



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R48 :1991

Inomhusmiljön i Dalen

**Tekniska mätningar i 90 lägenheter
i Enskededalen, Stockholm**

Carl-Gustaf Bornehag

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135555

Byggforskningsrådet

R48:1991

INOMHUSMILJÖN I DALEN

Tekniska mätningar i 90 lägenheter
i Enskededalen, Stockholm

Carl-Gustaf Bornehag



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 900150-6
från Statens råd för byggnadsforskning till Svenska
Bostäder, Vällingby.

Referat

Ett projekt bedrivs sedan tre år i bostadsområdet Dalen, Stockholm, i syfte att studera sambandet mellan de boendes upplevelser av inomhusklimatet och tekniska mätningar.

Arbetet med enkätundersökningar bland de boende och tekniska mätningar är slutfört medan studien av samband mellan boendeupplevelser och tekniska mätningar pågår. Några resultat från sambandsstudien kommer därför inte att redovisas i denna rapport.

Enkätundersökningarna visade dels att inomhusklimatet i området upplevs som sämre, dels att symptomen är fler, än i ett kontrollområde. De tekniska mätningarna visade inte på några extrema avvikelser från normala värden. Men det är först efter en sambandsanalys mellan enkätundersökningarna och de tekniska mätningarna som en grundligare bedömning kan göras.

Ett antal faktorerers påverkan på koncentrationen av flyktiga organiska ämnen (VOC) i inomhusluften har undersökts, både den totala koncentrationen (TVOC) och det enskilda ämnet 2-etylhexanol. Det fanns inget entydigt samband mellan fukt i betongbjälklag och halten VOC. Förhöjda värden av TVOC och 2-etylhexanol fanns även där betongen har torkat (<75 %RH). Undersökningen visade vidare att koncentrationen av VOC i inomhusluften minskar vid ökad luftomsättning. Slutligen fanns ett svagt positivt samband mellan TVOC och relativ luftfuktighet inomhus.

Mätningarna visade vidare att det fanns förhöjda halter av ammoniak under golvmattor där den relativa fuktigheten översteg 80 % RH i betongbjälklaget. Förhöjda värden fanns även där det kaseinhaltiga spacket hade bilats bort.

I Bygghälsöversynens rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R48:1991

ISBN 91-540-5370-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SUMMARY

SAMMANFATTNING

1. INLEDNING

1.1	Bakgrund och problem.....	7
1.2	Syfte.....	8
1.3	Tillvägagångssätt	8
1.4	Disposition av rapporten.....	9

2. OMRÅDET OCH HUSEN

2.1	Allmänt.....	10
2.2	Konstruktion och material.....	10
2.3	Ventilation.....	12

3. GENOMFÖRDA ÅTGÄRDER FÖRE MÄTNING

3.1	Allmänt.....	14
3.2	Ventilation.....	14
3.3	Golv.....	14

4. BESKRIVNING AV UTFÖRDA MÄTNINGAR

4.1	Allmänt.....	15
4.2	Mätmetoder.....	15

5. RESULTAT OCH DISKUSSION

5.1	Allmänt.....	18
5.2	Fukt.....	18
5.2.1	Relativ luftfuktighet inomhus	18
5.2.2	Fukttillskott inomhus.....	20
5.2.2	Relativ fuktighet i betongbjälklag.....	20
5.3	Temperatur inomhus.....	22
5.4	Lufttrycksskillnader.....	23
5.5	Luftläckage mellan lägenheter.....	26
5.6	Frånluftflöde.....	28
5.7	Ventilation.....	31
5.8	Kaseininnehåll i flytspackel.....	35
5.9	Ammoniakkoncentration i golvkonstruktion.....	36
5.9.1	Ammoniakkoncentration under golvmattor.....	36
5.9.2	Ammoniakkoncentration i betongbjälklag.....	38
5.10	Flyktiga organiska ämnen i inomhusluften.....	39
5.10.1	TVOC i inomhusluften.....	40
5.10.2	2-etylhexanol i inomhusluften.....	41
5.11	Formaldehyd i inomhusluften.....	42
5.12	Damm.....	42

6. SAMBAND MELLAN VOC OCH TEKNISKA FAKTORER

6.1	Allmänt.....	43
6.2	Fukt i betongbjälklag.....	43
6.3	Luftomsättning inomhus.....	44
6.4	Relativ luftfuktighet inomhus.....	46
6.5	Temperatur inomhus.....	47
6.6	Typ av ventilationssystem.....	48
6.7	Typ av golvmaterial.....	48

7 SLUTSATSER

7.1	Resultat från olika gårdar.....	50
7.2	Samband mellan VOC och tekniska faktorer.....	51
7.3	Rekommendationer.....	52

Litteratur

Bilagor

1. Områdesplan över Enskededalen
2. Arbetsgrupp 1990

Förord

Det är otvetydigt så att många av de boende i Dalen upplever stora problem med sin boendemiljö. Tidigare genomförda enkätundersökningar tyder på detta och i mitt arbete i Dalen har jag träffat på många som hänför olika besvär och symptom till bostaden. Frågan är bara vad som är orsaken till problemen.

Det pågår en intensiv forskning om orsakerna till de sjuka husen. Många för fram enfaktoriella förklaringar som dock ej har bekräftats på ett entydigt sätt. Det finns emellertid mycket som tyder på att vi har att göra med ett mångdimensionellt problem, där vår upplevelse av inomhusklimatet påverkas av en mängd olika faktorer. Det får till följd att undersökningarna blir omfattande. Det innebär också att många mätningar i efterhand visar sig inte ha något förklaringsvärde. I flera av de mätningar som har gjorts finns heller inga entydiga gränsvärden eller erfarenheter från friska hus vilket innebär att de uppmätta värdena blir svåra att värdera.

Jag hoppas emellertid att detta arbete ska leda till att problemen kan rättas till i Dalen. Men också att den eventuella kunskap som erhålls kan användas i andra områden. Denna rapport ingår i ett större projekt där nästa steg är att försöka hitta samband mellan de boendes problem och tekniska mätresultat. Det är därför först efter nästa fas i projektet som vi kan bedöma resultaten från de tekniska mätningarna på ett grundligare sätt.

Jag vill på detta sätt framföra ett stort tack till de boende i Dalen som ännu en gång har ställt upp på nya mätningar. Att genomföra de utrymmeskrävande undersökningarna som ofta tog en dag i anspråk hade naturligtvis inte varit möjligt utan de boendes välvilliga inställning.

Jag vill också tacka arbetsgruppen för ett bra samarbete under projektets gång. Ett tack till Ingemar Samuelson (SP) och Jan Sundell (Syntax AB) som har kommit med synpunkter på hela rapporten och Hans Gustafsson vid kemisk analys vid SP i Borås som har granskat avsnitten som behandlar luftkvalitet. Ett tack också till AB Svenska Bostäder där framförallt Jan Nätterholm och Lars Mårtensson har kommit med synpunkter och material under arbetets gång samt till Anita Andersson vid hyresgästföreningen. Sist men inte minst vill jag tacka Jonas Rockström vid SP i Stockholm som har utfört en stor del av mätningarna och Irene Persson vid SP som har ansvarat för utskick och kontakter med de boende under mätningstiden.

Stockholm i juni 1991

Carl-Gustaf Bornehag

SUMMARY

This project, investigating the conditions in a residential area in Stockholm where the residents experience considerable problems with the indoor climate, has been in progress for three years. One of the objectives of the work is to investigate relationships between the residents' subjective experience of the indoor climate, in terms of problems/symptoms, and results from physical measurements of conditions. Work on questionnaire surveys and physical measurements has been concluded. Investigation of relationship between subjective experience and physical factors is continuing, and no results of this part of the work will therefore be presented in this report.

The area, which contains about 1500 apartments, is about ten years old. The buildings consist of low-rise 2 1/2-storey buildings and four-storey high-rises. The foundations consist of site-cast raft slabs, with underlying mineral wool insulation. Pipes and basement areas lie beneath some of the buildings. Walls and ceiling/floor structures are mainly in the form of precast concrete elements. A caseine-based self-levelling compound has been applied to the concrete floors.

The indoor climate has been the subject of complaints - draughts, dry and stale air and unpleasant smell - from residents and users ever since the buildings were occupied. Some residents also complain about the smell of cooking and smoke from other apartments. Parquet floors have become stained, and many residents are bothered by abnormal quantities of dust. Problems of this type can be classified as environmental. There are also many residents who complain of physical symptoms that can be linked to the dwellings: non-specific symptoms manifested in the eyes, skin and bronchial tracts, together with tiredness, nausea and headaches.

Questionnaire investigations have been carried out among residents and users (Andersson et al., 1989), and have indicated severe problems with the indoor climate. The results indicate that the indoor climate in the area is experienced as worse, and that there are more physical symptoms, than in a control area.

The objective of this presentation is to provide an objective description of the indoor climate in a residential area where the residents experience a wide range of serious problems with the indoor climate. It has been found that some of the problems, such as problems with ventilation, too high or too low temperatures, draughts etc. can be explained by faults and shortcomings in the buildings and building services systems (Samuelson 1991), but it has not so far been possible to account for all problems in this manner. We aim, in the continuation of this work, to investigate the relationship between the residents' subjective experiences and physical factors in a multi-factorial manner.

The results of the physical measurements indicate that there are no extreme departures from normal values, as shown in Table 1. However, it is not until a relationship study between the residents' problems/symptoms and the physical measurements has been completed that it will be possible to assess the results.

Table 1: Results of physical measurements

Variable	Unit	No of values	Min value	Max value	Mean value
Indoor temperature	°C	86	18,8	25,6	22,3
Relative indoor humidity	% RH	86	24	66	40
Indoor moisture input	g/m ³	86	0,1	5,6	1,4
Relative humidity in concrete					
Ground floor	% RH	16	70	97	
Other floor	% RH	72	35	65	
Exhaust air flow	l/sm ²	86	0,17	0,71	
Ventilation	Air changes/h	83	0,1	2,1	0,7
Differential air pressure*	Pa	85	-35	6	-8,9
TVOC	mg/m ³	81	0,03	0,36	0,15
2-ethylhexanol	µg/m ³	81	0	36	
Ammonia under floor covering					
Ground floor	ppm	13	0	190	
Other floors	ppm	58	0	5	

* (-) indicates negative pressure indoors

The effect of a number of factors on the concentration of volatile organic compounds (VOC) in the indoor air has been investigated: both the total concentration (TVOC) and the concentration of a particular substance, 2-ethylhexanol. A cause/effect investigation has been performed, investigating the following and other factors:

- Moisture in the concrete floor and ceiling/floor structure
- Indoor ventilation
- Indoor temperature
- Indoor relative humidity

There was no clear relationship between moisture levels in the concrete ceiling/floor structure and the VOC concentration. Elevated values of TVOC and of 2-ethylhexanol were found even in areas where the concrete had dried (<75 % RH). The investigation also showed that the concentration of VOC in indoor air fell with increasing ventilation air change rate. Finally, a weak positive relationship between TVOC and relative humidity in the indoor air was found.

A self-levelling flooring compound, applied as a screed to concrete floor structures, and containing a protein additive in the form of caseine, was used in Sweden from 1977-1983. The cement-based material could be pumped out over the concrete floors, providing a highly labour-saving way of producing a good surface on which to lay the final floor covering. It is estimated that 10-15 million m² of floor surface area in Sweden are coated with this compound. After some years, however, problems arose in a small proportion of the buildings. Parquet floors developed stains and an odour became apparent. In some cases, the occupants/users complained of problems/symptoms that were associated with the buildings.

Investigations have shown that caseine-based self-levelling compounds release ammonia if subjected to relative humidities in excess of 75-80% RH for a longer period of time (Hellström et al., 1984; Hellström et al., 1985). An ammonia concentration above 5 ppm beneath floor coverings indicates that the self-levelling compound is breaking down. The ammonia can discolour certain woods, such as oak. It is also known that moist caseine-based self-levelling compound develop an odour. Work has also indicated that health effects among users and occupants can arise in the presence of moist caseine-based compound. One way of attempting to deal with these problems is to chip away the compound and replace it by a type-approved caseine-free compound.

One objective of this work has been to investigate whether it is possible to permanently reduce the ammonia concentration to below 5 ppm by replacing the caseine-containing compound with a caseine-free compound. The work includes investigation of whether ammonia is present in the concrete beneath.

Measurements indicated that the ammonia concentration did not exceed 5 ppm in the presence of caseine-based compound, provided that the relative humidity in the concrete was less than 75-80% RH. At higher relative humidities, ammonia concentrations of 100-190 ppm were found.

Where there was a caseine-free compound there could not be found any higher concentrations of ammonia, not even by high humidity in the concrete.

Elevated ammonia concentrations (5-75 ppm) were found even where the caseine-based compound had been chipped away and replaced by caseine-free compound, if the relative humidity in the concrete exceeded 75-80% RH (see Figure 1).

Ammonia concentration
beneath the floor covering
(ppm)

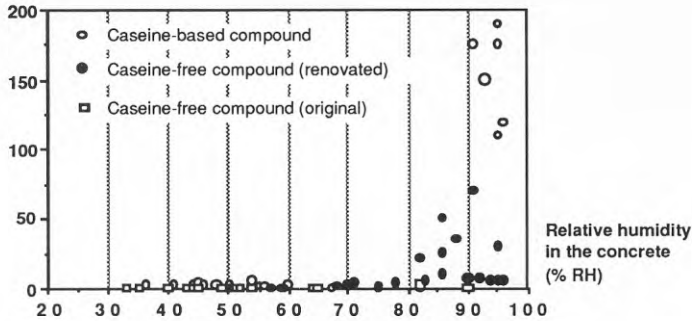


Figure 1 Relationship between ammonia concentration beneath the floor covering and moisture in the concrete ceiling/floor structure. Two different types of self-levelling compound were originally used in the buildings: a caseine-based compound and a caseine-free lime-based compound. A caseine-free, type-approved compound has been used after renovation of the floors. In the case of the caseine-based compounds, the measurements were made ten years after the floors had been laid, while measurements of the caseine-free compounds were made two years after laying.

- High relative humidity (>85-90% RH) may result in chemical degradation of the plasticiser in PVC floor coverings, which normally results in the emission of 2-ethylhexanol to the indoor air. However, the measurements showed that there were elevated contents of 2-ethylhexanol (>5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) even where the relative humidity had fallen below 85-90% RH.
- There was no observable relationship between moisture in the concrete ceiling/floor structure and the concentration of TVOC in the indoor air. However, the concentration of TVOC never exceeded 0.40 mg/m^3 .
- The field work indicated a weak relationship between ventilation and the concentration of TVOC in the indoor air. The concentration of TVOC was reduced with increased ventilation.
- There was a weak relationship between TVOC in the indoor air and relative humidity.
- Caseine-based self-levelling compound exposed to a relative humidity in excess of 75-80% RH will release ammonia. The field study showed that ammonia can diffuse down into the underlying concrete.
- Ammonia in the underlying concrete diffused up through the new layer of self-levelling compound and gave rise to elevated concentrations beneath the floor covering if the relative humidity in the concrete ceiling/floor structure exceeded 80-85% RH.

SAMMANFATTNING

Bakgrund

Bostadsområdet Dalen ligger i gamla Enskede, söder om Stockholms centrum. I området finns drygt 1400 lägenheter fördelade på 14 gårdar. Dessutom finns 19 lägenhetsdaghäm samt ett servicehus med 280 lägenheter. I området finns även affärer, daghem, bibliotek, simhall m.m. Området bebyggdes under åren 1978-1982.

Allt sedan inflyttning har boende och brukare framfört klagomål på inomhusmiljön. Man har klagat på drag, torr och instängd luft samt obehaglig lukt. Vissa störs också av matos och röklukt från andra lägenheter. Det finns även missfärgade parkettgolv och många störs av onormalt mycket damm. Denna typ av problem kan innefattas i gruppen miljöfaktorer. Det finns även många som uppger sig ha besvär/symptom som kan kopplas till bostaden, s.k. specifika symptom från ögon, hud och luftvägar samt trötthet, illamående och huvudvärk.

Enkätundersökningar bland boende och brukare har genomförts under 1988-1989 av Yrkesmedicinska kliniken vid Regionsjukhuset i Örebro, (Andersson 1989). Resultaten visade, dels att inomhusklimatet i området upplevs som sämre, dels att symptomen är fler, än i ett friskt kontrollområde.

Syftet med denna rapport är att ge en teknisk beskrivning av inomhusklimatet i bostadsområdet Dalen. En frågeställning är om inomhusklimatet i mätlägenheterna på något sätt avviker från normala värden och därigenom kan förklara problemen i området.

I nästa del av projektet kommer sambandet mellan tekniska faktorer och besvär/symptom hos de boende att göras. Först därefter kan de erhållna resultaten i denna rapport värderas på ett mer nyanserat sätt.

Sammanfattning av resultat

Tekniska mätningar har gjorts i 87 lägenheter i området i gårdarna Plommon, Poppel, Rönnbär, Hassel, Pärön, Lönn, Hagtorn, Servicehus samt i Sanerade lägenheter (golv-sanering) som fanns utspridda i området.

I gårdarna Poppel och Sanerade lägenheter var det kaseinhaltiga flytspacklet bortbilat och ersatt med ett tygodkänt (kaseinfritt) spackel och PVC-mattan var utbytt mot en linoleummatta. I Plommon och Poppel var ventilationen åtgärdad.

Följande tekniska mätningar och analyser har genomförts;

- Fukt
- Temperatur inomhus
- Lufttrycksskillnader
- Luftläckage mellan lägenheter
- Frånluftsflöde
- Ventilation
- Kaseininnehåll i flytspackel
- Ammoniak i golvkonstruktion
- Flyktiga organiska ämnen i luft (VOC)
- Formaldehyd i inomhusluften
- Provtagning av damm

Av de tekniska mätresultaten framgår att det inte verkar finnas någon enskild faktor som kan förklara problemen i området, se tabell 7.2. Men det kan naturligtvis finnas samverkans effekter mellan tekniska faktorer vilka inte syns i den endimensionella analysen.

Temperatur och relativ luftfuktighet inomhus varierade inom normala värden med undantag för något hög temperatur i Pärön och Servicehuset (23-25 °C) och något låg relativ luftfuktighet i Rönnbär och Hassel (<30 % RH).

Fuktmätningarna i betongbjälklagen visade att det var torrt (<70 % RH) i mellanbjälklagen och fuktigt i bottenbjälklagen (80-97 % RH), där det inte fanns källare under. Hög fuktighet fanns även där golvsaneringar hade gjorts.

Frånluftsflödena var för låga i många kök (<10 l/s), även där ventilationsåtgärder hade gjorts. Men eftersom det förmodligen finns läckage i frånluftskanalen mellan köksfläkt och takgenomföring kan dessa värden vara något underskattade. I badrum fanns för låga värden i enstaka lägenheter i Plommon, Poppel, Hassel, Lönn, Servicehus och Sanerade lägenheter. Spärgasmätningarna gav också något högre värden på luftomsättningen än motsvarande flödesmätningar. Luftomsättningen var i allmänhet acceptabelt hög.

