

# Miljövärdering av bebyggelse

Innemiljövärdering  
EcoEffect-metoden

Marie Hult  
Tove Malmqvist

Högskolan i Gävle, Byggd Miljö  
KTH, Bebyggelseanalys  
Januari 2005

# Innehåll

Innehåll .....	2
Förord och läsanvisning .....	4
Sammanfattning .....	6
Summary .....	9
1 Inledning .....	12
2 Begreppsanvändning .....	15
2.1 Innemiljöproblem av olika slag .....	15
2.2 Innemiljöfaktorer och innemiljöpåverkan i förhållande till slutproblem .....	17
2.3 Innemiljöparametrar och innemiljöprestanda .....	19
2.4 Specifika kommentarer på begreppsanvändningen i EcoEffect .....	21
3 Olika metoder för värdering och säkring av innemiljöer .....	23
3.1 Beskrivning av befintliga system .....	23
3.2 Slutsatser .....	28
4 EcoEffects värderings-metodik för innemiljö .....	30
4.1 Utgångspunkter .....	30
4.2 Urval av innemiljöproblem och strukturering i metodiken .....	31
4.3 Förändringar i förhållande till den ursprungliga värderingsmetodiken .....	35
4.4 Trädstrukturer som underlag för värderingen .....	39
4.5 Hur belastningsvärden tas fram .....	46
Sammanvägning av belastningsvärden .....	48
4.6 Indata för värderingen .....	51
4.7 Vidareutveckling av metodiken för värdering av innemiljö .....	52
5 Redovisning av innemiljövärderingen .....	56
5.1 Diagrammet Hus och hälsa .....	56
5.2 Diagrammet innemiljöfaktorer .....	62
5.3 Tabellen med mätvärden .....	65
5.4 Diagrammet komfortproblem .....	66
5.5 Övergripande resultatredo-visning i EcoEffect .....	67
5.6 ”Flaggning” av enstaka kriterier .....	67
6 Problembeskrivning – innemiljöproblem i EcoEffect .....	70
6.1 Inledning och läsanvisning .....	70
6.2 Luftkvalitet .....	71
Dålig sensorisk luftkvalitet .....	72
SBS .....	78
Allergi och annan överkänslighet .....	86
Lungcancer .....	91
Legionärssjuka och luftfuktarfeber .....	95
6.3 Termiskt klimat .....	98
”För varmt” eller ”för kallt” .....	98
Förvärrade ledbesvär på grund av kyla/ drag .....	103
Minskad produktivitet och inlärningssvårigheter på grund av för hög temperatur .....	106
6.4 Ljudförhållanden .....	106
Störande ljud .....	107
Sömnsvårigheter på grund av buller .....	111

Koncentrationssvårigheter på grund av buller (skola och andra arbetsplatser).....	114
6.5 Ljusförhållanden.....	116
För lite eller för mycket solljus.....	117
För lite dagsljus .....	121
Ögon/synproblem på grund av dålig elbelysning.....	123
6.6 Elmiljö .....	125
Elkänslighet .....	126
Barnleukemi.....	129
Statisk elektricitet .....	131
6.7 Dricksvattenkvalitet.....	133
Mag- och tarmcancer .....	134
7 Referenser.....	136
Register .....	146

## Bilagor

Bilaga 1	Skalor för belastningsvärden och vikter för de kriterier som ingår i värderingen av <i>hälsoproblem</i> i <i>befintliga byggnader</i> (Tabell FH).
Bilaga 2	Skalor för belastningsvärden och vikter för de kriterier som ingår i värderingen av <i>innemiljöfaktorer</i> i <i>befintliga byggnader</i> (Tabell FM).
Bilaga 3	Skalor för belastningsvärden och vikter för de kriterier som ingår i värderingen av <i>hälsoproblem</i> i <i>programskedet för planerade byggnader</i> (Tabell PH1).
Bilaga 4	Skalor för belastningsvärden och vikter för de kriterier som ingår i värderingen av <i>innemiljöfaktorer</i> i <i>programskedet för planerade byggnader</i> (Tabell PM1).
Bilaga 5	Skalor för belastningsvärden och vikter för de kriterier som ingår i värderingen av <i>hälsoproblem</i> i <i>projekteringsskedet för planerade byggnader</i> (Tabell PH 2).
Bilaga 6	Skalor för belastningsvärden och vikter för de kriterier som ingår i värderingen av <i>innemiljöfaktorer</i> i <i>projekteringsskedet för planerade byggnader</i> (Tabell PM 2).
Bilaga 7	EcoEffect-enkäten för bostäder. Används som indataverktyg vid värdering av befintliga bostadsfastigheter.
Bilaga 8	EcoEffect-enkäten för kontor. Används som indataverktyg vid värdering av befintliga kontorsfastigheter.
Bilaga 9	Sannolikheter för SBS-symptom i flerbostadshus med olika upplåtelseformer. Tabeller som utnyttjas vid värdering av SBS.
Bilaga 10	S k. ljudbilaga som utnyttjas vid värdering av ljudförhållanden för byggnader i projekteringsskedet.

# Förord och läsanvisning

Denna rapport utgör en delrapport för forsknings- och utvecklingsprojektet EcoEffect som bedrevs under tiden 2001-2004. Projektet har avrapporterats i en huvudrapport som beskriver hela EcoEffect-metoden och dess tillämpning<sup>1</sup>. EcoEffect-projektet har syftat till att utveckla en metodik för värdering av byggnaders/fastigheters miljöpåverkan. De värderingsområden som ingår i metodiken är energianvändning, materialanvändning, inomhusmiljö, utemiljö och livscykelkostnader. Då värderingsområdena är olika av sin karaktär har det varit naturligt att använda olika metoder för att finna sätt att genomföra värderingen på. Denna rapport beskriver metodiken för värdering av byggnaders inomhusmiljöer; angreppssätt, utveckling av metodiken, de problem som metodiken belyser och värderar, så som metodiken ser ut i EcoEffects datorprogram, till vad den kan användas men också kort om de utvecklingsmöjligheter vi ser framgent. Metodiken för inomhusmiljövärdering enligt EcoEffect bygger till stor del på Marie Hults doktorsavhandling<sup>2</sup> och viss hänvisning sker därför i denna rapport till denna avhandling.

Rapporten är omfattande men vissa kapitel kan läsas separat. Kapitel 1 ger först en kort bakgrund och i kapitel 2 redogörs för de viktigaste begreppen som används i metodiken. I kapitel 3 ges en översikt över andra befintliga system för värdering och säkring av byggnaders inomhusmiljöer. Delar utav vissa av dessa system har utnyttjats också vid utveckling av EcoEffects värderingsmetodik för inomhusmiljöer. Kapitel 4 innehåller sedan den huvudsakliga beskrivningen av EcoEffects inomhusmiljövärdering vilket kompletteras med en beskrivning av hur värderingen redovisas i EcoEffects datorprogram i kapitel 5.

EcoEffect-metodiken är problembaserad och ambitionen har varit att det i huvudsak i slutändan skall vara miljörelaterade problem för människor som orsakas av byggnader som skall värderas. I kapitel 6 ges därför en grundlig beskrivning av de problem som värderingsmetodiken för inomhusmiljö tar upp. Där beskrivs de byggnadsrelaterade problemen övergripande, dess omfattning, mekanism, hur samhället bemöter problemen, hur de kan mätas samt slutligen hur EcoEffect hanterar respektive problem. Detta kapitel kan i princip läsas självständigt också för att få en översikt över byggnadsrelaterade inomhusmiljöproblem.

I rapporten ingår också ett 10-tal bilagor som utgör grunden för datorprogrammets uppbyggnad vid värdering av befintliga eller planerade byggnaders inomhusmiljöer i program- respektive projekteringskedje (bilaga 1-6, 9-10) samt EcoEffects brukarenkäter för bostäder respektive kontor som används för datainsamling vid värdering av befintliga byggnader (bilaga 7-8).

Metodiken för inomhusmiljö har genomgått granskning dels via Marie Hults disputation 2002, dels genom presentation och utveckling av metodiken genom projektseminarier och externa konferenser. Olika delar av denna rapport har expertgranskats. För delarna om ljus och elbelysning bör nämnas Hans-Allan Löfberg och Mauritz Glaumann vid Höskolan i Gävle.

---

<sup>1</sup> Glaumann och Malmqvist. (2004).

<sup>2</sup> Hult. (2002:1).

EcoEffect-projektet har bedrivits vid Högskolan i Gävle, institutionen för Byggd Miljö och Kungliga Tekniska högskolan i Stockholm, institutionen för Infrastruktur under 2001-2004. Projektgruppen har bestått av Mauritz Glaumann (HiG/KTH), Marie Hult (White Arkitekter), Tove Malmqvist (KTH), Beatrice Kindembe (KTH), Getachew Assefa (KTH) och Ulla Myhr (SLU, Inst. för Landskapsplanering). Under 2001 deltog också Therese Malm (KTH). Fredrik Tillström (HiG) har arbetat med programmering av datorprogrammet.

Externa finansiärer till projektet har varit:

Formas	Stockholms stad	Diligentia AB
IB/BFR	Sollentuna kommun	NCC
SBUF	HSB	JM
White Arkitekter (stiftelse)	Svenska Bostäder	Skanska
Fastighetsägareförbundet	Örebrobostäder	FFNS/SWECO
Hyresgästernas Riksförbund	Fastighetsverket	BLP arkitekter
SABO	Vasakronan	Scandiaconsult
Sv. Fjärrvärmeföreningen	Fastighets AB Tornet	
Miljöstatus för byggnader	ACC Inomhusklimat	

Till projektet har funnits en styrgrupp bestående av följande personer:

Bengt Nyman	Ordförande
Henrik Berg von Linde	FFNS/Sweco, Sekr.
Conny Rollén	Formas
Jan Byfors	NCC
Erica Gyllered	Fastighetsverket
Klas Partheen	Saint-Gobain Isover AB
Hans Wallström	Skanska
Jerker Larsson	BLP arkitekter
Jan Thelander	Diligentia AB
Göran Svensson	Miljökompetens
Göran Finnveden	FMS; KTH
Klaus Hansen	By og Byg, Danmark
Mauritz Glaumann	EcoEffect, HiG

Arbetet har bedrivits som forskningsarbeten vid institutionerna samt genom arbetsmöten med styrgruppen och referensgrupper, seminarier, utförande av enkäter, tester av datorprogrammets användarvänlighet, tester av metodiken på ett 15-tal fastigheter, m.m. Delar av resultaten har presenterats vid ett antal internationella konferenser inom området.

# Sammanfattning

Denna rapport beskriver värdering av byggnaders inomhusmiljöer enligt EcoEffect-metoden. Innemiljövärderingen ingår som en del i EcoEffect-metoden som syftar till att utgöra en förhållandevis heltäckande metodik för värdering av fastigheters miljöpåverkan. De övriga värderingsområdena inom EcoEffect-metoden är energianvändning, materialanvändning, utemiljö och livscykelkostnader. Energi- och materialanvändning ger upphov till det vi kallar extern miljöpåverkan medan fastigheters inne- respektive utemiljöer kan ge upphov i intern miljöpåverkan. Med andra ord, påverkan på de människor som vistas på den fastighet som värderas. För att kunna genomföra värdering av sådan intern miljöpåverkan på fastigheten utnyttjas i EcoEffect-metodiken en kriteriebase-rad metod. Metoden är uppbyggd på likartat sätt för värdering av inne- respektive utemiljöer. Denna rapport beskriver dock enbart EcoEffects värderingsmetodik för byggnaders inomhusmiljöer vilken till stor del bygger på Marie Hults doktorsavhandling.

En grundpelare i EcoEffect-metoden har varit att redovisa de miljöproblem som byggnader kan ge upphov till. Under projektets gång har fokus förskjutits till att redovisa dessa problem som problem för människor, det som i metodiken kallas för *slutproblem*. Vid värdering av inomhusmiljöer utgörs dessa slutproblem av *innemiljöproblem* vilka alltså utgörs av byggnadsrelaterade problem för människor som kan orsakas av fysiska förhållanden i inomhusmiljön. Innemiljöproblem kan vara *komfortproblem*, dvs. problemet upphör då exponering för bidragande fysiska förhållanden upphör, eller *hälsoproblem* som är av mer bestående karaktär.

EcoEffect-metodiken behandlar för närvarande följande övergripande inomhusmiljöproblem: komfortproblem relaterade till dålig sensorisk luftkvalitet, SBS-syndrom, allergi, lungcancer på grund av radon, legionärssjuka/luftfuktarfeber, termiska komfortproblem, förvärrade ledbesvär på grund av kyla/drag, komfortproblem relaterade till störande ljud, sömnsvårigheter/koncentrationssvårigheter på grund av buller, komfortproblem relaterade till solljus/dagsljus/elbelysning, ögon/synproblem på grund av dålig belysning, elkänslighet, barnleukemi samt problem med statisk elektricitet.

De problem som behandlas i metodiken har valts utifrån dagens kunskap om vilka byggnadsrelaterade problem i inomhusmiljöer som bedöms vara de mest allvarliga och de mest förekommande.

Dyliga problem i inomhusmiljön uppkommer till följd av onormala fysiska förhållanden i byggnader, *innemiljöpåverkan*. De enskilda förhållanden inomhus som påverkar människor kallas i metodiken för *innemiljöfaktorer*. De övergripande inomhusmiljöfaktorer som behandlas i värderingsmetodiken är: luftkvalitet, termiskt klimat, ljudförhållanden, ljusförhållanden och utemiljö. Dessa kan sedan delas upp i mer specifika och detaljerade faktorer som kan ge upphov till inomhusmiljöproblem.

Vid redovisning av en värdering av en byggnads inomhusmiljö med hjälp av EcoEffect-metodiken erhålls ett omdöme på den mest aggregerade nivån i tre dia-

gram; Hus och hälsa (hälsoproblem), inomhusfaktorer och övergripande komfortproblem. Diagrammet för hälsoproblem tar av olika skäl dock enbart upp ett begränsat antal hälsoproblem (SBS, allergi, ledbesvär och sömnsvårigheter). Övriga inomhusproblem redovisas indirekt via diagrammet för inomhusfaktorer. I EcoEffects datorprogram finns en transparens på så sätt att man sedan kan stega sig nedåt från staplarna i dessa diagram för att se vad som ligger bakom omdömet. Man kan där stega sig ned ända till de specifika indata som utgör grund för värderingen. Därigenom är det också enkelt att få förståelse för vilka faktorer och i vilken grad de bidrar till olika typer av inomhusproblem. Metodiken är kriteriebaserad vilket innebär att kvantitativa data samlas om en byggnad och räknas sedan om till ett sk. *belastningsvärde* utifrån en given skala. Belastningsvärdena representerar fyra kvalitetsnivåer; 0, 1, 2 eller 3. En 2:a motsvarar vad som är "normalt", exempelvis utifrån rådande normer och gränsvärden. Belastningsvärde 3 motsvarar "sämre än normalt", 1 "bättre än normalt" och 0 "mycket bättre än normalt".

Olika givna indata är hierarkiskt grupperade i metodiken i sk. trädstrukturer, dvs. många indata räknas samman på olika nivåer för att slutligen ge ett aggregerat belastningsvärde mellan 0-3 för exempelvis ljudförhållanden i diagrammet för inomhusfaktorer. Detta innebär att belastningsvärden från flera olika indata måste viktas ihop. De vikter som utnyttjas i detta förfarande i datorprogrammet har satts genom professionell bedömning av Marie Hult och bygger på hur vanliga olika problem är och, i den mån kunskap om orsakssamband finns, på den betydelse olika detaljerade faktorer har för ett visst problem. Under projektets gång har emellertid också en alternativ metod tagits fram för att sätta vikter som bygger på hur problemet upplevs och hur allvarligt det är för människan.

EcoEffects inomhusvärdering kan göras av *befintliga byggnader* samt av *planerade om- eller nybyggnader i program- respektive projekteringsskede*. I synnerhet de olika komfortproblemen är i metodiken uppdelade på ett större antal mer detaljerade inomhusproblem. Exempel är avloppslukt, ljud från ventilationen och drag från fönster. Dessa detaljerade inomhusproblem har en central roll i metodikens struktur då de utgör en länk mellan inomhusfaktorer vid värdering i förvaltningsskede och de ställda mål och prestandakrav som utnyttjas som indata vid värdering i program- respektive projekteringsskedet. Det innebär att EcoEffect-metoden kan vara ett verktyg både för att formulera miljömål i programskedet, diskutera vilka prestandakrav som bör ställas för att uppnå målen i projekteringsskedet och för att slutligen utvärdera målen i den färdiga byggnaden. Den väsentliga skillnaden mellan värdering i olika skeden är att den bygger på olika indata.

