

Luftmiljö inomhus, en luftstudie

T Ahlsmo, N O Johansson, Stockholm 2000

INNEHÅLL

Kapitel		Sida
	FÖRORD.	2
	SAMMANFATTNING.	3
1	INLEDNING.	4
1.1	Allmänt om luft vi andas.	4
1.2	Bakterier.	6
1.3	Mikrosvampar.	7
2	HYPOTES OCH PROJEKTUPPLÄGG.	9
3	PROVTAGNING I LUFT	10
3.1	Partiklar	10
3.2	Kemiska föreningar	10
3.3	komfortmätning	11
4	MÄTRESULTAT	12
4.1	Partiklar	12
4.2	Kemiska föreningar	29
4.3	Komfortmätning	31
5	SLUTSATSER, UTVÄRDERING AV MÄTRESULTAT	32
6	FÖRSLAG TILL UTVECKLING AV OMRÅDET LUFTMILJÖ INOMHUS	34
	REFERENSER	35

FÖRORD.

Detta projekt ”Luftmiljö inomhus: en luftstudie” genomförs inom ramen för Myc-Techs forskningsprogram i serien luftmiljö inomhus. Orsak till att projektet genomförs är de problem som drabbat skolan / förskolan Guldvingen i Trollhättans kommun. Problem består av att brukare påtalar hälsoproblem som man vill härleda till brister i byggnadens tekniska status. Detta i den omfattning så att man ej kan vistas i berörd byggnad. Myc-Tech har ombetts att genomföra detta projekt för att öka förutsättningen för en mer kunskapsbaserad analys över situationen som underlag för kommunledning att kunna ta beslut för lämpliga miljöåtgärder.

Basen i projektet är att genomföra ett arbetsprogram gällande inomhusluften som omfattar följande mätinsatser:

- A. Partikelmätning; partikelhalt och mikroorganismer och för detaljanalys engageras tre fristående laboratorier, Sangtec Medical, Svelab och Analysen Liva.
- B. Kemiska föreningar / lättflyktiga kolväten (VOC) och för analys engageras miljölaboratoriet i Nyköping AB.
- C. Komfortmätning innehållandes regelbunden registrering av luftens koldioxidnivå samt temperatur och luftfuktighet under perioden 991120 – 991211.

Samtliga laboratorier är för sin verksamhet ackrediterade hos SWEDAC. Orsak till att projektet valt tre oberoende mikrobiologiska laboratorier är önskan att fler analyserande laboratorier engageras. Det är ett känsligt moment att hantera provplattor och dessa kan förhållandevis lätt bli skadade. Sangtec har lång erfarenhet beträffande denna typ av mätförfaranden och med Sangtec som bas kompletteras projektet med två ytterligare laboratorier Svelab och Analycen Liva. De två senare laboratorierna har begränsad erfarenhet från denna typ av mätning vilket gör att valet blir att båda dessa laboratorier engageras för att öka mängden prover och därmed underlag för tillförlitligare slutsatser. Övergripande mikrobiellt ansvarig är MSc Nils Olof Johansson samt ansvarig för kemiska området är Fil lic Kristofer Warman. Författare till rapporten är Thomas Ahlsmo och Nils Olof Johansson.

Denna rapport är en del av Myc-Techs övergripande forskningsarbete och ingår i nedanstående rapportserie vilka också ingår som bas för detta projekt.

- Luftmiljö inomhus ”en litteraturstudie”, september 1999.
- Standardnivå för kommunal städning i skolor och förskolor, juni 1999.
- Luftmiljö inomhus ”från renrum till stall”, september 1998.
- Luftmiljö inomhus ”en studie med enkäter och partikelmätning” (licentiatavhandling Kungl Tekniska Högskolan, Thomas Ahlsmo), december 1994.
- Mögelresistens hos våtrumsmaterial (licentiatavhandling Kungl Tekniska Högskolan, Lauris Grinbergs) maj 1992, omarbetad 1997.

Dessa rapporter ingår som en del i detta projekt och därmed bifogas denna rapport.

Den 7 februari 2000

Tekn L Thomas Ahlsmo
Projektledare

SAMMANFATTNING.

Detta projekt behandlar skol- / förskolebyggnaden Guldvingen i Trollhättans kommun och genomförs på grund av att brukare upplever hälsoproblem i byggnaden. Projektet innebär att genomföra ett mätprogram, partikelmätningar under november och december månad 1999 som jämförelse med mätinsats som genomfördes februari 1999. Byggnaden utrymdes 1 november 1999 så vid mättillfällena november och december 1999 belastades inomhusluften till största del av byggnadstekniska faktorer. Efter byggnaden utrymts har Trollhättans kommun underhållit fastigheten på sedvanligt sätt inklusive att ett nödvändigt program för städmomentet upprättats.

Resultat från mätningar gällande

- Partikelhalt och
- Bakterieförekomst i inomhusluften visar påtagliga nivåskillnader. Detta påtalar att den högre partikelmängd som rådde 24 – 25 februari 1999 då verksamhet bedrevs i lokalen ej kan härstamma från brister i den byggnadstekniska statusen, punkt 2 nedan utan från de verksamhetsberoende faktorerna, punkterna 3 och 4 nedan.
- Uteluften som tillförs byggnaden vilket är nivågivande för inneluften.
- Byggtekniska statusen som konstruktionsutformning, planlösning och för brukare inrättade komfortutrustningar.
- Verksamhetsberoende faktorer, inklusive miljöval, aktiviteter i byggnaden och inredningens utformning.
- För brukare externt påverkande faktorer, vilket innebär den totalmiljö som brukare utsätts för såväl genom direkta som indirekta kontakter.

1 INLEDNING

Detta projekt behandlar en daghemsbyggnad, Guldvingen som är beläget i Trollhättans kommun. Brukare i denna byggnad har under flertal år påtalat hälsoproblem som härleds till byggnadens tekniska status. Ett flertal undersökningar som enbart koncentrerats till byggnadens tekniska funktioner har genomförts under årens lopp utan att man kunnat fastställa några brister som orsak till hälsoproblem. Trollhättans kommun önskar gå till botten med problemsituationen och under februari månad 1999 inledde kommunen ett samarbete med Myc-Tech AB som underlag för beslut

A: om det finns fog för hälsobesvär när man vistas i byggnaden,

B: om det finns brister i byggnadens tekniska status.

Beträffande detta projekt koncentreras arbetet kring punkt B: om det finns brister i byggnadens tekniska status.

Basen i detta arbete innebär att ett program av mätinsatser genomförs med betoning på partikelmätning i luft. Orsak till denna prioritet är att partiklar såsom pollen, bakterier, damm etc har konstaterats ge problem för människor med hälsobesvär. Målsättningen med mätinsatserna är att härleda eventuella belastande faktorer i luftmiljön inomhus. Under våren 1999 genomfördes partikelmätningar på Guldvingen och dessa mätningar visade förhållandevis höga partikelmängder i inomhusluften. Denna mätinsats upprepas under hösten 1999. Detta projekt berör endast vad som kan ge upphov till de partikelbelastningar som uppmättes februari 1999, steg 1 i nedanstående modell.

Stegmodell:

Steg 1 Vad är det som ger upphov till ökad belastning på luftmiljön inomhus.

Steg 2 Hur förbättras luftkvaliteten inomhus.

Utgångspunkt för Myc-Techs arbete är nödvändig uppdelning, för människors hälsa och inneluftens kvalitet påverkande faktorer. Denna uppdelning kan ha följande struktur.

1. Uteluften som tillförs byggnaden vilket är nivågivande för inneluften.
2. Byggtekniska statusen som konstruktionsutformning, planlösning och för brukare inrättade komfortutrustningar.
3. Verksamhetsberoende faktorer, inklusive miljöval, aktiviteter i byggnaden och inredningens utformning.
4. Dessutom är det av största vikt att beakta för brukare externt påverkande faktorer, vilket innebär den totalmiljö som brukare utsätts för såväl genom direkta som indirekta kontakter.

När detta projekt är genomfört räknar Trollhättans kommun med att ha tillförlitligare beslutsunderlag denna fråga.

1.1 Allmänt om luft vi andas

Den luft som människor inandas innehåller regelmässigt föroreningar av olika slag. Dessa kan vara gasformiga föroreningar och partikulära föroreningar. Innehåll och fördelning av föroreningar är faktorer som starkt påverkar luftens kvalitet.

Exempel på gasformiga föroreningar i luft:

Koldioxid uppkommer vid oxidation av kol vilket sker vid förbränning av fossila ämnen och ved eller vid biologiska processer. En viktig koldioxidkälla är utandningsluften från djur och människor.

Kolväten (VOC = volatile organic compounds): Organiska ämnen i gaser (ångor, lösningsmedel etc.) svävar som molekyler i luften. Dessa lättflyktiga ämnen som förekommer i olika material indelas efter sin flyktighet i fyra grupper:

- Mycket lättflyktiga organiska ämnen,
- Lättflyktiga organiska ämnen,
- Delvis flyktiga organiska ämnen,
- Organiska ämnen absorberade på damm eller partikelformiga organiska ämnen.

I olika sammanhang förekommer också beteckningen TVOC som syftar på totalhalten av lättflyktiga ämnen. Detta värde påverkas av den analytiska metodiken, antal ämnen som kan analyseras med mera. Mångfalden av dessa gaser är stor både i uteluften och därmed i inneluften och samtliga ämnen kommer således ej med i TVOC-värdet. I icke- industriell inomhusluft har mer än 900 VOC identifierats. För de vanligt förekommande mätningarna av VOC och TVOC saknas standardiserade mätmetoder. Dock är utredningar inom området sedan många år vanligt

förekommande, såväl vid utredningar av byggnaders inneklimat som i rena forskningsområden. Livlig debatt pågår över för människor påverkande faktorer utan att man kunnat påvisa påverkande faktorer. Uppmätta värden från byggnadsmaterial ligger idag betydligt under de värden som Arbetsmiljöverket påtalar, se kapitel 4 mätresultat. Exempelvis skalandet av en apelsin kan medföra att halten under många timmar höjs med 100-tals mikrogram / kubikmeter luft. Se Sundell m.fl. (1995).

Exempel på partikulära föroreningar i luft:

Partiklar är till stor del beståndsdelar som ingår i naturens kretslopp såsom damm, pollen, mikrosvampar och bakterier. Problem kan uppstå om partiklar förekommer i för stora mängder och / eller utgörs av ohälsosamma arter. Människan själv är en stor partikelspridare. Helt naturligt avges hundratals partiklar varje minut, allt från mikroskopiska små partiklar till millimeterstora flakor och långa hårstrån. Alstringsfenomenet förklaras av att hudens yttersta cellager ständigt omsätts. Ett cellager hos människan består av cirka 100 miljoner celler. På fyra dagar har detta omsatts, vilket innebär att man avger varje minut cirka 15.000 hudceller. Med hudcellerna följer också mikroorganismer som i inneklimatet kring människan har utmärkta betingelser för förökning, se Månsson (1992). Den viktigaste källan till partiklar inomhus är tobaksrökning. I bostäder utan rökning är ofta koncentrationen lägre inomhus än utomhus. Aktivitetsnivån är mycket viktig och inte minst lekande barn kan göra att dammkoncentrationerna stiger kraftigt. Partikelns storlek och tyngd avgör hur länge den förblir i luften. För partiklar av storleken

- 100 mikrometer tar det cirka 2 sekunder att falla 1 meter,
- 10 mikrometer tar det cirka 3 minuter,
- 1 mikrometer tar det cirka 4 timmar och
- 0,1 mikrometer tar det cirka 6 dagar,

förutsatt samma täthet hos partiklarna. I rum med ventilation, människor som rör sig etc, förblir partiklar av storleken några mikrometer och mindre luftburna. Tyngre partiklar faller och deponeras på ytor och elimineras genom städning. Normalt utgör partiklar med en storlek under 1 mikrometer 99,9 % av antalet partiklar i rumsluften och med en massa som utgör 30 % av den totala massan. Partiklars rörelse i luften påverkas också av deras laddning och förekomst av elektriska fält. För partiklar i storleksordningen 1 mikrometer har partikelns laddning och förekomst av fält stor betydelse för exempelvis partikeldeponeringen på hud, medan luftföroreningar avgör deponeringen för större partiklar. Luftburna mikroorganismer (t.ex. virus, svampsporer och bakterieceller) förekommer i alla inomhusmiljöer. De luftburna organismerna förekommer dels fria som små partiklar, dels i större och mindre aggregat samt även som mikrobiell kontamination på partiklar, se Sundell m.fl. (1995). CFU (Colony Forming Units, innebär antalet i luften förekommande kolonibildande partiklar) relateras framför allt till bakterieförekomsten. Dessa förekommer normalt inte fritt svävande utan sitter på andra partiklar. De flesta CFU återfinns på partiklar i storleksområdet 10 mikrometer. I rena rum härrör partiklar av denna storlek till allra största delen från närvarande personer, se Ljungqvist m.fl. (1989).