I stort sett alla lägenheter hade ett undertryck inomhus i förhållande till uteluften och trapphuset vilket är bra. Undertrycket översteg emellertid i många fall 10 Pa vilket kan anses för högt. Undertrycken var för höga även där ventilationen hade åtgärdats. Läckagemätningar visade dessutom att det fanns luftläckage mellan flera lägenheter.

Koncentrationen av TVOC i inomhusluften var inte extremt hög men det fanns värden mellan 0,30-0,40 mg/m³ i gårdarna Plommon, Poppel och Servicehus vilket kan anses som något förhöjt. Även i de golvsanerade lägenheterna fanns värden över 0,30 mg/m³. När det gäller 2-etylhexanol fanns förhöjda värden på 10-40 µg/m³ i gårdarna Plommon, Pärön, Lönn och Servicehuset. Inga förhöjda halter av 2-etylhexanol fanns i de golvsanerade lägenheterna.

Ammoniaktätningarna visade att det fanns förhöjda halter under golvmattan (10-200 ppm) där den relativa fuktigheten i betongen översteg 80-85 % RH. Detta oavsett om det fanns kaseinhaltigt flytspacklet eller ej. Orsaken till att det fanns ammoniak, även där det kaseinhaltiga spacklet hade bilats bort och ersatts med ett kaseinfritt spackel, var förmodligen att ammoniak från det ursprungliga kaseinspacklet har trängt ner i den underliggande betongen. Denna ammoniak kan sedan diffundera upp genom ett nytt spackellager och ge förhöjda halter under en ny golvbeläggning. Mätningar nere i betongen visade också att det fanns förhöjda halter där. Detta innebär att åtgärden bilning av spackel inte är en bra åtgärd, om det är fuktigt i betongen (>80%RH), och om syftet är att på sikt er hålla låga ammoniakkoncentrationer (<5ppm) under golvmattan.

Slutligen gjordes en sambandsstudie mellan VOC i inomhusluften och ett antal tekniska faktorer. Det fanns inget entydigt samband mellan fukt i betongbjälklaget och TVOC i inomhusluften. Koncentrationen av TVOC översteg dock aldrig 0,40 mg/m³. Avgången av 2-etylhexanol från PVC-mattan kunde pågå trots att den relativa fuktigheten i betongbjälklaget hade sjunkit under 75 % RH. Koncentrationen av TVOC och 2-etylhexanol i inomhusluften minskade vid ökad ventilation. Vid en luftomsättning omkring 0,8-0,9 oms/h var koncentrationen av TVOC lägre än 0,20 mg/m³ och halten av 2-etylhexanol understeg 10 µg/m³. Slutligen fanns ett svagt positivt samband mellan TVOC i inomhusluften och relativ luftfuktighet.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund och problem

Bostadsområdet Dalen ligger i gamla Enskede, söder om Stockholms centrum. I området finns totalt drygt 1400 lägenheter fördelade på 14 gårdar, se bilaga 1. Byggnaderna utgörs dels av låghus i 2 1/2 plan, dels av höghus i fyra våningar. Dessutom finns 19 lägenhetsdagem samt ett servicehus med 280 lägenheter. I området finns även affärer, daghem, bibliotek, simhall m.m. Området bebyggdes under åren 1978-1982.

Allt sedan inflyttning har boende och brukare framfört klagomål på inomhusmiljön. Man har klagat på drag, torr och instängd luft samt obehaglig lukt. Vissa störs också av matos och röklukt från andra lägenheter. Det finns även missfärgade parkettgolv och många störs av onormalt mycket damm. Denna typ av problem kan innefattas i gruppen miljöfaktorer. Det finns även många som uppger sig ha besvär/symptom som kan kopplas till bostaden, s.k. ospecifika symptom från ögon, hud och luftvägar samt trötthet, illamående och huvudvärk.

Enkätundersökningar bland boende och brukare har genomförts under 1988-1989 av Yrkesmedicinska kliniken vid Regionsjukhuset i Örebro, (Andersson 1989). I figur 1.1 redovisas andelen boende (vuxna) i hela området som upplever problem med enskilda miljöfaktorer samt uppger att de har besvär/symptom. Enkätundersökningen visade, dels att inomhusklimatet i området upplevs som sämre, dels att symptomen är fler, än i ett kontrollområde.



Figur 1.1 Klagomål på inomhusklimatet och besvär/symptom i bostadsområdet Dalen. Den heldragna linjen anger andelen vuxna i området som upplever problem med olika miljöfaktorer samt att de har besvär/symptom som kan kopplas till bostaden. Det skuggade området markerar motsvarande resultat från ett kontrollområde med "friska" hus. (Andersson 1989)

1.2 Syfte

Det övergripande syftet med hela arbetet i Dalen är att undersöka om föreslagna åtgärder ger avsedd effekt när det gäller inomhusklimatet i teknisk bemärkelse samt om de boende upplever någon förändring. Detta innebär att enkätundersökningar och tekniska mätningar genomförs före och efter åtgärd. I dagsläget (juni 1991) har emellertid inte området sanerats i sin helhet och det är oklart vilka åtgärder som kommer att genomföras. I undersökningsmaterialet finns dock resultat från ett antal sanerade lägenheter. Det gäller åtgärder av golv och ventilationssystem.

Syftet med denna rapport är att ge en teknisk beskrivning av inomhusklimatet i omkring 90 lägenheter. En frågeställning är om inomhusklimatet i mätlägenheterna på något sätt avviker från normala värden och därigenom kan förklara problemen i området.

Ytterligare ett syfte är att studera samband mellan olika tekniska faktorer.

I en fortsatt studie ska sambandet mellan tekniska faktorer och symptom/besvär hos boende göras. Undersökningen kommer att göras på ett flerfaktoriellt sätt med bl.a. multipel regressionsanalys. Först därefter är det möjligt att göra en djupare bedömning av resultaten från den tekniska mätningarna.

1.3 Tillvägagångssätt

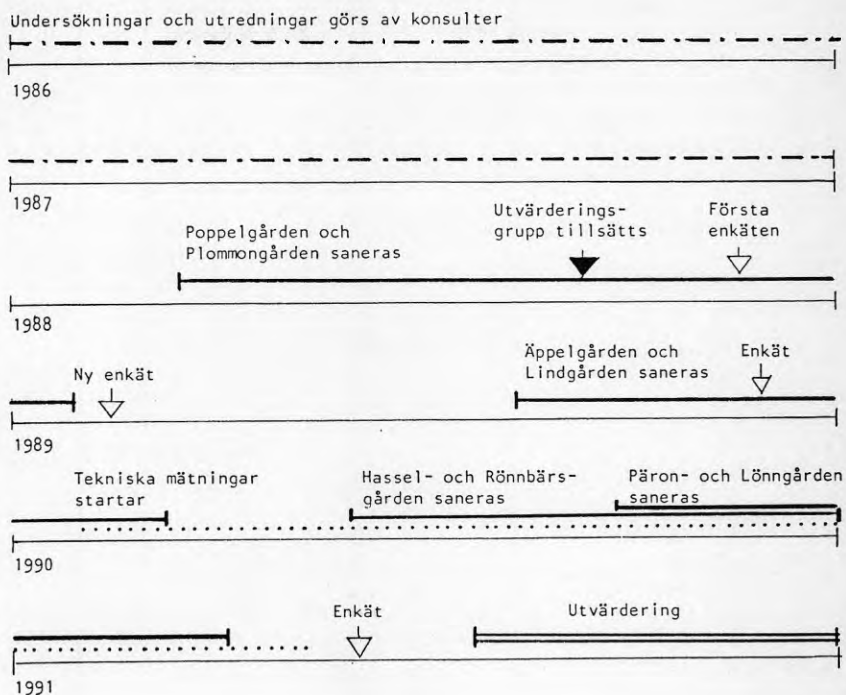
I november 1988 tillsattes en utvärderingsgrupp. Gruppen har haft tillgång till tidigare utredningar som genomförts i området, (Samuelson 1991). Gruppens sammansättning 1990 framgår av bilaga 2. Arbetet har finansierats av Statens råd för byggnadsforskning (BFR) och AB Svenska Bostäder.

I figur 1.2 redovisas genomförda åtgärder och utredningar från och med 1986 och planerat arbete till och med 1991.

Tekniska mätningar har gjorts i 8 gårdar. På varje gård har 10 lägenheter slumpmässigt valts ut. Gårdarna valdes ut bl.a. med hänsyn till enkätsvaren där det visade sig att vissa gårdar verkade ha större problem. Andra gårdar valdes ut med anledning av olika ventilationssystem och olika golvbeläggningar och flytspackel. Sammanlagt har tekniska mätningar gjorts i 87 lägenheter. Se tabell 2.1.

Mätningar i fält och materialanalyser är gjorda av Statens Provvningsanstalt (SP) medan luftprovsanalyserna är gjorda vid Yrkesmedicinska kliniken vid regionsjukhuset i Örebro.

De tekniska mätningarna gjordes under perioden jan-sep 1990, där huvuddelen genomfördes under årets fem första månader.



Figur 1.2 Åtgärder och utredningar i Dalen under tiden 1986-1991

1.4 Disposition av rapporten

I kapitel 2 beskrivs husen översiktligt med avseende på konstruktion, material och ventilationssystem. Därefter sker i kapitel 3 en sammanställning över vilka åtgärder som var genomförda i området före mätningstillfället. I kapitel 4 beskrivs de mätmetoder som har använts. Resultaten från de tekniska mätningarna finns i kapitel 5 och i kapitel 6 analyseras samband mellan flyktiga organiska ämnen (VOC) och ett antal tekniska faktorer. Slutligen ges ett antal slutsatser och rekommendationer i kapitel 7.

2 OMRÅDET OCH HUSEN

2.1 Allmänt

Bostadsområdet Dalen består av 14 kringbyggda gårdar med 70-130 lägenheter per gård. På varje gård finns, dels låghus i 2 1/2 plan, dels höghus i 4 plan. I området finns dessutom 19 daghem, 11 lägenhetsdaghem samt ett servicehus med 280 lägenheter. Gårdarnas benämning och antal lägenheter redovisas i tabell 2.1. I tabellen framgår även var de tekniska mätningarna har gjorts.

Tabell 2.1 Antal lägenheter per gård

Gård	Antal lägenheter	Tekniska mätningar (antal lgh)	
		Före åtgärd	Efter åtgärd
Rönnbärggården	102	10	
Hasselgården	121	10	
Äppelgården	80		
Lindgården	111		
Pärongården	110	10	
Lönngården	99	10	
Kastanjegården	82		
Körsbärggården	128		
Hagtornsgården	130	9	
Ekgården	71		
Poppelgården	127		10* **
Plommongården	92		10**
Grangården	109		
Videgården	<u>100</u>		
	1.462		
Servicehus	280	10	
Golvsanerade lägenheter	42		8***

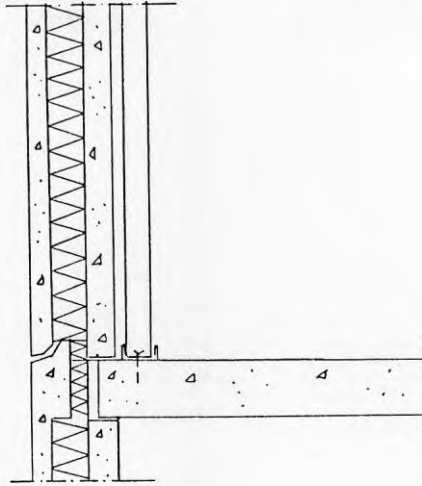
* Golvsanerade lägenheter

** Åtgärdad ventilation

*** I området fanns 42 golvsanerade lägenheter utspridda på olika gårdar.

2.2 Konstruktion och material

Husen är grundlagda med en platsgjuten betongplatta på mark med underliggande isolering av mineralull. Under delar av vissa hus finns kulvertar och andra källarutrymmen. Konstruktionen i övrigt utgörs av förtillverkade betongelement i väggar och bjälklag utom i Servicehuset där stommen är platsgjuten. Ytterväggselementen är värmeisolerade med en kärna av styrencellplast. I figur 2.1 redovisas en sektion av ytterväggen vid en bjälklagsanslutning.



Figur 2.1 Sektion genom yttervägg vid bjälklagsanslutning.

På bjälklagen finns ett flytspackel med en proteintillsats (kasein). Kaseinspackel finns i cirka 85 % av antalet lägheter. Golvspacklet i lägenheternas badrum innehåller kasein i alla lägenheter.

I den ursprungliga konstruktionen utgörs golvbeläggningen av en PVC-matta i alla rum utom vardagsrummet där det finns en ekparkett. I Servicehuset finns en PVC-matta i alla rum. I badrummen finns i alla lägenheter en våtrumsmatta (PVC), dock ej samma typ som i övriga rum.

Där golvsaneringar har gjorts, Poppelgården (127 lägenheter) och 42 provlägenheter utspridda i området, har det kaseinhaltiga flytspacklet bilats bort och ersatts av ett tygodkänt spackel. Golvmaterialen utgörs här av linoleummattor samt parkett i vardagsrummen. I tabell 2.2 finns materialkombinationerna vid mättillfället redovisade.

Tabell 2.2 Golvmaterial vid mättillfället

Gård	Flytspackel		Golvmattor	
	Kasein	Kaseinfritt	PVC	Linoleum
Rönnbärggården		x**	x	
Hasselgården		x**	x	
Äppelgården				
Lindgården				
Pärongården	x		x	
Lönngården	x		x	
Kastanjegården				
Körsbärggården				
Hagtornsgården	x		x	
Ekgården				
Poppelgården***		x		x
Plommongården	x		x	
Grangården				
Videgården				
Servicehus	x	x	x*	

* I Servicehuset finns PVC-mattor även i vardagsrum

** I Rönnbär och Hassel finns ett kaseinfritt kalkspackel

*** Golvsanerade lägenheter

2.3 Ventilation

I området finns både mekanisk frånluft (F) och mekanisk till- och frånluft med värmeväxling (FTX), se tabell 2.3. Ventilationsaggregaten är placerade på vinden. Fläktarnas placering i FT-systemet ger ett undertryck i frånluftskanalen och ett övertryck i tilluftkanalen vilket minskar risken för läckage av använd luft till friskluften.

I låghuset finns enbart F-system där frånluftsdon finns i kök, badrum, (WC) och kläd-kammare. Lufttillförseln sker genom ventilationsluckor och spaltventiler i fönster.

I höghuset finns både F- och FT-system. Frånluftsdon finns här i kök, badrum, (WC), och kläd-kammare. Vid F-system sker lufttillförsel i springventiler och borstlist i fönsterbåge. Tilluften vid FT-system sker genom en bakkantsinblåsning i lufttrummor i vardagsrum och sovrum. FT-systemet är försett med en roterande värmeväxlare.

Tabell 2.3 Ventilationssystem i området vid mätfallet

Gård	Hustyp	Vent	Fläkt	Fläkt-plac	Kåpa	Från-luft	Tilluft
	0=låghus	F	0=Egen-styrd	Vind	0=man. spjäll	1=kök, bad,	0=bakkants-inblåsning
	1=höghus	FTX	1=Central-fläkt	Kök	1=Timer 2=Kol-filter	WC, klk.	1=Vädrings-luckor + spalt i fönster, sov- och vardagsrum
Kastanj	0	F	1	Vind	0	1	1
	1	FTX	1	Vind	0	1	0
Lind	0	F	0	Vind ¹⁾	0	1	1
	1	F	0	Kök ¹⁾	0	1	1
Äppel	0	F	0	Vind ¹⁾	0	1	1
	1	F	0	Kök ¹⁾	0	1	1
Rönnbär	0	F	0	Vind ¹⁾	0	1 ²⁾	1
	1	FTX	1	Vind	1	1 ²⁾	0
Hassel	0	F	0	Vind ¹⁾	0	1 ²⁾	1
	1	FTX	1	Vind	1	1 ²⁾	0
Vide	0	F	1	Vind	0	1	1
	1	FTX	1	Vind	0	1	0
Plommon	0	F	1	Vind	2	1 ²⁾	1
	1	F	1	Vind	2	1	1
Gran	0	F	1	Vind	0	1	1
	1	FTX	1	Vind	0	1	0
Poppel	0	F	0	Kök ¹⁾	0	1 ³⁾	1
	1	F	0	Kök ¹⁾	0	1 ³⁾	1 ⁴⁾
Ek	0	F	1	Vind	0	1	1
	1	FTX	1	Vind	0	1	0
Hagtorn	0	F	1	Vind	0	1	1
	1	FTX	1	Vind	0	1	0
Körsbär	0	F	1	Vind	0	1	1
	1	FTX	1	Vind	0	1	0
Päron	0	F	1	Vind	0	1	1
	1	FTX	1	Vind	0	1	0
Lönn	0	F	1	Vind	0	1	1
	1	FTX	1	Vind	0	1	0

1) Separat frånluftssystem i varje lägenhet, s.k egenstyrd ventilation.

2) Extra frånluftsdon i kök över köksfläkt.

3) Klädkammarentilation går på centralfläkt placerad på vind.

4) Borstlist i fönster

3. GENOMFÖRDA ÅTGÄRDER FÖRE MÄTNING

3.1 Allmänt

Saneringen av lägenheterna, både när det gäller golvåtgärder och förändringar av ventilationssystemet, började att genomföras 1987. De tekniska mätningarna har gjorts efter åtgärd i gårdarna Plommon, Poppel och i ett antal golvsanerade lägenheter utspridda i området. Frånluftsflödena har i de flesta fall justerats någon gång efter idrifttagandet av byggnaden.

3.2 Ventilation

I Plommongården har ett mekaniskt frånluftssystem installerats i höghusen. I köket finns en kolfilterfläkt och frånluftsdonet är placerat ovanför köksfläkten. Det finns därmed ingen forceringsmöjlighet av frånluftsflödet i dessa lägenheter. I sovrum och vardagsrum finns springventiler i fönsterkarmen.

I Poppelgården finns ett separat frånluftssystem för varje lägenhet installerat, s.k egenstyrd ventilation. Köksfläkten kan här ställas i tre lägen, läge I-III. Normal drift ska ske i läge II.

3.3 Golv

Golvåtgärder har genomförts i cirka 170 lägenheter. I Poppelgården (127 lägenheter) och 42 lägenheter spridda i området har det kaseinhaltiga flytspacklet bilats bort och ersatts av ett typgodkänt spackel. PVC-mattorna har ersatts av en linoleummatta. I vardagsrum finns ett nytt parkettgolv.