I programskedet utgörs indata av mål eller krav som ställs genom mätbara parametrar för en mängd givna kriterier. Dessa kriterier finns samlade i en tabell (PM 1) som byggherren går igenom. Beroende på vilka värden på dessa parametrar man tror sig kunna ställa krav på erhåller varje kriterium ett belastningsvärde 0, 1, 2 eller 3 utifrån den skala som framgår av tabellen. Dessa belastningsvärden matas sedan in i EcoEffects datorprogram och profiler beräknas. Profilerna kan användas för att formulera målsättningar i den färdiga byggnaden och ger således feedback till byggherren med avseende på enskilda



kriterier som måste vara uppfyllda för att mer övergripande mål skall ha en möjlighet att uppnås.

I projekteringsskedet finns en motsvarande tabell (PM 2) som fylls i av projektören. I detta skede kan mer detaljerade krav börja ställas inför byggprocessen med avseende på byggvarors och byggdelars prestanda, på olika installationer, produktionsresultat och kvalitetskrav över lag. Indata i detta skede utgörs av kriterier i form av sådana prestandakrav som på samma sätt som i programskedet räknas om till belastningsvärden enligt den givna skalan som framgår av tabellen. Dessa värden matas sedan in i datorprogrammet och profiler beräknas. På samma sätt som tidigare kan projektören då få feedback på möjligheterna att uppnå ställda mål i programskedet utifrån de prestandakrav man ställt. Om målen inte verkar uppnås kan man lätt testa att ändra olika detaljerade krav och beräkna nya profiler.

Värdering av befintliga byggnader kan sedan göras för att utvärdera hur väl den färdiga byggnaden lever upp till de miljömål man ställt i program- och projekteringsskedet. Men värdering i förvaltningsskedet kan också göras för att ta fram en *innemiljödeklaration* för en befintlig byggnad. En sådan deklaration kan användas av förvaltaren för att arbeta med förbättringar av byggnadsbeståndet men också gentemot hyresgäster, myndigheter eller i köp/säljsituationer. De indata som krävs för en innemiljövärdering enligt EcoEffect av befintliga byggnader erhålls i synnerhet med hjälp av en särskild brukarenkät. I denna ombeds byggnadens brukare att svara på sin upplevelse av alla de potentiella detaljerade innemiljöproblem och innemiljöfaktorer som man kan uppleva med sina sinnen. En särskild enkät har utvecklats inom projektet för detta syfte vilken bygger på den sk. Stockholmsenkäten. Enkäten finns framtagen för bostäder, kontor och skolor. Då vissa innemiljöproblem inte går att uppleva med människans sinnen krävs också ett fåtal kompletterande mätningar; av radonhalt, varmvattentemperaturer och elektromagnetiska fält. Mätresultat och besvärsfrekvenser från enkäten matas direkt in i datorprogrammet som räknar om respektive indata till ett belastningsvärde 0, 1, 2 eller 3. Därefter beräknas profiler som kan användas som innemiljödeklarationer eller för att ställa miljömål i förvaltningsskedet.

I datorprogrammet går det också att få fram de visuella profilerna i ”siffror”. Dessa belastningsvärden kan utnyttjas som *innemiljöindikatorer* för olika syften.



# Summary

This report describes assessment of indoor environments according to the EcoEffect method. The assessment of indoor environments is one part of the EcoEffect method<sup>1</sup> which aims at providing a comprehensive methodology for assessment of environmental impact from buildings/real estates. Apart from assessment of the indoor environment of a building, the EcoEffect method includes assessment of energy use, material use, outdoor environment and life cycle costs. Energy and material use are causing so called external environmental impact. The indoor and outdoor environment of a building/real estate may instead result in *internal environmental impact*, i.e. impact on the people who uses the building at stake. For the assessment of internal environmental impact in the EcoEffect method, a criteria based method is used. The structure of the method for assessment of indoor respectively outdoor environments is very similar. However, this report describes only the assessment of indoor environments according to the EcoEffect method and builds to a great extent on the doctoral thesis of Marie Hult<sup>2</sup>.

A pillar stone in the EcoEffect method has been to present the environmental problems that buildings may result in. During the project the ambition has become to describe these problems as problems for man, so called *end-point problems* in the methodology. In the assessment of indoor environments these end-point problems are called *indoor environment problems*, that is; building related problems for people that may be caused by physical conditions of the indoor environment. Indoor environment problems may be *comfort problems*, i.e. the problem will cease when the exposure for the contributing physical conditions end, or *health problems* which are of a more permanent character.

The EcoEffect method is at present considering the following indoor environment problems; comfort problems related to bad sensory air quality, “Sick Building Syndrome” (SBS), allergy, lung cancer due to radon gas, infection due to *Legionella pneumophila*, comfort problems related to the thermal climate, intensified joint annoyance, comfort problems related to noise, sleeping/concentration problems due to noise, comfort problems related to sunlight/daylight/lighting, sensitivity for electricity, leukaemia and problems related to static electricity.

The problems included in the method has been chosen according to today’s knowledge about what building related problems in indoor environments are the most serious and the most common.

---

<sup>1</sup> Glaumann, M, Malmqvist, T. (2004). *Environmental Assessment of Buildings, the EcoEffect method – background and summarising description*. Gävle: The University of Gävle and The Royal Institute of Technology, Built environment analysis. (Includes an extensive summary in English).

<sup>2</sup> Hult, M. (2002). *Assessment and Assurance of Indoor Environment Qualities in Buildings – during Program, Design and Management phases*. Ph D dissertation. Gothenburg: Chalmers University of Technology, Dep. of Building Services Engineering. (Includes an extensive summary in English).

Indoor environment problems arise when the physical conditions in buildings deviate from what is normal. The specific indoor conditions that affect people is called *indoor environment factors* in the methodology. The comprehensive indoor environment factors considered in the assessment are: indoor air quality, thermal climate, sound conditions, light conditions and electric environment. These can be separated into more specific and detailed factors that may cause indoor environment problems.

Presentation of the assessment of the indoor environment of a building according to the EcoEffect method is on the most aggregated level shown in three diagrams; *health problems*, *indoor environment factors* and *overall judgement of comfort problems*. However, the health problems diagram does for certain reasons only include a limited number of health problems (SBS, allergy, joint annoyance and sleeping problems). The assessment of the rest of the indoor environment problems are presented indirectly in the indoor environment factors diagram. The computer software of EcoEffect is transparent in the sense that it is possible to step down in the hierarchy from the bars of the mentioned diagrams, all the way to the specific input data that founds the base for the assessment. Thus, it is easy to gain understanding about what factors and to what extent they contribute to various types of indoor environment problems. The method is criteria based, i.e. quantitative data about a building is gathered and translated into a *load value* according to a given scale. The load values are representing four quality levels; 0, 1, 2 and 3. The 2 corresponds to what is “normal”, for instance based on prevalent norms and limit values. A load value of 3 corresponds to “worse than normal”, 1 to “better than normal” and 0 to “much better than normal”.

Various given input data are hierarchically structured in the methodology in “trees”, that is; a great number of input data are collectively calculated in different hierarchical levels that finally ends up with an aggregated load value between 0-3 for one of the bars in the diagram, for instance sound conditions in the diagram for indoor environment factors. This implies that load values from a number of different input data must be weighted together. Marie Hult has professionally established the weights used in the computer software at present. The weights are founded on how common different problems are and, if knowledge about causal relations exist, what significance various detailed factors have for a certain problem. During the project an alternate method has also been developed in order to generate such weights that should be based entirely on how the problem is experienced by people.

The indoor assessment in EcoEffect can be carried out for *existing buildings* and for *planned buildings in the program and design phase*. In particular the comfort problems can in the methodology be divided on a numerous more detailed indoor environment problems. For example; smell from sewage, noise from ventilation or draught from windows. These detailed problems have a central role in the methodology since they provide a linkage between indoor environment factors of the assessment in the management phase with formulated targets and performance criteria used as input data when carrying out an assessment in the program or design phase respectively. The EcoEffect method may thus be used as a tool for both finding and formulating targets in the program phase, for discussing relevant performance criteria in the design phase

and to evaluate the stated targets in the finished building. The only difference between assessment in these three phases is the input data used for the assessment.

In the program phase the input data is targets stated by using measurable parameters for a number of given criteria. These criteria are gathered in a table (PM 1) that the builder scrutinises. Depending on what values of these parameters the builder prefers as targets, each criteria receives a load value of 0, 1, 2 or 3 according to the scale given in the table. These load values may then be imported in the EcoEffect software resulting in calculated profiles. The profiles may be used in order to formulate targets for the finished building project. Since they provide feedback on what specific criteria need to be fulfilled in order to achieve certain targets levels the builder can elaborate on the specific criteria in order to find the right levels.

In the design phase the corresponding table (PM 2) is used and filled in by the designer and contractors. At this stage of the building process it is possible to state more detailed criteria, namely on the performance of various building materials and components, on installations, production results and overall quality criteria on the building process. Input data for assessment in this phase thus consists of such performance criteria that are translated into load values according to a given scale in the table PM 2. These load values are then exported to the computer software and profiles can be calculated. The profiles provide the designer and constructors with feedback on the possibilities to reach stated target levels in the program phase if stating the performance criteria used as input data in the assessment. If the targets levels are not reached other levels of the performance criteria may be tested and elaborated on.

The assessment of existing buildings may then be carried out in order to evaluate if stated target levels are reached in the finished building. However, assessment in the management phase of buildings may also be pursued in order to deliver a *declaration of the indoor environment* of an existing building. Such a declaration may be used by the real estate manager to work with improvements of the building stand but also in communication with tenants, authorities or potential buyers of the buildings. The input data needed for an assessment of an existing building is in particular collected by using a customised user questionnaire. In the questionnaire the users are demanded to express their experiences of potential detailed indoor environment problems and factors that can be perceived by the human senses. The questionnaire has been developed for housing, working places and schools. Since there are a few indoor environment problems that cannot be perceived by the human senses a few measurements are also needed; measurement of radon gas levels, hot water temperatures and electric and magnetic fields. Measurement values and frequencies from the questionnaire are then fed into the computer software, which translates the data to load values. The profiles are calculated which can be used as indoor environment declarations or for formulating indoor environment targets in the management phase.

The computer software can also provide the visual profiles in numbers. Such numbers may be used as indoor environment indicators for different purposes.

# 1 Inledning

Det är idag ett välkänt och erkänt faktum att inomhusmiljön, även i icke industriella byggnader, kan orsaka inte bara komfortproblem utan också hälsoproblem av olika slag - man "kan bli sjuk av inomhusmiljön". Samtidigt ökar allergifrekvensen, främst bland barn och ungdomar, och dåliga inomhusmiljöer anses höra till en av flera riskfaktorer i denna utveckling<sup>1</sup>.

1991-1992 genomfördes den s k ELIB - undersökningen<sup>2</sup>, som var en landsomfattande undersökning av inomhusmiljön i svenska bostäder. Nästan 20.000 svenskar, som bodde i drygt 3.300 småhus och flerbostadshus besvarade frågor om hur de upplevde inomhusmiljön och om de besvarades av den. Tekniska data samlades in för drygt 1.100 av dessa hus genom besiktningar och mätning av ventilation, innetemperatur, fukt, luftens föroreningsnivå och radon. Av undersökningen framgick bland annat att:

- Mellan 600.000 och 900.000 människor utsätts för en inomhusmiljö som kan påverka hälsan och välbefinnandet.
- De vanligaste bristerna i inomhusmiljön gäller enligt enkätsvaren "torr luft", "damm och smuts", "drag", "instängd luft" och "buller".
- Radonhalten är högre än gränsvärdet 400 Bq/m<sup>3</sup> för befintlig bebyggelse i 70.000 – 120.000 småhus och i 20.000-80.000 lägenheter i flerbostadshus.
- Ventilationen är låg och ligger under ventilationsnormen (0,35 l/s, kvm) i fyra av fem småhus och i ungefär hälften av lägenheterna i flerbostadshusen.
- Allergiker och boende i nya och stora flerbostadshus besväras mest av inneklimatet.
- Kvinnor besväras mer än män och människor i åldrarna 18-54 år besväras mer än äldre.

I propositionen *Handlingsplan mot buller*<sup>3</sup> konstaterades att 2 miljoner människor i Sverige exponeras för bullernivåer i sina bostäder som överskrider det normvärde som gällt sedan 30 år tillbaka.

De byggnader i vilka brukarna har de högsta besvärsfrekvenserna för hälsosymptom typ SBS<sup>4</sup> återfinns bland dem som byggts under de senaste tre decennierna. Ett flertal stora enkätundersökningar har entydigt kommit fram till detta resultat<sup>5</sup>. Samtidigt visar Stockholmsundersökningen<sup>6</sup> att det finns en stor spridning när det gäller hälsomässigt bra respektive dåliga hus inom alla bygg-

---

<sup>1</sup> SOU. (1989:76-78). SOU (1996:124).

<sup>2</sup> Norlén och Andersson. (1993).

<sup>3</sup> Regeringsproposition 1993/94:215

<sup>4</sup> Sick Building Syndrome

<sup>5</sup> Skov och Valbjørn. (1987). Andersson et al. (1991). Engvall och Norrby. (1992). Stenberg et al. (1991).

<sup>6</sup> Fyrhake et al. (1998).

nadsperioder. Detta är hoppfullt för möjligheten att styra byggprocessen så att nya byggnader får en bättre innemiljö.

## Regleringar på innemiljöområdet

Hälsoskyddslagen och en rad andra lagar ersattes 1999 av Miljöbalken. I Miljöbalken definieras begreppet olägenhet för människors hälsa som en ”störning som enligt medicinsk eller hygienisk bedömning kan påverka hälsan menligt och som inte är ringa eller helt tillfällig<sup>1</sup>”. Hänsyn ska också tas till känsliga grupper som allergiker och barn. Begreppet olägenhet innefattar även störningar som inte kan visas vara direkt hälsoskadliga men ändå påverkar människors välbefinnande t ex kyla, drag, lukt och buller. Om det finns risk för olägenhet för människors hälsa ligger bevisbördan på ägaren eller nyttjaren av en lokal. Denne är skyldig att vidta de försiktighetsåtgärder som krävs för att förebygga eller undanröja olägenheten. Fukt, mögel, damm, buller, dålig luftkvalitet, allergiframkallande ämnen med mera får alltså inte ge upphov till skada på människors hälsa<sup>2</sup>.

Hälsomässiga innemiljöer finns också reglerat i Boverkets byggregler i vilka sägs att ”byggnader ska utformas så att luft-, ljus- och vattenkvalitet, fukt- och temperaturförhållanden samt hygienförhållanden blir tillfredsställande med hänsyn till allmänna hälsokrav”. I kapitlet finns både allmänna och detaljerade regler med koppling till inomhusklimatet<sup>3</sup>.

Arbetsmiljölagen gäller för alla anställda; numera också skolans elever. Enligt lagen är det arbetsgivaren som ansvarar för att personalen inte far illa av inomhusmiljön. När det gäller skolor och daghem är det därmed ytterst kommunen som är ansvarig. Medarbetarna är också skyldiga att medverka; lagen föreskriver att arbetsgivaren och de anställda ska samverka för att uppnå en god arbetsmiljö. Arbetsmiljölagen slår även fast att luftens kvalitet, ljud- och ljusförhållanden samt andra viktiga delar av inomhusmiljön måste vara ”tillfredsställande”.

Arbetsmiljöverket utfärdar med arbetsmiljölagen som stöd detaljerade föreskrifter och allmänna råd. I föreskrifterna om systematiskt arbetsmiljöarbete<sup>4</sup> preciseras de metoder som arbetsgivaren ska använda för att leva upp till sina skyldigheter enligt arbetsmiljölagen. Med systematiskt arbetsmiljöarbete menas i dessa föreskrifter ”arbetsgivarens arbete med att undersöka, genomföra och följa upp verksamheten på ett sådant sätt att ohälsa och olycksfall i arbetet förebyggs och en tillfredsställande arbetsmiljö uppnås”. I det systematiska arbetet ingår bland annat att fastställa en arbetsmiljöpolicy, undersöka risker, utarbeta handlingsplaner och att ha rutiner för uppföljning.