Husdjur,

katter, hundar och gnagare förekommer hos ungefär varannan barnfamilj i Sverige. Antalet hundar och katter uppskattas till cirka 800.000. Drygt 20 % av allergiska barn har husdjur hemma och 5 - 10 % av dem rider. Samtliga pälsbärande husdjur utan undantag är allergena, dvs sprider allergiframkallande ämnen från bl.a. hud, päls, saliv och urin. Motsvarande gäller även fåglar. I allmänna lokaler som skolor och kontor är halten katt- och hundallergen i fint damm ofta i nivå med vad som finns i hem med djur. Allergen förs med från hemmet till allmänna miljöer i t.ex. kläder och hår. Klara samband är visade mellan tidig exponering, i spädbarnsåldern och senare sensibilisering för husdjur. Sensibiliserade kan få akuta besvär även vid indirekt exponering för djur. Låga doser av allergen medför ökad bronkiell reaktivitet. Nivåerna av allergen i allmänna lokaler som skolor och barnstugor är ofta tillräckliga för sensibilisering och för akuta besvär hos den redan sensibiliserade. Tidig exponering av barn genom pälsdjur i hemmet bör alltså undvikas, speciellt om familjen har anlag för allergiutveckling, se Sundell m.fl. (1995).

Tobaksrök,

är en väsentlig och konstaterad inomhusmiljöförorening. Barn som utsätts för passiv rökning får fler luftvägsinfektioner av typ lunginflammation eller bronkit (luftrörskatarr) och fordrar oftare sjukhusvård än barn som inte exponeras. Passiv rökexponering är en av de väsentligaste faktorerna som skiljer barn som utvecklar astma från de som slutar att ha attacker med pipande/väsande andning före 5 års ålder, se Sundell m.fl. (1995).

1.2 Bakterier

Bakterier är en grupp mikroorganismer som förökar sig genom delning och indelas ofta i två grupper,

- grampositiva och
- gramnegativa,

med avseende på hur cellväggen är uppbyggd och beroende på hur de kvarhåller ett blått färgämne vid en infärgningsprocedur på laboratorium. För att bakterier skall kunna transporteras i luft fordras vanligen en död partikel med viss storlek som transportmedel. Bakterier av olika typer förekommer normalt på människans hud. Den normala hudfloran representeras av bland annat Staphylococcus epidermidis och Micrococcus-arter. Bacillus-arterna är mycket vanligt förekommande i naturen och i vår miljö. Bakterien Bacillus har förmåga att bilda sporer, vilka överlever flera år i jord, damm etc och dessa Bacillusarter är därigenom typiska dammbakterier. Inom gruppen Aktinomyceter finns bland annat släktet Streptomyces, som har en förmåga att producera ett luktämne (Geosmin) som är starkt jorddoftande och som ofta förknippas med ” typisk mögellukt ”. Mikroorganismer och dess beståndsdelar i vår omgivning kan ges följande indelning med utgångspunkt från var de bildas.

1) *Människans tarmkanaler:*

Här återfinns bland annat gram-negativa, oxidas-negativa stavformade bakterier t.ex. Escherichia coli samt endotoxiner från gram-negativa bakterier. Tarmbakterierna återfinns i bland annat avloppsvatten.

2) *Människans hud / munhåla:*

Hudfloran består bland annat av gram-positiva kocker (sfäriskt formade bakterier) som Staphylococcus epidermidis etc. Munhålsfloran består bland annat av Streptococcus spp och Actinomyces spp.

3) *Vatten (dricksvatten):*

Här återfinns bland annat gram-negativa, oxidas-positiva stavformade bakterier t.ex. Pseudomonas spp samt här finns också endotoxiner som härstammar från gram-negativa bakterier.

4) *Luft:*

Mikroorganismer förekommer helt naturligt i luften vilka bland annat härstammar från jord och växtlighet. Exempel på dessa typer av mikroorganismer är mögelsvamp, jästsvamp och sporbildande bakterier t.ex. Bacillus spp. De hudflagor som människor avger innehåller bakterier. Under vissa betingelser kan även endotoxiner påvisas och dessa härstammar från gram-negativa bakterier. Antalet bakterier i vår inomhusmiljö är betydligt högre jämfört med det antal naturligt förekommande mikrosvampar som man kan hitta. Viktiga faktorer för inomhusluftens kvalitet är belastningar från husdjur och rökning, här de passiva- / indirekta kontakterna ej får glömmas.

Bakterier hos människan: På människans hud är såväl grampositiva som gramnegativa bakterier vanligt förekommande. En normal människa bär på bakterier med en total massa på cirka 0,5 kg, huvuddelen i mag- / tarmkanalerna och resterande huvudsakligen fördelade på huden, munhålan och underlivets slemhinnor. Antalet uppskattas till cirka 100 000 000 000 000 st. En normal människa täcks av cirka 2 kvm hud. Det översta hudlagret består av 100 miljoner celler som byts ut vart fjärde dygn och detta motsvarar ungefär 15.000 hudceller per minut. Bakterieflorans täthet och sammansättning skiljer sig mellan olika kroppsdelar, individer och miljöer. Tätheten är störst på varma, fuktiga ställen såsom armhålan (cirka 1.000.000 organismer per cm²). Bakteriefloren består i allmänhet till största delen av Staphylococcus spp och Micrococcus spp. Denna flora är bofast,

- A. *resident* och utgör under normala förhållanden inget hot mot människan. Detta är en nödvändig komponent för hudens totala funktion. Från den omgivande miljön överförs ständigt till huden nya mikroorganismer,
- A. *transienta*. Dessa transienta organismer, som kan vara av vilken typ som helst, förökar sig normalt inte eller relativt dåligt på hud och konkurreras därför efter en tid ut av de residenta organismerna.

En människa andas in cirka 10.000 liter luft per dygn och detta innebär stora mängder av sin egen hudflora, andra människors hudflora samt hudflora från djur vid såväl direkta som indirekta kontakter. Dessutom inandas vi uthostade och utnyttade inneboende bakterier från munhåla, hals och näsa från människor och djur i vår närhet. Även övriga mikroorganismer som helt naturligt finns i vår omgivning andas vi in. Vid större folksamlingar såsom i skolor, dag- / fritidshem, bussar, tåg etc ökar givetvis exponeringen för ovanstående påtalade bakteriefloren. Bakterierna i varierande mängd sitter på människors avgivna hudflagor och kan fastna på slemhinnor i övre luftvägarna när dessa inandas. En del förekommer också i fri form och då kan de tränga längre ner i människans luftvägar. Efter att bakterierna fastnat på slemhinnorna transporteras de upp från luftvägarna och sväljs ner i mag- / tarmkanalerna

1.3 Mikrosvampar

Mikrosvamparna sprids genom små sporer som svamparna avger och dessa kan vara luftburna eller föras in i byggnader med kläder, inredningar, dagliggods och dylikt. De luftburna sporer kommer också ofta in via ventilationsluften, antingen genom lufttrummor eller genom fönstervädning och genom den trafik som sker in- / ut ur byggnaden. De kan således komma från mikrofloran i bostaden eller direkt utifrån. För att svampsporer skall kunna gro och deras hyfer bilda ett mycel (rotsystem), krävs en rad samverkande faktorer såsom

- tillgång till vatten, näringsämnen och vitaminer,
- ett lämpligt temperaturintervall,
- syre,
- lämpligt pH.

Dessutom fordras frånvaro av

- fungicida ämnen,
- UV - strålning,
- ozon,
- antagonistiska svampgrupper,
- mekanisk påverkan.

Exempelvis utgör våtrummet med sin speciella funktion i bostaden (bad, dusch, tvätt, tork, med mera) en ekologisk nisch där betingelserna för biologisk utveckling är gynnsamma. De mikrosvampar som förekommer i våtrum benämns vanligen våtrumssvampar men utgör egentligen inte någon biologiskt enhetlig grupp. Flertalet är så kallade blånadssvampar, andra tillhör de genuina mögelsvamparna. Mikrosvamparna kan indelas i följande grupper;

- mögelsvampar inklusive blånadssvampar samt
- sporsäckssvampar.

Mögelsvampar inklusive blånadssvampar,

De flesta mögelsvamparter tillhör Deuteromyceterna och underordningen Hyphomyceter. Mögelsvamparna växer på materialytor och behöver för sin utveckling näring av organiskt ursprung, trä, papper mm. Åtskilliga arter kan göra en stor åverkan och nedbryta ämnen som cellulosa och mjukgörare i plaster. För att mögelsvampsporer skall kunna gro och växa ut till hyfer samt bilda mycel krävs en rad samverkande faktorer som tillgång till vatten (fukt) ett bestämt temperaturintervall, tillgång till näringsämnen samt ytterligare ett antal faktorer av sekundär betydelse. Den viktigaste förutsättningen för mögelsvamparnas tillväxt är en hög relativ luftfuktighet (RF), 70 - 100 % RF, på grund av att de växer på ytan av materialet (substratet). När det gäller temperatur är kraven mycket skiftande hos de olika arterna men flertalet har optima vid temperaturer från +20 till +25 °C. Mögelsvamparna är i ett tidigt skede av angrepp på yttskikt svåra att upptäcka, så småningom kan ytor missfärgas och doft kan uppstå.

Mögelsvampen *Aspergillus echinulatus* groer redan vid 67 % RF. För flertalet mögelsvampar är dock gröningsförhållandena optimala i intervallet 90 - 100 % RF och de kan också gro i fritt vatten. För sin vidare utveckling är de mer beroende av luftens relativa fuktighet än substratets fuktkvot. Blånadssvamparna har fått sitt namn efter den blå färgnyans som veden (timmer, virke med mera) får efter det att svamphyferna har växt fram i vedfibrerna. I ett våtrum är påväxten dock snarare mörkbrun, mörkgrå eller svart till färgen. Blånadssvamparna kräver tillgång till fritt vatten för att svampsporererna skall kunna gro. När det gäller temperatur är kraven för blånadssvamparna i likhet med mögelsvamparna skiftande, men de har sitt optimala tillväxtintervall från +22 till +28 °C. *Cladosporium herbarum* är en art som kan växa i temperaturer ned under 0 °C. Exempel på ytor i innesmiljön där den kan börja utvecklas, företrädesvis i våtrum, är kring kallvattenrör och över de svalare utrymmena kring fönster. Missfärgning av materialet som utsatts för angrepp gör att blånadssvampen kan upptäckas på ett tidigt stadium.

Sporsäckssvampar

kräver för sin sporgroing en hög relativ luftfuktighet eller företrädesvis fritt vatten. Temperaturkraven för dessa svampar är ungefär det samma som för blånadssvampar, det vill säga +22 till +28 °C men de är ej lika köldtoleranta. En del arter kan växa strax över noll grader, +2 till +4°C. Missfärgningar som orsakas av sporsäckssvampar är ofta bruna, svarta eller violetta till färgen.

Mikrosvampar betraktas ofta som mikroorganismer vars sexuella stadium är okänt. De flesta av mikrosvamparna hör till hyphomyceterna, se Nester m.fl. (1993). Dessa svampar hör till de bäst adapterade organismerna på jorden. De förekommer överallt på jordklotet. Deras rikliga förekomst gör att människor oundvikligt exponeras för dem. Under de senaste decennierna har en livlig debatt startat angående onormala förekomster av *mögel* i byggnader och om deras eventuella hälsovådliga inverkan. Av de cirka 100.000 arterna anser man att ungefär 30 kan vara allergiframkallande. De vanligaste arterna i Sverige tillhör släktena *Cladosporium* och *Alternaria*. Av mindre betydelse är *Penicillium* och *Aspergillus*arterna. Inhalation av sporer från svampar inklusive mikrosvampar kan orsaka atopisk allergi men detta är vanligen inget inomhusproblem. Exponering för höga halter av sporer sker i första hand från luften utomhus under sommarhalvåret. Se Foucard m.fl. (1991). *Glukaner* är substanser som förekommer i bland annat cellmembranen hos mikrosvampar. Dessa kan ibland ställa till problem vid analys av endotoxiner, som kan medföra en falsk positiv reaktion trots att det ej finns några endotoxiner.

2 HYPOTES OCH PROJEKTUPPLÄGG.

Projektet innebär att genomföra mätinsatser för utvärdering av luftkvaliteten och om den förändras efter det att verksamheten flyttats ut. Med bibehållen byggnadsteknisk status, inklusive ventilering samt efter verksamhetens utflytt upprättas ett anpassat program för städunderhållet. Information om detta städprogram kan erhållas av fastighetskontoret, Trollhättans kommun. Under våren 1999 genomfördes partikelmätningar på Guldvingen och värden från dessa mätningar visade på förhållandevis höga partikelmängder i inomhusluften. Denna mätinsats upprepas hösten 1999. Nödvändig bas i arbetet är uppdelning, för människors hälsa och inneluftens kvalitet påverkande faktorer enligt de 4 punkter som beskrivs under kapitel 1. Som påtalas i kapitel 1 berör detta projekt endast vad som kan ge upphov till de partikelbelastningar som uppmättes februari 1999 och ej hur man skall ta bort eventuella belastningar. Orsak till detta projekt är att undersöka ***vad som ger upphov*** till belastning och därmed är steg 2, i detta sammanhang ej aktuellt att behandla.