4. BESKRIVNING AV UTFÖRDA MÄTNINGAR

4.1 Allmänt

Tekniska mätningar har gjorts i 8 gårdar. På varje gård har 10 lägenheter slumpmässigt valts ut. En av dessa gårdar var vid mättillfället golvsanerad, Poppelgården. Dessutom har mätningar gjorts i ytterligare 8 golvsanerade lägenheter som fanns utspridda i området. I alla golvsanerade lägenheter fanns dock kaseinspacklet kvar i badrummet. I Plommon och Poppel var ventilationen åtgärdad. Sammantaget har tekniska mätningar gjorts i 87 lägenheter. I ytterligare 12 lägenheter har mätningar gjorts av ammoniak under golvmattor och fukt i betongbjälklag.

Mätningar i fält och materialanalyserna är gjorda av Statens Provvningsanstalt (SP) medan luftprovsanalyserna (VOC och formaldehyd) är gjorda vid Yrkesmedicinska kliniken vid regionsjukhuset i Örebro.

Följande tekniska mätningar och analyser har gjorts;

- Fukt
- Temperatur inomhus
- Lufttrycksskillnader
- Luftläckage mellan lägenheter
- Frånluftsflöde
- Ventilation
- Kaseininnehåll i flytspackel
- Ammoniak i golvkonstruktion
- Flyktiga organiska ämnen i luft (VOC)
- Formaldehyd i inomhusluften
- Provtagning av damm

4.2 Mätmetoder

4.2.1 Fukt

Relativ luftfuktighet (%RH) inomhus och utomhus samt fuktillskott inomhus (g/m^3) har mätts med en psykrometer. Mätningen gjordes momentant under dagtid. Psykrometern placerades 1,20 m över golv i ett innerhörn i köket.

Mätningen av relativ fuktighet och temperatur i betongbjälklaget gjordes i förborrade hål på ett djup av cirka 45 mm. Hålen dammsögs och tätades och mätningen utfördes efter 2-3 dygn med en elektrisk fuktgivare (Vaisala). Avläsningen av fuktgivarna skedde 1-2 h efter montering. Fuktmätningen gjordes i de flesta fall i en mät punkt i lägenhetens klädkammare.

4.2.2 Temperatur inomhus

Lufttemperaturen mättes momentant med en kvicksilvertermometer (i samband med psykrometermätningarna) i lägenhetens kök under dagtid.

4.2.3 Luftrycksskillnader

Luftrycksskillnaden mättes med en mikromanometer; dels mellan lägenheten och ute-luften på lä- och lovartsidan av byggnaden, dels mellan lägenheten och trapphuset. Mätningen gjordes med ventilationen i normalt och forcerat läge. I en gård (Poppel) samt i vissa sanerade lägenheter fanns ingen forceringsmöjlighet av frånluftsflödet (kolfilter-fläkt).

4.2.4 Luftläckage mellan lägenheter

Mätning av luftläckage mellan lägenheter gjordes med hjälp av spårgasteknik. Spårgas (N_2O) spreds ut i en angränsande lägenhet till mätlägenheten, vertikalt och horisontellt. Mätningen gjordes mot den övre eller den undre lägenheten samt mot den till höger eller den till vänster. Spårgas spreds i den angränsande lägenheten till en koncentration av cirka 500 ppm. För att registrera läckage placerades en gasanalysator (Binos) i mätlägenheten med en mät punkt i varje rum. Genom att forcera frånluftsflödet i mätlägenheten erhöles den ur läckagesynpunkt ogynnsammaste tryckskillnaden, nämligen ett så stort undertryck i mätlägenheten som möjligt. Tryckskillnaden uppmättes med en mikromanometer. Därefter mättes den eventuella ökningen av spårgaskoncentrationen i mätlägenheten under 30 minuter. På grund av utrustningens onoggrannhet har en ökning av spårgaskoncentrationen under 10 ppm inte bedömts som ett läckage.

4.2.5 Luftflöde

Luftflödet mättes över alla frånluftsdon (kök, badrum, klädskåp och WC) med en varmtrådsanemometer, (Svema). I kök mättes även flödet vid forcerad ventilation.

4.2.6 Ventilation

Det totala frånluftsflödet (l/sm^2) beräknades för varje lägenhet genom att dividera summan av delluftflödena med lägenhetsarean.

Luftomsättningen (oms/h) i varje enskilt rum mättes med hjälp av spårgasteknik, s.k avklingande koncentration. En gasanalysator (Binos) användes och som spårgas brukades lustgas (N_2O). Spårgas spreds och omblandades till en koncentration av ungefär 500 ppm. Spårgaskoncentrationen fick sedan avklinga under 0,5-1,0 h och koncentrationen mättes var femte minut i varje rum.

4.2.7 Kaseininnehåll i flytspackel

Ett prov på flytspacklet togs i klädskåpet i varje lägenhet. Provet analyserades med avseende på proteininnehåll genom hydrolys och ammoniakemission vid uppfuktning, SP-kemi metod 204. Analysen gjordes vid SP, enheten för kemisk analys.

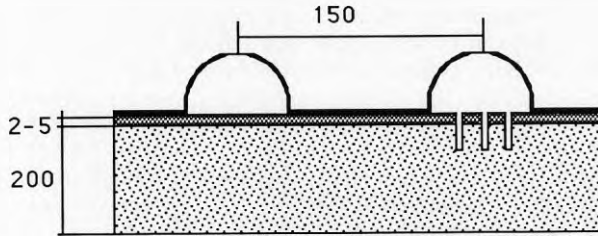
4.2.8 Ammoniakkoncentration i golvkonstruktion

4.2.8.1 Ammoniak under golvmattan

Mätningen av ammoniakkoncentrationen under golvmattor gjordes med direktvisande drägerteknik. Golvmattan skars bort (100x100 mm) och en plastfolie tätades mot underlaget så att ett utrymme på ungefär 1 l erhöles. Efter två dygn mättes koncentrationen av ammoniak under plastfolien.

4.2.8.2 Jämförande ammoniakmätningar

För att undersöka om det fanns ammoniak nere i den underliggande betongen gjordes mätningar i en golvsanerad lägenhet där det kaseinhaltiga spacklet hade bilats bort och ersatts med ett tygodkänt (kaseinfritt) spackel. Vid varje mätpunkt gjordes jämförande ammoniakmätningar, se figur 4.1.



Figur 4.1 Beskrivning av mätmetod för jämförande mätningar av ammoniak under golvbeläggningen. Golvmattan skars bort (100 x 100 mm) på två intill varandra liggande ytor, c/c 150 mm. En plastfolie tätades mot underlaget så att ett utrymme av cirka 1 liter bildades ovanför var och en av de båda spackelytorna. I den ena spackelytan borrades 5 hål ($\text{Ø}=20$ mm) till ett djup av cirka 45 mm. Efter två dygn mättes ammoniakkoncentrationen under plastfolien i de båda utrymmena.

Syftet var att undersöka om ammoniakkoncentrationen var högre där hål hade borrats ner i betongen. Om så var fallet skulle det i så fall tyda på att det fanns ammoniak även i den underliggande betongen. Mätningarna gjordes i 11 punkter i en lägenhet som var belägen på bottenplanet.

I ett daghem mättes även ammoniakkoncentrationen nere i golvkonstruktionen genom att ett rör fördes ner till ett lättbetonglager cirka 250 mm från överkant. Luft sögs upp genom röret och analyserades med direktvisande dräger teknik. Dessa mätningar gjordes i 8 mätpunkter. Jämförande mätningar gjordes vid ytan i varje punkt enligt 4.2.8.1.

4.2.9 Flyktiga organiska ämnen i inomhusluften

Flyktiga organiska ämnen (VOC) i inomhusluften har analyserats. Med VOC menas flyktiga organiska ämnen med en kokpunkt på cirka 60-250 °C. Luftprover i 81 lägenheter togs i ett sovrum, 1,1 m från angränsande ytor i ett innerhörn. För att erhålla ett referensvärde togs även luftprover i utomhusluften. Luft sögs med hjälp av en pump över två adsorbenttrör (Tenax) under 1 h, flöde 85 och 250 ml/min. Efter provtagning lades provrören i förseglade plast/aluminiumfoliepåsar.

Analysen av tenaxrören gjordes vid Yrkesmedicinska kliniken i Örebro. För bestämning av totalhalt (TVOC) användes gaskromatografisk teknik. Enskilda ämnen (2-etylhexanol) detekterades med masspektrometer.

4.2.10 Damm

På en yta av 0,5x0,5 m² i vardagsrummet sögs damm upp på ett filter. Någon analys av dammproven har inte gjorts inom ramen för detta projekt.

5 RESULTAT OCH DISKUSSION

5.1 Allmänt

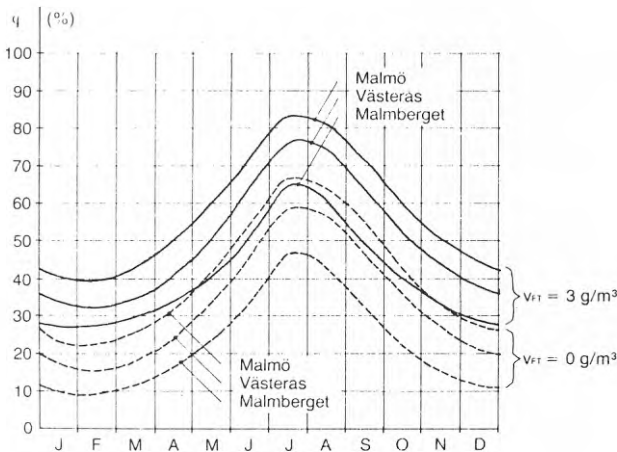
Den följande redovisningen av tekniska mätresultat sker huvudsakligen i diagramform med mätlägenheterna indelade gårdsvis. Mätningar har gjorts i tio slumpmässigt utvalda lägenheter per gård. I anslutning till resultaten diskuteras översiktligt den aktuella faktorns betydelse för inomhusklimatet och eventuella gränsvärden. Dessutom ges kommentarer och förklaringar medan en analys av sambandet mellan ett antal tekniska faktorer och VOC i inomhusluften sker i kapitel 6. I diagrammen finns ingen möjlighet att se i vilka lägenheter (lgh nr) mätningarna är gjorda. En fullständig resultatredovisning utifrån lägenhetsnummer finns i en särskild resultatbilaga som inte följer denna rapport.

5.2 Fukt

5.2.1 Relativ luftfuktighet inomhus

Den relativa luftfuktigheten (% RH) i en byggnad påverkas huvudsakligen av fuktalstrande verksamhet inomhus, uteluftens fuktinnehåll, temperaturskillnaden mellan inne- och uteluften samt ventilationen.

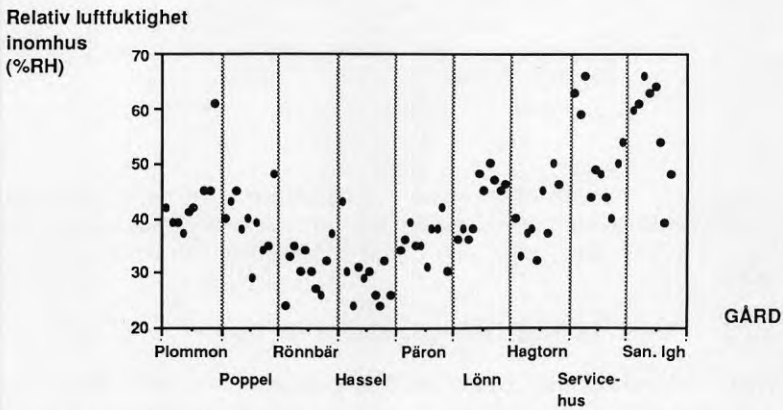
Normalt varierar den relativa luftfuktigheten inomhus under året beroende på uteluftens fuktinnehåll och temperaturskillnader mellan inomhusluften och utomhusluften. Under den kalla delen av året kommer uteluften att värmas upp när den förs in i byggnaden. Detta medför att den relativa luftfuktigheten inomhus sjunker under denna period. Under vår och sommar är temperaturskillnaden mindre mellan uteluften och inomhusluften. Därför erhålls oftast en högre relativ luftfuktighet inomhus under den varma årstiden i förhållande till vinterfallet (Nevander 1981). Normala variationer framgår av figur 5.1.



Figur 5.1 Normala variationer i relativ luftfuktighet inomhus under året på olika platser. Den relativa luftfuktigheten har beräknats utifrån en inomhustemperatur på 20 °C. (Nevander 1981).

Den relativa luftfuktigheten inomhus kan ha stor betydelse för hur människan upplever luftkvaliteten. Luftföroreningar, mögeltillväxt, statisk elektricitet m.m påverkas av luftfuktigheten. Eventuellt påverkas även hudens och slemhinnornas resistens mot luftföroreningar. Vid låga RH-värden kan problemen med torr hud och torra slemhinnor öka, vilket kan innebära en sänkning av toleranströskeln mot allergen och andra irriterande, (Hult et al. 1990). För låg relativ luftfuktighet kan dessutom ge statisk personuppladdning vilket kan medföra att laddade partikulära föroreningar attraheras till hud och slemhinnor. En hög relativ luftfuktighet inomhus ökar bl.a risken för kondensproblem på kalla ytor med svampavväxt som följd. Hög relativ luftfuktighet innebär också bättre betingelser för dammkvalster som är en orsak till allergiska problem. Vidare finns studier (Norbäck et al. 1990)) som visar att emissionen av lättflyktiga organiska ämnen från byggnadsmaterial ökar vid ökad relativ luftfuktighet. Normalt varierar den relativa luftfuktigheten inomhus mellan 30-70 %RH med de lägre värdena under den kalla årstiden.

Mätningarna visade att den relativa luftfuktigheten inomhus varierade mellan 25-65 % RH, se figur 5.2. Mätningarna i gårdarna, Plommon, Poppel, Rönnbär, Hassel och Päron, gjordes under vintern medan mätningarna i de fyra övriga gårdarna gjordes under våren och sommaren. Detta förklarar varför den relativa luftfuktigheten inomhus var högre i lägenheterna i de fyra senare gårdarna.



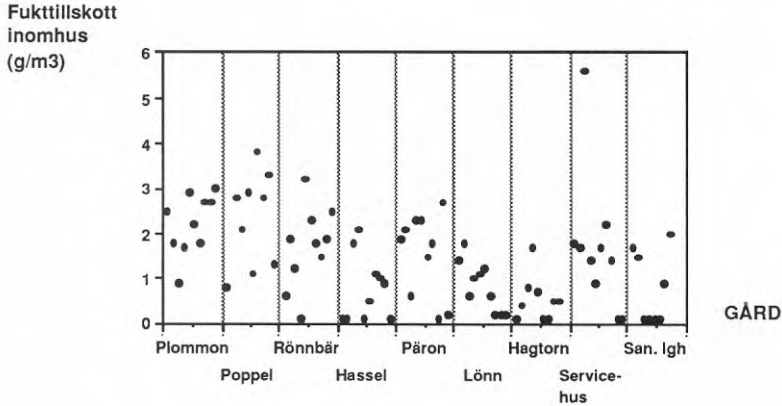
Figur 5.2 Relativ luftfuktighet inomhus i mätlägenheterna. Det framgår att den relativa luftfuktigheten varierade med årstiden. Mätningarna i de fem första gårdarna, Plommon, Poppel, Rönnbär, Hassel och Päron, gjordes under vintern då luftfuktigheten inomhus är lägre, medan de övriga mätningarna gjordes under våren då luftfuktigheten inomhus normalt är högre.

De uppmätta värdena är i stort sett vad man förvänta sig, se figur 5.1. Värden under 30 % RH som fanns i Rönnbär och Hassel kan dock anses som något för lågt. Det bör poängteras att utomhustemperaturen var onormalt hög under mätperioden. Vid en lägre utetemperatur sjunker den relativa luftfuktigheten ytterligare.

5.2.2 Fukttillskott inomhus

Fukttillskottet inomhus definieras som skillnaden i absolut ånghalt (fukttinnehåll) mellan inomhusluften och utomhusluften. Fukttillskottet påverkas i första hand av fuktalstrande verksamhet inomhus och ventilationen där ett högt fukttillskott ofta orsakas av en låg luftomsättning. Normalt är fukttillskottet 1-3 g/m³.

Fukttillskottet i mätlägenheterna varierade mellan 0-4 g/m³, se figur 5.3, där huvuddelen av resultaten var lägre än 3.0 g/m³. Resultaten är vad man normalt finner i bostäder.



Figur 5.3 Fukttillskott inomhus. Huvuddelen av resultaten visade att fukttillskottet var lägre än 3 g/m³ i mätlägenheterna. Låga värden härrör från obebodda lägenheter eller lägenheter utan någon fuktalstrande aktivitet inomhus vid mätstillfallet.

5.2.2 Relativ fuktighet i betongbjälklag

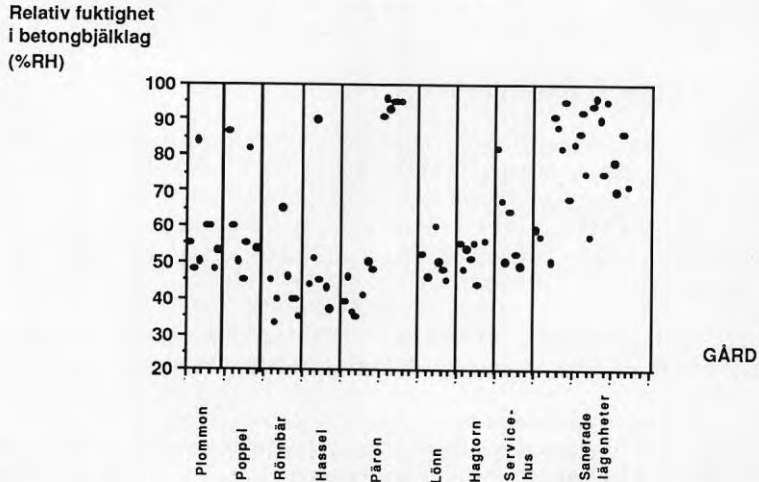
Fukt i byggnadsmaterial, exempelvis betong, är en ofta misstänkt faktor i samband med inneklimatproblem. Fukt kan påverka material med bl.a nedbrytning och kemisk påverkan med emissioner av exempelvis flyktiga organiska ämnen som följd. Dessutom har fukt i samband med betong ofta en hög alkalitet (pH~12) vilket i vissa fall ökar den nedbrytande effekten.

I normala mellanbjälklag har vi att ta hänsyn till byggfukt, förutsatt att ingen fukt har tillförts genom exempelvis läckage. Denna fukt tillförs betongen vid gjutningstillfället och ska sedan torka ut. Genom att kort tid efter gjutning anbringa täta skikt såsom plastmattor och färger med högt diffusionsmotstånd minskar uttorkningshastigheten. Detta får till följd att en normal betong behöver i storleksordningen 6-12 månader för att nå en relativ fuktighet under 75-80 % RH. I ett mellanbjälklag med en ålder av ungefär tio år, som i det aktuella fallet, bör byggfukten vara uttorkad, d.v.s den relativa fuktigheten bör vara lägre än 70 % RH.

