (i bl a gummiindustrin), mögelsvampar etc.

■ **Funktionell indelning.** En praktisk indelning efter skadepotential är indelning i dött och levande stoft, där den senare typen kan föröka sig och ge drastiskt ökad mängd. Så väger t ex 1000 st 1 μm bakterier endast ca 10<sup>-6</sup> mg men kan vid ohämrad tillväxt ge 1 kg bakterier inom 24 tim.

Dött stofts skadepotential varierar mycket, från låg-toxiska dammtyper (textilfibrer o dyl) via metallrök till starkt toxiska och cancerogena kemikalier, oljedimor etc. Vidare finns inom gruppen dött stoft radioaktiva stoft samt allergiserande stoft av vilka ytterst små mängder kan vara farliga. Vid döda stoft fordras för skada vanligen en större tillförd mängd än vid de levande. Här inverkar emellertid också ackumuleringsfenomen som vid silikos. Vidare inverkar *synergism* som då infektion i andningsvägarna eller rökning ökar stoftkänsligheten drastiskt.

Pollen kan sägas vara en mellanform, det är inte dött men tillväxer inte, i motsats till bakteriesporer, i människan. Döda bakterier kan också vara farliga om de innehåller endotoxiner vilka kan utlösa allergiska reaktioner (t ex bomullsindustrins byssinos).

Luftburna partiklar kan också indelas ur en annan funktionell synvinkel. Stoft som inverkar på kroppens immunologiska mekanismer kan orsaka motreaktion, som t ex vid influensaangrepp, då en immunitet uppstår vilken varar en årslång period. De kan emellertid också orsaka allergiska reaktioner - till skada för individen. Orsakerna till dessa olika reaktionssätt skall inte behandlas här.

Som ett exempel på luftburna partiklar som idag klassas som hälsorisker, visas i *Tabell 1* ett utdrag ur den nya Gränsvärdeslistan från Arbets- och skyddsstyrelsen. (Anv. nr 100, reviderad 1978.)

Tyvärr saknas i denna lista alla levande partiklar, t ex *Staf aureus*, *Aspergillus*-sporer och *Rhizopus*.

## Vilka risker?

Ovan har berörts den funktionella aspekten. Den är mycket väsentlig och bör sättas före den vanliga förekommande "mängdaspekten". Ett uttryck som "lite skit tål man" innebär en mycket oförnuftig generalisering. I fråga om t ex influensavirus kan man konstatera att det endast fordras några miljondels mikrogram för att ge en besvärlig sjukdom med risk för komplikationer. Gränsvärdet för t ex berylliumstoft är 2 och för kadmium 20 mikrogram per m<sup>3</sup> luft.

Som tidigare angetts sedimenterar större partiklar än ca 10 μm. Vid studium av luftens partiklar finner man dock vanligen att de större partiklarna, de mellan 1 och 100 μm, viktsmässigt dominerar (60-80%) stoftet. Antalsmässigt dominerar emellertid partiklarna under 1 μm, de utgör mer än 99% och deras antal är mycket stort.

Detta innebär att partiklarnas yta - och därmed reaktionsbenägenhet och hastighet - domi-

neras av de submikrona partiklarna. I utomhusluft svarar de för ca 80 % av totalytan. Inomhus kan andelen vara högre.

Dessa relationer vikt-antal-yta varierar givetvis för olika miljöer. Relationen måste alltid fastställas lokalt och generaliseringar är riskabla - dock torde normalt ytan domineras av det submikrona stoftet, vilket dessvärre kan passera luftvägarna och nå lungalveolerna.

De risker som luftburet stoft innebär orsakas främst av dess inandning och nedtransport till lungalveolerna, från vilka inträde i blodbanorna är möjlig. Deponering i lungorna kan också uppstå såsom fallet är vid silikos. Det finns emellertid också andra tillförselvägar som måste beaktas. Ett flertal ämnen kan upptas genom huden, se Tabell 1, vidare kan sedimenterade partiklar överföras med händerna till mun, näsa och ögon. Därigenom kan tillträde till mag- och tarmkanalen ske.

Begreppet respirabelt damm är betydelsefullt både för människan och för lagstiftningen, det har därför definierats noga. Det är den del av totaldämet som passerar en föravskiljare med karakteristik enligt den så kallade Johannesburekonventionen. Förrenklat innebär detta att största delen av partiklarna med diameter under 1 µm är respirabla. Men också 1 - 10 µm partiklar kan nå alveolerna, 10 µm fiberer av 100 µm längd kan nå dit beroende på de aerodynamiska egenskaperna hos fibrerna.