Stegmodell:

Steg 1 Vad är det som ger upphov till ökad belastning på luftmiljön inomhus.

Steg 2 Hur förbättras luftkvaliteten inomhus

Hypotesen för detta projekt är att undersöka om de partikelmängder som uppmättes vid mätningar 24 och 25 februari 1999, se rapport datum 990321 minskar efter det att verksamheten flyttade ut ur byggnaden. Detta för utvärdering om brister är att härleda till byggnadens tekniska status. Nivågivande: uteluft kring byggnaden. Mätinsatser genomförs efter det att verksamheten flyttat ut från byggnaden den 1 november 1999 enligt följande program.

Partikelmätningar (partikelhalt, bakterier och mikrosvamp) genomförs vid två tillfällen den 20 – 21 november 1999 och 11 – 12 december 1999. Detta för att utvärdera om partikelmängden i luften förändrats efter verksamhetens utflytt ur byggnaden. I och med detta är det endast byggnadens tekniska status som belastar luftmiljön inomhus. Föreligger samma höga partikelmängd som februari 1999 innebär detta att brister bör härledas till byggnaden, punkt 2 ovan. Om partikelmängden minskar är luftbelastning att härleda, ur byggtekniska aspekter externa faktorer, punkterna 3 och 4 ovan. Partikelmätningen kompletteras med

Kemisk analys av luften, kolväten (VOC = volatile organic compounds) som genomförs den 20 – 21 november 1999.

Komfortmätning som löpande registrerar luftens koldioxidinnehåll, temperatur- och luftfuktighet. Denna mätinsats pågår under perioden 20 november – 11 december 1999, dock inleds temperatur- och luftfuktighetsmätningarna i begränsad omfattning den 3 november 1999.

3 PROVTAGNING I LUFT

3.1 Partiklar

Partikelmätning ger information över inomhusluftens status med avseende på mikroorganismer (bakterier och mikrosvamp) samt totalhalten av partiklar. Efter provtagningsstillfället behandlas de mikrobiella proverna på laboratorium och de odlingsbara mikroorganismernas antal fastställs och om så fordras typbestäms. De resultat som erhålls från partikelmätningarna i detta projekt är följande:

- Antalet odlingsbara mikroorganismer per volymenhet luft samt typning.

- Total partikelhalt per volymenhet luft i de öppna intervallen > 0,5 - > 5,0 - > 10,0 - > 25,0 mikrometer.

För att mäta antalet biologiska partiklar i luft behöver man dels en insamlingsapparat, dels en antals- och artbestämningsteknik. Oftast är dessa beroende av varandra, då en typ av uppsamlingsapparat i många fall är utformad för en viss antalsbestämningsteknik. Generellt kan det sägas att de förekommande insamlingsapparaterna avskiljer luftburna partiklar antingen genom filtrering eller genom så kallad impaktion. Vid impaktion blåses eller suges en luftström mot en yta. På grund av tröghetskrafterna böjer partiklar inte av med luftströmmen när ytan träffas utan slungas mot denna och fastnar. Antalsbestämning och eventuell artbestämning sker på olika sätt beroende på vilka olika organismer eller organismstrukturer som skall undersökas. Detta kan ske genom manuell eller automatiserad antalsräkning och morfologisk artbestämning. Ju mindre organismerna eller organismstrukturerna är, desto svårare blir detta analysförfarande, även om mikroskop används. Då det gäller dessa typer av mycket små partiklar är det vanligare att antalet levande organismer snarare än det totala antalet bestäms. Små och enkla organismer förökar sig oftast genom enkel celledelning. Detta gör det möjligt, särskilt vid bestämning av bakterie- och svamparter, att stryka ut provet på en platta (provskål) med näringslösning för vidare påväxt. Vid rätt temperatur, ljus och fuktighet delar sig mikroorganismerna snabbt, och det som ursprungligen var en enda levande cell blir efter någon eller några dagar synligt för blotta ögat som en koloni av celler. Dessa kolonier kan då räknas och har också oftast betydelse för artbestämningssprocessen. Se Nilsson m.fl (1985). För antalsbestämning av bakterier och mikrosvampar finns flera olika typer av utrustning. De flesta bygger på impaktionsprincipen och har skålar med agarsubstrat som uppsamlingsyta. En typ av utrustning är de så kallade slitsamplers, i detta projekt används BIAP slit samplern (BIAP = Bioteknisk apparatur). Instrumentet suger luften genom en smal spalt och straxt under denna spalt sitter en näringsplatta som roterar, på vilken partiklarna uppfångas. Partikelhalt / -räkning utförs i detta projekt med hjälp av instrumentet Climet lasersampler modell CI-4120 som räknar partikelhalten i luften i de öppna intervallen >0,5 >5,0 >10,0 >25,0 mikrometer. Det är ur mikrobiell synpunkt intressant att studera partikelstorleken 5,0 till 10,0 mikrometer. I detta storleksintervall befinner sig huvudparten av luftburna mikrosvampar och bakterier. Resultaten från dessa intervallstorlekar kan ge en bra överblick över totala antalet, såväl döda som levande mikroorganismer som förekommer i luften.

3.2 Kemiska föreningar

Provtagning i detta projekt bygger på anrikning av kolväten i absorptionsrör fyllda med, Tenax TA. Förfarandet lämpar sig för bestämningar av kolväten med mellan sex och arton kolatomer per molekyl i alla slags icke alltför reaktiva gaser. Absorptionsrören renas omsorgsfullt före provtagning. Vid luftprovtagning suges gasen genom absorptionsröret med ett flöde av 50 till 100 milliliter per minut. Provtagningsstider kan variera mellan en minut och några timmar. Kvalitativ och kvantitativ bestämning sker med hjälp av högupplösande gaskromatografi och masspektrometri (HRGC/MS). Som semikvantitativ standard används n-Nonan. Förfarandet bygger på en modifierad metod från US EPA, Method 5021 VOC GC/MS. Fördel med Tenax som adsorptionsmedel är att den tål uppvärmning så att kolväten kan desorberas termiskt, utan att något lösningsmedel behövs. Metoden kännetecknas av hög känslighet. Enstaka nanogram av kolväten kan detekteras. Samtliga organiska föreningar, som är tillräckligt termostabila och inaktiva att de kan gaskromatograferas, kan bli föremål för en gaskromatografisk och masspektrometrisk (HRGC/MS) bestämning. Bibliotek som används i detta arbete är NIST 98, WILEY 275 och NBS 75U vilket innebär cirka 1/2 miljon spektra.

3.3 Komfortmätning

Mätförfarandet innebär att datalogger med hjälp av givare för respektive mätfaktor, koldioxid, lufttemperatur och luftfuktighet regelbundet registrerar i luften uppmätta nivåer. Datalogger programmeras inför mätinsatser, intervall, när respektive mätfaktorer skall registreras. I detta projekt har 15 minuters intervall valts.

Följande instrument har använts i detta projekt.

Datalogger, Testo 454 med givare som registrerar koldioxid, lufttemperatur / -fuktighet.

Datalogger, Testostar 175 som registrerar lufttemperatur / -fuktighet.

4 MÄTRESULTAT

4.1 Partiklar

Beträffande partikelmätningen framgår påvisbara skillnader mellan partikelmängden vid mättillfället

- 24 – 25 februari 1999 i jämförelse mellan mätningarna som genomfördes
- 20 – 21 november 1999 och 11 – 12 december 1999.

De nivåer som uppmättes november och december 1999 är i nivå med byggnadens kringgivande uteluft. Efter det att verksamheten flyttade ut 1 november 1999 genomförde kommunen regelbundet underhållsinsatser inklusive, anpassat städprogram från ett externt företag och vid löpande besiktningar 991120 och 991210 framkom att miljön i byggnaden successivt förbättrats. Beträffande städkvaliteten när den externa städfirma inledde sitt arbete i början av november 1999, påtalas från städfirma att det rådde brister vid detta tillfälle beträffande städkvaliteten, se utlåtande från firman bakom flik 7. Ytterligare information beträffande städningen kan erhållas från fastighetskontoret, Trollhättans kommun. Vid intervju av personal, framkom att den personal som ansvarade för städningen också svarade för mathållningen för verksamheten på daghemmet / skolan Guldvingen. Detta är ingen kritik mot de personer som ansvarade för städningen utan denna konstruktion är olycklig. För situationen är sådan att en viss tid skall mat vara färdig och serveras. Därefter, således som prioritet nummer två genomförs städinsatsen. Frågan är om det är möjligt att regelbundet uppnå tillfredställande städresultat under dessa förhållanden. Beträffande städning se vidare rapporten ”Standardnivå för kommunal städning i skolor och förskolor” juni –99, som bifogas denna rapport. Vid besiktningarna framkom att från sval- / kylutrymme vid köksentren rådde såväl påtaglig missfärgning (troligt mikrobiell påväxt) på inredning (hyllor) samt påtaglig doft som avklingade mellan respektive besiktningstillfälle då upprättade städprogram börjat ge resultat.

Som beskrivs under kapitel 1 relateras de flesta CFU (Colony Forming Units, innebär antalet i luften förekommande kolonibildande partiklar) till bakterier och mikrosvamp och dessa återfinns på partiklar i storleksområdet 5,0 och 10,0 mikrometer. Detta gör att redovisningen koncentreras till mikroorganismer och partikelfraktionerna i storleksintervallet

- 5,0 och
- 10,0 mikrometer.

På efterföljande sidor, 17 – 32 har en sammanställning över

- Partikelhalten i luften, fraktionerna >5,0 och >10,0 mikrometer gjort samt
- mikroorganismerna i luften, bakterier och mikrosvamp.

Beträffande samtliga partikelfraktioner se vidare under bilagorna 1 - 3.

Tabell1: Uppmätta partikelmängder på respektive avdelning.

Antal partiklar / kbm.

Partikelstorlek, > 5,0 mikrometer

Antal; x 1.000

Mätplats:	Mättillfälle 9902	9911	9912
Smultronet	0,1 – 1	0,3 –	0,8 –
Björnbär	4,2 – 2	0,5 –	0,3 –
Jordgubben	9,1 – 12	0,1 –	0,4 –
Blåbär	9,5 – 12	0,5 –	0,7 –
Vinbär	1,3 – 19	0,4 –	0,4 –
Ute	38,4 – 4	41,2 – 5	3,9 –

Diagram 1: Uppmätta partikelmängder, topp- minvärde på avdelningen Vinbär.

Antal partiklar / kbm.

Partikelstorlek, > 5,0 mikrometer

Måttillfällen:

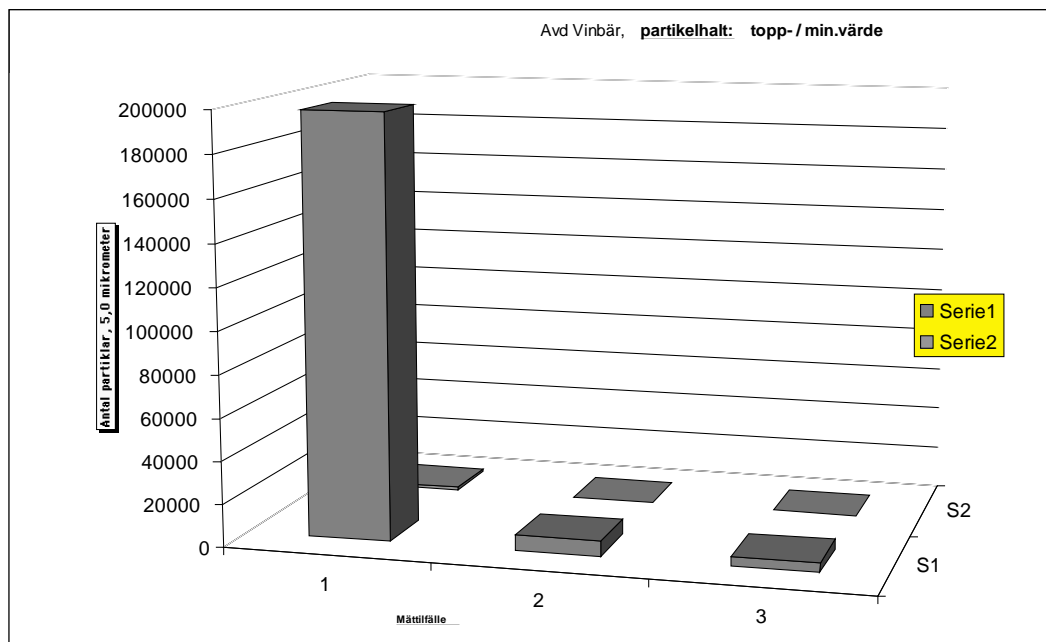
1: 24 – 25 februari 1999.

2: 20 – 21 november 1999.

3: 11 – 12 december 1999.

Serie 1 S1: Toppvärde.

Serie 2 S2: Minvärde.