Föreskrifter om arbetsplatsens utformning<sup>5</sup> ersätter flera äldre föreskrifter och tar bland annat upp dagsljus och belysning, ventilation och buller.

---

<sup>1</sup> Miljöbalken, 9 kap, 3 §.

<sup>2</sup> SOSFS 1999:25, 1999:22, 1999:21.

<sup>3</sup> BBR kap 6 Hygien, hälsa och miljö.

<sup>4</sup> AFS 2001:1

<sup>5</sup> AFS 2000:42.

En EcoEffectvärdering av innemiljön innebär i första hand att byggnaden kontrolleras (befintliga byggnader) alternativt utvärderas med avseende på ställda kravnivåer (planerade byggnader) med hänsyn till brukarnas hälsa och välbefinnande, vilket i metodiken är kopplat till om den lever upp till gällande normer och lagar på innemiljöområdet. Men den innebär också att egenskaper i byggnaden som ger bättre respektive sämre komfort samt mindre respektive större risk för påverkan på människors hälsa än vid uppfyllda normkrav, värderas. Denna värdering görs efter ett kriteriebaserat system, med fyra olika kvalitetsnivåer för påverkan på människors hälsa och komfort inomhus i byggnader.



## 2 Begreppsanvändning

### 2.1 Innemiljöproblem av olika slag

Begreppet innemiljö är en förkortning av det synonyma inomhusmiljö (eng. indoor environment). Här har det kortare ordet innemiljö valts. Ordet miljö definieras i Nationalencyklopedin som *omgivande förhållanden*. Innemiljö kan därmed sägas utgöra *omgivande förhållanden inomhus*. EcoEffect-metodiken syftar till att göra miljövärderingar av bebyggelse och eftersom metodiken är problembaserad är det, när det gäller innemiljö, de *problem* som kan orsakas av byggnaders innemiljöer och som är just byggnadsrelaterade, som står i fokus.

Ett grundläggande drag i EcoEffect-metodiken är att de byggnadsrelaterade problem man är intresserad av att mäta, skall vara nära kopplade till problem för människors hälsa. Vid extern miljöpåverkan utgörs dessa människor av människor på andra platser och också i hög grad i en framtid. Vid värdering av intern miljöpåverkan, i vilken innemiljövärderingen utgör en del i EcoEffect-metodiken, är det istället byggnadsrelaterade hälsoproblem för de människor som vistas i de byggnader som värderas, som står i centrum. Sådana problem kallas fortsättningsvis för *innemiljöproblem*. I EcoEffects värdering av extern miljöpåverkan kallas de problem som värderas i metodiken för *slutproblem*. I innemiljövärderingen utgörs slutproblem av just innemiljöproblem.

Hur kan då byggnadsrelaterade hälsoproblem, innemiljöproblem, definieras? Världshälsoorganisationen (WHO) definierar begreppet hälsa som: *tillstånd av fullständigt fysiskt, psykiskt och socialt välbefinnande och inte blott frånvaro av sjukdom och handikapp*<sup>1</sup>. Innemiljöproblem kan därmed ses som problem för människors hälsa som uppstår till följd av *fysiska förhållanden i innemiljön som avviker från "normalförhållanden"*. Det vill säga problem som i grunden orsakas av *fysiska faktorer* relaterat till byggnaden i fråga vilket innebär att problem som orsakas av andra förhållanden i innemiljön, såsom psykosociala förhållanden, ligger utanför definitionen av innemiljöproblem. Sådana problem i innemiljön som kan orsakas av fysiska förhållanden men som kan uppfattas olika av olika individer ligger också utanför definitionen av innemiljöproblem. Det gäller i första hand estetiska förhållanden i innemiljön.

När man talar i termer av hälsoproblem förs tankarna lätt till sjukdomar. Innemiljöproblem yttrar sig emellertid ofta som påverkan på välbefinnandet. Ett ord som ofta förekommer inom innemiljöområdet är *komfort*, exempelvis termisk komfort. Enligt ordböckerna står komfort just för *välbefinnande*<sup>2</sup> eller mer preciserat *fysiskt välbefinnande*<sup>3</sup>. *Komfortproblem* skulle då kunna ses som en form av hälsoproblem som inte omfattar sjukdom eller handikapp, enligt

---

<sup>1</sup> WHO.

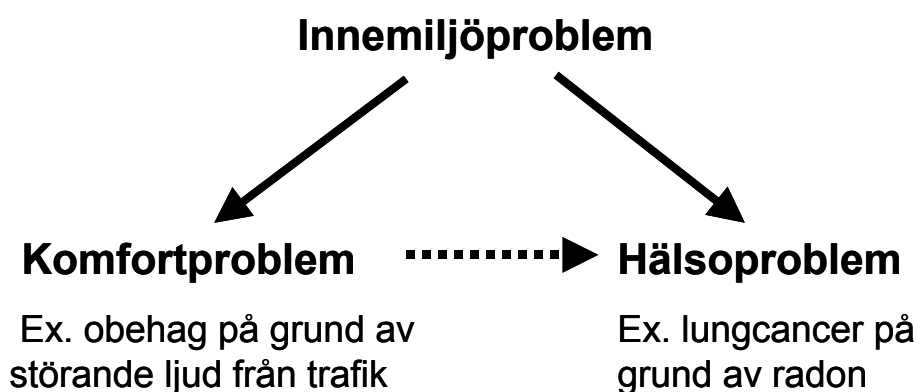
<sup>2</sup> Collins dictionary.

<sup>3</sup> Oxford dictionary.



WHO:s hälsodefinition ovan. Ett annat sätt att se på komfortproblem är att se det som problem som upphör i samma stund som exponeringen för bidragande fysiska förhållanden i innemiljön upphör, till skillnad från problem som kvarstår efter att exponeringen har upphört. Miljöbalken definierar begreppet *olägenhet för människors hälsa* enligt följande: ”*störning som enligt medicinsk eller hygienisk bedömning kan påverka hälsan menligt och som inte är ringa eller helt tillfällig*<sup>1</sup>. Med olägenhet för människors hälsa menas följaktligen ett hälsoproblem av mer bestående karaktär.

I EcoEffect väljer vi att tala om innemiljöproblem som problem för människors hälsa orsakade av fysiska förhållanden i innemiljön. Dessa kan enligt ovanstående resonemang delas in i komfortproblem respektive olägenhet för människors hälsa. Vi kommer emellertid i fortsättningen att istället använda oss av begreppet *hälsoproblem* som synonymt med *olägenhet för människors hälsa* enligt Miljöbalkens definition, se exempel i Figur 1. Det kan invändas mot att hälsoproblem enligt WHO:s definition av hälsa även skulle inbegripa komfortproblem. Den åtskillnad som vi gör är emellertid att hälsoproblem kvarstår efter att exponeringen har upphört till skillnad från komfortproblemen.



Figur 1. EcoEffect-metodiken behandlar två typer av innemiljöproblem.

Komfortproblem utgörs alltså av *obehag* som orsakas av olika påverkan i ett rum, såsom drag från fönster, matoslukter, ljud från ventilationen eller bländande belysning. Obehag definieras i Nationalencyklopedin som (*känsla av irritation, olust eller missnöje vid kontakt med något fysiskt eller psykiskt*). Karakteristiskt för komfortproblem är således också att de förhållanden i innemiljön som ger upphov till obehagen alltid går att *uppleva/förnimma med hjälp av våra sinnen*. Det kan handla om olika lukter, om för torr luft eller om kyla eller värme. Det som först bara utgör ett obehag, såsom störande trafikljud, kan så småningom utvecklas till ett mer bestående hälsoproblem, såsom sömnsvårigheter på grund av buller<sup>2</sup> som i sin tur kan utvecklas till bestående högt blodtryck, allt orsakat av trafikljuden. Detta indikeras ovan i Figur 1 av den streckade pilen.

<sup>1</sup> Miljöbalken. 9 kap, 3 §.

<sup>2</sup> Sömnsvårigheter på grund av buller definieras enligt Socialstyrelsen som olägenhet för människors hälsa och behandlas därmed i EcoEffect som ett hälsoproblem.

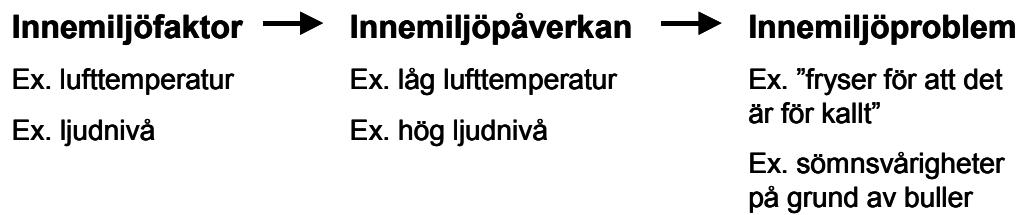
I fallet med sömnsvårigheter på grund av buller är buller ett förhållande som kan upplevas/förnimmas med våra sinnen. Men det finns också påverkan som *inte går att uppleva/förnimma* men som ändå kan orsaka hälsoproblem. Ett sådant exempel är påverkan i form av radon i rumsluften som kan leda till lungcancer eller påverkan i form av legionellatillväxt i vattensystemet som kan leda till legionärssjuka.

## 2.2 Innemiljöfaktorer och innemiljö-påverkan i förhållande till slutproblem

Förekomst eller avsaknad av innemiljöproblem, såväl komfort- som hälsoproblem, beror alltså på rådande fysiska förhållanden i innemiljön, dvs. miljöfaktorer. Miljöfaktorer definieras i Nationalencyklopedin som de förhållanden i en miljö som påverkar de organismer som lever där. Abiotiska miljöfaktorer rör den fysiska och kemiska miljön, t ex ljus, temperatur, fuktighet, surhet, etc. Biotiska miljöfaktorer omfattar förhållanden som orsakas av andra organismer. Översatt till innemiljön kan vi därmed tala om *innemiljöfaktorer* som de förhållanden i innemiljön som påverkar de människor som vistas där, med det viktiga undantaget att påverkan från andra människor, i form av psykosociala förhållanden, inte inkluderas.

Innemiljöfaktorer eller förhållanden i innemiljön, är ett neutralt begrepp så till vida att luften inomhus både kan vara bra eller dålig eller värmen kan både vara hög eller låg. Det är först när innemiljöfaktorerna avviker från det normala som de kan förorsaka innemiljöproblem.

Som tidigare nämnts motsvarar begreppet innemiljöproblem det som vid Eco-Effects värdering av extern miljöpåverkan kallas för slutproblem. Med slutproblem avses ett problem för människor som förorsakas av en miljöpåverkan. Översatt till innemiljöproblem ses miljöpåverkan som en eller flera innemiljöfaktorer som antar sådana värden som har en negativ påverkan på människorna som vistas i byggnaden. Ett exempel på en innemiljöfaktor är ljudnivån. En alltför hög ljudnivå ger då *innemiljöpåverkan*. Ett av tänkbara slutproblem som denna påverkan kan resultera i är sömnsvårigheter på grund av buller, se Figur 2.



Figur 2. Från innemiljöfaktor till innemiljöproblem (slutproblem).

Vad som är ett slutproblem är emellertid inte alltid givet. Som tidigare har nämnts kan sömnsvårigheter på grund av buller ge upphov till förhöjt blodtryck, eller det kan ge en försämrad arbetsförmåga vilket på sikt skulle kunna resultera i sjukskrivning och rentav depression. I EcoEffect är grundtanken att det är något av dessa problem för människan (slutproblem) som skall värderas. I EcoEffects innemiljövärdering är det först och främst de vanligast förekommande och mest allvarliga byggnadsrelaterade hälso- och komfortproblemen som värderas. I vissa fall är dessa kanske inte att betrakta som slutproblem eftersom problemet i fråga också måste vara mätbart i någon form.

De innemiljöfaktorer som ger upphov till innemiljöpåverkan vilken i sin tur resulterar i innemiljöproblem kan sammanfattas i följande rubriker; *luftkvalitet, termiskt klimat, ljudförhållanden, ljusförhållanden, elmiljö och dricksvattenkvalitet*. Komfortproblem orsakas av innemiljöfaktorer som människan kan förnimma med sina sinnen. Sinnesorgan är de organ som informerar människor och djur om förändringar i den inre eller yttre miljön. Sinnesceller (receptorceller, receptorer) eller fria nervändar i sinnesorganen är specialiserade för att i första hand reagera på en viss typ av kemisk eller fysikalisk retning, den s k. adekvata retningen. Retningen ger upphov till nervimpulser, som via sinnesnervener leds till hjärnan. Ett flertal kategorier av sinnesceller förekommer: *fotoreceptorer*, speciellt ljuskänsliga celler, t ex i ögonens stavar och tappar, *kemoreceptorer* i smak och luktorgan, *mekanoreceptorer* i balans- och hörselorgan (registrerar lägesändringar respektive tryckvågor) och i hud (registrerar beröring, tryck och vibrationer), *elektroreceptorer* känner av små ändringar i den elektriska potentialen; *termoreceptorer* uppfattar temperaturförändringar. Människan kan således med sina sinnen registrera om det är för varmt, för kallt eller lagom temperatur för att hon ska känna termiskt välbefinnande, om ljudnivån är störande (buller) eller om ljudförhållandena är acceptabla.

Innemiljöfaktorerna har en central roll i EcoEffects värderingsmetodik, då det gäller att strukturera problem och delproblem på ett sätt som kan ge en erfarenhetsåterföring mellan byggnadens olika skeden samt mellan orsak och verkan med avseende på innemiljöproblem.

## 2.3 Innemiljöparametrar och in- nemiljöprestanda

För att kunna värdera innemiljöpåverkan krävs att hitta mätbara parametrar som ger en tydlig beskrivning av rådande fysiska förhållanden. Inom fysiken används *fysikaliska parametrar* som t.ex. *temperatur, tryck och fuktighet, som bestämmer egenskaperna hos ett fysikaliskt system*. I EcoEffect används begreppet *miljöparameter* som *ett fysiskt förhållande hos omgivningen som kan mätas eller observeras*. Miljöparametrar som utnyttjas för innemiljövärderingen kallas följaktligen *innemiljöparametrar*. Begreppet innemiljöparameter används därmed på en innemiljöfaktor på en detaljeringsnivå som är mätbar som en fysikalisk storhet. Vid målformulering vid ny- och ombyggnad föreslås vanligen mål i form av funktionskrav vilka antingen kan vara fysiska innemiljöparametrar eller mätbara/uppfoljningsbara på annat sätt. Eftersom innemiljöparametrarna just är mätbara är de enkla att följa upp i den färdiga byggnaden.

Vilka mätvärden olika innemiljöparametrar antar hos en viss byggnad beror på de egenskaper som finns hos byggvaror, byggdelar, installationer och produktionsresultat. Vid ny- och ombyggnad är det därmed viktigt för projektören att känna till hur egenskaper hos exempelvis olika kombinationer av byggdelar kan resultera i olika innemiljöpåverkan så att de val som görs resulterar i uppfyllda mål. För att underlätta denna procedur finns i EcoEffects metodik för innemiljövärdering en tabell (PM2, bilaga 6) som tar upp detaljerade *prestandakrav* för sådana byggdelar, etc för att möjliggöra måluppfyllnad. Prestanda kan likställas med *prestationsförmåga*. Karakteristiskt för prestanda eller prestationsförmåga är att det måste stå i relation till någon funktion som skall uppfyllas. I EcoEffect-metodiken står ovan beskrivna prestandakrav, härnäst kallat *innemiljöprestanda*, i relation till mål för innemiljöpåverkan. Tabell 1 nedan ger ett par exempel från värderingsmetodiken på de olika begrepp som har behandlats ovan.

Tabell 1. Förtydligande av viktiga begrepp i värderingsmetodiken för innemiljö – med exempel.

<b>INNEMILJÖPROBLEM</b>	<b>KOMFORTPROBLEM</b>	<b>HÄLSOPROBLEM</b>
	Störande ljud	Lungcancer
<b>INNEMILJÖFAKTORER</b>	Ljudförhållanden Ljudnivå	Luftkvalitet Joniserande strålning
<b>INNEMILJÖPÅVERKAN</b>	Hög ljudnivå	Joniserande strålning i skadliga nivåer
<b>INNEMILJÖPARAMETRAR</b>	Kvantifierad ljudnivå i Db	Kvantifierad nivå av joniserande strålning i Bq/m <sup>3</sup>
<b>INNEMILJÖPRESTANDA</b>	Tamburdörrars utformning med hänsyn till luftljuds- isolering. Konstruktion av bjälklag map. stegljudsisolering.	Markens genomsläpplighet av radon. Byggnadsmaterials innehåll av ämnen som kan ge radonemission. Grundkonstruktionens förmåga att förhindra radoninläpp från mark.