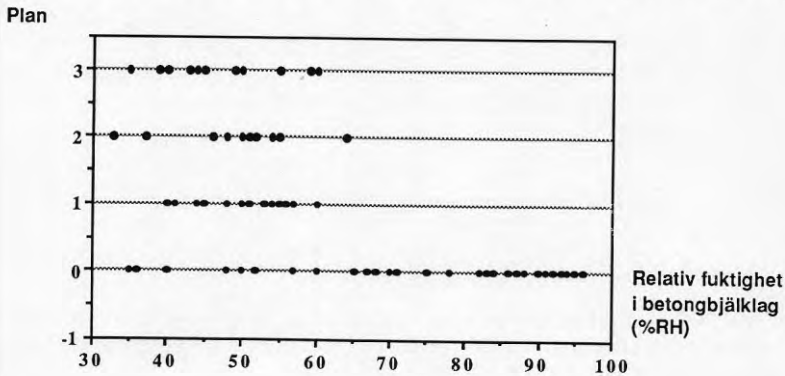
När det gäller en betongplatta på mark minskar möjligheten till uttorkning nedåt på grund av låg temperatur och hög fuktighet i den underliggande marken. I vissa fall tillförs även fukt underifrån. Detta innebär att betongen i ett jämviktsstillstånd kan ha en relativ fuktighet över 90 % RH.

En relativ fuktighet över 75 % RH i betongbjälklaget innebär risk för nedbrytning av kaseinhaltigt flytspackel med ammoniakavgång som följd (Hellström et al. 1984). Om den relativa fuktigheten överstiger 85-90 %RH finns risk för kemisk sönderdelning av exempelvis mjukgörare i polymera golvmaterial (PVC-mattor och mattlim) (Gustafsson 1990).

Mätningarna visade att den relativa fuktigheten i betongen varierade mellan 40-97 % RH, se figur 5.4. Enligt tidigare resonemang bör de fuktigare värdena härröra från bottenbjälklag förutsatt att inget läckage har förekommit. I figur 5.5 redovisas den relativa fuktigheten i betongbjälklagen på olika plan i byggnaden.



Figur 5.4 Relativ fuktighet i betongbjälklag i mätlägenheterna. Mätningen gjordes i lägenhetens klädkammare i ett förborrat hål på ett djup av cirka 45 mm. Resultaten visar att det fanns ett antal lägenheter där den relativa fuktigheten översteg 90 % RH.



Figur 5.5 Relativ fuktighet i betongbjälklag på olika plan i byggnaden. Värden över 70 % RH fanns enbart i bottenbjälklag där konstruktionen utgörs av betongplatta på mark. Där det var torrare än 70 % RH i bottenbjälklagen fanns källare eller kulvertar under bottenplattan vilket innebär att bjälklaget i fukthänseende fungerar som ett mellanbjälklag.

Figur 5.5 visar att den relativa fuktigheten i mellanbjälklagen var lägre än 70 % RH. I bottenbjälklagen däremot var det på vissa ställen fuktigare. Orsaken till att det ibland var torrare i bottenbjälklagen är att det under dessa bjälklag fanns kulvertar och andra källarutrymmen. I de fallen fungerar bottenbjälklaget som ett mellanbjälklag. Det bör påpekas att det naturligtvis har varit fuktigt i alla bjälklag (> 90 % RH) under en tid efter byggnadens uppförande. Överallt utom i bottenplatta på mark (där det ej finns källarutrymmen) har emellertid denna byggfukt torkat ut.

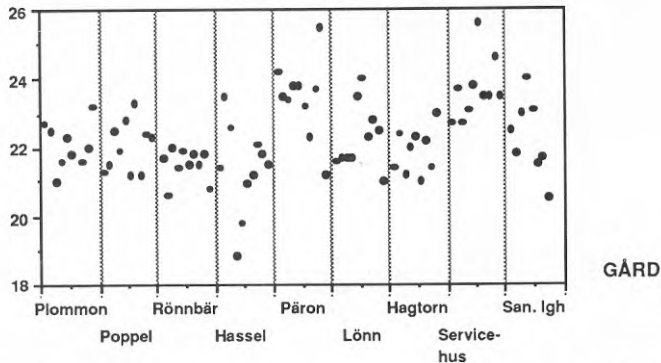
De uppmätta värdena är vad man kan förvänta sig med hänsyn till konstruktionens utformning. Men en relativ fuktighet över 75-80 % RH innebär en risk eftersom det finns kaseinhaltigt flytspackel som kan brytas ned (Hellström et al. 1984) och en relativ fuktighet över 85-90 % RH i kombination med hög alkalitet innebär en risk för påverkan av PVC-mattor (Gustafsson 1990).

5.3 Temperatur inomhus

Temperaturen inomhus är alltid av intresse vid problem med inomhusklimatet. Dels påverkar temperaturen människan direkt, dels påverkas andra processer som kan medföra en ökning av mängden föroreningar i inomhusluften. Andra undersökningar (Norbäck et al. 1990) tyder på att exempelvis emissionen av flyktiga organiska ämnen, (VOC), ökar vid ökad temperatur. Detta kan ge upphov till lukt och eventuellt hälsoproblem om koncentrationerna blir tillräckligt höga.

Undersökningen i mätlägenheterna visade att temperaturen inomhus huvudsakligen varierade mellan 20-24°C, se figur 5.6. Många av de högre temperaturerna uppmättes i Pärongården och Servicehuset. I Servicehuset är orsaken förmodligen att lägenheterna bebos av äldre människor som ofta har en högre temperatur inomhus. De uppmätta temperaturerna uppvisade emellertid ingen avvikelse från normala värden med undantag av något hög temperatur i Pärön och Servicehuset.

Temperatur
inomhus
(°C)



Figur 5.6 Lufttemperatur i mätlägenheterna. Resultaten visade på något högre lufttemperatur i Pärön och Servicehuset. Huvuddelen av de uppmätta temperaturerna ligger dock mellan 20-24 °C vilket är normalt.

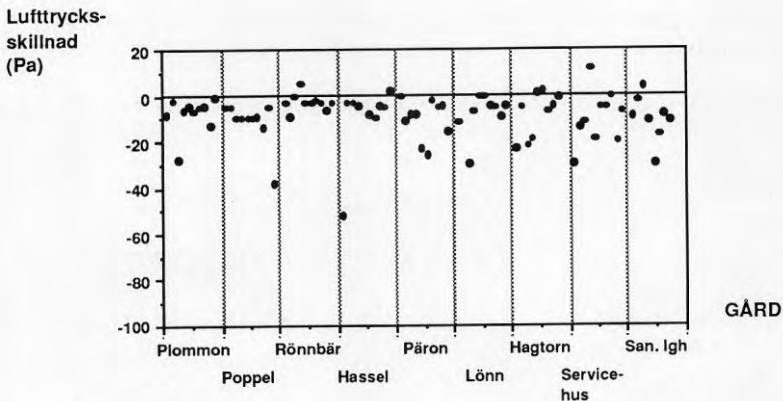
Det kan emellertid finnas problem med det termiska klimatet som inte påvisas genom mätning av enbart lufttemperaturen. Temperaturgradienten, strålningsasymmetri och lufthastighet är viktiga faktorer när det gäller människans upplevelse av det termiska klimatet. Det finns dock inget som tyder på att dessa faktorer enskilt förklarar problemet med sjuka hus. Dessutom är denna typ av problem inte så vanliga i bostäder.

5.4 Luftrycksskillnader

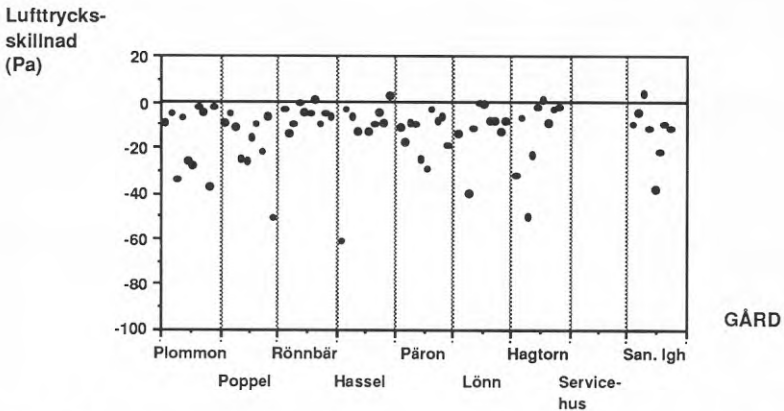
Man eftersträvar normalt att hålla ett svagt undertryck inomhus i förhållande till utomhusluften för att undvika konvektion av varm och fuktig luft ut genom konstruktionen med kondens- och mögelproblem som följd. Vid frånluftsventilation finns oftast ett undertryck inomhus för att uteluft ska tillföras genom ventiler. I ett balanserat från- och tilluftssystem är inte detta undertryck nödvändigt för att ventilationssystemet ska fungera.

Undertrycket inomhus bör inte överstiga 5-10 Pa eftersom man då kan få problem med luftljud i öppningar i konstruktionen, exempelvis fönsterventiler och brevinkast. Ett stort undertryck innebär också att dörrar kan bli svåra att öppna. Stora tryckskillnader mellan lägenheter och mellan lägenheter och trapphus kan också ge upphov till spridning av föroreningar om det finns otätheter vilket kan påverka luftkvaliteten.

Mätningarna visade att det i huvudsak fanns ett undertryck i lägenheterna vid normal ventilation, se figur 5.7 och 5.8. Undertrycket var något större vid byggnadens lovartsida på grund av vindbelastningen. Den tryckskillnad som enbart beror på ventilations-systemet bör ligga mellan lä- och lovarfallet eftersom vindens effekt ökar undertrycket på lovartsidan och minskar det på läsidan. Ungefär hälften av lägenheterna hade ett undertryck på 0-10 Pa (Plommon, Poppel, Rönnbär och Hassel) medan undertrycket i de övriga låg på 0-40 Pa. Enligt tidigare resonemang kan ett undertryck över 5-10 Pa anses som för högt. Orsaken till de förhöjda undertrycken kan vara dåligt injusterade flöden.



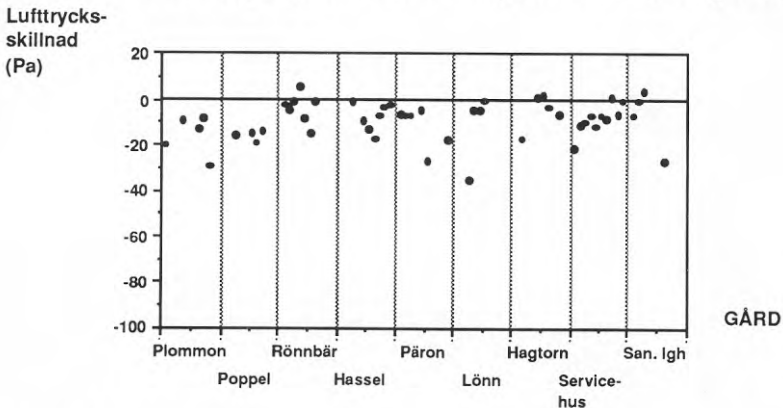
Figur 5.7 Luftrycksskillnaden mellan inomhusluften och utomhusluften vid normal ventilation vid byggnadens läsida. Mätningarna visade att de flesta lägenheterna hade ett undertryck inomhus i förhållande till utomhusluften. Det framgår också att det i många lägenheter fanns ett undertryck som översteg 5-10 Pa.



Figur 5.8 Luftrycksskillnad mellan inomhusluften och utomhusluften vid normal ventilation vid byggnadens lovartsida. Lägenheterna i Servicehuset låg enbart på en sida av byggnaden.

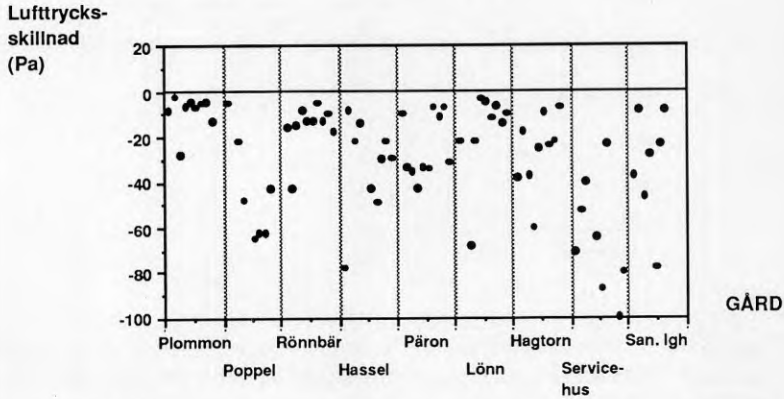
När det gäller tryckskillnaden mot trapphuset finns både för- och nackdelar med ett undertryck i lägenheten. Här finns normalt inte något konvektionsproblem eftersom temperaturen är ungefär lika hög i bostaden och trapphuset. Ett undertryck i lägenheten innebär att föroreningar från trapphuset kan sugas in genom exempelvis brevinkastet. Å andra sidan sprids föroreningar från lägenheten ut i trapphuset om luftrycket är högre i lägenheten. Det kan också vara svårt att upprätthålla ett övertryck i bostäderna högre upp i huset under vintersäsongen eftersom luftrycket ökar med höjden i trapphuset på grund av den termiska effekten (skorstenseffekt). Vid mättillfället var utomhustemperaturen relativt hög varför man kan förvänta sig ännu större undertryck i lägenheterna vid lägre temperatur.

Resultaten visar att det i drygt hälften av mätlägenheterna fanns ett undertryck mot trapphuset på 0-10 Pa. I övriga lägenheter var undertrycket 10-30 Pa, se figur 5.9.

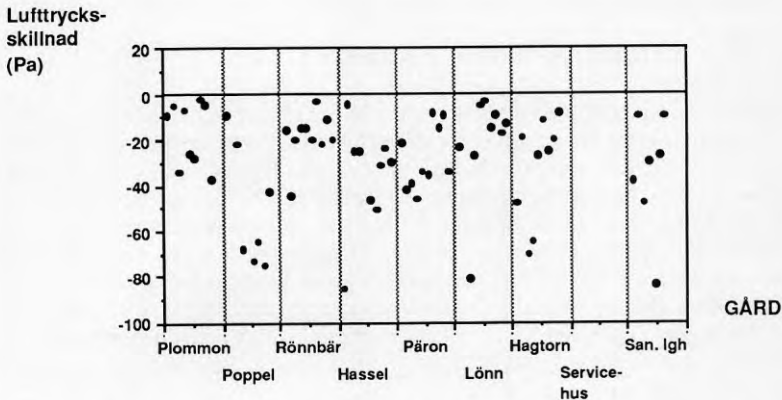


Figur 5.9 Luftrycksskillnad mellan lägenhet och trapphus vid normal ventilation. Resultaten visade att ungefär hälften av mätlägenheterna hade ett undertryck i förhållande till trapphuset som översteg 10 Pa vilket kan resultera i luftljud i exempelvis brevinkast och tillförsel av föroreningar från trapphuset till bostaden.

Av figurerna 5.10 och 5.11 framgår att undertrycket i mätlägenheterna i förhållande till utomhusluften ökade drastiskt vid forcerad ventilation. Det är också vad man kan förvänta sig eftersom tilluftsflödet inte ökas vid forcerad ventilation i det valda systemet. Undertrycket varierade mellan cirka 5-80 Pa. I detta fall har inte vindens effekt lika stor betydelse som vid normal ventilation. När det gäller Plommongården och låghuset, som finns på varje gård, har dessa lägenheter ett mekaniskt frånluftssystem vilket innebär att mängden tilluft i viss mån ökar vid forcerad ventilation. Detta framgår också av resultaten (Poppel) där undertrycket inte ökade för dessa lägenheter vid forcerad ventilation.

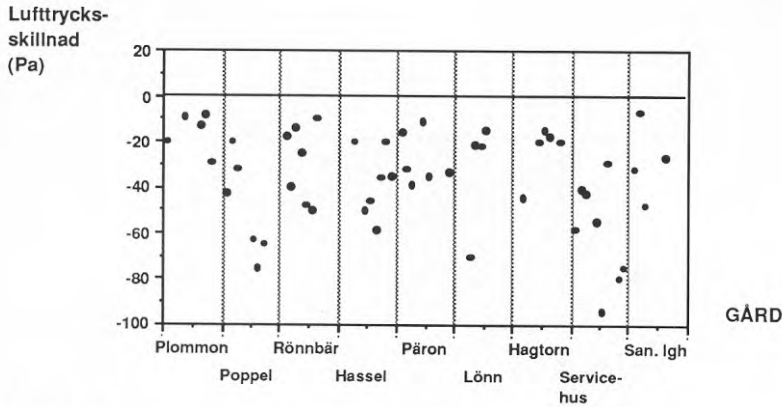


Figur 5.10 Luftrycksskillnad mellan inomhusluften och utomhusluften vid forcerad ventilation vid byggnadens läsida.



Figur 5.11 Luftrycksskillnad mellan inomhusluften och utomhusluften vid forcerad ventilation vid byggnadens lovartsida

Luftrycksskillnaden mellan lägenhet och trapphus vid forcerad ventilation varierade mellan 0-80 Pa, se figur 5.12. Med dessa relativt höga undertryck finns en uppenbar risk att föroreningar i trapphuset förs in i lägenheterna.



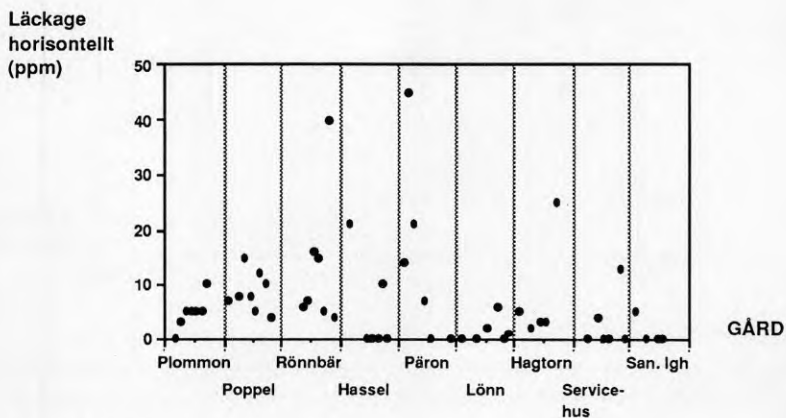
Figur 5.12 Luftrycksskillnad mellan lägenhet och trapphus vid forcerad ventilation. Med dessa luftrycksskillnader i kombination med de otätheter som finns exempelvis i brevinkast är risken uppenbar att luftföroreningar i trapphuset förs in i lägenheten.