Kommentar till mätresultat:

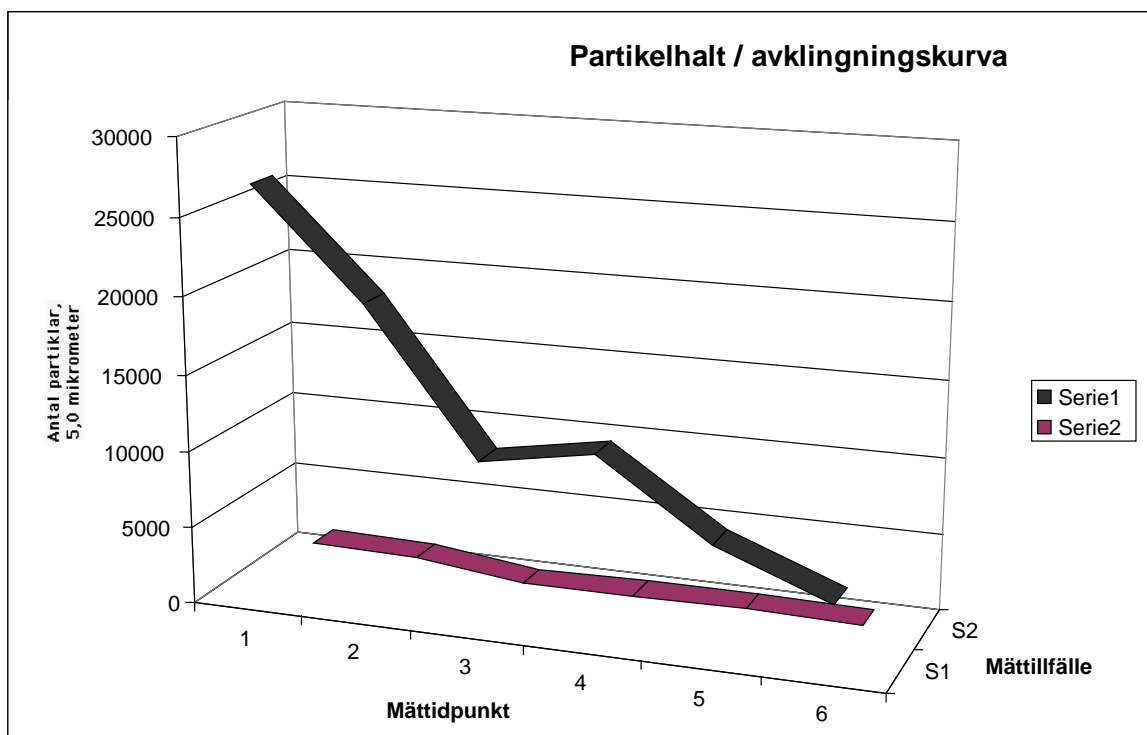
Mätresultat påvisar påtaglig differens mellan de olika måttillfällena, beakta toppnivåerna.

Diagram 2: Uppmätta partikelmängder, avklingningskurva på avdelningen Björnbär
 Antal partiklar / kbm.
 Partikelstorlek, > 5,0 mikrometer

Mättillfällen:

Serie 1 S1: 24 – 25 februari 1999

Serie 2 S2: 11 – 12 december 1999



Mättidpunkt

- 1: Efter 5 minuter.
- 2: Efter 10 minuter.
- 3: Efter 25 minuter.
- 4: Efter 30 minuter.
- 5: Efter 40 minuter.
- 6: Efter 50 minuter

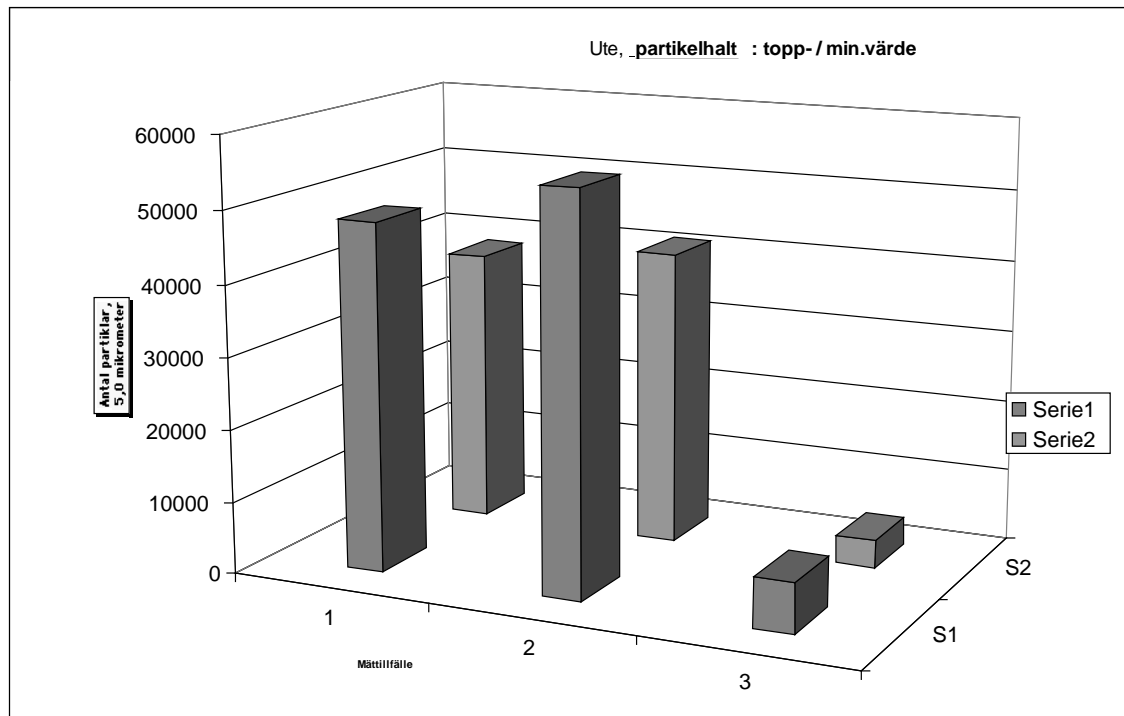
Kommentar till mätresultat.

Mätresultat påvisar påtaglig differens beträffande toppvärde mellan de olika mättillfällena, de första mätpunkterna. Partikelmängden klingar av efter det att provtagaren som virvlat upp dammet lämnar mätplatsen.

Diagram 3: Uppmätta partikelmängder, topp- / minvärde uteluft.

Antal partiklar / kbm.

Partikelstorlek, > 5,0 mikrometer



Serie S1 = Toppvärde
Serie S2 = Min.värde

Mätillfälle

- 1: 24 – 25 februari 1999.
- 2: 20 – 21 november 1999.
- 3: 11 – 12 december 1999.

Kommentar till mätresultat.

Beträffande uteluften varierar normalt partikelmängden påtagligt såväl tidsmässigt under året som geografiskt. Beträffande mätillfälle 3 var det vindstilla när mätinsatsen genomfördes.

Tabell 2: Uppmätta partikelmängder på respektive avdelning.

Antal partiklar / kbm.
Partikelstorlek, > 10,0 mikrometer
Antal; x 100

Mätplats:	Mättillfälle 9902	9911	9912
Smultronet	0 – 2	0,7 – 1	0 – 1
Björnbär	6,8 – 7	0,8 – 1	0 – 1
Jordgubben	16,9 – 3	0,2 – 1	0,3 – 2
Blåbär	9,0 – 29	0,5 – 1	0,3 – 1
Vinbär	1,9 – 54	0,8 – 2	0,7 – 1
Ute	48,7 – 11	43,8 – 7	0,3 –

Diagram 4: Uppmätta partikelmängder, topp- minvärde på avdelningen Vinbär.

Antal partiklar / kbm.
Partikelstorlek, > 10,0 mikrometer

Mättillfällen:

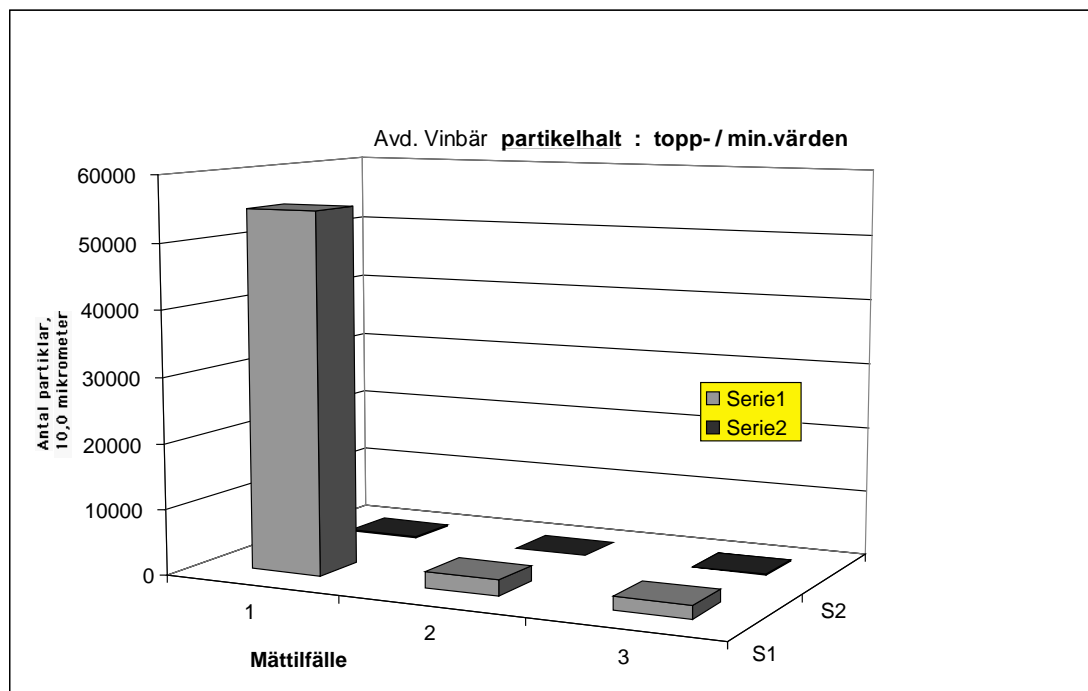
1: 24 – 25 februari 1999.

2: 20 – 21 november 1999.

3: 11 – 12 december 1999.

Serie 1 S1: Toppvärde.

Serie 2 S2: Minvärde.



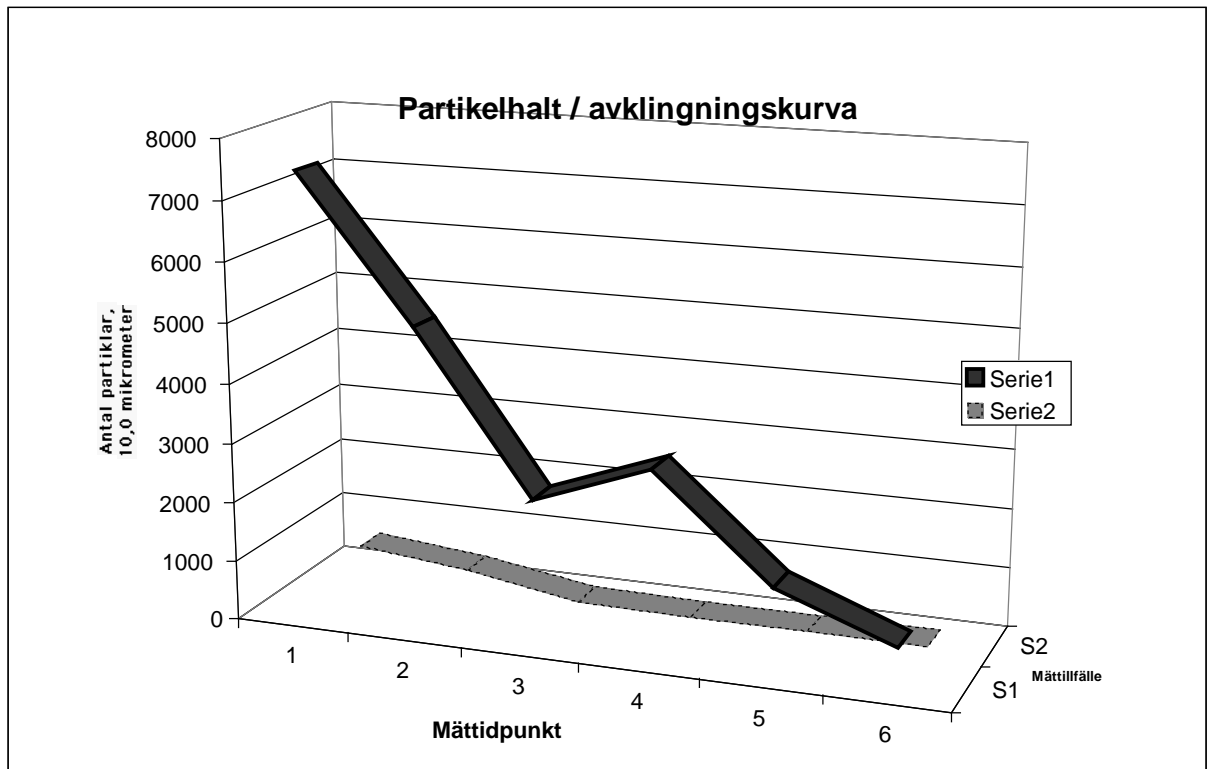
Kommentar till mätresultat:

Mätresultat påvisar påtaglig differens beträffande toppvärde mellan de olika mättillfällena.