I tabellen har *komfortproblem* exemplifierats med *innemiljöproblemet* störande ljud medan *hälsoproblem* har exemplifierats med lungcancer på grund av radon. De *förhållanden* som hänger samman med respektive problem kan sammanfattas i ljudförhållanden respektive luftkvalitet och de mer detaljerade *innemiljöfaktorer* som i huvudsak bidrar till problemen är ljudnivå respektive joniserande strålning. Då dessa innemiljöfaktorer avviker från det normala erhålls *innemiljöpåverkan* i form av för hög ljudnivå respektive en för människan skadlig nivå av joniserande strålning i rumsluften. För att kunna mäta dessa innemiljöfaktorer utnyttjas *innemiljöparametrar*. Exempelvis kan ljudnivån mätas upp med mätinstrument, i enheten dB. Slutligen framgår några exempel på områden för vilka *innemiljöprestanda* som kan krävas på byggdelar, konstruktioner, etc med syftet att *minimera innemiljöpåverkan*.

I Tabell 2 sammanfattas definitionerna på viktiga begrepp som används i denna rapport och som har diskuterats i det här kapitlet.

Tabell 2. Definitioner av viktiga begrepp i innemiljörapporten.

Ord	Definition
Hälsa	Tillstånd av fullständigt fysiskt, psykiskt och socialt välbefinnande och inte blott frånvaro av sjukdom och handikapp.
Hälsoproblem	Synonymt med olägenhet för människors hälsa = en störning som enligt medicinsk eller hygienisk bedömning kan påverka hälsan menligt och som inte är ringa eller helt tillfällig. Orsakas av miljöfaktorer i inne- eller utemiljön på en fastighet. Skiljer sig från komfortproblem.
Innemiljö	Miljön inomhus i en byggnad
Innemiljöfaktor	Enskilda förhållanden inomhus som påverkar människor som vistas där. En innemiljöfaktor i en byggnad kan beskrivas genom värdena på en eller flera miljöparametrar. I EcoEffect är det innemiljöfaktorer som kan sammanfattas under rubrikerna luftkvalitet, termiskt klimat, ljudförhållanden, ljusförhållanden och elmiljö (påverkanskategorier) som värderas.
Innemiljöparameter	En egenskap hos innemiljön som kan mätas eller observeras, t ex. temperatur, luftfuktighet, strålning, buller, m.m. Genom miljöparametrarna mäts innemiljöproblemen (slutproblemen). Risken för att en miljöparameter skall vara besvärande i en byggnad beskrivs genom miljöbelastningsvärdet, som bestäms av dess storlek genom kriterier.
Innemiljöprestanda	Prestationsförmåga hos en byggdel, konstruktion, etc. i relation till uppställda mål i form av innemiljöparametrar.
Innemiljöproblem	Byggnadsrelaterade problem för människor i form av hälso- eller komfortproblem som orsakas av fysiska förhållanden i innemiljön.
Innemiljöpåverkan	En förändring hos någon innemiljöfaktor som då avviker från normalförhållanden och därmed resulterar i innemiljöproblem.
Komfortproblem	Av innemiljön orsakade problem vilka upphör då exponering för miljöfaktorn upphör. Skiljer sig från hälsoproblem där problemet/störningen kvarstår då exponeringen upphör.
Slutproblem	Ett problem för människor som förorsakas av en miljöpåverkan.

## 2.4 Specifika kommentarer på begreppsanvändningen i EcoEffect

I kapitlet har ett antal grundläggande begrepp i innemiljövärderingen definierats med hjälp av vedertagna begreppsdefinitioner. Några kommentarer som rör begreppsanvändningen i värderingsmetodiken mer specifikt, krävs emellertid.

I senare avsnitt kommer själva metodiken beskrivas närmare, men redan nu kan sägas att den är uppbyggd i hierarkiska strukturer, med överordnade respektive underordnade innemiljöproblem och -faktorer. Vi kommer därmed att tala om exempelvis *sammanfattande innemiljöfaktorer* och *sammanfattande innemiljöproblem* i de fall flera underordnade eller *detaljerade* innemiljöfaktorer respektive innemiljöproblem bidrar till samma överordnade problem/faktor. Orsaken till att sådana begrepp behövs är enbart för att kunna sortera och strukturera alla de problem, faktorer, parametrar och prestanda som ingår i värderingsmetodiken.

Generellt har ambitionen varit att ovanstående definitioner av begreppen skall gälla. Av olika skäl förekommer undantag för detaljer i metodiken. Exempelvis kan innemiljöprestanda vid värdering av innemiljön i projekteringsskedet för enstaka detaljerade problem eller faktorer, vara utformat som ett tillvägagångssätt istället för ett specifikt krav på en byggdel eller konstruktion. Orsaken är att en sådan detalj har bedömts som viktig att ha med i metodiken, men att det saknas ett lämpligt prestanda.

Det finns också ett fåtal faktorer, som i metodiken benämns som detaljerade innemiljöfaktorer, vilka begreppsmässigt strikt borde ses som innemiljöprestanda. Ett sådant exempel är *ljudisolering*. Eftersom såväl önskad luftljudsisolering som stegljudsisolering måste preciseras tidigt i ett projekt brukar krav ställas redan i programhandlingen. Kraven har därför tagits med bland innemiljöfaktorerna i tabell PM1 (bilaga 4) trots att de egentligen hör till prestanda för byggdelar som annars återfinns i tabell PM2 (bilaga 6).

För att åstadkomma en god luftkvalitet är metodiken uppbyggd kring tanken om att detta tillgodoses bättre om ett stort antal kända riskfaktorer minimeras. När det gäller detta område är emellertid orsakssambanden inte lika klara som på andra områden. Många faktorer som kan påverka luftkvaliteten saknar vi idag kunskap kring eller kunskap om hur de skall mätas.



## 3 Olika metoder för värdering och säkring av innemiljöer

Under det senaste decenniet har ett antal metoder att värdera och säkra kvaliteten hos innemiljöer växt fram, antingen som en del i bredare miljövärderings-system eller med system som bara behandlar värdering<sup>1</sup>, deklaration<sup>2</sup> och märkning<sup>3</sup> av innemiljö. För detta används ofta någon form av klassning i olika standardnivåer av funktionskrav, nyckeltal/indikatorer<sup>4</sup> eller nyckeltal som kan karaktärisera en bättre eller sämre innemiljö i olika avseenden.

Nedan ges exempel på olika system för värdering och säkring av innemiljöer, som utvecklats inom Norden under de senaste decennierna. Vissa av systemen tar upp delar som också utnyttjats vid utveckling av EcoEffects värderingsmetodik för byggnaders innemiljöer.

Systemen skiljer sig åt både när det gäller skede i bygg- och förvaltningsprocessen som de är ämnade att användas i, vilken typ av byggnader som de är avsedda för och hur stora delar av området innemiljö som de behandlar. De skiljer sig också åt ifråga om i vilken utsträckning kriterier och klassindelning baseras på vetenskapligt underlag och hur väl detta är dokumenterat. En mer utförlig beskrivning av dessa olika system finns i en institutionsrapport från Chalmers.<sup>5</sup>

### 3.1 Beskrivning av befintliga system

R1:an – Klassindelade inneklimatsystem – Riktlinjer och specifikationer<sup>6</sup>.

Ett tidigt exempel på klassindelade inneklimat är den sk R1:an, som är utgiven av VVS-tekniska Föreningen i samarbete med de nordiska motsvarigheterna. Denna publikation kom till genom ett nordsikt samarbete och gavs först ut i början av 1990-talet. År 2000 kom den i en uppdaterad version. Med inneklimat menas i R1:an luftkvalitet, termiskt klimat och ljudnivå från installationer.

R1:an är avsedd att användas av en byggherre för att beställa en viss kvalitet på inneklimatet. Den blir därmed också ett styrinstrument i projekteringskedet vid utformning av värme, ventilation och vid materialval.

---

<sup>1</sup> Hult. (2002:1).

<sup>2</sup> Boverket. (1998).

<sup>3</sup> Sveriges Provnings- och forskningsinstitut. (1996).

<sup>4</sup> Stockholms stads Miljöprogram 2002-2006. Fossdal et al. (2002).

<sup>5</sup> Hult. (2002:2).

<sup>6</sup> VVS-tekniska Föreningen. (2000).

Vid utarbetande av riktlinjerna försökte man knyta an till internationella standarder på området. Klassindelningen utgår från människors upplevelse av olika inneklimatefaktorer. Som mått på denna upplevelse används i fråga om termisk komfort det så kallade PPD-indexet<sup>1</sup> vilket anger den förväntade andelen otillfredsställda i en större grupp människor utsatta för en viss inneklimatekvalitet. R1:an föreslår tre klasser för termiskt klimat, TQ1, TQ2 och TQ3, där TQ1 ska motsvara PPD-index mindre än 10% (det vill säga färre än 10% missnöjda med det termiska klimatet), TQ2 som ska motsvara PPD 10% och TQ3 som ska motsvara PPD högst 20%. TQ3 motsvarar normkraven. Dessutom finns en klass, TQX, för egen specifikation.

För luftkvalitet finns två klasser; AQ1 och AQ2, där AQ2 ska motsvara norm, samt en klass AQX för egen specifikation. Kopplingen till påverkan på människor är här mindre tydlig, vilket speglar att den i verkligheten är mer komplex. Vid klassindelningen för varje luftkvalitetsparameter har dock någon eller några av följande kriterier använts: toxikologisk bedömning, besvärreaktioner, slemhinneirritation, missnöje med upplevd luftkvalitet, luktdetektion enligt första luftintryck (andel missnöjda).

För Ljudnivå (från installationer) föreslås två standardklasser, NQ1 och NQ2, där NQ2 ska motsvara norm, samt en NQX för egen specifikation. Här har ingen direkt koppling redovisats till påverkan på människan.

Det finns också en ambition att koppla inneklimateklasserna till klassningen av byggmaterialen med avseende på emissioner, genom krav på olika dimensionerande luftflöden vid val av olika materialklasser. Fuktfrågorna behandlas bara indirekt (genom vissa luftkvalitetskrav). I övrigt förutsätts att byggnaden är fuktdimensionerad, varför fuktsäkring inte behandlas.

Den finska klassindelningen av inneklimate, Classification of Indoor Climate, Construction, and Finishing Materials, FiSIAQ, juni 1995.<sup>2</sup>

Den finska klassindelningen av inneklimate har stora likheter med R1:an. Den behandlar främst termiskt klimat och luftkvalitet. Den har särskilda kriterier för byggherrar respektive projektörer och klassindelar även byggmaterial med avseende på emission. Den riktar sig till aktörer i program- och projekteringskedjan. Någon direkt ambition att koppla klimatklasserna till hälsa uttalas inte, men finns underförstått. Liksom i R1:an behandlas fuktfrågorna bara indirekt (genom vissa krav på luftkvalitet) och för fuktdimensionering hänvisas till andra handböcker.

Den finska klassindelningen har även med luftflöden för olika typer av lokaler. I R1:an krävs högre luftflöde ju sämre materialklass med avseende på emission som väljs. I det finska systemet är luftflödena inte direkt kopplade till vald klass för materialemission.

Ljudnivåerna är här, liksom i R1:an, mycket summariskt behandlade. Bland annat finns inga krav för lågfrekvent buller, dB(C), som ofta kan hänföras till ventilationssystem.

---

<sup>1</sup> PPD = Predicted Percentage Dissatisfied.

<sup>2</sup> FiSIAQ. (1995).

De svenska ljudstandarderna<sup>1</sup> SS 02 52 67 (för bostäder) och SS 02 52 68 (för lokalbyggnader).

Den svenska ljudstandarden för bostäder utkom 1996 och en motvarande standard för lokaler utkom 2001. Dessa standarder klassindelar de viktigaste parametrarna som bestämmer innemiljöfaktorn Ljudförhållanden i en byggnad. Detta är de första svenska standarderna på innemiljöområdet som är klassindelade. I inledningen till dessa sägs att BBR endast innehåller ett fåtal minimikrav på ljudnivå och ljudisolering i byggnader och att de krav som finns inte garanterar ostördhet. Vidare sägs: *"Standarden ska underlätta arbetet för projektörer av ljudklimat i byggnader samt uppmuntra byggherrar att öka den akustiska kvaliteten i byggnader så att inte endast minimikrav uppfylls. Den kan också användas för att klassindela byggnader till vägledning för konsumenter"*. Det vill säga, syftet med standarden är att den skall ge underlag för att specificera även nivåer som är bättre än Boverkets Byggregler.

De ljudparametrar som tas upp är luftljudsisolering, stegljudsisolering, ljudnivå inomhus från installationer, ljudnivå inomhus från trafik, ljudnivån på uteplats samt efterklangstid. Uppdelning finns för krav i de olika kvalitetsklasserna för olika typer av utrymmen och den håller en detaljeringsgrad som är praktisk för projektering.

Klassindelningen har fyra nivåer, A, B, C och D. C svarar mot praxis eller svensk norm och uppges svara mot ca 20% missnöjda brukare, A är mycket bättre än norm, B är bättre än norm och D är sämre än norm. D kan framför allt bli aktuell i samband med ombyggnad, där normer idag saknas och där det ibland kan vara svårt att nå upp till nybyggnadsstandard.

## P-märkning av innemiljö<sup>2</sup>

I slutet på 1980-talet började dåvarande Statens Provningsanstalt (numera Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut), SP, att arbeta fram ett system för innemiljömärkning, s k P-märkning, av byggnader. P-märket är SP:s eget certifieringsmärke och står för att produkten (t ex en byggnad) eller kvalitetssystemet uppfyller de krav som ställs i lagar, normer, allmänt vedertagna regler och i P-märkningssystemet.

Kriterierna (funktionskraven) är uppdelade på två huvudavdelningar, en som gäller nyproduktion och ombyggnad och en som gäller befintliga byggnader.

P-märkningen har fått med väsentliga bedömningsgrunder för att skilja på innemiljömässigt bra och dåliga hus. Stor vikt läggs vid de områden som har betydelse för att undvika sjuka hus, fuktproblematiken.

Klassindelningen gäller bara nivåerna godkänd för P-märkning respektive inte godkänd, det vill säga endast en standardklass preciseras. Någon direktkoppling till människans upplevelser av innemiljön finns inte uttalad, men man relaterar till normkraven. Många kriterier är normkrav, andra ligger högre än norm, vilket redovisas.

---

<sup>1</sup> SIS. (1998). SIS. (2000).

<sup>2</sup> Sveriges Provnings- och forskningsinstitut. (1996).

En allsidig granskning görs av innemiljöparametrar. Elmiljö och dricksvattenkvalitet berörs dock inte. I P-märkningssystemets struktur blandas innemiljöfaktorer, innemiljöparametrar och innemiljöprestanda, vilket ger en svåröverskådlig och mindre pedagogisk strukturering av kriterierna. Till skillnad från tidigare redovisade system behandlas här även innemiljöfaktorn ljusförhållanden relativt allsidigt.

### Arkitekt- och Ingenjörsföretagens (AI:s) riktlinjer för miljöanpassad projektering – sunda inne- och utemiljöer<sup>1</sup>

Dessa råd togs fram av Arkitekt- och Ingenjörsföretagen i samarbete med Byggsektorns Kretsloppsråd. Råden vänder sig till arkitekter och teknik konsulter - och till beställarledet. Syftet är att underlätta säkring av att byggnader får en bra innemiljö som inte orsakar hälsoproblem för brukarna. Råden ger vägledning för styrning i tidiga skeden och fokuserar på de miljöförhållanden som är förknippade med en god innemiljö samt utemiljö på tomten.

När det gäller innemiljöråden innebär det att ett antal *innemiljöfaktorer* (luftkvalitet, termiskt klimat, ljud-, ljusförhållanden, elmiljö och tappvattenkvalitet) fokuseras i planeringen. För var och en av dessa innemiljöfaktorer kan mål/egenskapskrav formuleras i form av ett antal innemiljöparametrar. Exempelvis kan ljudförhållandena i byggnaden beskrivas eller specificeras genom att sätta värden på innemiljöparametrarna luftljudsisolering, stegljudsisolering, ljudnivå, efterklangstid mm, vilka alla är mät- och kontrollerbara i den färdiga byggnaden. I skriften ges inga förslag på sådana mål, utan tar mer generellt upp hur man upprättar miljöprogram och miljöplaner med inriktning på innemiljö. För olika fackmän inom projekteringen, arkitekter, konstruktörer, VVS-projektörer, El-projektörer med fler finns checklistor med innemiljöaspekter (innemiljöprestanda enligt EcoEffect terminologi).