Sammanfattningsvis visade luftrycksmätningarna att det fanns ett undertryck i de flesta lägenheterna i förhållande till utomhusluften och trapphuset. I många lägenheter fanns emellertid relativt stora undertryck (>10Pa) där undertrycket mot trapphuset förmodligen är det allvarligare problemet. Det finns en uppenbar risk att föroreningar sugs in genom exempelvis brevinkastet med nedsmutsning av inomhusluften som följd.

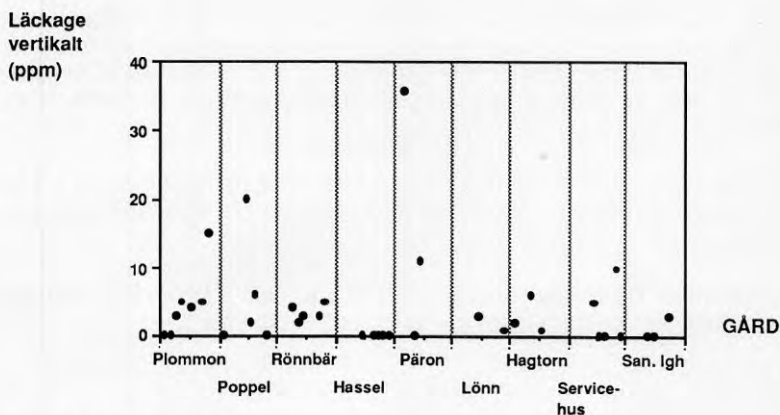
5.5 Luftläckage mellan lägenheter

Många boende klagat på problem med lukt (matos och cigarettök) från andra lägenheter. Förutsättningarna för att luft och därmed lukt ska läcka över från en lägenhet till en annan är att det finns en luftrycksskillnad mellan lägenheterna samt otätheter i konstruktionen. Dessutom kan luft spridas i byggnaden genom läckage mellan från- och tilluftkanaler. Någon undersökning av ventilationssystemets täthet har inte gjorts i denna undersökning. Men fläktarnas placering i FT-systemet ger ett undertryck i frånluftskanalen och ett övertryck i tilluftkanalen vilket minskar risken för läckage av använd luft till friskluften. Däremot kan det förekomma läckage i den roterande värmväxlaren. Enligt samstämmiga uppgifter från de boende uppstår många luktsötar när systemet av någon anledning är avstängt vilket är naturligt eftersom man då inte har den tryckskillnad mellan kanalerna som är önskvärd.

I figur 5.13 och 5.14 redovisas luftläckaget mellan lägenheterna i vertikal- och horisontal-led. Spårgas spreds i en sidolägenhet och i figuren redovisas den ökning av spårgaskoncentrationen som kunde noteras i mätlägenheten. Värderna över 10 ppm har bedömts som läckage, se metodbeskrivning kap 4.2.4. Resultaten visar att det fanns ett antal lägenheter där det förekommer läckage vilket också styrks av tidigare genomförda mätningar, (Samuelson 1991). Läckage verkade vara vanligare horisontellt.

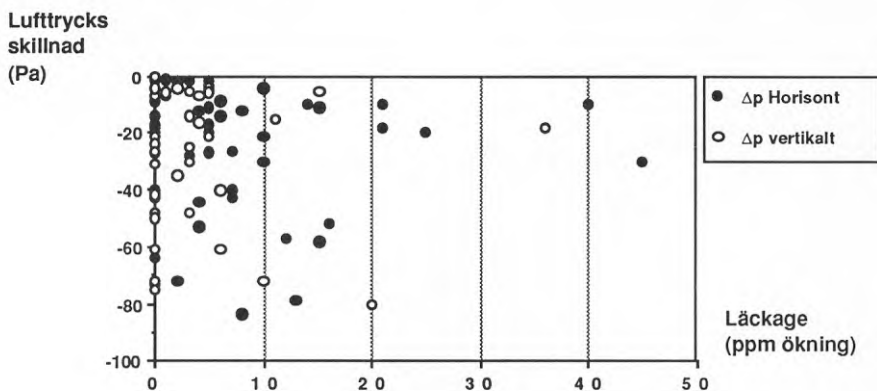


Figur 5.13 Luftläckage mellan lägenheter horisontellt



Figur 5.14 Luftläckage mellan lägenheter vertikalt

Undertrycket i mätlägenheterna var trots forcering, i ungefär hälften av fallen, inte högre än 20 Pa. Figur 5.15 visar att de flesta läckagen uppmättes vid relativt låga undertryck vilket tyder på att lufttrycksskillnadens storlek är av mindre betydelse. Det bör dock påpekas att otätheternas storlek inte har undersökts. Vid samma storlek på otätheterna bör en högre lufttrycksskillnad ge ett större läckage.



Figur 5.15 Samband mellan lufttrycksskillnad och läckage. Det framgår att läckaget inte ökade vid högre lufttrycksskillnad. En förklaring kan vara att otätheterna inte är lika stora i de undersökta lägenheterna.

5.6 Frånluftflöde

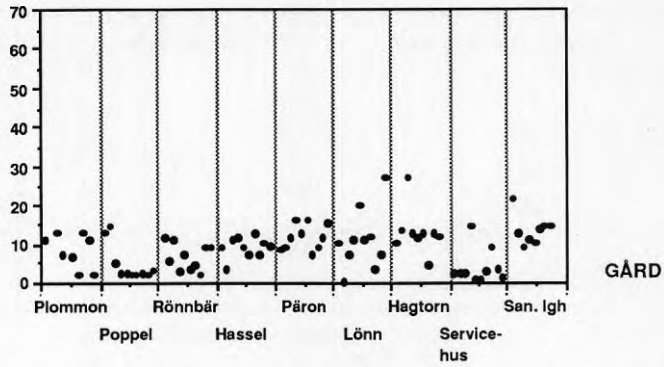
Alla lägenheterna har frånluftsdon i kök (köksfläkt), badrum, klädkammare och i extra WC där sådan finns.

Mätningarna visade att frånluftflödet i kök (vid normal ventilation) i många fall understeg 10 l/s, se figur 5.16. Tidigare genomförda undersökningar med rök har emellertid visat att det förekommer läckage till frånluftskanalen mellan köksfläkt och takgenomföring. Detta innebär att de redovisade resultaten kan vara något underskattade. Mätningarna i Poppel gjordes med fläkten ställd i läge I vilket inte är normalt driftläge. I Servicehuset var vädringluckorna stängda. I gårdarna Pärön, Hagtorn och Sanerade lägenheter låg värdena i huvudsak över 10 l/s.

Vid forcerad ventilation låg flödena i huvudsak över 20 l/s, se figur 5.17. I Plommongården fanns ingen möjlighet till forcering (kolfilterfläkt) vilket förklarar varför flödena inte ökade där.

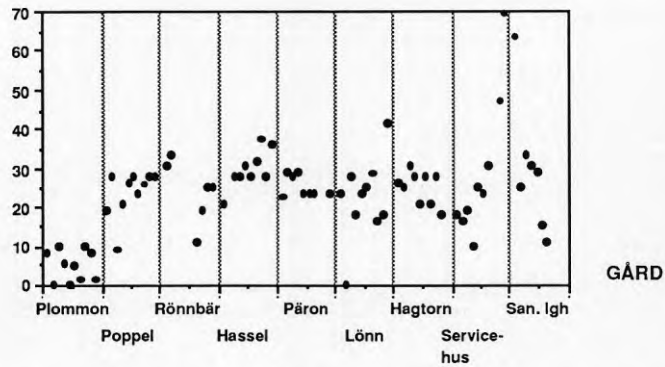
I badrummen låg de flesta flödena över 10 l/s, se figur 5.18 och frånluftflödet i klädkammaren låg i de flesta lägenheterna under 5 l/s, se figur 5.19.

Luftflöde
(l/s)

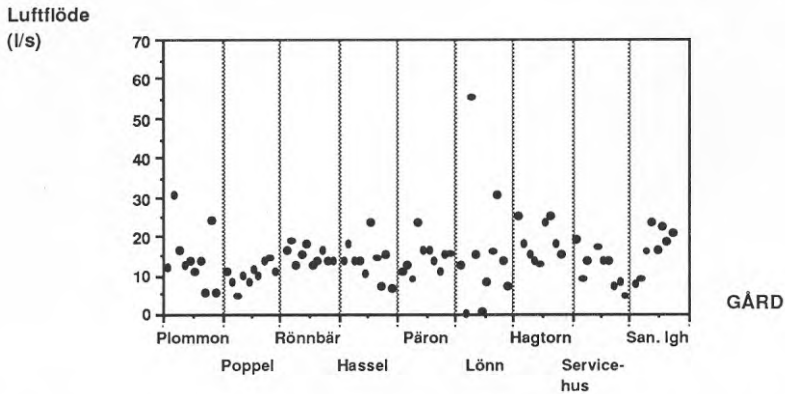


Figur 5.16 Frånluftsflöde vid normal ventilation i kök. Enligt SBN 1975 ska flödet uppgå till 10 l/s.

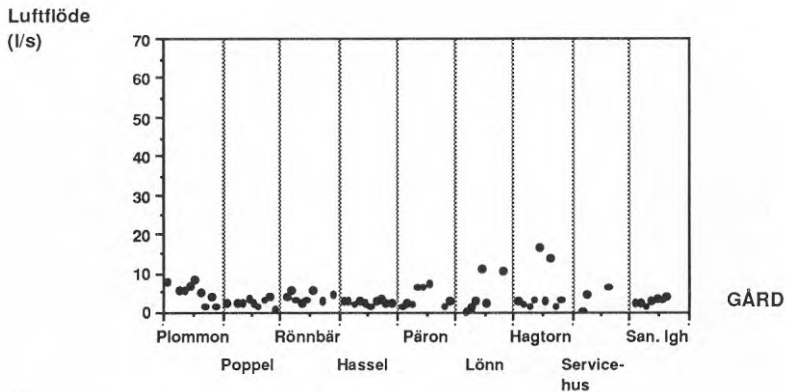
Luftflöde
(l/s)



Figur 5.17 Frånluftsflöde vid forcerad ventilation i kök I Plommongården fanns ingen forceringsmöjlighet (kolfilterfläkt).



Figur 5.18 Frånluftsflöde i badrum. Enligt SBN 1975 ska flödet uppgå till 10 l/s



Figur 5.19 Frånluftsflöde i klädkammare

Med hänsyn till de krav som gällde vid byggnadens uppförande (SBN 1975) se tabell 5.1, visade mätningarna att frånluftsflödet var för lågt i många kök. Det finns dock en risk att frånluftsflödet där är något underskattat. Tidigare genomförda mätningar har visat att det fanns läckage i frånluftskanalen mellan stos och vägganslutning (Samuelson 1991). När det gäller frånluftsflödet i badrum fanns för låga värden i enstaka lägenheter i Plommon, Poppel, Hassel, Lönn, Servicehus och Sanerade lägenheter

Tabell 5.1 Frånluftsflöde SBN 1975

Rum	Flöde* (l/s)
Kök	10
Badrum	10**

* För lägenhet i sin helhet ska en luftväxling (forceringsflöde oräknat) av lägst $0,35 \text{ l/sm}^2$ kunna erhållas.

** + 1 l/s för varje kvadratmeter (m^2) över 5 m^2 .

5.7 Ventilation

Ventilationens huvudsakliga uppgift är att föra bort föroreningar i inomhusluften och förse byggnaden med frisk utomhusluft. Emellertid finns föroreningar även i utomhusluften vilket medför att denna luft ofta måste renas, exempelvis med mekaniska filter. Föroreningar som ska föras bort från inomhusluften är exempelvis emitterade ämnen från byggnadsmaterial, rengöringsmedel etc (VOC), koldioxid, fukt i luft och allmänt dålig luft (lukt). En låg ventilation innebär naturligtvis att föroreningskoncentrationen i inomhusluften ökar. Kravet på ventilationen var vid byggnadens uppförande minst $0,5 \text{ oms/h}$ eller $0,35 \text{ l/sm}^2$ i medeltal för en lägenhet, (SBN 1975). Dessutom finns krav på frånluftsflödet för enskilda rum såsom kök och WC/bad, se tabell 5.1.

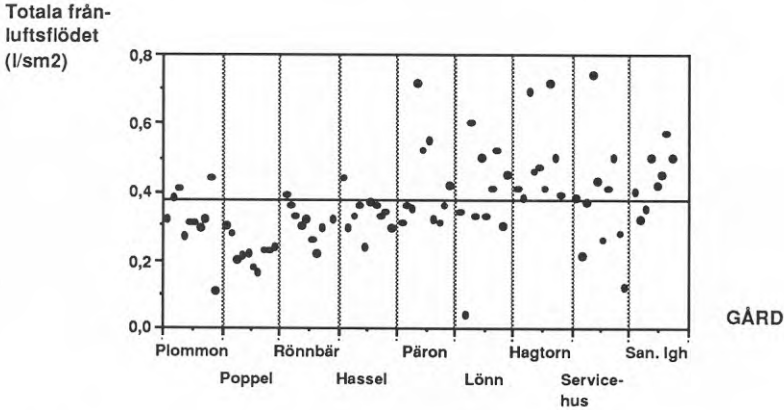
Ventilationen av lägenheterna har undersökts på två sätt; dels genom mätning av totala frånluftsflödet (l/sm^2), dels genom mätning av luftomsättningen (oms/h) i enskilda rum med spårgasteknik.

Det totala frånluftsflödet erhöles genom att dividera summan av delluftflödena (vid normal ventilation) med lägenhetsytan. Detta värde ger emellertid ingen uppskattning av ventilationen av enskilda rum i lägenheten.

Mätningen av luftomsättningen är gjord med spårgasteknik, s.k avklingande gaskoncentration, se kapitel 4.2.5. Metoden med avklingande gaskoncentration har dock vissa svagheter. Exempelvis förutsätts en fullständig omblandning av luften i det undersökta utrymmet för att det erhållna värdet ska representera hela rummet. Andra undersökningar har dock visat att omblandningen är hög vid ett normalt FT-system. Vidare uppstår viss osäkerhet i resultaten vid s.k kopplade rum där luft tillförs i ett rum och förs bort i ett annat. Trots svagheter uppskattas att metoden ger ett godtagbart värde på luftomsättningens storlek.

I figur 5.20 redovisas det totala frånluftsflödet för varje mätlägenhet. Eftersom det i huvudsak fanns ett undertryck i lägenheterna, se kapitel 5.4, i förhållande till uteluften och trapphuset, bör det ej finnas någon ventilation på grund av exfiltration genom väggarna. Däremot har tidigare undersökningar med rök visat att frånluftskanalerna läcker mellan don och takgenomföring. Detta innebär att totala frånluftsflödet kan vara något underskattat.

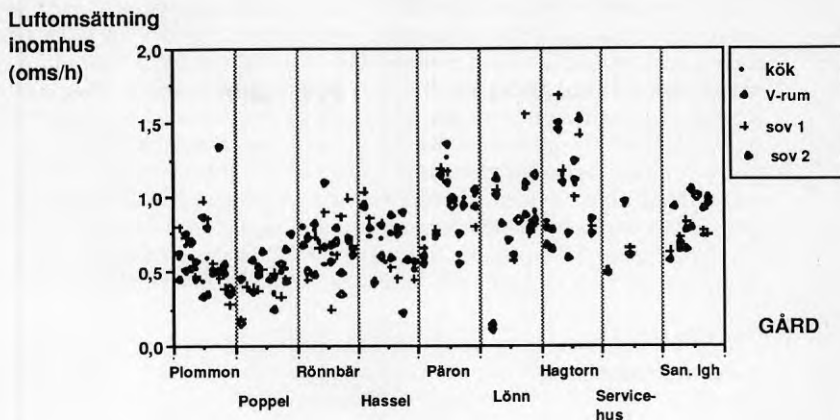
Mätningarna visade att det totala frånluftsflödet i mätlägenheterna i flera fall understeg kravet på $0,35 \text{ l/sm}^2$ för gårdarna Plommon, Poppel, Rönnbär, Hassel och Servicehuset. I Poppelgården som har ett separat frånluftssystem i varje lägenhet gjordes mätningen med fläkten ställd i läge I. Normalt ska läge II användas vilket innebär att detta mätvärde är underskattat. I Servicehuset var vädringsluckorna stängda där sådana fanns, (F-system). Orsaken till detta var att de boende oftast har luckorna stängda på grund av dragproblem. I Hagtornsgården var frånluftsflödet högre än kravet. I Pärön- och Lönngården är spridningen stor med hälften av mätvärdena något under $0,35 \text{ l/sm}^2$. I de sanerade lägenheterna låg värdet huvudsakligen över kravet.



Figur 5.20 Totala frånluftsflödet i mätlägenheterna. En stor del av lägenheterna i Plommon, Poppel, Rönnbär, Hassel och Servicehuset hade ett totalt frånluftsflöde som understeg kravet på $0,35 \text{ l/sm}^2$. Mätningarna i Poppel gjordes med fläkten ställd i fel läge varför dessa resultat är underskattade. I servicehuset var vädringsluckorna stängda. Tidigare undersökningar har visat på ett läckage i frånluftskanalen mellan köksfläkt och takanslutning vilket innebär att det totala frånluftsflödet kan vara något underskattat.

Sammanfattningsvis visade det sig att totala frånluftsflödet i många lägenheter understeg kravet på $0,35 \text{ l/sm}^2$ men frånluftsflödet kan vara något underskattat på grund av läckage i frånluftskanalen.

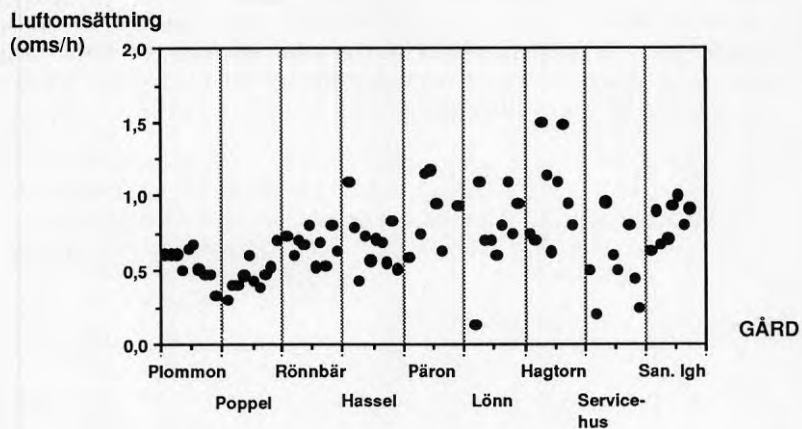
Med spårgasmätningarna finns möjlighet att undersöka variationen i luftomsättningen mellan olika rum i lägenheten. I figur 5.21 visas spridningen mellan fyra olika rum; kök, vardagsrum och två sovrum i mätlägenheten. Det framgår att spridningen mellan rummen i de flesta fall var relativt liten.