Diagram 5: Uppmätta partikelmängder, avklingningskurva på avdelningen Björnbär

Antal partiklar / kbm.

Partikelstorlek, > 10,0 mikrometer



Mättillfälle

Serie 1 ☞ 24 – 25 februari 1999

Serie 2 ☞ 11 – 12 december 1999

Mättidpunkt

- 1: Efter 5 minuter.
- 2: Efter 10 minuter.
- 3: Efter 25 minuter.
- 4: Efter 30 minuter.
- 5: Efter 40 minuter.
- 6: Efter 50 minuter

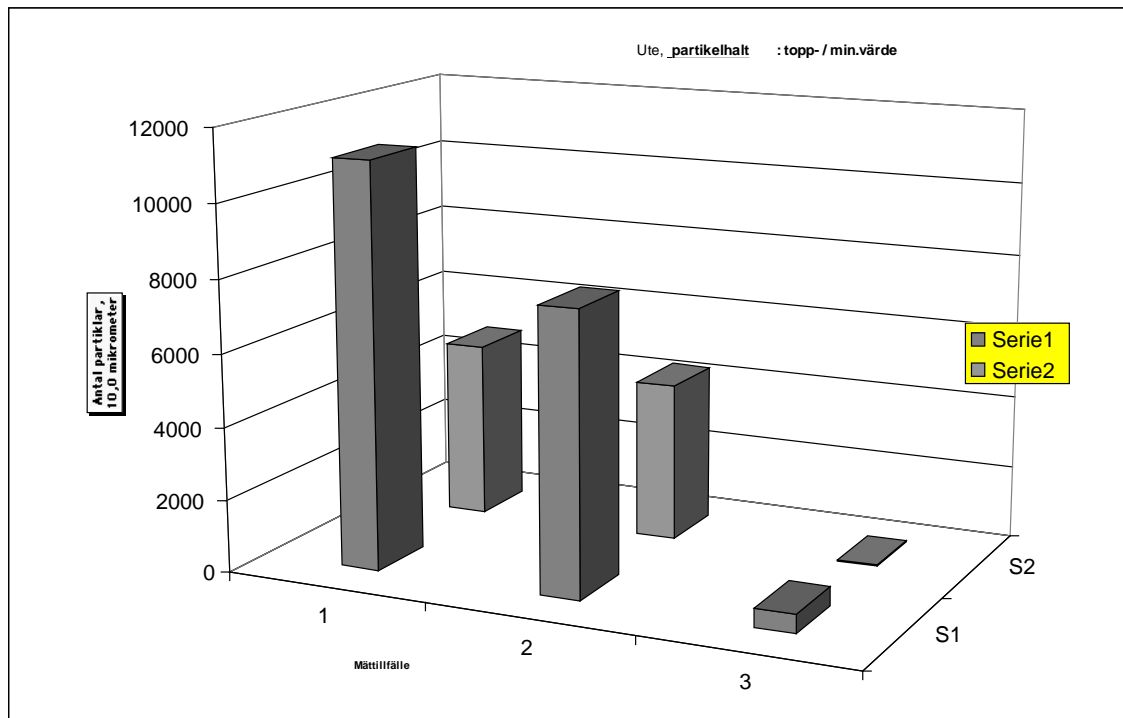
Kommentar till mätresultat.

Mätresultat påvisar påtaglig differens beträffande toppvärde mellan de olika mättillfällena, de första mättidpunkterna. Partikelmängden klingar av efter det att provtagaren som virvlat upp dammet lämnar mätplatsen.

Diagram 6: Uppmätta partikelmängder, topp- / minvärde uteluft.

Antal partiklar / kbm.

Partikelstorlek, > 10,0 mikrometer



Mätillfälle

- 1: 24 – 25 februari 1999.
- 2: 20 – 21 november 1999.
- 3: 11 – 12 december 1999.

Serie 1: S1 = Toppvärde

Serie 2: S2 = Min.värde

Kommentar till mätresultat.

Beträffande uteluften varierar normalt partikelmängden påtagligt såväl tidsmässigt under året som geografiskt. Beträffande mätillfälle 3 var det vindstilla när mätinsatsen genomfördes.

Diagram 7: Uppmätta bakteriemängder på respektive avdelning.

Antal / kbm luft.

Partikel: odlingsbara bakterier.

Laboratorium för detaljanalys: Sangtec Medical

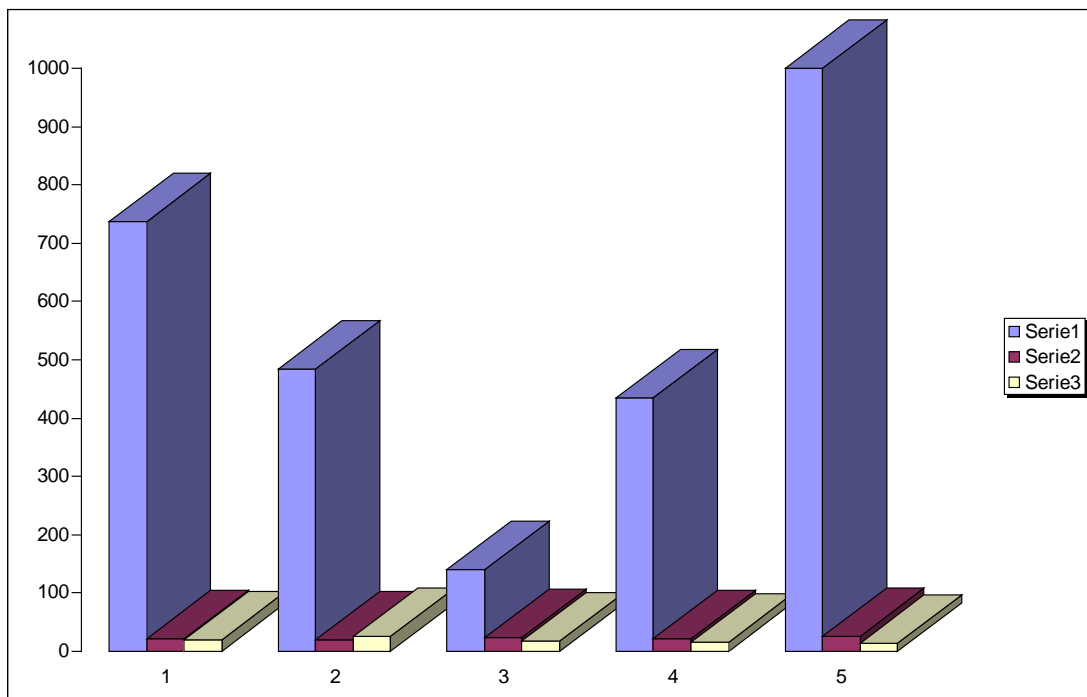
Mättillfällen:

Serie 1: 24 – 25 februari 1999.

Serie 2: 20 – 21 november 1999

Serie 3: 11 – 12 december 1999

Övergripande analysansvarig Nils Olof Johansson / Thomas Ahlsmo.



<u>Mätplats</u>	Avdelning:
1	Smultronet
2	Björnbär
3	Blåbär
4	Jordgubben
5	Vinbär

Kommentarer till uppmätta värden

Mätresultat påvisar påtaglig differens beträffande toppvärde mellan de olika mättillfällena. Mätvärde serie 1 skiljer sig påtagligt från nivå utomhus, se diagram 10.

Diagram 8: Uppmätta bakteriemängder på respektive avdelning.

Antal / kbm luft.

Partikel: odlingsbara bakterier.

Laboratorium för detaljanalys:

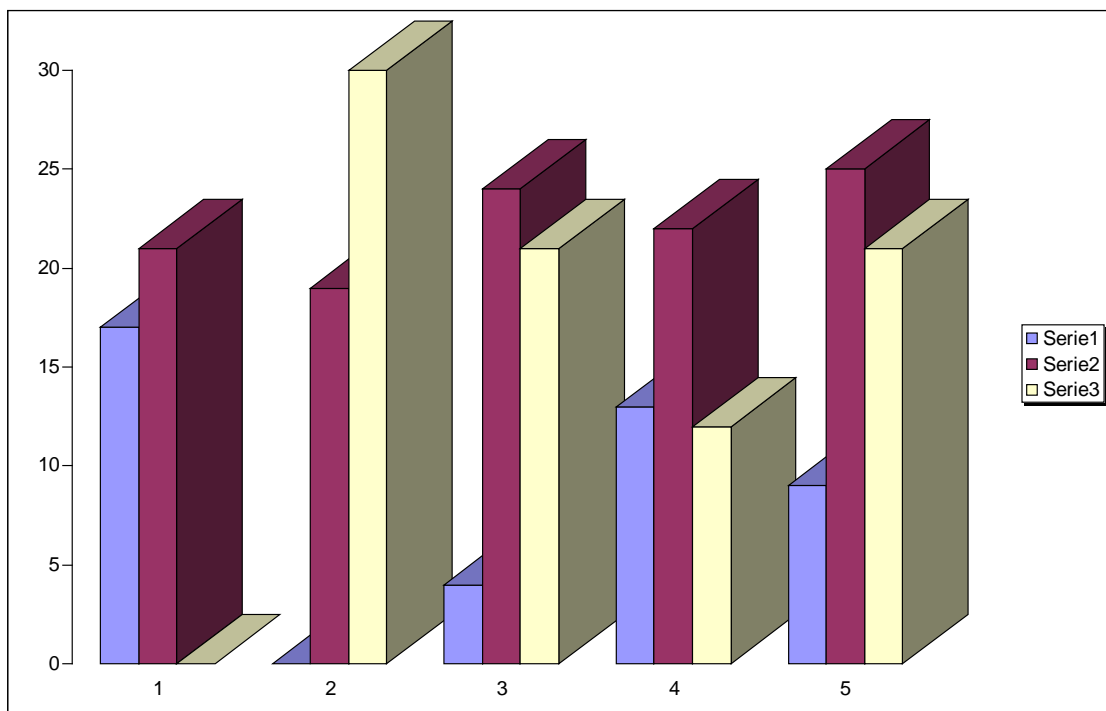
Serie 1: Svelab

Serie 2: Sangtec Medical

Serie 3: Analysen Liva.

Mätillfälle: 20 – 21 november 1999

Övergripande analysansvarig Nils Olof Johansson / Thomas Ahlsmo.



<u>Mätplats</u>	Avdelning:
1	Smultronet
2	Björnbär
3	Blåbär
4	Jordgubben
5	Vimbär

Kommentarer till uppmätta värden

Resultatnivå

- i linje med uteluften, se digram 10,
- samstämmighet råder mellan laboratorerna.
- Prov 1, Analysen Liva, ej kvantifierbar på grund av analysplatta sannolikt kontaminerad.

Diagram 9: Uppmätta bakteriemängder på respektive avdelning.

Antal / kbm luft.

Partikel: odlingsbara bakterier.

Laboratorium för detaljanalys:

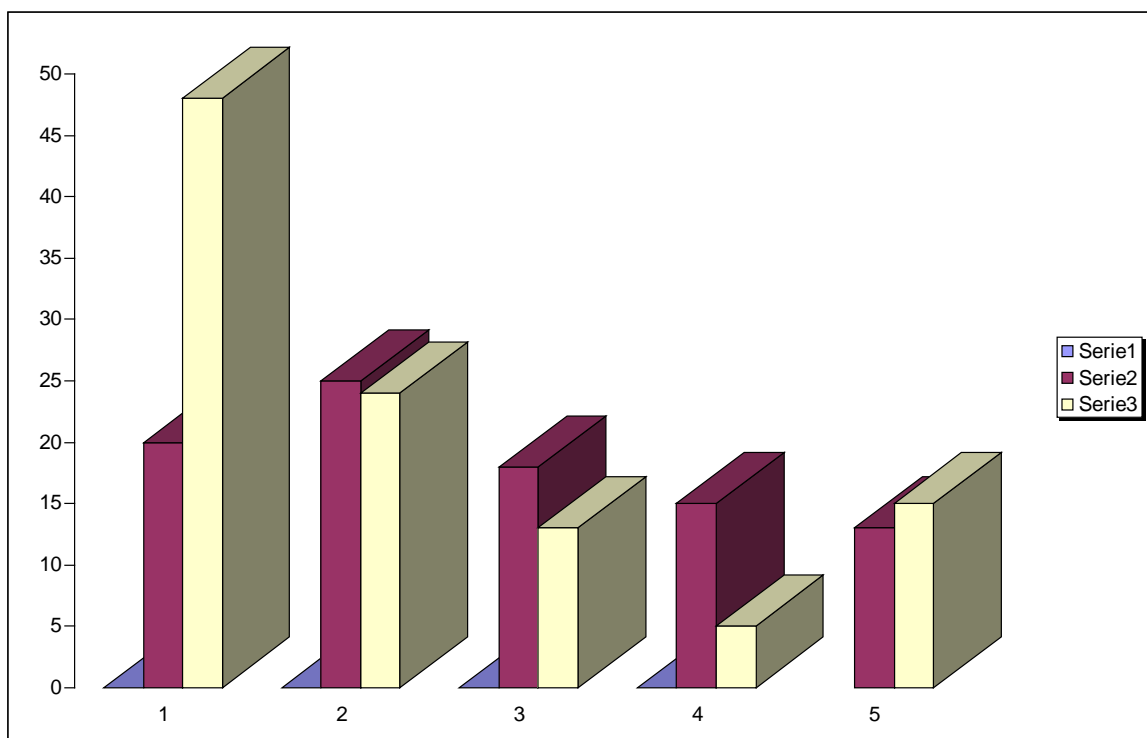
Serie 1: Svelab

Serie 2: Sangtec Medical

Serie 3: Analysen Liva.