### Indeklimaproblem – Undersøgelser og afhjælpning, SBI-rapport 246, Danska Statens Byggeforskningsinstitut 1995<sup>2</sup>

Denna danska rapport vill förmedla erfarenheter och ge en vetenskaplig kunskapsöversikt om orsaker till Sick Building Syndrome (SBS) samt ge vägledning för att lösa SBS-problem. Publikationen är utarbetad med underlag av ett nordiskt arbete i den Nordiska Ventilationsgruppen<sup>3</sup>.

Den danska rapporten behandlar inneklimateproblem i befintliga byggnader och förebyggande åtgärder som bör vidtas vid ny- och ombyggnad och riktar sig i första hand till de personer som ska planera byggnader och utföra undersökningar och åtgärder i så kallade sjuka hus.

Det som är speciellt intressant att uppmärksamma i detta sammanhang är två tabellsammanställningar, en med rubriken "*Påverkande* faktorer i inneklimatet, som direkt kan förväntas vara orsak till besvär, sjukdom eller symptom" och en med rubriken "*Indikatorer* på påverkan som kan förväntas vara orsak till besvär, sjukdom eller symptom".

<sup>1</sup> AI-företagen och Byggsektorns Kretsloppsråd. (2000).

<sup>2</sup> Statens Byggeforskningsinstitut. (1995).

<sup>3</sup> Nordiska ventilationsgruppen. (1985).

Dessa tabeller innehåller en klassindelning av en rad "faktorer", det som här benämns innemiljöparametrar. Samma tabeller finns också återgivna i den danska Indeklimahåndbogen<sup>1</sup>.

SBI:s rapport behandlar mest utförligt delparametrar som påverkar luftkvalitet, men berör också vissa parametrar för termsikt klimat, ljud- och ljusförhållanden. I klassindelningen finns en ambition att relatera varje parameter till människors upplevelser och till hälsopåverkan (låg, medel, hög). Den har däremot ingen uttalad ambition att åstadkomma en bedömning som gäller en hel innemiljöfaktor, utan håller sig på innemiljöparameternivå.

Miljömanualen, Version 3.0, April 2000<sup>2</sup>

Miljömanualen är framtagen på initiativ av Örebro kommun och konsultföretaget J&W (nuvarande WSP). Kring Miljömanualen finns en förening av intressenter, Miljöstiftelsen för Byggsektorn, bestående av Örebro Kommun, J&W, Peab, Länsförsäkringar, Vasakronan, Statens Fastighetsverk och Det Naturliga Steget. Miljömanualen är ett datorbaserat planeringshjälpmedel för att få en miljöanpassning vid ny- och ombyggnad. Den är huvudsakligen tänkt som hjälpmedel i program- och projekteringsskedet, men innehåller också en del kriterier som gäller byggskedet och driftsskedet. Miljömanualen omfattar områdena innemiljö, utemiljö, energi och naturresurser. Här berörs bara de delar som gäller innemiljön.

Miljömanualen tar upp såväl luftkvalitet som termiskt klimat, ljudförhållanden, ljusförhållanden (under rubriken Inre formgivning) och elmiljö (som prestandakrav på elutrustning) och preciserar kriterier i två standardklasser, en som svarar mot norm och en som är bättre än norm. Många kommuner och andra byggherrar använder denna genom att hänvisa till "Bra miljöval".

Miljömanualen är i stor utsträckning koncentrerad på prestandakrav för byggdelar. Det är också byggdelar som är utgångspunkten för struktureringen. Metodiken ger – kanske just därigenom – svårigheter att skilja ut egenskapskrav hos byggnaden som system (innemiljöparametrar) och egenskaper hos byggdelar (innemiljöprestanda). På prestandaområdet innehåller den dock många kriterier som är väsentliga för att skapa sunda hus, bland annat för att fuktsäkra byggnaden.

Miljöstatus för byggnader, version oktober 1999<sup>3</sup>

Under 1990-talet tog projekteringsföretaget J&W och en grupp fastighetsförvaltande företag fram "Miljöstatus för byggnader – Miljöinventering & Bedömning" (Miljöstatusföreningen, 1999). En intressentgrupp, Miljöstatusföreningen, som består av ett 20-tal fastighetsförvaltande och projekterande företag, svarar för uppdatering. Det är ett datorbaserat verktyg för miljöinventering och miljöbedömning av en befintlig fastighet. Inventeringar utförs främst av

---

<sup>1</sup> Statens Byggeforskningsinstitut. (2000).

<sup>2</sup> Miljöstiftelsen för Byggsektorn. (2000).

<sup>3</sup> Miljöstatusföreningen. (1999).

J&W som konsultuppdrag, men även av andra konsulter eller förvaltningspersonal som är utbildade på metoden. Ett stort antal svenska byggnader har miljöinventerats med denna metod. De huvudområden som inventeras och värderas är: Innemiljö, Utemiljö, Energi och Naturresurser. Här kommer bara innemiljödelen att beröras.

Miljöstatus är avsedd för inventering av en befintlig byggnad, bland annat dess innemiljö. Den omfattar innemiljöfaktorerna luftkvalitet, termiskt klimat, ljud och ljus. Skalan för värderingstalet är femgradig. De flesta kriterier är uttryckta som besiktningsbara prestanda för byggdelar. Värderingen görs normalt helt utan enkätundersökning till brukarna om innemiljö och hälsa. En summarisk enkät, utan frågor om besvärssymptom typ SBS-symptom, kan erhållas som en tilläggsbeställning, men ingår inte i redovisningssystemet för innemiljö. Värderingen grundar sig i huvudsak på en besiktning av byggnaden och dess handlingar samt en fysikalisk mätning av radon. Innemiljövärderingen kan därmed inte användas för att detektera sjuka hus. Däremot kan den ge upplysningar om brister i de tekniska systemen som kan påverka innemiljön.

#### MIBB – Miljöinventering av innemiljön i befintlig bebyggelse<sup>1</sup>

En annan märkningsmetod för innemiljö i befintliga byggnader, som genom sin enkelhet fått stor spridning bland förvaltare av flerbostadshus runt om i landet de senaste åren är MIBB, Miljöinventering av Innemiljön i Befintlig Bebyggelse. MIBB-kriterierna har tagits fram av SABO i samarbete med Hyresgästföreningen, Sveriges Fastighetsägare, HSB och Riksbyggen. Arbetet inleds med att en enkät om innemiljö distribueras till de boende. Med hjälp av svaren görs ett urval av 25-33% av bostäderna, i vilka besiktning och mätning av temperaturer, radon, elektromagnetiska fält mm genomförs. Resultaten sammanställs i en tabell, där också kravnivåer, som motsvarar norm, finns för respektive innemiljöparameter. De parametrar som behandlas är operativ temperatur, golvtemperatur, temperaturgradient, köldbryggor, lufthastighet, besvärande lukt, ventilation (kravet är godkänd OVK), störningar vad gäller ljud och ljus, radon, elektriska och magnetiska fält, ohyra, legionellarisk, fuktillskott. Byggnaden som helhet ska också besiktigas med avseende på synliga fuktproblem.

## 3.2 Slutsatser

När det gäller det vetenskapliga underlag som kriterier och klassindelning grundas på kan man konstatera att vissa av de ovan relaterade systemen i stora drag grundar sig på vetenskapligt publicerade resultat och/eller internationell/europeisk konsensus (publikationer från CEN-grupper, WHO mm). Det gäller R1:an, den finska klassindelningen, de svenska ljudstandarderna samt SBI-rapport 246. De övriga har i sin tur grundats på dessa arbeten eller relaterar direkt till svenska normer på innemiljöområdet.

---

<sup>1</sup> Larsen et al. (2001).



De ovan redovisade metoderna att värdera och säkra innemiljöer knyter an till tekniskt mätbara storheter, antingen i form av innemiljöparametrar eller i form av prestanda för byggdelar och produkter. Några få relaterar också indirekt till miljöupplevelser i befintlig byggnad (andel missnöjda brukare som en viss tekniskt mätbar parameter svarar mot vid kammarförsök där parametern isolerats). MIBB och P-märkning av befintliga byggnader är de enda av metoderna som kombinerar krav på tekniska mätningar med krav på att enkätundersökning om innemiljöupplevelser ska genomföras bland brukarna. Samtidigt bygger inget av dessa system på enkäten som mätinstrument när det gäller uppföljning av innemiljörelaterad hälsa i befintliga byggnader.

Vid utvecklingen av EcoEffects metodik för innemiljövärdering har ovan beskrivna system bidragit med olika beståndsdelar, angreppssätt och underlag för kriteriesättning. Exempelvis svarar de svenska ljudstandardernas klasser direkt mot de nivåer för olika belastningsvärden som utnyttjas i EcoEffect för att värdera ljudförhållanden. Värderingsmetodiken har emellertid haft ett antal utgångspunkter som skiljer sig från systemen ovan varför en egen metodik utvecklats. De viktigaste är strävan efter allsidighet när det gäller de faktorer som beaktas, för olika skeden, konsekvent strukturering av kriterieratt ha fokus på såväl byggnadsrelaterade hälso- som komfortproblematt de innemiljöproblem som människor själva kan uppleva blir både indata genom frågor i en enkät och en viktig utgångspunkt för strukturering av hela värderingsmetodiken. Detta beskrivs närmare i nästa kapitel.



## 4 EcoEffects värderingsmetodik för innemiljö

I detta kapitel beskrivs hur och varför EcoEffects värderingsmetodik för innemiljö har utvecklats som den har och hur den idag i stora drag ser ut. I kapitel 4.5 kommer sedan varje ”slutproblem” som ingår i metodiken att redogöras för i detalj. Avsikten är att detta kapitel skall ge en insikt i hur metodiken fungerar men att läsaren sedan på egen hand kan detaljstudera bilagorna med tabeller för att få reda på hur ett problem/en innemiljöfaktor i detalj värderas i ett visst byggnadsskede.

### 4.1 Utgångspunkter

Några viktiga grunder som utvecklades i diskussionerna kring metodvalet för EcoEffects innemiljövärdering var:

- Att fokusera på att förebygga ohälsa genom att ta utgångspunkten i de mest allvarliga och utbredda innemiljörelaterade hälsoproblemen, samt att redovisa detta i ett resultatdiagram (Hus och hälsa).
- Att uppmuntra till att byggnader projekteras och förvaltas för människors välbefinnande genom att uppmärksamma de vanligaste faktorerna som kan orsaka hälso- och komfortproblem, samt att redovisa detta i ett resultatdiagram (Innemiljöfaktorer).
- Att, vid värdering av befintliga byggnader, allt som kan upplevas/förnimmas av brukarna registreras med hjälp av enkät om innemiljö och hälsa, medan sådana innemiljöfaktorer som utgör hälsorisker, men som människan saknar varningssystem för, registreras med hjälp av teknisk mätning – där metoder finns och agens är kända.
- Att utgå från en strukturering av olika typer av indata för värderingen som lämpar sig för värdering/säkring av goda innemiljöer i olika skeden i byggprocessen; dvs. i möjligaste mån renodla innemiljöparametrar som kriterier i programskedet, innemiljöprestanda för byggdelar och produkter i projekteringsskedet samt besvärsfrekvenser för med enkät upplevda innemiljöproblem i befintliga byggnader, som kompletteras med tekniska mätningar där detta är nödvändigt.
- Detaljerade innemiljöproblem, registrerade i stora enkätundersökningar och mätningar i befintliga byggnader, utgör utgångspunkten för gruppering av innemiljöparametrar för programskedet och innemiljöprestanda för projekteringsskedet. Detta underlättar erfarenhetsåterföring från byggnad i förvaltningsskede till planering av ny- och ombyggnad.
- Att utveckla ett transparent system, där det är lätt att få fram precis vilket underlag som ligger bakom en stapel i ett diagram för att på så sätt också kunna analysera vari de stora problemen hos byggnaden ligger.

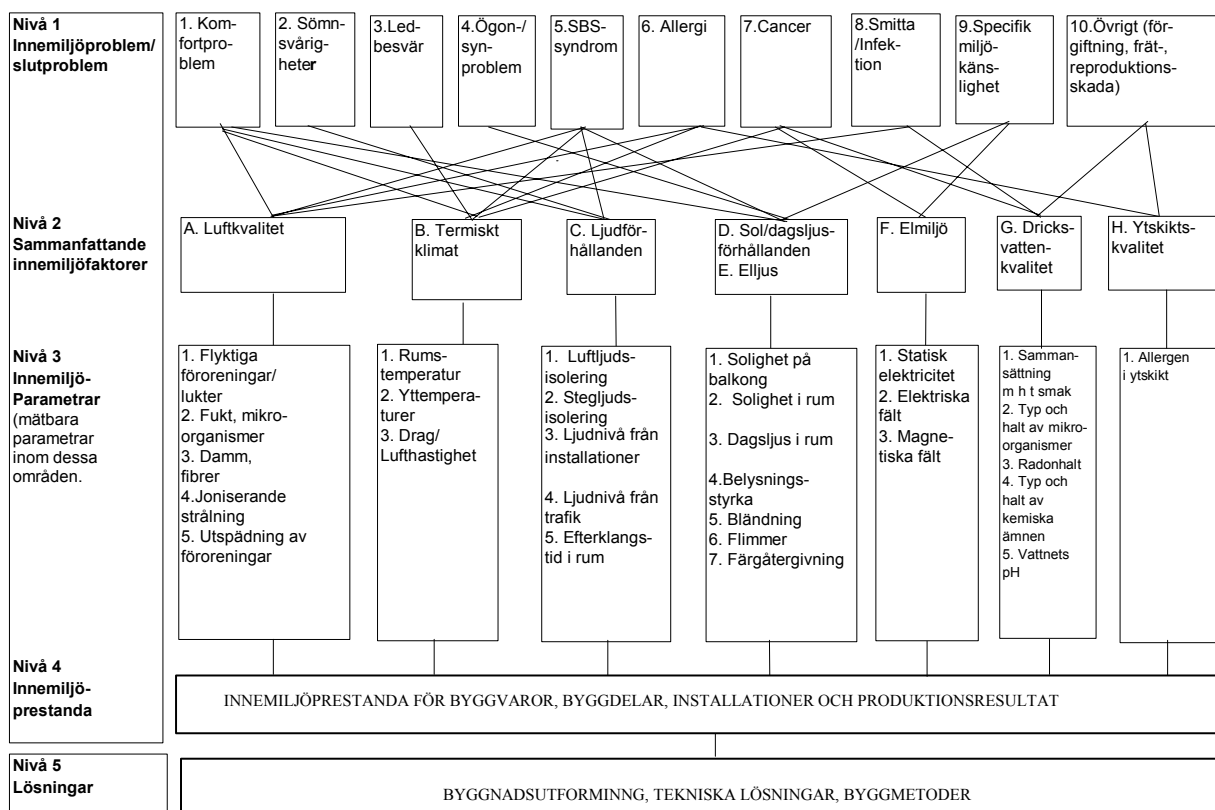
Ambitionen har varit att utforma en värderingsmetodik med en enhetlig struktur för värdering av inomhusmiljöproblem respektive inomhusmiljöfaktorer i tre olika skeden i bygg- och förvaltningsprocessen; i befintliga byggnader samt i program- respektive projekteringskedet i planerade byggnader.

## 4.2 Urval av inomhusmiljöproblem och strukturering i metodiken.

Som utgångspunkt för att identifiera inomhusmiljöproblem och hitta ett lämpligt sätt att utforma och organisera kriterier för värderingen i de olika situationerna i bygg- och förvaltningsprocessen, utvecklades en figur över fysikaliska samband<sup>1</sup>. Efter hand har begreppsapparaten utvecklats för att inom alla EcoEffects värderingsområden bli mer enhetlig och samstämmig. Den ursprungliga figuren över fysikaliska samband har därmed utvecklats och den framgår av Figur 3.

---

<sup>1</sup> Hult. (2002:1).



Figur 3. Samband mellan begrepp i värderingsmetodiken för innemiljö. Komplexiteten när det gäller samband mellan innemiljöfaktorer och hälsoproblem visas schematiskt mellan nivå 1 och 2.