Figur 5.21 Luftomsättningen i olika rum i mätlägenheterna. Variationen i luftomsättning mellan olika rum var relativt liten.

Spårgasmätningarna visade på likartade resultat som frånluftsmätningarna. Luftomsättningen var i flera fall lägre i Plommon, Poppel, Rönnbär, Hassel och Servicehuset medan den var högre i Päron, Lönn, Hagtornsgården och de sanerade lägenheterna.

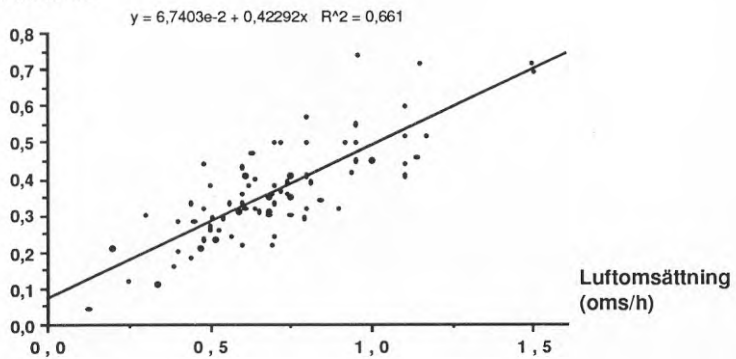
I figur 5.22 redovisas ett medelvärde för luftomsättningen i mätlägenheterna.



Figur 5.22 Medelvärdet av luftomsättningen i mätlägenheterna. Luftomsättningen har beräknats som ett medelvärde från fyra rum, kök, vardagsrum och två sovrum. Resultaten visar att luftomsättningen var lägre i Plommon, Poppel och Servicehuset.

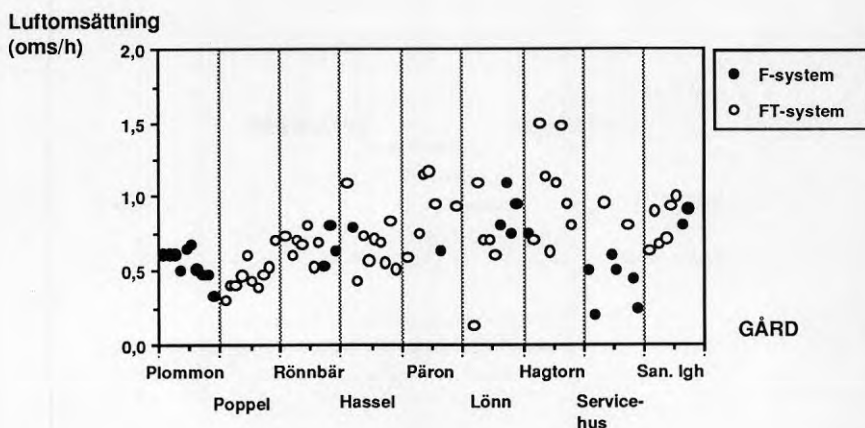
För att få en uppfattning om säkerheten i resultaten har korrelationen mellan resultaten från de båda mätmetoderna undersökts, (totala frånluftsflödet och luftomsättningen), se figur 5.23. Luftomsättningen avsattes som ett medelvärde av luftomsättningen i 3-4 rum, enligt figur 5.22. En regressionslinje har anpassats med hjälp av minsta kvadratmetoden. Korrelationskoefficienten (r) som är ett mått på sambandet styrka uppgår till $r=0,81$ ($r^2=0,66$). Orsaken till variationen beror dels på den onoggrannhet som de båda metoderna är behäftade med, dels på att medelvärdet för luftomsättningen inte är viktat med avseende på rumsvolymen. Vidare finns ett systematiskt fel i sambandet. En luftomsättning på 0,5 oms/h borde motsvara ungefär $0,35 \text{ l/sm}^2$ men i figuren motsvaras detta flöde av ungefär 0,7 oms/h. En förklaring till detta kan vara att frånluftflödet är under-skattat på grund av läckage i frånluftkanalerna mellan don och takanslutning, se kap 5.6.

**Totala frånluftsflödet
(l/sm²)**



Figur 5.23 Korrelation mellan resultat från mätningar av totala frånluftsflödet och luftomsättningen mätt med spårgas. Luftomsättningen (oms/h) är angett som ett medelvärde för kök, vardagsrum, och två sovrum.

Slutligen har luftomsättningens variation med avseende på de två olika typerna av ventilationssystem, (F- och FT-system). Figur 5.24 visar att det inte fanns någon variation i luftomsättning som kan förklaras med de två olika ventilationssystemen.

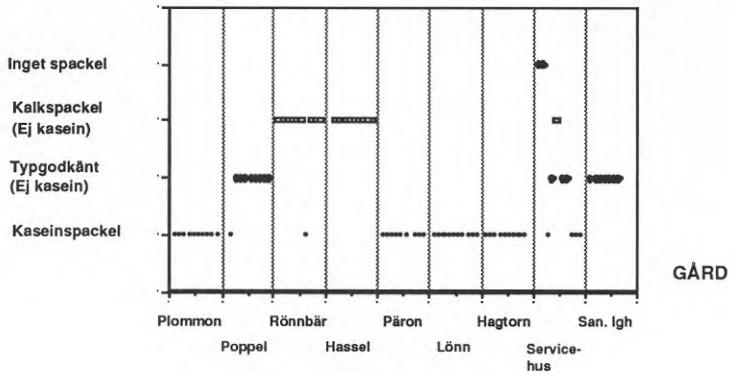


Figur 5.24 Luftomsättningen variation med avseende på olika ventilationssystem (F, FT). Luftomsättningen anges som ett medelvärde för kök, vardagsrum och 2 sovrum. Resultaten visade att variationen i luftomsättning inte beror av typ av ventilationssystem.

5.8 Kaseininnehåll i flytspackel

Mellan åren 1977-1983 användes i Sverige ett självnivellerande flytspackel - för applicering på betongbjälklag - med en proteintillsats (kasein). Användningen av detta material innebar att man på ett mycket arbetsbesparande sätt kunde få bra underlag för golvbeläggningen. Man räknar med att 10-15 milj m² golv är belagda med ett sådant spackel i Sverige.

Materialanalyserna visade att det fanns tre olika spackel i de undersökta lägenheterna, se figur 5.25. Det kaseinhaltiga spacklet fanns i gårdarna Plommon, Päron, Lönn, Hagtorn och till viss del i Servicehuset samt i ett fall i Poppelgården. Ett vitt kaseinfritt kalkspackel fanns huvudsakligen i Rönnbär, Hassel samt i ett fall i Servicehuset. Det typgodkända kaseinfria spacklet fanns i Poppel och i sanerade lägenheter. Slutligen påträffades två lägenheter i Servicehuset utan spackel.



Figur 5.25 Typ av golvspackel i mätlägenheterna

5.9 Ammoniakkoncentration i golvkonstruktionen

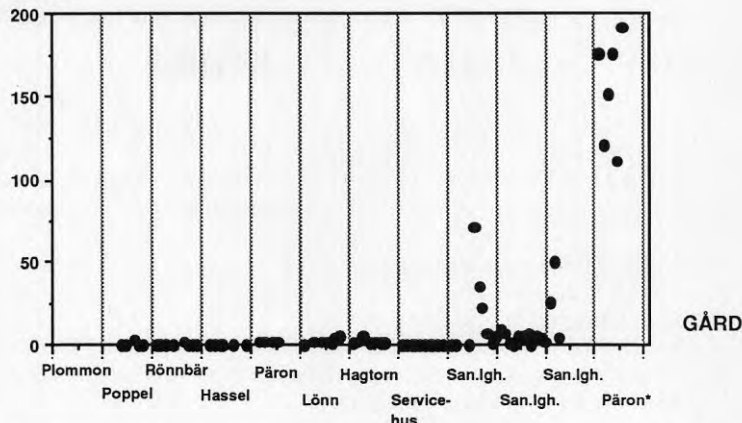
Flera undersökningar har visat att kaseinhaltigt flytspackel som under längre tid utsätts för en relativ fuktighet över 75 % RH avger ammoniak (Hellström 1984). Undersökningarna har visat att denna ammoniak missfärgar vissa trämaterial, exempelvis Ek, samt att fuktigt kaseinspackel avger lukt, dock inte ammoniaklukter.

Med förhöjda ammoniakhalter anges i denna rapport en koncentration över 5 ppm under golvmattan. Det bör påpekas att det inte är fråga om mätbara halter i inomhusluften samt att den lukt som beskrivs i samband med flytspackelproblem inte är ammoniaklukter.

5.9.1 Ammoniakkoncentration under golvmattor

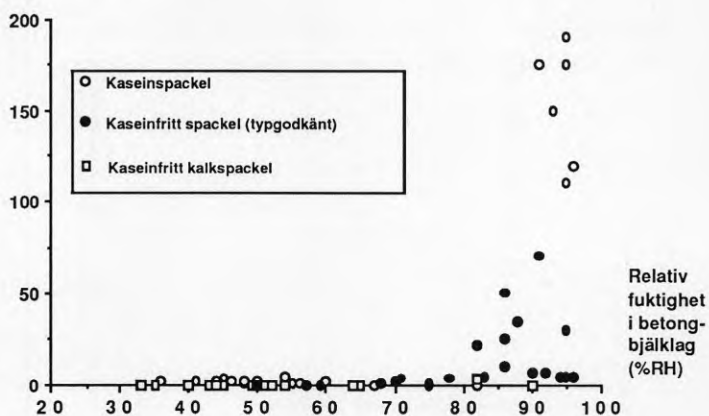
Mätningarna visade att koncentrationen av ammoniak under golvmattan var låg (<5ppm) i de flesta lägenheter, se figur 5.26. (Metod se kap 4.2..8.1) Förhöjda värden fanns emellertid i sanerade lägenheter och i Päröngården. Vid en närmare undersökning visade det sig att det fanns ett samband mellan ammoniakkoncentrationen och den relativa fuktigheten i betongbjälklaget, figur 5.27.

**Ammoniakkoncentration
under golvmatta
(ppm)**



Figur 5.26 Ammoniakkoncentration under golvmattor. Lägenheterna i Pärön* ingick ej i de slumpmässigt utvalda lägenheterna utan valdes ut i efterhand för att er-hålla fuktiga bjälklag med kaseinhaltigt flytspackel.

**Ammoniakkoncentration
under golvmatta
(ppm)**



Figur 5.27 Samband mellan ammoniakkoncentration under golvmattan och relativ fuktighet i betongbjälklaget samt spackeltyp. Vid en relativ fuktighet över 80 % RH i betongen fanns förhöjda koncentrationer av ammoniak under golvmattan oavsett om det kaseinhaltiga spacklet hade bilats bort eller ej.

Mätningarna visade att ammoniakkoncentrationen var högre när den relativa fuktigheten i betongbjälklaget översteg 80 % RH, se figur 5.27. De högsta värdena, 100-200 ppm, uppmättes där det fanns kaseinhaltigt spackel. Men även där detta spackel hade bilats bort och ersatts av ett kaseinfritt och typgodkänt spackel var ammoniakkoncentrationen förhöjd där det var fuktigt.

En möjlig förklaring till den förhöjda ammoniakkoncentrationen, trots att kaseinspacklet var bortbilat, kan vara att ammoniakgas tidigare har diffunderat ner i underliggande betong. För att undersöka detta gjordes mätningar nere i betongbjälklaget.

5.9.2 Ammoniakkoncentration i betongbjälklag

Jämförande mätningar av ammoniakkoncentrationen gjordes dels över en intakt spackelyta, dels över en spackelyta med borrade hål ner i betongbjälklaget, se mätmetod kap 4.2.8.2. Mätningarna gjordes i 11 mätpunkter i en golvsanerad lägenhet där mätningar hade visat på förhöjda halter av ammoniak under golvmattan.

Mätningarna visade att ammoniakkoncentrationen i tio mätpunkter var högre där hål hade borrats i betongen, se tabell 5.2. Resultaten tyder därmed på att det fanns ammoniak även i den underliggande betongen.

Tabell 5.2 Skillnad i ammoniakkoncentration över en intakt och en genomborrade spackelyta i en golvsanerad lägenhet

Mät- punkt	Relativ fuktighet (45 mm djup)	Temperatur	Ammoniakkoncentration över spackellager (under plastfolie)	
			Intakt yta*	Genomborrade yta**
	(%RH)	(°C)	(ppm)	(ppm)
1	95	18,9	28	35
2	92	18,6	30	70
3	94	18,4	50	70
4	95	18,9	100	140
5	93	19,3	5	21
6	95	19,0	100	120
7	79	19,5	4	4
8	90	19,1	4	6
9	88	19,6	5	10
10	93	20,3	5	14
11	84	20,6	30	33

* Ammoniakkoncentrationen under plastfolie

** Ammoniakkoncentrationen under plastfolie där fem hål hade borrats ner i betongbjälklaget (djup cirka 45 mm)

I ett daghem där det fanns ett skyddsrum under bottenplanet utgjordes bjälklaget underifrån av betong, lättbetong, överbetong, flytspackel och överst en golvmatta. Genom att i ett borrat hål föra ner ett rör kunde luft från lättbetonglagret sugas med en drägerpump och analyseras med avseende på ammoniaknehåll. Vid ytan mättes ammoniakkoncentrationen enligt 4.2.8.1. Mätningen gjordes i 8 punkter. Resultaten visade att ammoniakkoncentrationen överallt var högre i lättbetonglagret nere i golvkonstruktionen än upp på ytan mellan matta och flytspackel, se tabell 5.3.

Tabell 5.3 Skillnad i ammoniakkoncentration mellan överytan och ett lättbetonglager 250 mm under överkant.

Under golvmatta			Lättbetonglager		
(%RH)	(°C)	Ammoniak (ppm)	(%RH)	(°C)	Ammoniak (ppm)
70	20,4	0	70	20,2	12
84	19,8	5	84	19,6	80
90	19,2	22	90	19,2	165
90	19,2	96	89	18,9	250
75	21,1	3	74	21,6	27
66	17,5	1	65	17,6	3
87	18,1	23	90	18,0	85
94	19,3	30	92	20,0	200

Resultaten från mätningarna av ammoniak i material under flytspacklet (betong, lättbetong) tyder på att ammoniak har trängt ner i dessa material. Denna ammoniak kan sedan diffundera upp genom ett nytt flytspackel och återigen ge en förhöjd halt mellan spackel och matta. Huruvida även denna ammoniak missfärgar parkettgolv är oklart

Mätningarna visade att bilning av kaseinhaltigt flytspackel och ersättning med ett kaseinfritt inte är en bra metod på fuktiga betongbjälklag (>80 % RH) om syftet är att på sikt erhålla en ammoniakkoncentrationen lägre än 5 ppm under golvmattan. Orsaken till detta är troligen att ammoniak från det ursprungliga kaseinspacklet har trängt ner i den underliggande betongen. Denna ammoniak kan sedan diffundera upp genom det nya spacklet. I det fall som betongbjälklagen är torra och har en ålder av ungefär 10 år fanns ingen ammoniakkoncentration över 5 ppm trots att det kaseinhaltiga spacklet fanns kvar. Det är dock oklart hur lång tid som krävs för att ammoniakkoncentrationen ska minska till denna nivå. Mätningar för ungefär tre år sedan, (Samuelson 1991), visade på högre ammoniakkoncentrationer trots att bjälklagen var torra (<70 % RH).

5.10 Flyktiga organiska ämnen i inomhusluften

I normal inomhusluft finns en mängd kemiska ämnen både i gas- och partikelform. En typ är lättflyktiga organiska ämnen, s.k VOC (volatile organic compounds). Med VOC menas här flyktiga organiska ämnen med en kokpunkt på cirka 60-250 °C. Summan av enskilda VOC, separerade och kvantifierade med gaskromatografisk teknik, benämns TVOC (total volatile organic compounds). VOC indelas i grupper, exempelvis alkaner, aromater, terpenier, alkoholer, estrar m.fl.

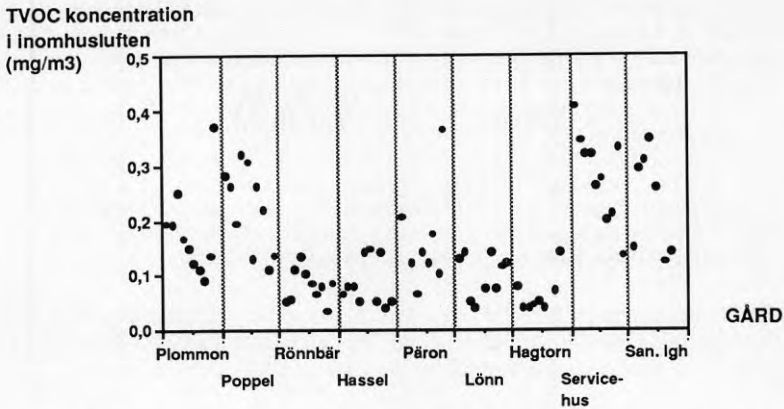
Man finner normalt flera av dessa ämnen (VOC) i spackel, lim, plast, trä, tapetklister, målarfärg m.m. Men även vissa frukter, rengöringsmedel och andra normalt förekommande kemikalier avger ämnen av flyktig organisk natur. VOC finns även i utomhusluften men ofta i låga halter, <0,1mg/m³.

I litteraturen finns en mängd förslag till gränsvärden för TVOC i icke industriella miljöer. Ett stort problem är emellertid att det inte finns några säkra dos/respons-studier med de koncentrationer som är vanliga i icke industriella miljöer. Vid flera av de provokationsstudier i lab som har genomförts har koncentrationer på 25 mg/m^3 används vilket är i storleksordningen 100 gånger högre än normalt. Dessutom måste man arbeta med relativt korta exponeringstider vilket också är en osäkerhetsfaktor, (Hudnell et al. 1990; Møhlhave et al. 1990). Vid dessa koncentrationer har man emellertid funnit samband mellan VOC och symptom hos försökspersoner. Vissa undersökningar (Norbäck et al. 1990; Berglund et al. 1990) har dock visat på ett samband mellan TVOC och antal symptom hos personal i skolor och bibliotek vid normala koncentrationer. I en liknande undersökning i Malmö (Sverdrup 1990) och Rådhusundersökningen i Köpenhamn (Skov 1990) kunde inte något sådant samband visas. När det gäller enskilda ämnen är det känt att vissa ämnen avger lukt (2-etylhexanol) vilket åtminstone kan betraktas som ett sanitärt problem och som i förlängningen eventuellt kan ge besvär/symptom.