Mättilfälle: 11 – 12 december 1999

Övergripande analysansvarig Nils Olof Johansson / Thomas Ahlsmo.



<u>Mätplats</u>	Avdelning:
1	Smultronet
2	Björnbär
3	Blåbär
4	Jordgubben
5	Vinbär

Kommentarer till uppmätta värden

Resultatnivå

- i linje med uteluften, se digram 10,
- samstämmighet råder mellan laboratorerna .
- Prov 5 Svelab, ej kvantifierbar på grund av på grund av analysplatta sannolikt kontaminerad.

Diagram 10: Uppmätta bakteriemängder uteluft.

Antal / kbm luft.

Partikel: odlingsbara bakterier.

Laboratorium för detaljanalys:

S1: Sangtec Medical

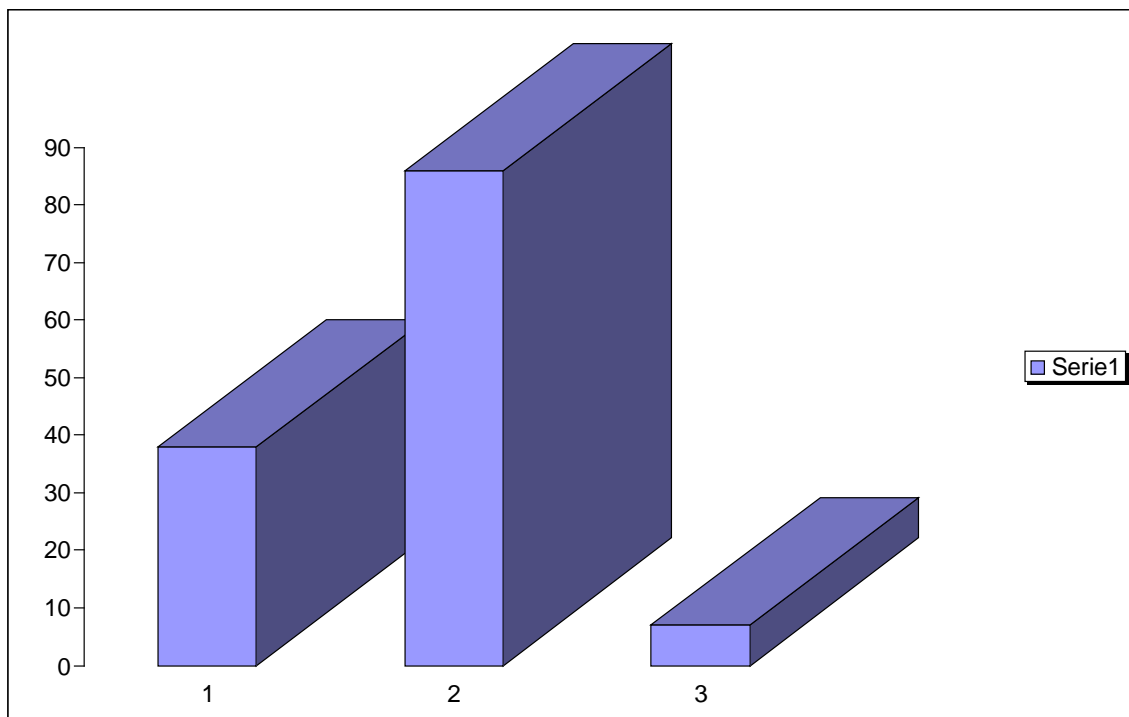
Mätillfälle.

1: 24 – 25 februari 1999

2: 20 – 21 november 1999.

3: 11 – 12 december 1999.

Övergripande analysansvarig Nils Olof Johansson / Thomas Ahlsmo.



Kommentar till mätresultat.

Beträffande uteluften varierar normalt partikelmängden påtagligt såväl tidsmässigt under året som geografiskt.

Beträffande mätillfälle 3 var det vindstilla när mätinsatsen genomfördes.

Diagram 11: Uppmätta bakteriemängder uteluft.

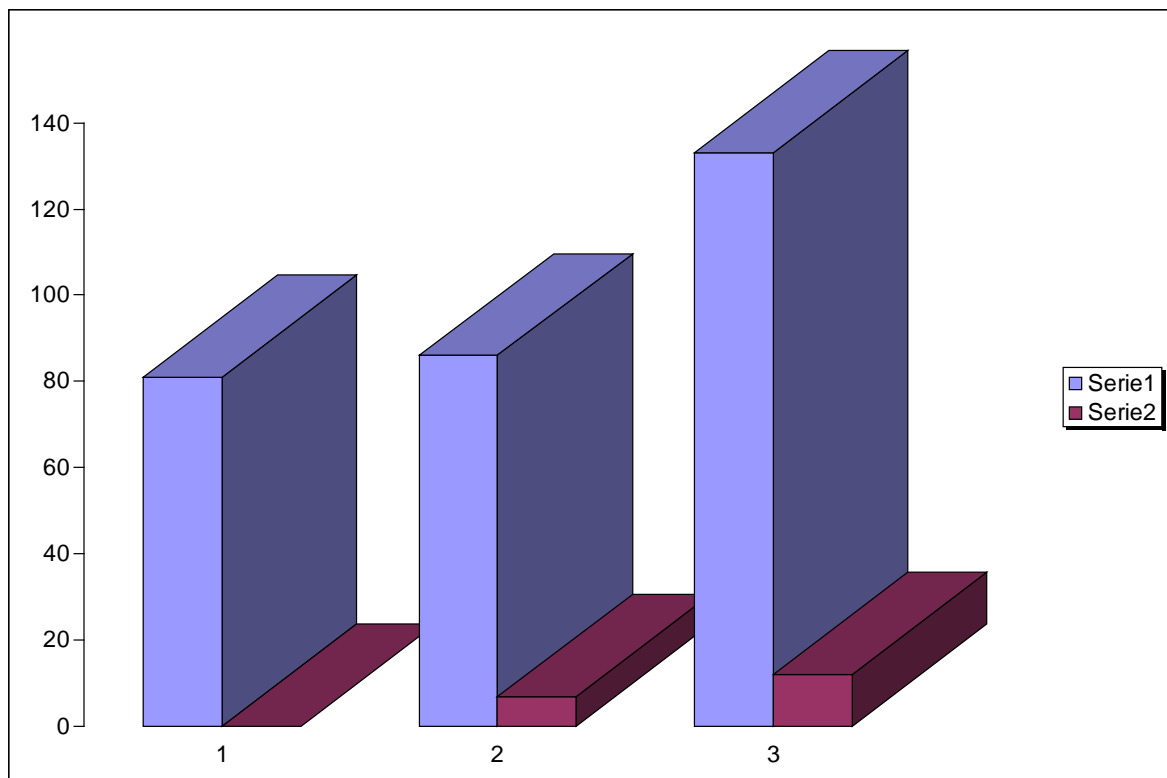
Antal / kbm luft.
Partikel: odlingsbara bakterier.
Laboratorium för detaljanalys:
1: Svelab
2: Sangtec Medical
3: Analysen Liva.

Mätillfälle:

S1: 20 – 21 november.

S2: 11 – 12 december 1999

Övergripande analysansvarig Nils Olof Johansson / Thomas Ahlsmo.



Kommentar till mätresultat.

Beträffande uteluften varierar normalt partikelmängden påtagligt under året såväl tidsmässigt som geografiskt. Beträffande mätillfället i december var det vindstilla när mätinsatsen genomfördes.

Diagram 12: Uppmätta mängder svampsporer på respektive avdelning.

Antal / kbm luft.

Partikel: odlingsbara mikrosvampar.

Laboratorium för detaljanalys: Sangtec Medical

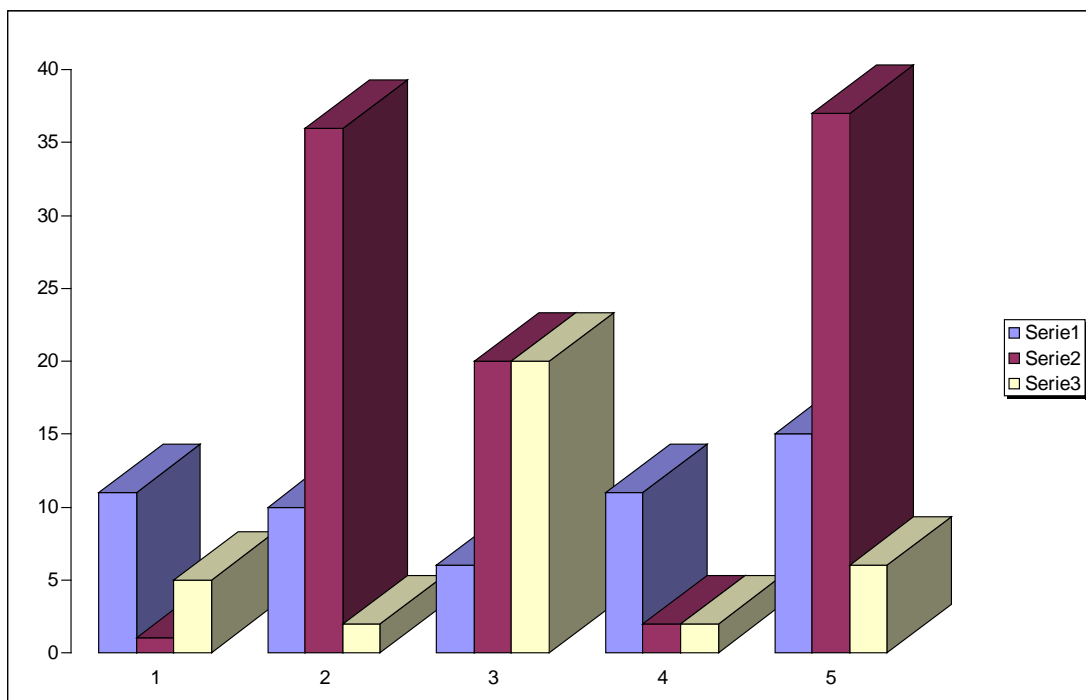
Måttillfällen:

Serie 1: 24 – 25 februari 1999.

Serie 2: 20 – 21 november 1999

Serie 3: 11 – 12 december 1999

Övergripande analysansvarig Nils Olof Johansson / Thomas Ahlsmo.



Mätplats

Avdelning:

- | | |
|---|------------|
| 1 | Smultronet |
| 2 | Björnbär |
| 3 | Blåbär |
| 4 | Jordgubben |
| 5 | Vinbär |

Kommentarer till uppmätta värden

Mätresultat påvisar inga anmärkningsvärda differenser mellan de olika måttillfällena, utan följer nivån utomhus, se diagram 15 och 16.

Diagram 13: Uppmätta mängder svampsporer på respektive avdelning.

Antal / kbm luft.

Partikel: odlingsbara mikrosvampar.

Laboratorium för detaljanalys:

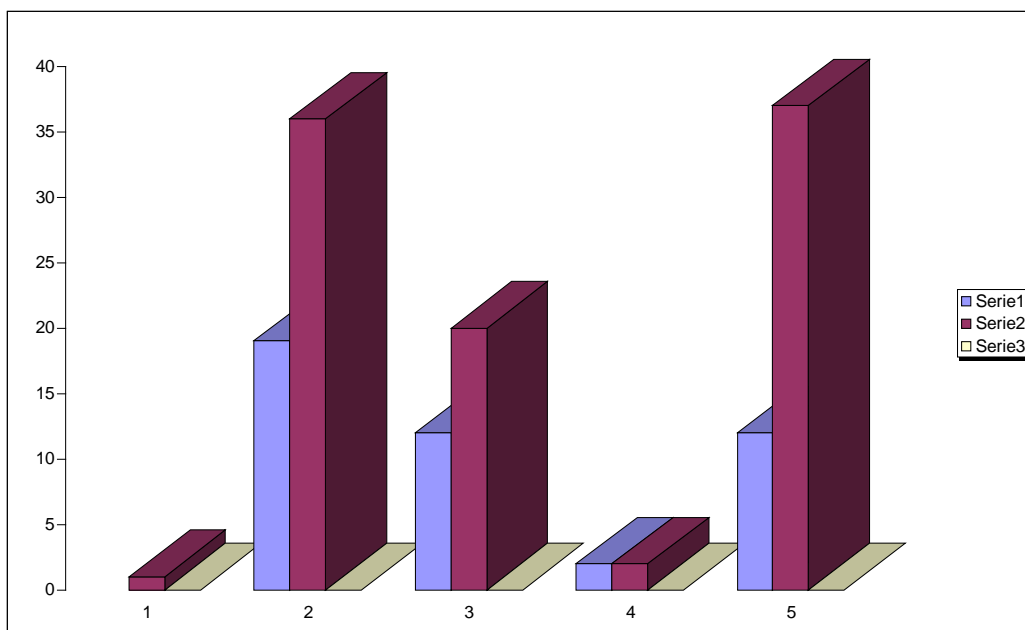
Serie 1: Svelab

Serie 2: Sangtec Medical

Serie 3: Analysen Liva.