**Nivå 1** anger olika typer av problem gällande människors hälsa och välbefinnande som kan uppstå till följd av avvikande innemiljöförhållanden (innemiljöpåverkan), kallat *innemiljöproblem*. Komfortproblemen kan delas upp i ett stort antal mer detaljerade innemiljöproblem. De problem som finns med i sambandsstrukturen var de som ansågs vara de mest förekommande. I den slutligen valda värderingsmetodiken har vissa av dessa uteslutits. Skälen till detta redovisas nedan liksom motiven för det urval som gjorts.

**Nivå 2:** *Innemiljöfaktorer* är de förhållanden i innemiljön som, om de avviker från det normala, kan förorsaka innemiljöproblemen. De sju sammanfattande, i figuren nämnda, innemiljöfaktorerna kan delas upp i innemiljöfaktorer på en mer detaljerad nivå.

**Nivå 3:** *Innemiljöparametrar* är de mätbara egenskaper hos innemiljön vilket ibland sammanfaller med detaljerade innemiljöfaktorer. Innemiljöparametrar brukar användas för att formulera mål för (ställa krav på) innemiljön vid ny- och ombyggnad, eftersom dessa just är mätbara och därmed uppföljningsbara i den färdiga byggnaden. Antalet parametrar under varje sådan underrubrik är stort och redovisas i detalj i bilaga 4 (tabell PM1).

**Nivå 4:** *Innemiljöprestanda för byggvaror, byggdelar, installationer och produktionsresultat* som utgörs av de egenskaper hos enskilda eller sammansatta byggdelar som har betydelse för innemiljön. Här innefattas också kvalitetssäkring för att uppnå rätt prestanda. Beroende på vilka prestandakrav samt vilka krav på kvalitetssäkring man ställer på olika byggvaror, byggdelar, installationer eller produktionsresultat, kommer kombinationen av dessa att göra att innemiljöparametrarna antar olika värden. I en planeringsprocess påverkas projektörens val av innemiljöprestanda- idealt - av vilka värden byggherren ansatt på innemiljöparametrar som mål för innemiljön i programdokumentet. De prestandakrav som täcks in av värderingsmetodiken presenteras i detalj i bilaga 6 (tabell PM2).

**Nivå 5:** *Byggnadsutformning och tekniska lösningar samt de byggmetoder som valts i ett specifikt projekt.* Denna nivå behandlas inte i EcoEffect-metodiken. Skälet till detta är att metodiken inte ska verka hämmande på arkitektoniskt nyskapande och teknisk utveckling.

Alla de i Figur 3 angivna innemiljöproblemen, innemiljöfaktorerna och innemiljöparametrarna utgjorde utgångspunkten för vad värderingsmetodiken för innemiljö skulle ta upp. Under projektets gång har revideringar genomförts vilket framgår av nästa avsnitt.

Resonemanget bakom urvalet av innemiljöproblem respektive innemiljöfaktorer i den skisserade sambandsstrukturen återfinns i ett tidigare arbete<sup>1</sup>, där den värderingsmetodik som används för innemiljövärdering i EcoEffect, utvecklades. I huvudsak bygger urvalet på nationella utredningar och sammanställningar, exempelvis Miljöhälsorapport 2001<sup>2</sup>. Som ett komplement till detta arbete ges en utförlig problembeskrivning och omvärldsanalys av de innemiljöproblem som EcoEffect-metodiken tar upp, i kapitel 6 i denna rapport.

Den ursprungliga värderingsmetodik<sup>3</sup> innehöll samtliga innemiljöproblem och innemiljöfaktorer, enligt Figur 3. Dessa redovisades då i två resultatdiagram enligt Figur 4. Redan tidigt vid utvecklingen av innemiljövärderingen i EcoEffect delades således redovisningen av värderingsresultaten upp i två diagram, där det ena visade en *bedömd risk* för att byggnaden skulle ge upphov till komfort- eller hälsoproblem hos brukarna, diagrammet *Hus och hälsa*. Det andra visade värdering av *Innemiljöfaktorer* vilket alltså skulle ge en bild av innemiljöpåverkan och som samtidigt i sin underliggande strukturering av kriterier var mer anpassad till planeringssituationen av ny- och ombyggnad av byggnader.

Frågor som gällde *tillgänglighet* och *säkerhet* (olycksrisker) togs med bara i den mån de hade ett direkt samband med innemiljön. Exempelvis, kan risken för förvärrad allergi vid vistelse i en byggnad – som beaktats - sägas minska allergikers tillgänglighet till byggnaden. Däremot behandlades inte tillgängligheten för rörelsehindrade. Ett annat exempel är olycksrisker, t ex fallrisker, som har med byggnadens hållfasthet att göra och inte med dess förhållanden i innemiljön.

---

<sup>1</sup> Hult. (2002:1).

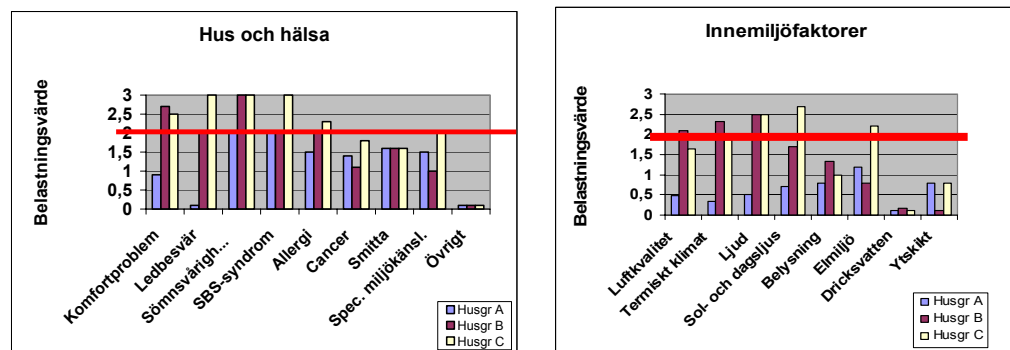
<sup>2</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>3</sup> Hult. (2002:1).

En diskussion pågår också om huruvida byggmaterial kan avge reproduktionstoxiska ämnen till inomhusluften<sup>1</sup> och vilka hälsoproblem detta skulle kunna medföra. Kunskapen kring denna fråga är så pass begränsad att det inte bedömdes som möjligt att ta med denna aspekt i värderingsmetodiken<sup>2</sup>. Dock markerades möjligheten att göra detta i framtiden genom den ruta i

Figur 3 som benämndes ”Övrigt” (pkt 10). Den ursprungliga värderingsmetodiken innehöll också risken för reproduktionsskador på grund av förekomst av reproduktionstoxiska ämnen i dricksvattnet, vilket värderades under ”Övrigt”.

Som nämndes inledningsvis ska, enligt Miljöbalken, särskild hänsyn tas till känsliga grupper. Hälsoproblem som kan relateras till speciellt känsliga personer och som beaktas i EcoEffect är *förvärrade ledbesvär* på grund av kyla/drag, *sömnsvårigheter* på grund av buller och *allergi*. Förvärrade ledbesvär på grund av kyla och drag gäller t ex de personer som har reumatiska besvär och vars tillstånd kan förvärras av en relativt liten avvikelse nedåt från börvärdet för den ekvivalenta temperaturen. Genom att elektriska och magnetiska fält kontrolleras, i enlighet med miljöbalkens försiktighetsprincip, finns även ett hänsynstagande till vad *elkänsliga personer* själva upplever förvärrar deras tillstånd.



Figur 4. De två resultatdiagrammen i den första versionen av EcoEffects innemiljövärdering. Då visades den bedömda risken för 10 olika sammanfattande innemiljöproblem och 8 sammanfattande innemiljöfaktorer. Ju högre belastningsvärde, desto sämre innemiljö. Belastningsvärde 2 står för ”normal belastning” och är markerat med en fet linje.

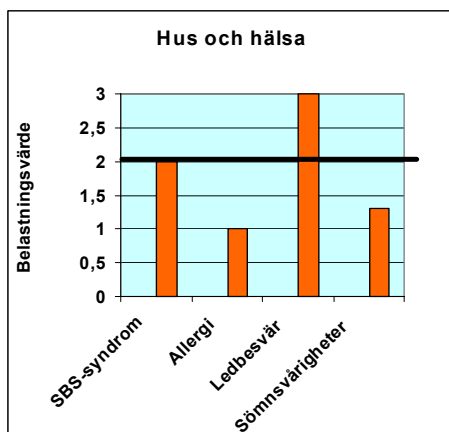
<sup>1</sup> Jaakola et al. (2000). Corner et al. (2002).

<sup>2</sup> Hult. (2002:1).

## 4.3 Förändringar i förhållande till den ursprungliga värderingsmetodiken

I Figur 5 visas den nya versionen av resultatredovisning av en innemiljövärdering enligt EcoEffect. Diagrammen har liksom tidigare samma utformning vid värderingen i de olika skedena, programskede, projekterings- och förvaltningsskede, medan indata skiljer sig åt. I diagram 1 ”Hus och Hälsa” visas nu enbart ett fåtal innemiljöproblem i form av hälsoproblem. I diagram 2, ”Innemiljöfaktorer” värderas en mängd detaljerade innemiljöproblem, såväl sådana som kan upplevas som dolda hälsorisker, och som kan hänföras till respektive sammanfattande innemiljöfaktor. I diagram 3 ”Andel nöjda med innemiljön” särredovisas för planerade byggnader byggherrens målsättning för hur många brukare denne förväntar sig skall ge helhetsomdömet ”bra” eller ”acceptabelt” (andel nöjda) för de sammanfattande förhållanden som går att uppleva; luft, värme, ljud och ljus. Vid värdering av en befintlig byggnad visar bilden istället andelen brukare som, enligt genomförd enkät, anser att luft, värme, ljud och ljus är bra eller acceptabla, respektive dåliga. Diagrammet utgör alltså en förfining av stapeln för komfortproblem som i den tidigare föeslagna redovisningen ingick i diagrammet för Hus och Hälsa. I tabell 1 i Figur 5 redovisas i befintliga byggnader uppmätta värden för sådana innemiljöparametrar som inte kan upplevas direkt av människan. För planerade byggnader utgör diagrammet en sammanfattning av mål för dessa innemiljöparametrar.

**Diagram 1**



**Diagram 2**

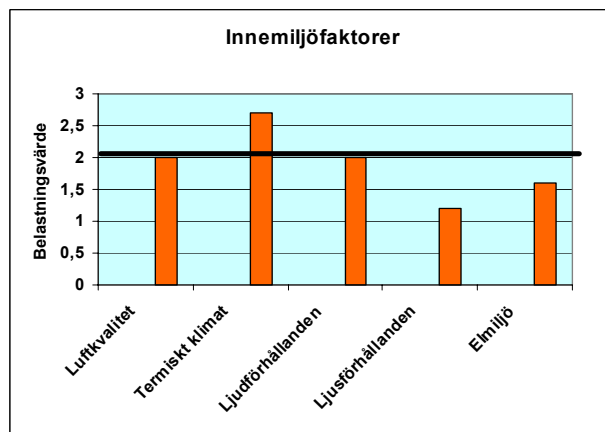


Diagram 1 anger bedömd risk för att byggnaden skall orsaka hälsoproblem uttryckt med ett belastningsvärde. Diagram 2 anger på motsvarande sätt en värdering av ett antal sammanfattande innemiljöfaktorer. Tolkning av belastningsvärdet: 0= Mycket bättre än normalt, 1= bättre än normalt, 2 = Som normalt, 3 = Sämre än normalt.

**Diagram 3**

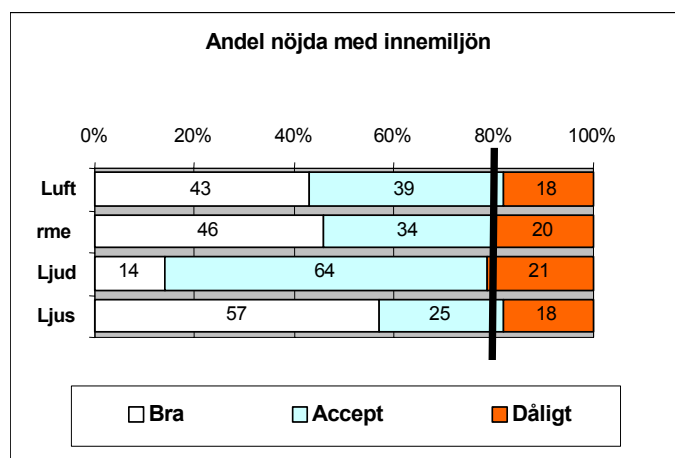


Diagram 3 visar hur stor andel brukare (%) som bedömer luft, värme, ljud och ljus som bra eller acceptabelt, till skillnad från dåligt. Detta kan anges som ett mål vid planering, och värderas med enkät i färdig byggnad. I stora enkätundersökningar brukar i medeltal 80% anse att dessa faktorer är bra eller acceptabla (80% nöjda, 20% missnöjda).

**Tabell 1**

Mätparameter	Mätenhet	Uppmätt värde			Normalvärde	Källa
		Min	Max	Medel		
Radon	Bq/m <sup>3</sup>	25,0	350,0	113,4	Årsmedelvärde högst 200	Delmål för miljö kvalitetsmålet En god bebyggd miljö
Temperatur på tappvarmvatten	°C	48,0	53,2	51,2	Lägst 50	BBR 2002
Elektriska fält, band I, band I	V/m	1,0	45,0	12,7	Medelvärde högst 20	Elkontoro, 1995.
Magnetfält, band I	NT (nanotesla)	10,0	170,0	81,4	Medelvärde högst 200	Elkontoro, 1995.

Figur 5. Hela denna sida visar den nu valda presentationen av en innemiljövärdering i Eco-Effect.



Under projekttidens gång har synpunkter tagits in i flera omgångar från olika intressenter och arbetsgrupper inom EcoEffect-projektet. Dessutom har metoden tillämpats på ett antal befintliga fastigheter samt en planerad fastighet. Detta arbete har resulterat i att redovisningen av innemiljön har förändrats. Förändringarna redovisas i korthet nedan.

### Förändringar i diagrammet Hus och Hälsa

Mot tidigare nio hälsoproblem plus komfortproblem, som redovisades i resultatdiagrammet Hus och hälsa som separata staplar, med var sitt belastningsvärde, är det nu istället följande fyra som redovisas i diagrammet Hus och Hälsa (Figur 5):

- SBS (sjukahussyndrom).
- Allergi.
- Förvärrade ledbesvär på grund av kyla/drag.
- Sömnsvårigheter på grund av buller (för bostäder), Koncentrationssvårigheter på grund av buller (för arbetsplats).

En fråga som har varit föremål för mycket diskussioner var på vilket sätt den ökade *risken för cancer* på grund av förhöjda radongashalter och elektromagnetiska fält skulle redovisas. Risken för att få *cancer* på grund av exponeringar i innemiljön, anges därmed inte längre explicit som en bedömd risk, då osäkerheterna när det gäller cancerogena ämnen i innemiljön och deras betydelse för cancerrisken är många samt på grund av användarsynpunkter. I den nu valda redovisningen anges istället mätvärden (befintlig byggnad) respektive programkrav (planerad byggnad) för radon och elektromagnetiska fält i klartext i en tabell (se tabell 1 i Figur 5). På detta underlag får man själv dra slutsatser om ifall byggnadens innemiljö kan ge en förhöjd cancerrisk. Värden för uppmätt eller kravsatt radongashalt bidrar däremot till belastningsvärdet i stapeln för luftkvalitet i diagrammet Innemiljöfaktorer (diagram 2 i Figur 5). Likaså bidrar uppmätta eller kravsatta värden för elektromagnetisk fältstyrka till belastningsvärdet i stapeln för elmiljö i samma diagram.

Motsvarande förändring har genomförts när det gäller legionärsjuka/ luftfuktarfeber, som värderades separat i diagrammet Hus och hälsa i den tidigare metoden (stapeln Smitta i Figur 4). Istället redovisas uppmätta eller kravsatta värden på tappvarmvattentemperatur och, vid ritningsgranskning och besiktning, identifierade källor som kan ge risk för tillväxt av legionellabakterier som i sin tur kan orsaka legionärsjuka och luftfuktarfeber. På detta underlag får man själv dra slutsatser om risk för utbrott av legionärsjuka eller luftfuktarfeber. Uppmätta eller kravsatta värden för varmvattentemperatur vid tappställe och i beredare respektive innemiljöprestanda för installationssystemen som påverkar risken för tillväxt av legionellabakterier, påverkar dock belastningsvärdet för luftkvalitet i diagrammet Innemiljöfaktorer (Diagram 2 i Figur 5).