I ett planeringsunderlag för allergikersäkra hus (Hult 1990) föreslås en övre gräns på $0,20 \text{ mg/m}^3$ TVOC. Seifert anger en målsättning med gränsen vid $0,30 \text{ mg/m}^3$, (Seifert 1990). Som ytterligare krav ställer han att inget enskilt ämne får ha en koncentration som överstiger 50 % av den aktuella gruppens totala koncentration samt att inget enskilt ämne får ha en koncentration som överstiger 10 % av TVOC. SP anger att man i normala inomhusmiljöer kan finna upp till $0,40 \text{ mg/m}^3$. Det bör poängteras att man i nybyggda eller nyrenoverade lokaler ofta har en hög TVOC-koncentration beroende på avgasning från nya material. Denna avgasning sker dock relativt snabbt (några månader) (Gustafsson 1990). Ytterligare ett problem är att olika mät- och analystekniker ger olika resultat vilket naturligtvis innebär att det är mycket vanskligt att jämföra resultat från olika studier.

5.10.1 TVOC i inomhusluften

Mätningarna visade att koncentrationen av TVOC i mätlägenheterna varierade mellan $0,05\text{-}0,40 \text{ mg/m}^3$, se figur 5.28. Koncentrationerna i uteluften översteg aldrig $0,1 \text{ mg/m}^3$ där de flesta värden låg under $0,05 \text{ mg/m}^3$. De lägsta värdena fanns i Rönnbär, Hassel, Lönn och Hagtorn. Högre värden uppmättes i Servicehuset samt i Plommon, Poppel, Pärön och de Sanerade lägenheterna. De flesta lägenheterna hade en koncentration som understeg $0,20 \text{ mg/m}^3$ vilket ej kan anses som förhöjt. Värden mellan $0,30\text{-}0,40 \text{ mg/m}^3$ ligger dock på gränsen till att vara förhöjda.

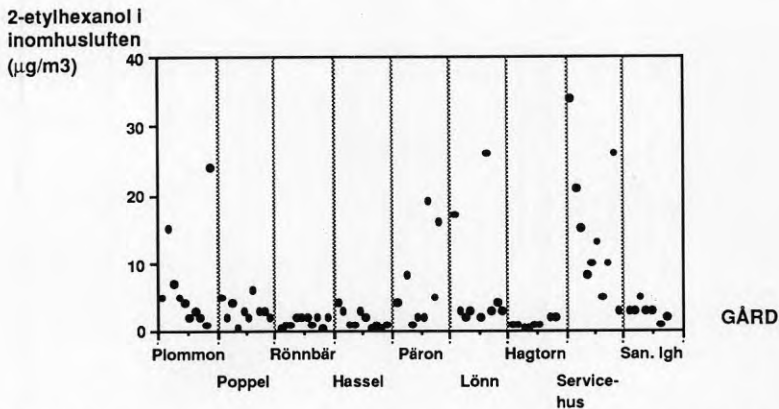


Figur 5.28 Koncentrationen av TVOC i inomhusluften. Koncentrationen av TVOC var lägre i Rönnbär, Hassel, Lönn och Hagtorn. Värderna mellan 0,30-0,40 mg/m³ kan anses som något förhöjda. Inga värden över 0,40 mg/m³ TVOC uppmättes.

5.10.2 2-etylhexanol i inomhusluften

PVC-mattor, som utsätts för hög alkalisk fukt (>85-90 % RH) under tillräckligt lång tid, kan genom kemisk sönderdelning avge en alkohol (2-etylhexanol) som ger en karakteristisk lukt (Gustafsson 1990). Avgången av detta ämne beror på kemisk sönderdelning av mjukgöraren i mattan.

Mätningarna visade att det fanns förhöjda halter av 2-etylhexanol (>5 µg/m³) i Plommon, Päron, Lönn och Servicehuset, se figur 5.29. Halter upp till 5 µg/m³ uppmättes även i lägenheter där golvmaterialet utgjordes av linoleum. Tänkbara källor i detta fall är mattlim och andra polymera material som är mjukgjorda.



Figur 5.29 Koncentrationen av 2-etylhexanol i inomhusluften. Förhöjda värden fanns i Plommon, Päron, Lönn och Servicehuset. Det fanns även 2-etylhexanol (<5 µg/m³) där golvbeläggningen utgjordes av linoleum (Poppel och sanerade lägenheter). I Rönnbär och Hassel fanns ett kaseinfritt kalkspackel.

I Servicehuset var alla värden förhöjda. Det finns emellertid flera omständigheter som gör att denna byggnad skiljer sig från de övriga. För det första är stommen platsgjuten vilket eventuellt kan ha inneburit en fuktigare miljö för PVC-mattan i inledningsskedet. För det andra finns inga parkettgolv i dessa lägenheter. Detta innebär att den emitterande golvytan per volymsenhet är större i servicehuset än i övriga byggnader vilket vid samma emissionsfaktor (och samma ventilation) bör ge en högre koncentration i servicehuset. Dessutom är lägenheternas area mindre i Servicehuset vilket späder på denna effekt. För det tredje har PVC-mattan i Servicehuset inte den baksida av ludd som finns i övriga gårdar vilket eventuellt kan ha betydelse. Slutligen var ventilationen låg i Servicehuset. En eller flera av dessa faktorer kan förklara varför koncentrationen av 2-etylhexanol är högre i Servicehuset än i övriga byggnader.

En koncentration av 2-etylhexanol över $5-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i inomhusluften innebär en risk för lukt. Mätningarna visade vidare att när koncentrationen av 2-etylhexanol översteg $10-15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ var detta i storleksordningen 10 % av TVOC.

5.11 Formaldehyd i inomhusluften

Mätningar av Formaldehyd i inomhusluften gjordes i två gårdar, Plommon och Poppel. Alla resultat låg lägre än $0,03 \text{ mg}/\text{m}^3$ varför denna mätning avbröts.

5.12 Damm

Tidigare genomförda undersökningar i området (Samuelson 1991) har visat att det finns onormalt mycket damm i lägenheterna. Analyser av dammprover visade att partiklarna var av en relativt stor storlek. Inom ramen för detta projekt har prover tagits för vidare analys. Damm från en plan yta (cirka $0,5 \times 0,5 \text{ m}$) i lägenhetens vardagsrum sögs upp på ett filter. Proverna har inte analyserats men finns nerfrysta vid SP för senare analys.

6 SAMBAND MELLAN VOC OCH TEKNISKA FAKTORER

6.1 Allmänt

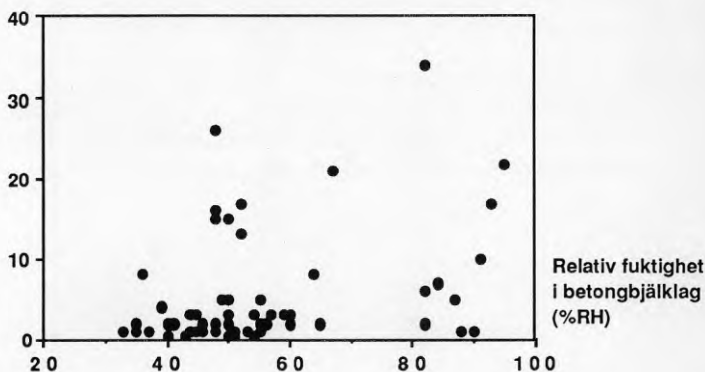
Ett antal faktorer påverkan på koncentrationen av flyktiga organiska ämnen (VOC) i inomhusluften har undersökts, både den totala koncentrationen (TVOC) och det enskilda ämnet 2-etylhexanol. Alla mätningar gjordes vid samma tillfälle. En sambandsstudie har gjorts med avseende på följande faktorer:

- Fukt i betongbjälklag
- Luftomsättning inomhus
- Relativ luftfuktighet inomhus
- Temperatur inomhus
- Typ av ventilationssystem
- Typ av golvmaterial

6.2 Fukt i betongbjälklag

En hög relativ fuktighet i betongbjälklagen (>80-90 % RH), i kombination med hög alkalitet, kan medföra en kemisk sönderdelning av mjukgöraren i PVC-mattan. Detta kan ge en avgång av 2-etylhexanol till inomhusluften, (Gustafsson 1990). Mätningarna visade emellertid att det fanns förhöjda halter av 2-etylhexanol i inomhusluften (>5-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) även där den relativa fuktigheten hade sjunkit under 80-90 % RH, se figur 6.1. Troligen pågår inte sönderdelningsprocessen sedan betongen torkat men en förklaring kan vara att det finns 2-etylhexanol kvar i och under mattan som kan avgå till rumsluften. Påpekas bör att PVC-mattorna överallt låg på kaseinspackel. Spacklets betydelse är dock oklar. Det är också oklart hur länge avgången av 2-etylhexanol pågår sedan betongen har torkat (<70 % RH).

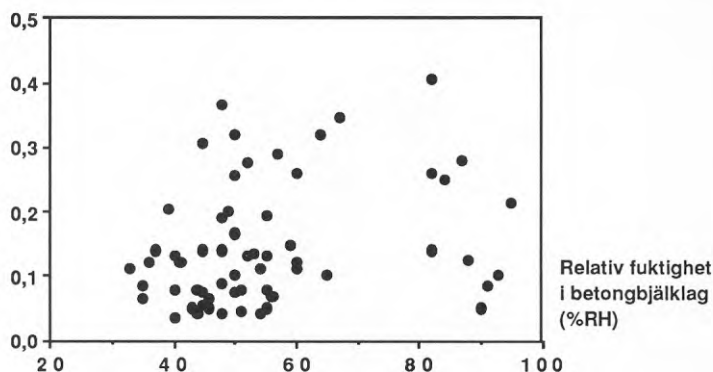
2-etylhexanol i
inomhusluften
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figur 6.1 Samband mellan koncentrationen av 2-etylhexanol i inomhusluften och relativ luftfuktighet i betongbjälklaget. Förekomst av 2-etylhexanol i inomhusluften tyder på kemisk sönderdelning av mjukgöraren i PVC-mattor. Detta kan ske vid hög fuktighet (>80-90 % RH) i kombination med hög alkalitet. Trots att betongen har torkat (<70 % RH) fanns i vissa lägenheter en förhöjd halt av 2-etylhexanol.

Det fanns inget samband mellan relativ fuktighet i betongbjälklaget och halten av TVOC i inomhusluften, se figur 6.2. Orsaken är förmodligen att i TVOC ingår enskilda ämnen från en mängd olika källor där 2-etylhexanol från golvmaterialet utgör en liten del, som högst cirka 10 %. Koncentrationen av TVOC översteg dock aldrig $0,40 \text{ mg/m}^3$.

Koncentrationen av
TVOC i inomhusluften
(mg/m^3)



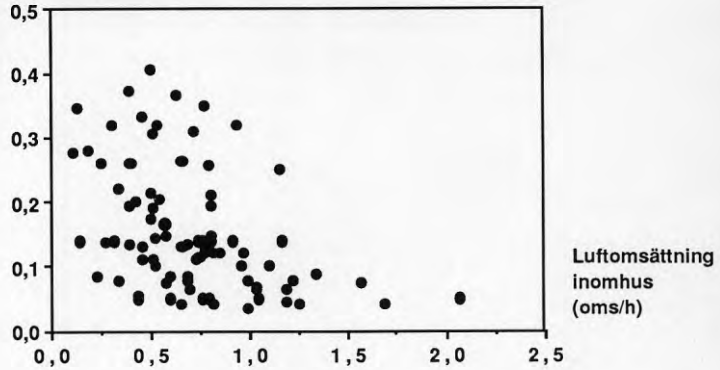
Figur 6.2 Samband mellan koncentrationen av TVOC i inomhusluften och relativ fuktighet i betongbjälklaget. Halten av TVOC varierade mellan $0,05\text{-}0,40 \text{ mg/m}^3$ oavsett om betongen var fuktig eller ej.

6.3 Luftomsättning inomhus

Luftomsättningen inomhus bör naturligtvis påverka mängden föroreningar i inomhusluften. Andra studier har visat på ett logaritmiskt samband mellan VOC och ventilation (Indoor air quality 1990). Mätningarna visade ett svagt samband mellan ventilation och koncentrationen av TVOC, se figur 6.3. Vid en luftomsättning omkring $0,8\text{-}0,9 \text{ oms/h}$ var koncentrationen av TVOC lägre än $0,20 \text{ mg/m}^3$.

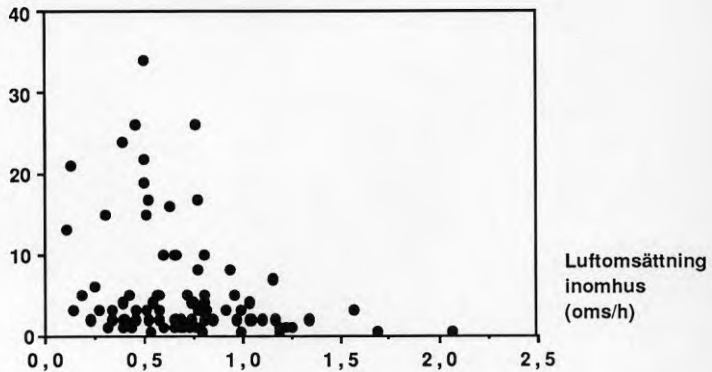
Ett liknande samband fanns för 2-etylhexanol, se figur 6.4. Vid en luftomsättning över cirka $0,8\text{-}0,9 \text{ oms/h}$ var koncentrationerna lägre. En orsak till att sambandet var relativt svagt kan vara att avgången av 2-etylhexanol från PVC-mattan, den s.k emissionsfaktorn ($\mu\text{g/h,m}^2$), varierar mellan olika i lägenheter.

Koncentrationen av
TVOC inomhus
(mg/m³)



Figur 6.3 Samband mellan koncentrationen av TVOC i inomhusluften och luftomsättningen i det rum där luftproverna togs. Luftomsättningen är mätt med spårgas, s k avklingande koncentration. Vid omkring 0,8 oms/h var koncentrationen av TVOC lägre än 0,15 mg/m³.

Koncentrationen av
2-etylhexanol i
inomhusluften
(µg/m³)

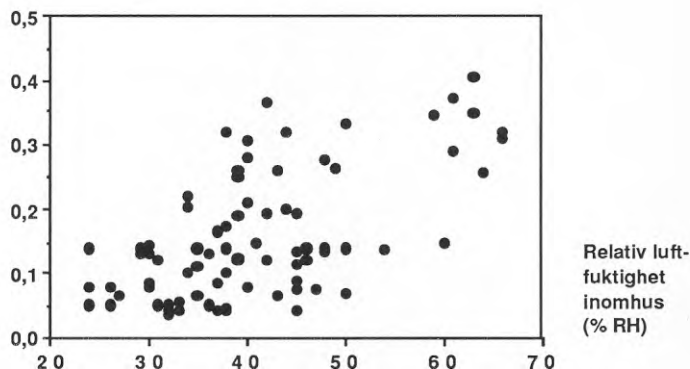


Figur 6.4 Samband mellan koncentrationen av 2-etylhexanol i inomhusluften och luftomsättningen inomhus. Vid en luftomsättning som översteg cirka 0,8 oms/h var koncentrationen av 2-etylhexanol lägre än 10 µg/m³. Påpekas bör att avgången av 2-etylhexanol från golvmaterialet förmodligen varierar mellan olika lägenheter vilket kan vara en orsak till variationen.

6.4 Relativ luftfuktighet inomhus

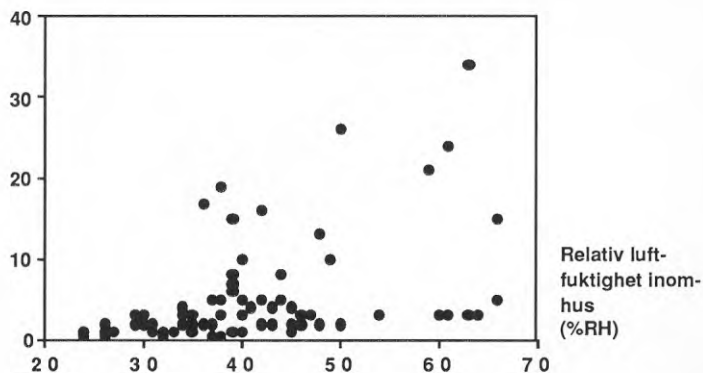
Andra undersökningar har visat att TVOC i inomhusluften ökar vid en ökad relativ luftfuktighet inomhus, (Norbäck et.al 1990). Resultaten i detta arbete visade att det fanns ett svagt samband mellan TVOC och relativ luftfuktighet i inomhusluften, se figur 6.5. När det gäller 2-etylhexanol fanns inget sådant samband, se figur 6.6.

Koncentrationen av
TVOC i inomhusluften
(mg/m³)



Figur 6.5 Samband mellan koncentrationen av TVOC i inomhusluften och relativ luftfuktighet inomhus. Det framgår att det fanns ett svagt positivt samband mellan koncentrationen av TVOC i inomhusluften och den relativa luftfuktigheten inomhus.

Koncentrationen av
2-etylhexanol i inomhusluften
(µg/m³)

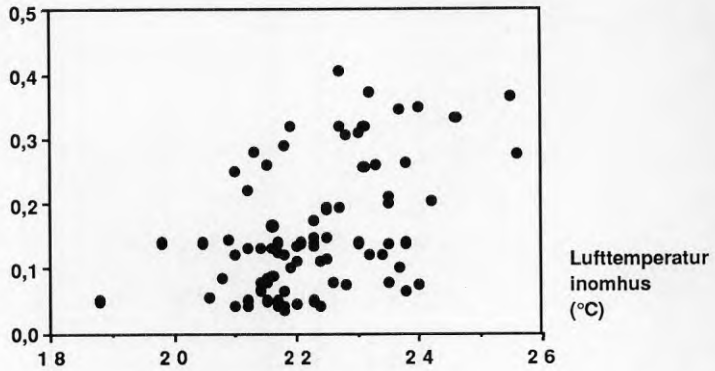


Figur 6.6 Samband mellan koncentrationen av 2-etylhexanol i inomhusluften och den relativa luftfuktigheten inomhus.

6.5 Temperatur inomhus

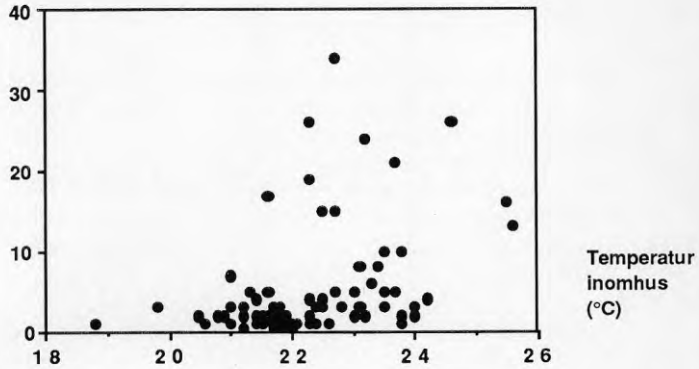
Andra undersökningar har visat på ett positivt samband mellan koncentrationen av flyktiga organiska ämnen i inomhusluften och lufttemperaturen inomhus, (Norbäck et al, 1990). Något sådant samband var svårt att finna i denna undersökning både när det gäller TVOC och 2-etylhexanol, se figur 6.7 och 6.8.