Mättillfälle: 20 – 21 november 1999

Övergripande analysansvarig Nils Olof Johansson / Thomas Ahlsmo.



<u>Mätplats</u>	Avdelning:
1	Smultronet
2	Björnbär
3	Blåbär
4	Jordgubben
5	Vinbär

Kommentarer till uppmätta värden

- Mätresultat vid denna mätsats påvisar inga anmärkningsvärda differenser till februarimätningen och båda mättillfällena följer nivån utomhus, se diagram 15 och 16.
- Prov 1, Svelab, ej kvantifierbar på grund analysplatta sannolikt kontaminerad.
- Prover från Analysen Liva, ej kvantifierbar troligtvis på grund av att substrat för mögelsvamp var uttorkad vid leverans från laboratoriet.

Diagram 14: Uppmätta mängder svampsporer på respektive avdelning.

Antal / kbm luft.

Partikel: odlingsbara mikrosvampar.

Laboratorium för detaljanalys:

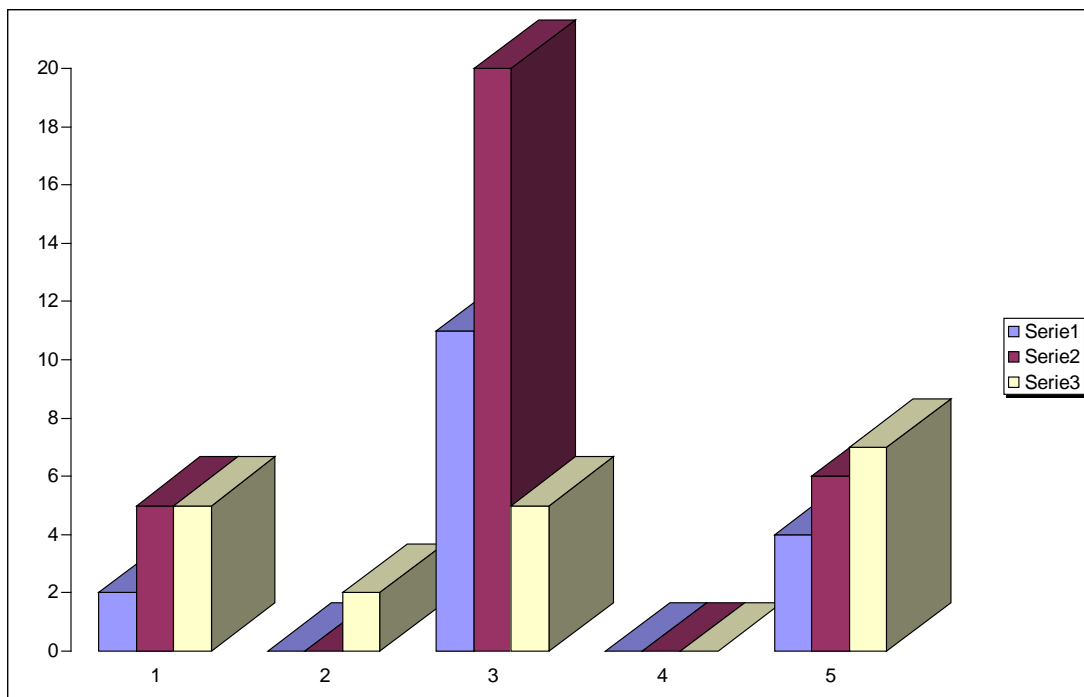
Serie 1: Svelab

Serie 2: Sangtec Medical

Serie 3: Analysen Liva.

Mätillfälle: 11 – 12 december 1999

Övergripande analysansvarig Nils Olof Johansson / Thomas Ahlsmo.



<u>Mätplats</u>	Avdelning:
1	Smultronet
2	Björnbär
3	Blåbär
4	Jordgubben
5	Vinbär

Kommentarer till uppmätta värden

Mätresultat vid denna mätinsats påvisar inga anmärkningsvärda differenser till februarimätningen och nivån vid båda mätillfällena följer nivån utomhus, se diagram 15 och 16.

Diagram 15: Uppmätta mängder svampsporer uteluft.

Antal / kbm luft.

Partikel: odlingsbara mikrosvampar.

Laboratorium för detaljanalys:

Sangtec Medical

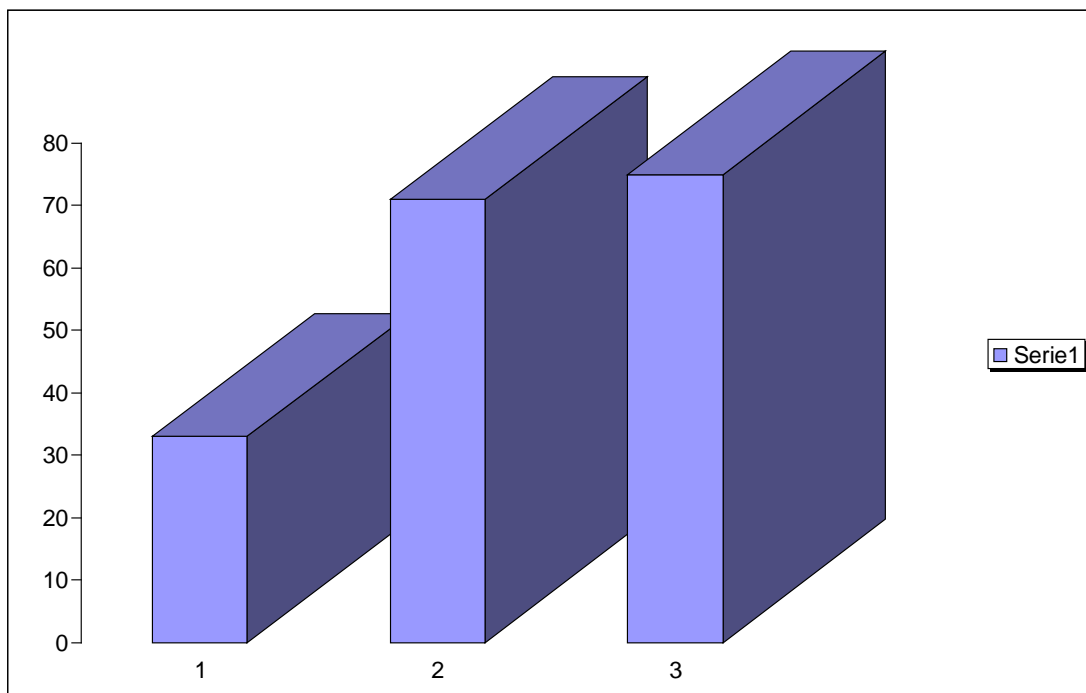
Mätillfälle.

1: 24 – 25 februari 1999

2: 20 – 21 november 1999.

3: 11 – 12 december 1999.

Övergripande analysansvarig Nils Olof Johansson / Thomas Ahlsmo.



Kommentarer till uppmätta värden.

Partikelmängden gällande odlingsbara mikrosvampar håller en likvärdig nivå för de olika mätillfällena.

Diagram 16: Uppmätta mängder svampsporer uteluft.

Antal / kbm luft.

Partikel: odlingsbara mikrosvampar.

Laboratorium för detaljanalys:

1: Svelab

2: Sangtec Medical

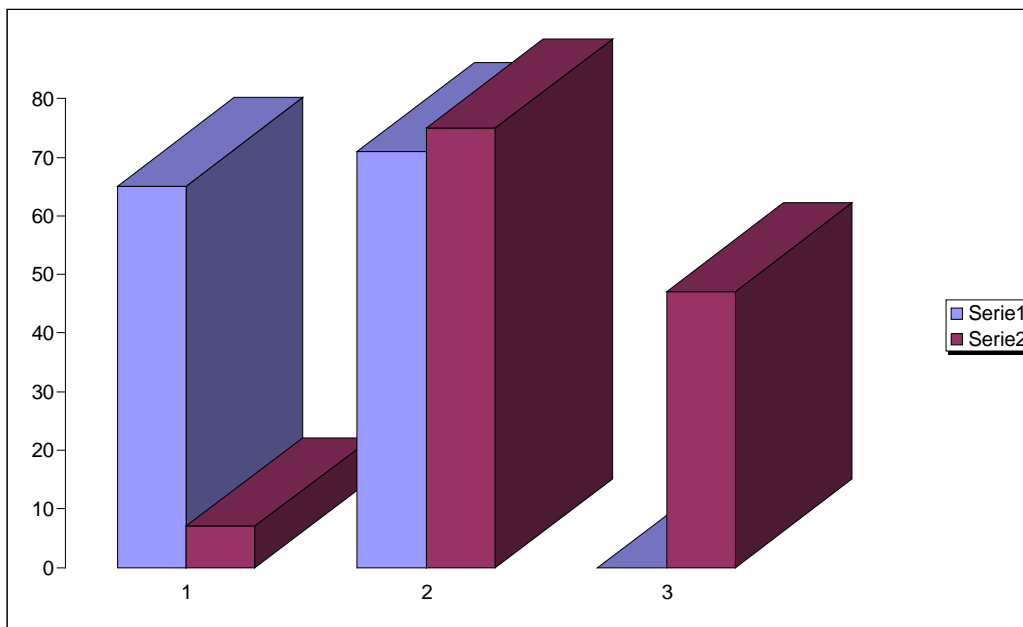
3: Analysen Liva.

Mätillfälle:

Serie 1: 20 – 21 november.

Serie 2: 11 – 12 december 1999

Övergripande analysansvarig Nils Olof Johansson / Thomas Ahlsmo.



Kommentarer till uppmätta värden.

Partikelmängden gällande odlingsbara mikrosvampar håller en likvärdig nivå för de olika mätillfällena.

4.2 Kemiska föreningar

Beträffande de nivåer gällande kemiska föreningar (VOC) som uppmättes i berörd byggnad påtalar dessa inga anmärkningsvärda nivåer. Beträffande uteprovet blev detta skadat i analysbehandlingen och som exempel på nivåer i uteluften redovisas värden på andra platser i tabell 4.

I nedanstående tabeller 3 – 5, redovisas en sammanställning över uppmätta värden.

Tabell 3: VOC-nivåer:

Kolumn:

- 1: Arbetskyddsstyrelsens Författningssamling AFS 1996:2, Hygieniska gränsvärden.
- 2: Mätningar på Guldvingen, A: Smultronet, B: Jordgubben, C: Vinbär
- 3: Rapporten ”Luftkvalitet i en billackeringsverkstad (M Olsson, Chalmers Tekniska Högskola 1995) som påtalar att stora variationer råder från mätresultat i en verkstadslokal och variationerna inomhus förklaras av hur och i vilken omfattning verksamhet bedrivs i lokalen.

Ämne (mg/kbm)	1	2 A:	2 B:	2 C:	3 (med / utan) -ventilation
Bensen	1,5	0,00024	0,00025	0,00015	0,033 / 0,086
Toluen	200	0,00074	0,00074	0,00033	2,913 / 5,650
Summa-Xylen	200	0,00050	0,00057	0,00023	0,530 / 0,920
Etylbensen	200	0,00013	0,00013	0,00006	0,132 / 0,200
n-Heptan	800	0,00013	0,00014	0,00007	0,004 / 0,047
n-Oktan	900	0,00024	0,00032	0,00014	- / 0,154
n-Nonan	800	0,00015	0,00027		0,094 – 0,015
Bensaldehyd	-	-	0,00017	0,00012	-
Trimetylbensen	120	0,00082	0,00007	-	-
Acetofenon	-	0,00007	0,00009	0,00005	-

- Finns ej angivet.

Tabell 4: VOC-nivåer, utemiljöer på olika platser:

Ämne (mg/kbm)	Plats:			
	Norrtälje Datum Juni -99	Sollentuna Aug. -99	Sollentuna Okt. -99	Alingsås Nov. -99
Bensen	-	-	0,0002	0,0001
Toluen	-	0,0008	0,0007	0,0001
summa-Xylen	0,0010	0,0004	0,0004	-
Etylbensen	-	0,0005	0,0001	-
n-Heptan	-	-	0,0002	-
n-Oktan		-	0,0005	0,0001
n-Nonan	0,0003	-	0,0003	-
Bensaldehyd	0,0002	0,0006	0,0001	0,0001
Trimetylbensen	0,0003	-	0,0001	-
Acetofenon	-	-	-	-

Underlag för i ovanstående tabell redovisade ämnen ingår för respektive mättillfälle de ämnen med 20 högst uppmätta nivåerna och som sammanfaller med identifierade ämnen på Guldvingen. Detta innebär att ämnen som ej nivåangives understiger i tabellen ämnet med lägsta redovisade nivån. Uppmätta värden har avrundats till 4 decimaler.