Det finns andra konsekvenser av det submikrona stoftets anpassning till rummets luftrörelser, vilka helt nyligen klariagts i ett doktorsarbete på KTH, vid institutionen för värmeteknik. Om ventilationslufttillförseln orsakar bildning av en makrosvirvel i rummet kan en stoftaccumulering uppstå i virvelcentrum som kan innebära 5-10 ggr högre partikelhalt där än i den utgående luften. Medelvärdesbestämningar är därvid av ringa intresse. Alstrat stoft kan föras från en virvelingspunkt till virvelns maxpunkt på annat ställe i rummet. I Bengt Ljungqvists doktorsarbete behandlas



*Om partiklar inte kan förhindras komma ut i rumsluften måste ventilationen förbättras och personlig skyddsutrustning användas.*

också bakvirvelproblemet, vilket kan accelereras då högre luftomsättnings- tal eller laminärflöde användes. Stoft kan därvid röra sig mot den beräknade luftriktningen; då en människa stör luftströmmen och orsakar bakvirvel kan stoftet gå "motströms" till andningszonen.

### Hur förhindras skador?

Den bästa regeln för att minska hälsorisker är att förhindra spridning av luftburna partiklar - om uppkomsten inte kan förhindras. Partiklarna får inte nå ut i rummet - de skall via inkapsling och punktutdrag föras från rummet. Dock inte direkt till omgivningen - som då förorenas - utan via filterssystem o.d.

Flerstadiet maskiner och arbetsprocesser kan föras med inkapsling och/eller punktutdrag. Där finns ett stort område för vidare arbete och nyskapande av tekniska lösningar även om redan flera goda insatser gjorts, tex vid svetsning och sprutmålnig. Inom detta område bör en väsentligt ökad insats ske för förbättring av utrustning och anvisningar för arbete i t ex drag-skåp, laboratoriernas vanligaste skyddsutrustning.

Om partiklar inte kan förhindras komma ut i rumsluften kan ventilationen arrangeras så att halten hålls tillräckligt låg. Men människan kan också skydda sig genom personlig skyddsutrustning, tex gasmask, renlufttillförsel i andningszonen, avskärning av operatören med arbets- hytt osv.

Den skyddsutrustning som utvecklas för att skydda patienten vid större ortopediska operationer är ett gott exempel på fruktbärande nytänkande - till rimlig kostnad. Tyvärr är människan en djurart som är alltför tolerant mot smuts - också då den skadar henne. Det man inte ser tror man inte på. Detta har länge varit problemet med de små luftburna partiklarna.

För att avskilja luftburna partiklar används vanligen fiberfilter men också elektrostatfilter, skrubber o.d kan användas. Det är viktigt att punktutdrag förses med stoftavskiljare, så att inte skadligt stoft endast förflyttas ur lokalen.

Ett fiberfilter för höggradig avskiljning av mikroskopiskt stoft, ett sk mikrofilter eller HEPA-filter, har 99,97-99,99 % avskiljning av partiklar 0,3 µm eller större. Detta innebär att luft med stofthalten 1 mg/m<sup>3</sup> kan renas genom endast en passage genom filtret ned till ca 0,1 mikrogram/m<sup>3</sup>. Detta innebär således en tillfredsställande låg halt för alla de i gränsvärdeslistan upptagna aerosolerna. Under de senaste åren har dessutom rensbara mikrofilter utvecklats, vilka möjliggör avskiljning av åtskilliga kg stoft per m<sup>2</sup> filteryta. Dessa ger således möjlighet till höggradig rening också i mycket stofhaltig industrimiljö.

Det finns sedan snart 10 år en Nordisk förening som arbetar bl.a med de luftburna föroreningarna, men också med vätskeburna och ytburna föroreningar. Föreningens arbete syftar till skydd av både produkter och människor. Den använda skyddstekniken kallas Renlighetsteknik och den används främst i Rens Rum varför föreningen valt beteckningen RRR eller R<sup>3</sup>-teknik för sin verksamhet. Ett stort kunnande finns samlat hos föreningens ca 600 medlemmar. Föreningen har från början haft inriktning mot produktskydd (tex av läkemedel och instrument) men arbetar också med person-skyddet. Det syns lämpligt att Nordiska R<sup>3</sup>-föreningen nu går ut i ett samarbete om luftkvalitet och hälsorisker, eftersom man kan den R<sup>3</sup>-teknik som fordras för att skapa god luftkvalitet. ■