Koncentrationen av
TVOC inomhus
(mg/m³)



Figur 6.7 Samband mellan koncentrationen av TVOC i inomhusluften och lufttemperaturen inomhus.

Koncentrationen av
2-etylhexanol i
inomhusluften
(µg/m³)

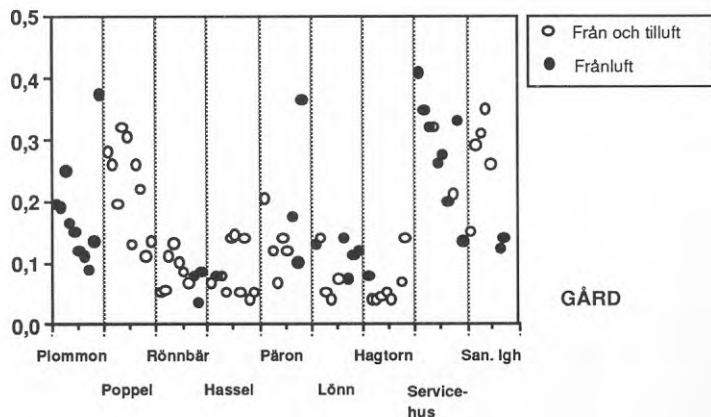


Figur 6.8 Samband mellan koncentrationen av 2-etylhexanol i inomhusluften och lufttemperaturen inomhus.

6.6 Typ av ventilationssystem

Tidigare genomförda undersökningar i området (Samuelson 1991) har visat att det inte förekommer tillförsel av VOC på grund av läckage i värmeväxlare eller läckage mellan luftkanaler. Det fanns heller inget i denna undersökning som tyder på att variationen av TVOC i inomhusluften beror av typ av ventilation (F,FT), se figur 6.9. TVOC varierade mellan 0,05-0,40 mg/m³ oavsett typ av ventilation.

Koncentrationen av
TVOC i inomhusluften
(mg/m³)



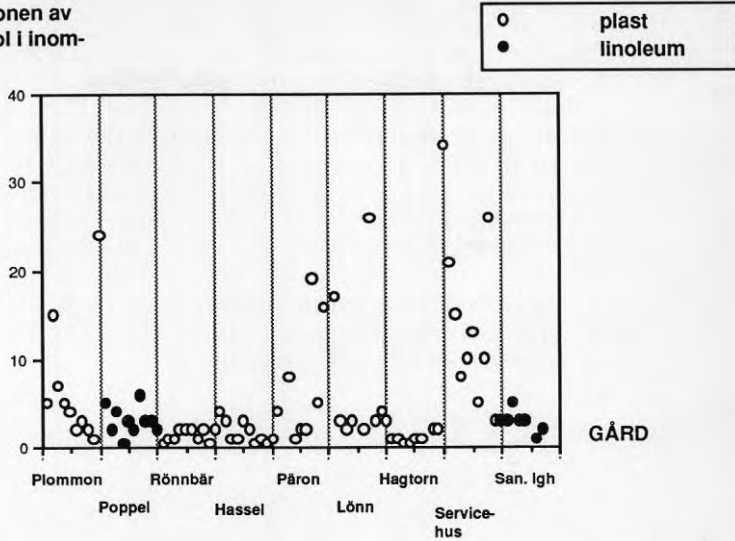
Figur 6.9 Samband mellan koncentrationen av TVOC i inomhusluften och typ av ventilationssystem, (F,FT). Det framgår att det inte fanns något samband mellan variationen av TVOC och typ av ventilationssystem. Värmeväxlare fanns i från och tilluftssystemet men inte i frånluftssystemet.

6.7 Typ av golvmaterial

Den dominerande emissionskällan när det gäller 2-etylhexanol är mjukgjorda PVC-mattor som utsätts för alkalisk fukt under tillräckligt lång tid. Av figur 6.10 framgår att alla förhöjda värden av 2-etylhexanol (>5 µg/m³) fanns där golvmaterialet utgjordes av PVC-mattor. Halter upp till cirka 5 µg/m³ uppmättes även där det fanns linoleummattor. I detta fall härrör förmodligen koncentrationen av 2-etylhexanol från mattlim och andra mjukgjorda polymerer som normalt finns inomhus. I gårdarna Rönnbär och Hassel fanns mjukgjorda PVC-mattor men till skillnad från övriga gårdar med PVC-mattor fanns här ett kaseinfritt kalkspackel

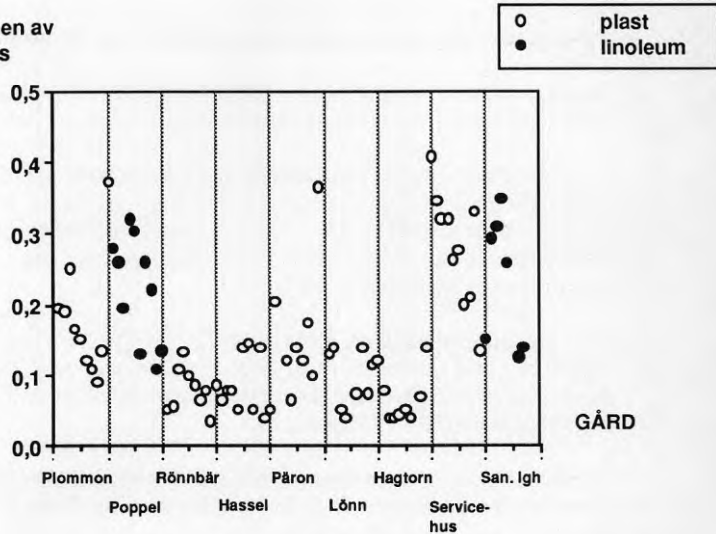
När det gäller koncentrationen av TVOC i inomhusluften fanns inget samband med typ av golvmaterial, se figur 6.11. Orsaken är att PVC-mattan är en emissionskälla bland många.

Koncentrationen av
2-etylhexanol i inom-
husluften
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figur 6.10 Samband mellan koncentrationen av 2-etylhexanol i inomhusluften och golvmaterial. Det framgår att alla förhöjda värden av 2-etylhexanol ($>5-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) fanns där golvmaterialet utgjordes av mjukgjord PVC. I gårdarna Rönnbär och Hassel fanns ett kaseinfritt kalkspackel

Koncentrationen av
TVOC inomhus
(mg/m^3)



Figur 6.11 Samband mellan koncentrationen av TVOC i inomhusluften och typ av golvmaterial. Det fanns inget samband mellan variationen av TVOC och typ av golvmaterial, (PVC, linoleum).

7. SLUTSATSER

7.1 Resultat från olika gårdar

Resultaten från de tekniska mätningarna visade att det inte verkar finnas någon enskild faktor som kan förklara problemen i området, se tabell 7.2. Men det kan naturligtvis finnas samverkans effekter mellan olika tekniska faktorer som inte syns i den endimensionella analysen. En djupare bedömning av resultaten kan göras först sedan sambandet mellan enkätundersökningar och tekniska mätresultat har genomförts.

Resultaten i kapitel 5 visar inte på några extrema avvikelser från normala värden förutom när det gäller halten av 2-etylhexanol. Man kan dock tala om förhöjda eller något avvikande värden när det gäller följande parametrar.

- Relativ fuktighet i betongbjälklag
- Relativ luftfuktighet inomhus
- Temperatur inomhus
- Lufttrycksskillnad mot trapphus
- Ventilation
- TVOC
- 2-etylhexanol
- Ammoniak under golvbeläggning

Den relativa fuktigheten i bottenbjälklagen var hög (80-97 %RH) där det ej fanns källare eller andra utrymmen under. Även vissa golvsanerade bjälklag var fuktiga.

Den relativa luftfuktigheten var något låg (<30% RH) i Rönnbär och Hassel. Det är dock oklart om detta har någon betydelse för upplevelsen av inomhusklimatet.

Inomhustemperaturen var något högre än normalt i Pärön och Servicehuset. Båda gårdarna hade i vissa lägenheter temperaturer över 25 °C.

När det gäller lufttrycksskillnaden mellan lägenhet och trapphus (vid normal ventilation) fanns i alla gårdar (utom Hagtorn och Sanerade lägenheter) lägenheter med ett undertryck som översteg 10 Pa. Detta kan resultera i att föroreningar från trapphuset förs in i lägenheten. Även i gårdarna Plommon och Poppel som hade åtgärdad ventilation fanns undertryck som översteg 10 Pa.

Luftomsättningen var lägre än kravet (SBN 1975) i flera lägenheter i Plommon och Poppel som hade åtgärdad ventilation samt i Servicehuset. Men mätningarna i Poppel gjordes i fel driftläge varför bedömningen här blir något osäker. I enstaka rum var den även låg i Rönnbär och Hassel.

Det fanns något förhöjda koncentrationer av TVOC (0,30-0,40 mg/m³) i Plommon, Pärön och Servicehuset men även där golvsaneringar hade gjorts i Poppel och Sanerade lägenheter. Golvsaneringen verkar därmed inte påverka totalhalten av flyktiga organiska ämnen i någon större utsträckning. Det bör dock poängteras att TVOC aldrig översteg 0,40 mg/m³. När det gäller 2-etylhexanol fanns förhöjda värden (10-40 µg/m³) i Plommon, Pärön, Lönn och Servicehuset. I de golvsanerade lägenheterna fanns inga koncentrationer över 5 µg/m³ men inte heller i Hagtornsgården som hade ett kaseinhaligt flytspackel samt i Rönnbär och Hassel som hade ett kaseinfritt kalkspackel.

Mätningarna av ammoniak i golvkonstruktionen visade att det fanns förhöjda halter där det var fuktigt i betongbjälklagen (> 80 % RH) oavsett om det kaseinhaltiga flytspacklet hade bilats bort eller ej. Detta innebär att bilning av flytspackel inte är en bra åtgärd på fuktiga betongbjälklag om syftet är att på sikt erhålla låga ammoniakhalter under golvbeläggningen (< 5 ppm).

I tabell 7.1 har de faktorer markerats som vid en helhetsbedömning uppvisar förhöjda eller något avvikande värden. I regel krävs att åtminstone hälften av de undersökta lägenheterna per gård ska avvika från normala värden.

Tabell 7.1 Mätresultat som avvek från normala värden i de undersökta gårdarna

Gård	Relativ luftfuktighet	Temp	ΔP	Vent	TVOC	2-etylhexanol
Plommon**			x	x	x	x
Poppel** ***			x	x*	x	
Rönnbär	x		x	x		
Hassel	x		x	x		
Päron		x	x			x
Lönn			x			x
Hagtorn						
Servicehus		x	x	x	x	x
Sanerade lgh***					x	

* Osäkert resultat

** Åtgärdad ventilation

*** Golvsanerade lägenheter

7.2 Samband mellan VOC och tekniska faktorer

En relativ fuktighet högre än 85-90 % RH i betongbjälklagen kan resultera i en kemisk sönderdelning av mjukgöraren i PVC-mattor vilket normalt resulterar i en avgång av 2-etylhexanol till inomhusluften. Mätningarna visade emellertid att denna avgång kan pågå trots att den relativa fuktigheten i betongen hade sjunkit under 85-90 % RH.

Det fanns inget entydigt samband mellan fukt i betongbjälklagen och koncentrationen av TVOC i inomhusluften. Koncentrationen av TVOC översteg dock aldrig 0,40 mg/m³.

Det fanns ett svagt samband mellan luftomsättningen och koncentrationen av flyktiga organiska ämnen i inomhusluften. Vid en luftomsättning omkring 0,8-0,9 oms/h var koncentrationen av TVOC lägre än 0,20 mg/m³ och halten 2-etylhexanol lägre än 10 µg/m³.

Slutligen fanns ett svagt positivt samband mellan TVOC och den relativa luftfuktigheten inomhus.

7.3 Rekommendationer

Mätningarna visade att det var fuktigt i de bottenbjälklag där det inte fanns källare eller andra utrymmen under. Detta är vad man kan förvänta sig med hänsyn till konstruktions utformning eftersom dessa bjälklag står i kontakt med underliggande mark. Ett sätt att undvika problem med påverkan av fukt känsliga material är att installera ett ventilerat golv. Det är då viktigt att den evakuerade luften förs bort från byggnaden i en separat ventilationskanal så att spridning av föroreningar inom huset undviks.

Utredningen visade att det fanns relativt höga undertryck inomhus i förhållande till trapphusen. Detta kan leda till att föroreningar i trapphusen förs in i lägenheten genom exempelvis otätheter i brevkast. Orsaken till de förhöjda tryckskillnaderna kan vara dåligt injusterade från- och tilluftflöden vilket bör rättas till. Ett sätt att minska möjligheten för föroreningar att nå bostaden är också att täta eller ta bort brevkasterna.

Frånluftflödena var över lag för låga i kök och i vissa fall även i badrum vilket kan bero på dålig injustering. Vidare framkom i studien att de boende i Servicehuset inte har ventilationsluckorna öppna på grund av dragproblem. Denna typ av lufttillförsel torde därmed vara olämplig i denna typ av bostäder.

Mätningarna av ammoniak i golvkonstruktionen visade att det fanns förhöjda halter där det var fuktigt i betongbjälklagen ($> 80\%$ RH), oavsett om det kaseinhaltiga spacklet hade bilats bort eller ej. Detta innebär att bilning av flytspackel inte är en bra åtgärd på fuktiga betongbjälklag om syftet är att på sikt erhålla låga ammoniakhalter under golvbeläggningen (< 5 ppm). Ett bättre sätt att åtgärda denna typ av problem vore att installera ett ventilerat golv på bottenplanen. På detta sätt evakueras dålig lukt och föroreningar. Dessutom sker en viss uttorkning av betongbjälklaget.

Mätningarna av 2-etylhexanol i inomhusluften visade att det fanns förhöjda halter i många lägenheter. Vid förhöjda halter torde den enda åtgärden vara att ta bort mattan och ersätta den med en ny. Den relativa fuktigheten i betongbjälklagen och ammoniakkoncentrationen över spackellagret bör kontrolleras innan en ny matta läggs in.

Undersökningen visade slutligen att ventilationen hade betydelse för koncentrationen av TVOC och 2-etylhexanol i inomhusluften. Det är dock osäkert vilken luftomsättning som krävs för att halterna ska reduceras tillräckligt. En första åtgärd bör vara att ta bort emissionskällan.

Tabell 7.2 Sammanfattning av resultat

Variabel	Enhet	Antal	Lägsta värde	Högsta värde	Medelvärde
Temperatur inomhus	° C	86	18,8	25,6	22,3
Relativ luftfuktighet inne	% RH	86	24	66	40
Fukttillskott inomhus	g/m ³	86	0,1	5,6	1,4
Relativ fuktighet i betongbjälklag					
Bottenbjälklag	% RH	16	70	97	
Mellanbjälklag	% RH	72	35	65	
Medelventilation	l/sm ²	86	0,17	0,71	
Luftomsättning	oms/h	83	0,1	2,1	0,74
Lufttrycks-skillnad*	Pa	85	-35	6	-8,9
TVOC	mg/m ³	81	0,03	0,36	0,15
2-etylhexanol	µg/m ³	81	0	36	
Ammoniak under golvmatta					
Bottenbjälklag	ppm	13	0	190	
Mellanbjälklag	ppm	58	0	5	
Ammoniak i lättbetong	ppm	19	3	250	

* (-) anger undertryck inomhus

Litteratur

Andersson, K., Fagerlund, I., Larsson, B. Inomhusklimatet i Dalen. En preliminär rapport från enkätundersökningar 1988-1989. Yrkesmedicinska kliniken i Örebro.

Samuelson I. Sjuka hus blir friska? Utvärdering av åtgärdsarbetet i kv Dalen, Enskede. Statens råd för byggnadsforskning. BFR R6:1991

Norbäck, D., Michel, I., Widström, J. Indoor air quality and personal factors related to the sick building syndrome. *Scand J Work Environ Health* 1990;16:121-8.

Norbäck, D., Torgén, M., Edling, C. Volatile organic compound, respirable dust, and personal factors related to prevalence and incidence of sick building syndrome. *British Journal of Industrial Medicine* 1990;47:000-000

Indoor Air Quality Update 1990. A Guide to the practical Control of Indoor Air Problems, from Cutter Information Corp. Vol 3, No 7. July 1990.

Gustafsson H. Kemisk emission från byggnadsmaterial - beskrivning av skadefall, mätteknik och åtgärder. SP RAPPORT 1990:25. Statens provningsanstalt, Borås.

Skov, P., Valbjørn, O., Pedersen, B. Influence of indoor climate on the sick building syndrome in an office environment. *Scand J Work Environ Health* 1990;16:363-71

Berglund, B., Lindvall, K., Lundin, T. A longitudinell study of perceived air quality and comfort in a sick library building. *Indoor air 90*, Vol. 1, pp 651-655.

Sverdrup, C., Andersson, K., Andersson, S. A comparative study of indoor climate and human health in 74 day care centers in Malmö, Sweden. *Indoor air 90*, Vol. 1, pp 651-655

Seifert B. Regulating indoor air. *Indoor air 1990* Vol. 5, pp 35-49.

Nevander, L E., Elmarsson, B. *Fukthandboken* 1981.

Hult, M., Persson, R. Allergikeranpassade bostäder. Generellt planeringsunderlag. Statens råd för byggnadsforskning. BFR R1:1991.

Hudnell, K. Odour and irritation effects of a volatile organic compound mixture. *Indoor air 1990*. Vol. 1, pp 263-268.

Møhlhave, L., Kjørgaard, S., Pedersen, O F. Changes in human sensory reactions, eye physiology, and performance when exposed to a mixture of 22 indoor air volatile organic compounds. *Indoor air 1990*. Vol. 1, pp 319-324.

Nielsen P A. Controlled human reactions to building materials in climatic chambers. Part II; VOC measurements, mice bioassay, and decipol evaluation. *Indoor air 1990*, Vol. 1, pp 331-336.

Ericsson, H., Hellström, B. Skador i golv på underlag av flytspacklad betong under tiden 1977-1983. Statens råd för byggnadsforskning BFR. R 193:1984

Bilaga 2

Arbetsgrupp 1990

Kjell Andersson
Ingemar Samuelson
Göran Stridh
Jan Sundell
Nina Dawidowicz

Yrkesmedicinska kliniken i Örebro
Statens Provningsanstalt
Yrkesmedicinska kliniken i Örebro
Syntax AB
Adj. Statens råd för byggnadsforskning BFR

R48 : 1991

ISBN 91-540-5370-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6811048

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer
Z. Konstruktioner och material

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 48 kr exkl moms