Risken för att få *ögon-/synproblem på grund av dålig belysning* har tagits bort som stapel i redovisningen. Resonemanget bakom denna ändring är att problem av detta slag delvis bör avspeglas i form av det rapporterade SBS-symptomet ”Sveda, irritation i ögonen” och därför skulle leda till en ”dubbelbokföring” om det togs med separat. Frågan finns dock fortfarande med i EcoEffect-enkäten

för att kunna studera skillnader i svaren på dessa frågor och göra en utvärdering på sikt.

Risken för att få förvärrade besvär för personer med *specifik miljö känslighet*, som i den ursprungliga modellen tillsvidare endast avsåg elkänslighet, anges nu inte heller explicit som en bedömd risk, då vetenskaplig konsensus än så länge saknas om orsakssambanden. Istället redovisas uppmätta värden på elektriska och magnetiska fält. På detta underlag får man själv värdera risken för att elkänsliga personer ska få förvärrade symptom. Enligt försiktighetsprincipen påverkas dock belastningsvärdet för elmiljö i diagrammet Innemiljöfaktorer av uppmätta eller kravsatta värden på elektromagnetisk flödestäthet.

*Övriga hälsoproblem* fanns tidigare med som en samlingsbeteckning på ett antal mer ovanliga hälsoproblem som i huvudsak kan kopplas till dricksvattnets kvalitet. Det gäller *reproduktionsskador* förorsakade av reproduktionstoxiska ämnen som kan finnas i dricksvatten samt risk för *förgiftning* och *frätskador* på grund av otjänligt, eller fel sammansatt dricksvatten. Risken för uppkomst av dessa hälsoproblem på grund av dålig vattenkvalitet har tills vidare tagits bort i värderingen, som en konsekvens av att innemiljöfaktorn dricksvattenkvalitet har tagits bort från redovisningen. Se nedan under rubriken Redovisning av innemiljöfaktorer.

*Komfortproblem:* I begreppet hälsoproblem inbegreps tidigare även komfortproblem i form av upplevelse av störande termiskt klimat, ljud-, ljusförhållanden och luftkvalitet. I den version av EcoEffect som slutligen valts har komfortproblem skiljts från hälsoproblem och visas därmed inte i diagrammet Hus och hälsa. Däremot utgörs belastningsvärden i staplarna (utom elmiljö) i diagrammet Innemiljöfaktorer (diagram 2, Figur 5) till stor del av faktorer som har betydelse för uppkomsten av sådana obehag. Genom att stega sig nedåt i hierarkierna ifrån diagrammet för innemiljöfaktorer klargörs också hur olika detaljerade innemiljöfaktorer hänger ihop med detaljerade innemiljöproblem (t ex. stickande lukt, störande trafikljud) i metodiken. Sammanfattande komfortproblem redovisas också separat i diagram 3, Figur 5, där brukarnas helhetsomdöme om luft, värme, ljud och ljus vid enkät i befintlig byggnad redovisas. Vid ny- eller ombyggnad får detta diagram uttrycka byggherrens ambition för hur många nöjda brukare han vill ha.

### Förändringar i diagrammet Innemiljöfaktorer

Mot tidigare åtta sammanfattande innemiljöfaktorer som redovisades i resultatdiagrammet Innemiljöfaktorer är det nu istället följande fem som redovisas (diagram 2, Figur 5):

- Luftkvalitet
- Termiskt klimat
- Ljudförhållanden
- Ljusförhållanden
- Elmiljö

*Luftkvalitet* har kompletterats med kriterier för ytskikts och detaljers städbarhet. Dessa kriterier låg tidigare under *Ytskiktskvalitet*, som nu tagits bort.

*Dricksvattenkvalitet.* Man kan diskutera om dålig dricksvattenkvalitet ska betraktas som en byggnadsrelaterad miljöfaktor. Eftersom dricksvattenkvaliteten inte bara bestäms av den kvalitet som finns hos leverantören/vattenverket och dess ledningsnät, utan även av installationernas utformning och material, föreslogs i den ursprungliga versionen av EcoEffect att denna skulle betraktas som en innemiljöfaktor. Flera avnämare uppfattade dock att dricksvattnets kvalitet sällan är ett problem i Sverige och därför inte behöver kontrolleras i samband med ny- eller ombyggnad. Man ansåg också att byggherren i huvudsak inte hade rådighet över vattenkvaliteten, utan att denna till största del bestämdes av vattenverken. I de testvärderingar som genomförts framkom också att fastighetsägarens intresse för att ta reda på vattenkvaliteten inte var så stor. Dricksvattenkvalitet har därför tills vidare lyfts bort ur standardredovisningen. Om denna faktor visar sig vara mer väsentlig på sikt, eller om värdering görs av byggnader i andra länder, där dricksvattenkvaliteten i större utsträckning ger upphov till problem, kan denna modul lyftas in, då metodiken att värdera denna innemiljöfaktor ligger kvar i datorprogrammet. Metodiken för värdering är tidigare redovisad i en akademisk avhandling<sup>1</sup>.

*Ytskiktskvalitet.* Värderingen av ytskiktskvalitet har lyfts bort. De kriterier som fanns med för värdering av ytskiktskvalitet bestod dels av ytskikts och detaljlösningars förmåga att samla damm/vara svåra att rengöra, dels av om det fanns nickel eller krom i trycken och handtag, som kunde orsaka besvär för kontaktallergiker. De kriterier som behandlar ytskikts och detaljlösningars rengörbarhet har istället flyttats över till *Luftkvalitet*. De kriterier som behandlade tryckens och handtags innehåll av nickel eller krom har tagits bort från värderingsmetodikerna. Skälet är att ingen hittills i genomförda enkäter angett att deras allergiska besvär förvärrats av nickel eller krom i handtag och trycken.

De slutproblem som ligger till grund för den nuvarande EcoEffect-värderingen redovisas mer detaljerat i kapitel 4.5. För övriga innemiljöproblem och innemiljöfaktorer hänvisas till den beskrivning som finns av dessa i Hults doktorsavhandling<sup>2</sup>.

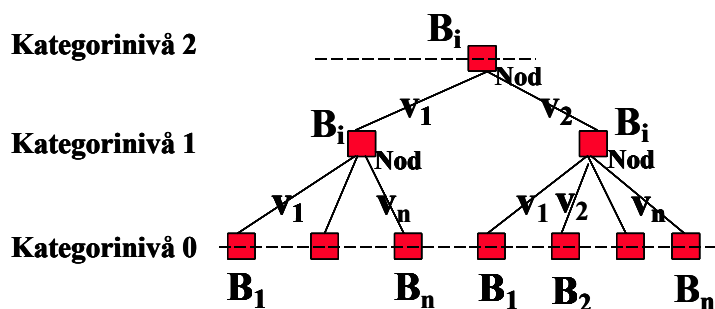
## 4.4 Trädstrukturer som underlag för värderingen

Innemiljövärderingen bygger på s k. multikriterieanalys där ett stort antal kriterier ordnas i sambandsstrukturer med olika hierarkiska nivåer, se schematiskt exempel i Figur 6.

---

<sup>1</sup> Hult. (2002:1).

<sup>2</sup> Hult. (2002:1).



Figur 6. Schematisk beskrivning av hur kriterierna i inommiljövärderingen är organiserade. Noden på kategorinivå 2 står exempelvis för någon av staplarna i diagram 1 eller 2 i Figur 5). För att få fram ett belastningsvärde för stapeln krävs sammanviktning av underliggande kriterier i strukturen.

Ett belastningsvärde för varje nod ( $B_i$ ) beräknas alltså enligt följande:

$$B_i = B_1 \times v_1 + B_2 \times v_2 \dots + B_n \times v_n = \sum B_n \times v_n \quad (\text{ekv. 1})$$

$B_i$  = Belastningsvärde för delproblem, hälsoproblem eller inommiljöfaktor

$B_{1-n}$  = Belastningsvärde (0-3) för kriterium n

$V_{1-n}$  = vikt (mellan 0-1) för kriterium n

$\sum v_n$  vid varje nod = 1

Som synes av figuren krävs för att få ut data (eller en stapel) om ett problem eller en inommiljöfaktor på högsta nivån, att sammanviktningar görs av de faktorer som har bedömts bidra till problemet/faktorn. Tidigare i EcoEffect-projektet prövades i synnerhet AHP (Analytic Hierarchy Process)<sup>1</sup> i vilken man bara jämför två faktorer i taget med varandra för varje viktningsaspekt. Man gör en mycket enkel jämförelse – i princip bara om den ena faktorn är ”lika viktig”, ”viktigare” eller ”mycket viktigare” än den andra. Detta enkla system gör det möjligt att jämföra det mesta. För att underlätta arbetet finns ett särskilt datorprogram<sup>2</sup>, ur vilket man får fram vikter och ett ”inkonsistensvärde” som talar om ifall man varit logisk i kedjan av jämförelser (om  $a < b < c$  så kan inte  $c$  vara mindre än  $a$ ). Metodens nackdel är att man lätt tappar överblicken och att beräkningarna som programmet utför är svårbegripliga.

I princip har hierarkierna byggts upp enligt följande tillvägagångssätt:

1. Slutproblemen respektive de sammanfattande inommiljöfaktorerna på den högsta nivån definierades.
2. För respektive värderingsskede (program-, projekterings- eller förvaltningskede) identifierades ett stort antal underordnade kriterier som bedömdes bidra till slutproblemet/den sammanfattande inommiljöfaktorn. Denna identifiering bygger på det underlag som framgår av kapitlen 3 och 6 i denna rapport.

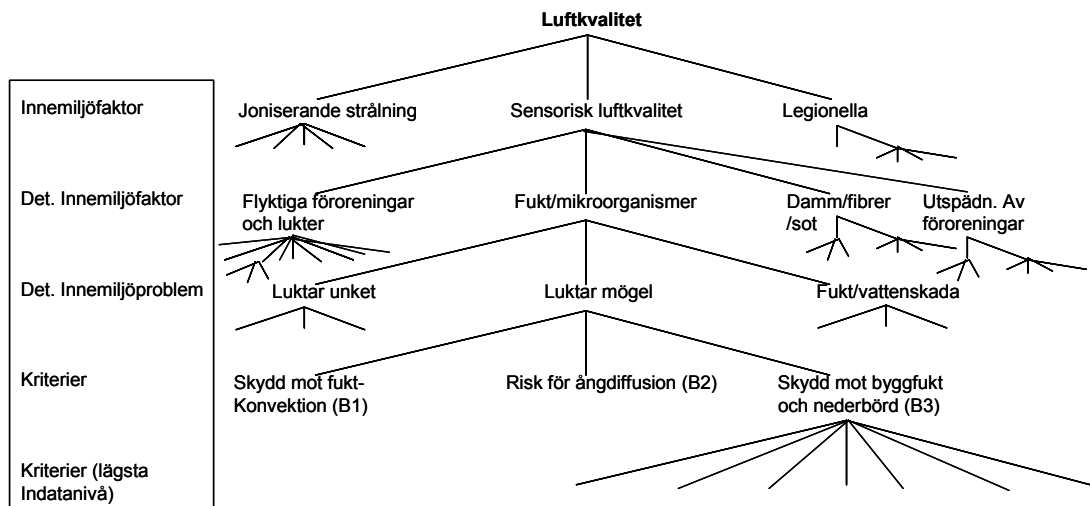
<sup>1</sup> Saaty, 1979; 1990.

<sup>2</sup> Expert Choice. Decision Support Software

- De bidragande kriterierna arrangerades hierarkiskt, där ambitionen var att ordna beroende faktorer vertikalt och oberoende faktorer horisontellt, enligt den schematiska principen i Figur 6.
- Därefter har vikter satts efter professionell bedömning av Marie Hult för varje kriterium så att summan av vikterna är 1 för varje hierarkisk nivå. Motiven för satta vikter framgår i viss mån under varje problembeskrivning i kapitel 6 men vi föreslår också en utvecklad metod för att sätta vikter som gör att metodiken för värdering av extern respektive intern miljöpåverkan i högre omfattning överensstämmer. För detta redogörs kort i slutet av det här kapitlet. En mer ingående beskrivning av den viktningmetodik vi utvecklat ges i delrapporten ”metodbeskrivning”.

Med kriterium menas alltså värderingskriterium i metodiken.

I Fugr 7 ges ett exempel från metodiken och dess trädstrukturer. Ett fåtal av kriterierna för värdering av den sammanfattande innemiljöfaktorn luftkvalitet har skrivits ut.



Figur 7 Exempel på ”trädstruktur” i det kriteriebaserade systemet. Exemplet visar trädstrukturen för den övergripande innemiljöfaktorn Luftkvalitet vid värdering av planerade byggnader i projekteringskedet. Ett fåtal kriterier har skrivits ut, andra visas endast genom trädets ”förgreningar”.

Luftkvalitet indelas i detaljerade innemiljöfaktorer varav ”fukt och mikroorganismer” är en. Till denna kopplas tre detaljerade innemiljöproblem som kan upplevas/förnimmas av brukarna i den färdiga byggnaden. För att få fram ett belastningsvärde för t ex. ”luktär mögel” krävs vid värdering i projekteringskedet att belastningsvärden sätts för tre underliggande kriterier (B1-B3) som viktas ihop till ett belastningsvärde för problemet. Belastningsvärdet för ett av dessa tre kriterier (B3) utgörs emellertid av en sammanviktning av sju underliggande kriterier som tar upp prestandakrav på byggdelar, etc som är av betydelse för skydd mot byggfukt och nederbörd (t ex. utformning av takavvattningssystem).

EcoEffect-metoden är problembaserad vilket innebär att det så långt möjligt skall vara de byggnadsrelaterade *slutproblemen* som värderas. Sambandsstrukturerna har därmed byggts upp kring dessa slutproblem. I Figur 7 utgörs dessa slutproblem av ”luktar mögel”, ”luktar unket” och ”fukt/vattenskada”. Det som vi har valt att uppfatta som slutproblem beskrivs närmare i kapitel 6. För att göra materialet mer överskådligt har vi där emellertid grupperat vissa slutproblem som är av liknande karaktär; exempelvis olika slag av problem med lukt, eller olika detaljerade komfortproblem förknippade med termiskt klimat.

Av olika skäl finns emellertid anledning att redovisa resultaten av en innemiljövärdering enligt EcoEffect på andra sätt än enbart som slutproblem vilket inledande har beskrivits ovan. Den översiktliga redovisning som erhålls idag framgår av Figur 5, tidigare i detta kapitel och där framgår också tydligare varför redovisningen ser ut som den gör. I Tabell 3 och 4 nedan framgår hur de olika beskrivna (i vissa fall sammanfattande) slutproblemen redovisas i EcoEffect-metodiken, vid värdering av befintliga respektive planerade byggnader.