Tabell 5: VOC-nivåer

Följande värden kan hämtas från rapporten Flyktiga organiska ämnen (VOC) i inomhusluften i det svenska bostadsbeståndet, gällande ovanstående ämnen.

Ämne (mg/kbm)	Minimum	Maximum
<i>Bensen</i>	0,003	0,017
<i>Toluen</i>	0,003	0,126
<i>Summan-Xylen</i>	-	-
<i>Etylbensen</i>	-	-
<i>n-Heptan</i>	0,003	0,044
<i>n-Oktan</i>	0,003	0,012
<i>n-Nonan</i>	0,003	0,060
<i>Bensaldehyd</i>	0,003	0,010
<i>Trimetylbensen</i>	-	-
<i>Acetofenon</i>	-	-

- Finns ej angivet.

Rapporten ” Health Effects of Volatile Organic Compounds in Indoor Air, Berglund / Johansson, Stockholms universitet och Karolinska institutet (1996) redovisar följande.

- Enskilda flyktiga organiska ämnen (VOC), dess koncentrationssumma (TVOC) och koncentrationsmönster utgör alla kemiska beskrivningar av en begränsad del av luftens innehåll.
- Enskilda VOC förekommer vanligen i inomhusluften vid låga koncentrationer, ofta 100 eller 1.000 gånger under gällande arbetsmiljögränsvärden. Typvärdet för koncentrationen TVOC i svenska bostäder är cirka 200 – 300 mikrogram / kbm.
- Projektet har kritiskt granskat forskningen kring dessa ämnens potentiella hälsoeffekter i icke-industriell miljö framför allt med avseende på lukt, sensorisk irritation och besvärsupplevelse och kommit fram till att TVOC måttet ej är entydigt definerat ur mätsynpunkt och både s.k. ”sunda” som ”sjuka byggnader” tycks i stort innehålla samma VOC. Även om goda dos-effekt samband kunnat fastställas för enskilda VOC, baseras detta på högre koncentrationer än dem som är vanliga i inomhusluften.
- Den sammantagna bedömningen är att TVOC utifrån teoretiska utgångspunkter ej bör användas som indikator på luftkvalitet i byggnader, vilket invaliderar möjligheten att använda TVOC i ett gränsvärde avseende hälsoeffekter av inomhusluft. Rekommendationen är att endast i de fall då relativt homogen VOC-sammansättning föreligger kan TVOC med försiktighet användas som indikator på luftkvalitet.
- De flesta empiriska studier som granskats avseende hälsoeffekter av enskilda VOC vid de låga koncentrationer som förekommer i inomhusluften, har allvarliga brister både vad avser teori och metod.
- Beträffande emissioner från av VOC vid tillväxt av mögel eller bakterier inomhus i icke industriell miljö är lite känt trots åtskilliga laboratoriestudier på byggnads- och isoleringsmaterial. De flesta av kemiska ämnen som identifieras i laboratoriestudier är vanligt förekommande i inomhus- och utomhusluften men emissionskällorna är normalt ej mikrobiella.

4.3 Komfortmätning

Denna undersökning innebär att under följande perioder har luftfuktighet, (RH) %, lufttemperatur, grader C mäts på avdelningarna

- Smultronet, under perioden 12 november 1999 – 11 december 1999.
- Björnbär, under perioden 20 november 1999 – 11 december 1999.
- Jordgubben, under perioden 12 november 1999 – 20 november 1999.
- Blåbär, under perioden 12 november 1999 – 11 december 1999.

Dessutom uppmättes luftens koldioxidinnehåll på avdelningen Smultronet under perioden 20 november 1999 – 11 december 1999.

En viktig bas för inneklimatets kvalitet är de förhållanden som råder i byggnadens omgivande uteluft. I detta projekt genomfördes parallella mätinsatser gällande uteluftens fuktighet och temperatur under perioden 12 november 1999 – 11 december 1999. Beträffande koldioxidvärdet i uteluften varierar detta omkring 350 – 400 ppm. Instrument som använts vid mätinsatserna är följande.

Testostar 175 mätlogger med givare för luftfuktighet och lufttemperatur vilka placerades på avdelningarna Björnbär, Jordgubben och utomhus.

Testo 454 datalogger med givare för luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid som placerades på avdelningen Smultronet.

Temperatur och luftfuktighetsförändringar i uteluften påverkar även förhållandena inomhus, vilket rent tekniskt fullt ut ej går att kompensera. Exempelvis när temperaturen utomhus kryper nedåt fordras ökade uppvärmningsinsatser inomhus vilket torkar ut den luft som ventileras in.

Resultat från mätningarna är det man kan förvänta sig för mätperioden.

5 SLUTSATSER, UTVÄRDERING AV MÄTRESULTAT

Som framgår från mätresultat råder belysande skillnader beträffande resultat från mätinsatsen

- 24 - 25 februari 1999, verksamhet i byggnaden och
- 20 – 21 november- / 11 – 12 december 1999, ej verksamhet i byggnaden.

Detta gäller såväl med avseende på

- partikelmängd i luft med avseende på fraktionerna > 5,0 och > 10,0 mikrometer,
- bakteriemängd i luft.

Detta påtalar att den högre partikelmängd som rådde 24 – 25 februari 1999 då verksamhet bedrevs i lokalen ej kan härstamma från brister i den byggnadstekniska statusen, punkt 2 nedan utan från de verksamhetsberoende faktorerna, punkterna 3 och 4 nedan.

- 1: Uteluften som tillförs byggnaden vilket är nivågivande för inneluften.
- 2: Byggtkniska statusen som konstruktionsutformning, planlösning och för brukare inrättade komfortutrustningar.
- 3: Verksamhetsberoende faktorer, inklusive miljöval, aktiviteter i byggnaden och inredningens utformning.
- 4: För brukare externt påverkande faktorer, vilket innebär den totalmiljö som brukare utsätts för såväl genom direkta som indirekta kontakter.

Kommentar till mätningarna.

Med ledning av mätresultaten kan det konstateras att miljön och de aktiviteter som människor utsätter byggnader för på ett påtagligt sätt påverkar inomhusluftens kvalitet såväl partikelhalt som mikrobiellt, se sammanställning under kapitel 4. Sammanställningen påvisar att miljön före stängningen av byggnaden medförde höga nivåer av både partikelhalter och mikroorganismer, bakterier.

Svaret på frågeställningen om de partikelmängder som uppmättes vid mätningar 24 och 25 februari, se rapport datum 990321 minskar på ett påtagligt sätt efter det att verksamheten flyttade ut ur byggnaden blir ja. Partikelmängden blev påtagligt lägre, innebär att denna höga partikelnivå ej kan härledas till brister i byggnadens tekniska status. Nivågivande: uteluft kring byggnaden.

Då grundorsaken till detta projekt är att brukare påtalar hälsoproblem som relateras till en viss byggnad har en enklare litteraturstudie genomförts inom för människors hälsa påverkande faktorer här följande utlåtanden bör beaktas.

Allergi och Astma hos barn (Foucard / Kjellman 1991):

- Mögelsvampar förekommer överallt på jordklotet. Deras rikliga förekomst gör att människor oundvikligen exponeras för dem. Av cirka 100.000 arter anses ungefär 30 vara allergiframkallande. Vanligaste arterna i Sverige tillhör släktena Cladosporium och Alternaria. Av mindre betydelse är Penicillium och Aspergillusarterna.
- Allergi mot mögel är förhållandevis ovanligt och förekommer nästan aldrig om inte barnet samtidigt har pollen- eller djurallergi.
- Inhalationen av sporer från svampar, inklusive mögelsvampar kan orsaka atopisk allergi men detta är vanligen inte ett inomhusproblem. Vi exponeras för höga halter av sporer i första hand från luften utomhus under sommarhalvåret.

Högteknologins osynliga fiende. (Månsson 1992)

- Människan är den störste alstraren och spridaren av föroreningar. Helt naturligt avger vi hundratusentals partiklar varje minut, allt från mikroskopiska små partiklar till millimeterstora flagor och långa hårstrån. Alstringsfenomenet förklaras av att människan omsätter snabbt hudens celler.
- En människa i rörelse förlorar varje minut fler än 15.000 hudceller. De sätter sig i kläderna och förs vidare ut i luften där de förenar sig med dammet. På hudcellerna finns också mikroorganismer vilket innebär att dammet i sin tur kommer att innehålla dessa organismer.

Luften vi andas inomhus (Sundell / Kjellman 1995).

- Allergin ökar och är hos barn den största folksjukdomen.
- Allergi är möjlig att förebygga men för detta fordras en nationell samling.
- Ökad information och bättre kunskap minskar både den enskildes besvär som samhällets kostnader.
- Vart tredje barn har endera astma, allergisk snuva eller atopisk eksem.
- Husdjur (katt – hund – gnagare) förekommer hos ungefär varannan barnfamilj. Antalet hundar och katter uppskattas till cirka 800.000. Drygt 20 % av allergiska barn har husdjur.
- Samtliga husdjur är allergena.
- Tobaksrök är den väsentligaste av kända inomhusmiljöföroreningar och passiv belastning ger fler luftvägsinfektioner eller bronkit. Två av tre barn upplever astmabesvär av passiv rökning.
- Klara samband visade tidig exponering (i spädbarnsålder) och senare sensibilisering för husdjur, vilket kan medföra akuta besvär även vid indirekt exponering.
- Allergena nivåerna i allmänna lokaler (skolor / daghem etc) ofta tillräckliga för såväl sensibilisering och akuta besvär hos den redan sensibiliserade.

6. FÖRSLAG TILL UTVECKLING AV OMRÅDET LUFTMILJÖ INOMHUS

Viktigt är med en övergripande hanteringen som beaktar och prioriterar rätt frågor inom området luftmiljö inomhus. Ledstjärna för att uppnå detta är att utgå från människor som har störst problem, allergiska och astmatiska personer. Uppnås förbättringar för dessa grupper så bör det även uppnås en generell förbättring av luftmiljön inomhus. Vi bör betänka att uppstår inte problem så blir det heller inga problem vilket gäller även inom detta område, luftmiljö inomhus. Det damm som inte uppstår skadar ingen och man behöver heller inte föra bort detta. Därefter uppstår problem när damm är tillfört och frågeställningen är då hur för man bort detta på bästa sätt. Viktigt i detta sammanhang är också att ge innemiljön rätt förutsättningar beträffande planlösning, ytskikt, inredning etc så bästa möjliga städ- och underhållseffektivitet uppnås.

Ett led i detta är att utgå från strukturen i stegmodellen som berörs under kapitel 1. En fokusering till dessa frågor i nämnd prioritetsordning kan leda till förbättrad kvalitet gällande inneluften.

Stegmodell:

Steg 1 Vad är det som ger upphov till ökad belastning på luftmiljön inomhus.

Steg 2 Hur förbättras luftkvaliteten inomhus vilket sker genom städning men även övriga fastighetsunderhållet i ej glömmas bort och ventilation.

REFERENSER

Bas för detta projekt utgör Myc-Techs forskningsmaterial med bl.a. följande rapporter.

- Ahlsmo T, 1994, Luftmiljö inomhus: en studie med enkäter och partikelmätningar, Kungl Tekniska Högskolan (licentiatavhandling).
- Grinbergs L, 1992 (omarbetad 1997) Mögelresistens hos beklädnader i våtrum, Kungl Tekniska Högskolan (licentiatavhandling).
- Ahlsmo T, Grinbergs L, Johansson N O, 1997, Luftmiljö inomhus: Partikelmätningar, från renrum till stall, Kungl Tekniska Högskolan.
- Ahlsmo T, 1999, Standardnivå för kommunal städning i skolor och förskolor, Myc-Tech AB.
- Ahlsmo T, 1999, Luftmiljö inomhus ”en litteraturstudie, Myc-Tech AB.

Övrig litteratur.

- Bornehag C G, Stridh G, 1999, Flyktiga organiska ämnen (VOC) i inomhusluften i det svenska bostadsbeståndet, Sveriges Provnings och Forskningsinstitut – Danmarks Tekniska Universitet - Karlstads universitet – Yrkes och miljömedicinska kliniken vid Regionssjukhuset i Örebro.
- Foucard T, Kjellman M, 1991, Allergi och astma hos barn, Draco läkemedel Lund.
- Ljungqvist B, Nydahl R, Reinmuller B, 1989, Mätteknik i rum med förhöjda renhetskrav, Kungl Tekniska Högskolan och KABI Stockholm
- Månsson L, 1992, Högteknologins osynliga fiende, Corona Malmö
- Nestor N.P, Roberts C.E, Lidstrom M.E, Pearsall N.N, Nestor T.N, 1983, Microbiology, Holt Saunders international editions Philadelphia.
- Sundell J, Kjellman M, 1995, Luften vi andas inomhus, Folkhälsoinstitutet, Reimers Grafiska, Norrtälje.
- Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling, AFS 1996:2, Hygieniska gränsvärden.
- Socialstyrelsen allmänna råd, Stockholm:
 - 1989 : 13 SOSFS, om åtgärder mot formaldehyd i byggnader.
 - 1989 : 45 SOSFS, om bedömning av hälsorisker från vissa golvmaterial.