*Tabell 3. Beaktade slutproblem (innemiljöproblem) och redovisning av dem i EcoEffect-metoden, vid värdering av befintliga byggnader. Diagram 1, 3 och tabell 1 som hänvisas till i tabellen återfinns i Figur 5 i detta kapitel.*

Sammanfattande innemiljöfaktor	Relaterade slutproblem	Redovisning i EcoEffect			
		Som hälsoproblem (diagram 1)	Som komfortproblem (diagram 3)	Som innemiljöparameter (tabell 1)	Indirekt som innemiljöfaktorer (diagram 2)
Luftkvalitet	SBS-syndrom				
	Allergi				
	Lungcancer				
	Legionärssjuka/luffuktarfeber				
	Dålig sensorisk luftkvalitet				
Termiskt klimat	Förvärrade ledbesvär				
	Termisk diskomfort				
	Koncentrationssvårigheter				
Ljudförhållanden	Sömnsvårigheter				
	Koncentrationssvårigheter				
	Störande ljud				
Ljusförhållanden	För lite eller för mycket solljus				
	För lite dagsljus				
	Ögon/synproblem				
Elmiljö	Elkänslighet				
	Barnleukemi				
	Elektrostatiska stötar				

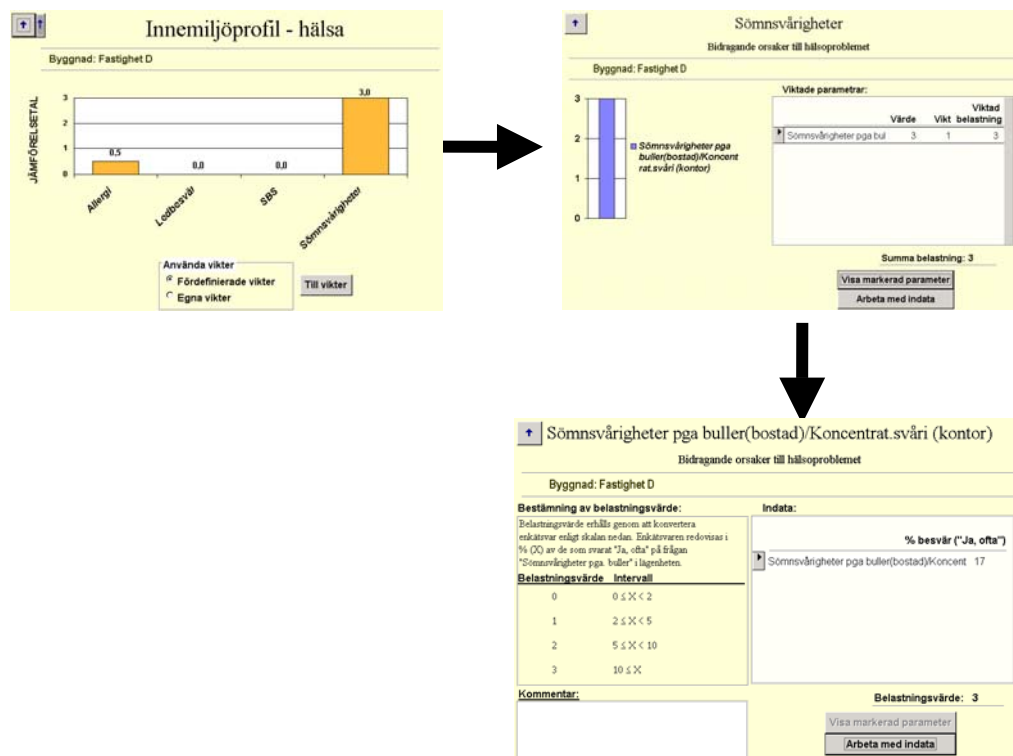
Av Tabell 3 framgår att ett antal av slutproblemen inte redovisas som just ”slutproblem” i metodiken vid värdering av befintliga byggnader. Som ett komplement finns därför diagrammet Innemiljöfaktorer som kan ses som ett analysredskap för att ta reda på mer om vilka egenskaper byggnaden har och som kan vara orsaker till de eventuella problem som påträffats. Redovisningen av innemiljöfaktorer grundar sig därmed på alla de detaljerade innemiljöproblem som frågas efter i EcoEffect-enkäten samt de mätvärden som mäts upp. Detta blir ännu tydligare vid värdering av planerade byggnader då diagrammet för innemiljöfaktorer är centralt för att se kopplingar mellan ställda krav i programskedet/ projekterade innemiljöprestanda i projekteringskedet och de detaljerade innemiljöproblem som kan uppkomma i en befintlig byggnad.

Såväl diagrammet med hälsoproblem (diagram 1) som diagrammet med innemiljöfaktorer (diagram 2) består därmed av underordnade kriterier i form av trädstrukturer. Vid värdering av en byggnad sätts belastningsvärden på ett stort antal indata från fastigheten. Belastningsvärdena viktas därefter ihop till överordnade faktorer där den högsta nivån i dessa strukturer är den som visas i diagram 1 och 2.

Metodiken är uppbyggd på så sätt att man i datorprogrammet kan stega sig fram mellan de olika hierarkiska nivåerna. Därmed är det enkelt att se hur problemhierarkin är uppbyggd och vilka indata som ligger till grund för att få fram olika belastningsvärden och staplar.

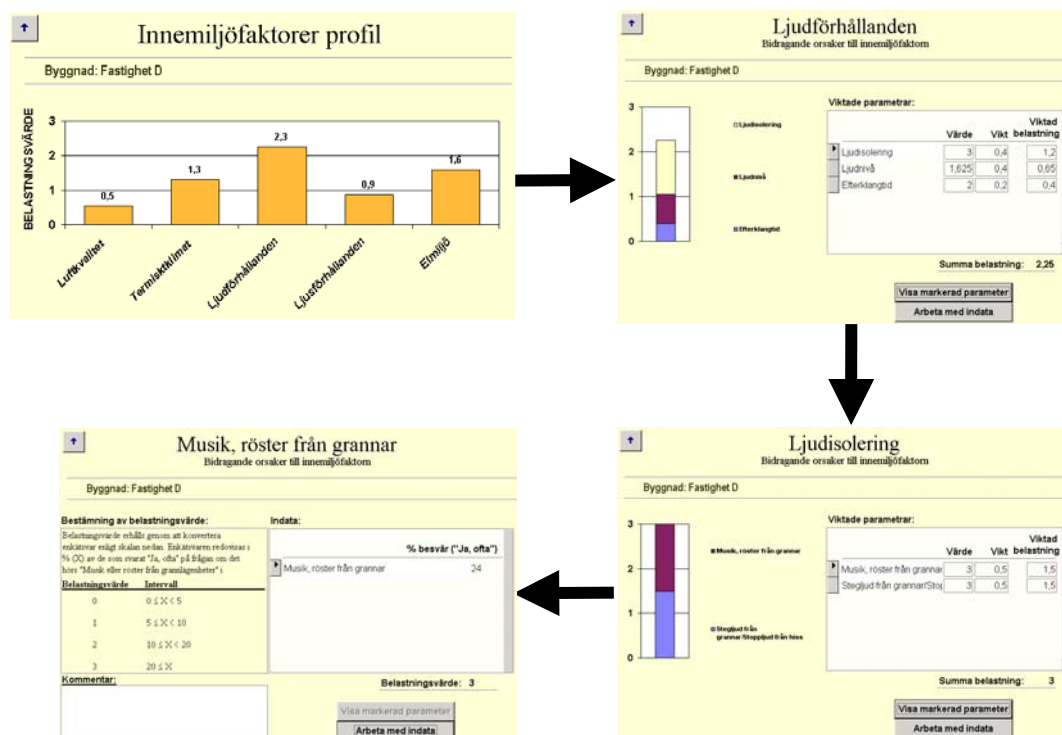
Här beskrivs ett exempel för att klargöra den hierarkiska uppbyggnaden samt för att beskriva vilken information som erhålls i de olika diagrammen. I Figur 8 visas ett exempel på en värdering av hälsoproblem för en befintlig fastighet, Fastighet D. I diagrammet indikeras att ledbesvär och sömnsvårigheter är problem som är vanligare än normalt på fastigheten Fastighet F. Genom att klicka sig vidare på stapeln för sömnsvårigheter kan vi få en bild av vad som bidrar till denna stapel. I detta fall sker ingen förgrening av trädet utan vi kan direkt gå vidare till den sista bilden för att se vilka indata som ligger till grund för belastningsvärdet. Här framgår att det är 12 % av fastighetens brukare som uppger att de ofta har sömnsvårigheter på grund av buller, vilket enligt den fastställda skalan för belastningsvärden ger belastningsvärde 3, dvs sämre än normalt.





Figur 8. Exempel på hur hierarkin ser ut för hälsoproblemet sömnsvårigheter på grund av buller.

För att sedan analysera och försöka finna orsaker till att så många besväras av bullerstörningar i byggnaden kan diagrammet Innemiljöfaktorer analyseras, vilket visas i Figur 9. Av det första diagrammet framgår, som väntat, att stapeln för *Ljudförhållanden* är hög. Eftersom den är högre än 2 innebär det att ljudförhållandena är sämre än normalt. Genom att stega sig vidare får vi en bild av bidragande faktorer till stapeln. I synnerhet är det ljudisolering som har fått ett högt belastningsvärde. Vi går vidare och se hur det står till med ljudisoleringen. Det visar sig här att såväl stegljud samt musik och röster från grannar är sådana detaljerade innemiljöproblem som många upplever som störande. I den sista bilden syns att så många som 24 % av de svarande ofta upplever musik och röster från grannar som störande. Andra bidragande faktorer till ljudförhållanden kan på liknande sätt granskas.



Figur 9. Exempel på den hierarkiska strukturen för den sammanfattande inneklimatfaktorn ljudförhållanden.

Eftersom flera av faktorerna också bidrar till komfortproblem i form av ljudstörningar, kan detta analyseras på samma gång i hierarkin för inneklimatfaktorer.

Värderingen av byggnadsrelaterade inneklimatproblem varierar något om värdering skall göras av en befintlig byggnad eller av en planerad. De detaljerade inneklimatproblemen som hanteras är desamma men vid värderingen av befintlig bebyggelse ligger EcoEffects brukarenkät till grund för många indata till värderingen. I detta skede frågar man alltså brukarna direkt hur störande de upplever olika detaljerade inneklimatproblem. Vid värdering av planerad bebyggelse utgörs indata istället av mål och inneklimatprestanda som formuleras för byggnaden respektive byggdelar. Värderingsmetodikerna hänger emellertid samman mellan planerad och befintlig genom de detaljerade inneklimatproblemen. Detta innebär att om man i exemplet ovan också är intresserad av att finna lösningar på de ljudrelaterade problem som förekommer i Fastighet D, kan man utnyttja de tabeller över orsakssamband (PM1 och PM2) som utnyttjas vid värdering av planerad bebyggelse (bilaga 4 och 6). Tabell 4 visar kopplingar mellan det detaljerade inneklimatproblemet ”störande drag vid golv”.

Tabell 4. Koppling mellan inomhusmiljöprestanda för byggnader och brukarupplevelse, exempel i form av det detaljerade inomhusmiljöproblemet att brukare störs av drag vid golv. Som framgår av tabellen värderas problemet med hjälp av olika indata, beroende på värderingsskede.

Skede	Indata	Mkt bättre än normalt (0)	Bättre än normalt (1)	Normalt (2)	Sämre än normalt (3)
Befintlig fastighet	Enkätfråga: Besvär av drag vid golv.	$x < 5\%$ besvärade	$5 \leq x < 10\%$ besvärade	$10 \leq x \leq 20\%$ besvärade	$x > 20\%$ besvärade
Mål i programskede	Lufthastighet (Förutsatt ca 40% turbulensintensitet)				
	Vinter (Förutsatt op. temp. 22°C)	$x \leq 0,08$ m/s	$0,09 \leq x \leq 0,12$ m/s	$0,13 \leq x \leq 0,22$ m/s	$x > 0,22$ m/s
	Sommar (.Förutsatt op temp 24°C)	$x \leq 0,11$ m/s	$0,12 \leq x \leq 0,14$ m/s	$0,15 \leq x \leq 0,28$ m/s	$x > 0,28$ m/s
Prestandakrav i projekteringskede	Risk för otätheter i anslutning golv/vägg, som kan ge drag.	Konstruktion som ger försumbar risk.	Konstruktion som ger liten risk.	Konstruktion som ger måttlig risk.	Konstruktion som ger stor risk.

För att veta vilka data som krävs för en värdering har ett datablad för befintliga byggnader och ett datablad för planerade byggnader utvecklats inom EcoEffect-projektet. Databladet är tänkt att fungera som ett miljöstyrningsverktyg i vilket dels data om en byggnad kan samlas och dokumenteras, dels kan det användas för att formulera och dokumentera ställda miljömål för byggnaden. I dessa datablad ingår bl a. EcoEffect-enkäten och tabellerna PM1 och PM2. Närmare beskrivning av dessa datablad finns i huvudrapporten (där också databladerna är bilagda)<sup>1</sup>.

## 4.5 Hur belastningsvärden tas fram

Metodiken för såväl inne- som utemiljövärdering enligt EcoEffect bygger på att indata för värderingen ansätts belastningsvärden utifrån givna kriterieskalor. Belastningsvärdena kan sägas motsvara en grov sannolikhet för att en viss nivå på inomhusmiljöpåverkan skall bidra till ett eller flera inomhusmiljöproblem.

I EcoEffect används en skala för belastningsvärden där indata resulterar i belastningsvärdena 0, 1, 2 eller 3 utifrån givna kriterier. Utgångspunkten för skalan har varit att 2 skall motsvara vad som är normalt, dvs. normkrav, gällande gränsvärden eller vad som är praxis. 3 motsvarar därmed "sämre än normalt", 1 "bättre än normalt" och 0 "mycket bättre än normalt". Ett sådant exempel där

<sup>1</sup> Glaumann och Malmqvist. (2004).

skalor för olika belastningsvärden för värdering i program-, projekterings- respektive förvaltningsskede har redan visats, i Tabell 4 ovan.

Värdering av befintliga byggnader innebär med vissa undantag att för enkät-svar gäller att 10-20 % av brukarna som har angett att de är missnöjda med exempelvis luftkvaliteten ger belastningsvärdet 2. På motsvarande sätt innebär uppmätt medelvärde för radon i luft i befintliga byggnader på 100-200 Bq/m<sup>3</sup> ett belastningsvärde på 2, då radonhalt vägs in under den sammanfattande in-nemiljöfaktorn luftkvalitet. Vid värdering av planerade byggnader är det in-nemiljöparametrar och innemiljöprestanda som översätts till belastningsvärden. Skalorna för dessa är i möjligaste mån kopplade till att belastningsvärde 2 skall resultera i ungefär normkrav i den färdiga byggnaden. Hur skalorna har satts för belastningsvärden för respektive enskild indata i värderingsmetodiken framgår i detalj i Bilaga 1-6 (tabellerna FM, FH, PM1, PM2, PH1, PH2<sup>1</sup>). Respektive tabell beskriver trädstrukturen för att få fram diagrammen för Hus och Hälsa respektive Innemiljöfaktorer i de tre värderingssituationerna. Dessa uppgifter finns också i datorprogrammet.

Beroende på om man värderar en befintlig eller en planerad byggnad kan belastningsvärdena utifrån ovanstående resonemang te sig mer eller mindre adekvata. För befintliga byggnader kan det bli missvisande på så sätt att en 3:a kan motsvara allt från något sämre än normalt till väldigt mycket sämre. Eftersom miljövärderingsmetodiken skall vara möjlig att följa steg för steg (dvs. är transparent), kan man argumentera för att det räcker med att veta att byggnaden värderats som sämre än dagens norm/praxis för att sedan gå in och studera i detalj vilka värden resultatet grundas på för enskilda indata. Att använda en skala med många fler steg blir komplicerat och kan också ge en falsk föreställning om en exakthet som inte har någon förankring i verkligheten. Tills vidare har denna skala därför ändå valts och det är också den som EcoEffects dator-program för närvarande bygger på.

Vid värdering av planerade byggnader kan det tyckas tveksamt att ha en skala med en klass (3) som är sämre än norm/praxis. Vem skulle vilja sätta så lågt ställda mål? Eftersom de svenska byggnormerna enbart omfattar nybyggnad, inte ombyggnad, finns risk att man ”glömmer bort” normerna vid ombyggnad. Det kan bland annat av denna anledning finnas skäl för att ha en klass 3. Dessutom är det fullt möjligt att man väljer en klass 3 för en av alla indata, för att prioritera lägre klasser på andra indata som kanske bidrar till samma problem/innemiljöfaktor. Samtidigt finns behovet av att kunna artikulera ambitioner som ligger högre än norm/praxis, varför två klasser som är bättre än normalt finns med.

Alla idag gällande skalor för de olika belastningsvärdena och vikter för varje kriterium i EcoEffect-metodiken har upprättats av Marie Hult i hennes avhandlingsarbete<sup>2</sup>. Gällande normer och gränsvärden har gått igenom för varje litet delområde i samband med hennes avhandlingsarbete. Klassindelningen i olika

---

<sup>1</sup> FM = Värdering av Miljöfaktorer i Förvaltningsskedet, FH = Värdering av Hälsoproblem i Förvaltningsskedet, PM1= Värdering av Miljöfaktorer i Programskedet, PM2= Värdering av Miljöfaktorer i Projekteringsskedet, PH1= Värdering av Hälsoproblem i Programskedet, PH2 = Värdering av Hälsoproblem i Projekteringsskedet.

<sup>2</sup> Hult. (2002:1, 2002:2).

kvalitetsnivåer bygger i majoriteten av fallen på redan vedertagna arbeten, exempelvis Boverkets byggregler, ISO-standarden för termiskt klimat<sup>1</sup> samt de system som har redovisats i kapitel 3 i denna rapport. Dessutom har hänsyn tagits till resultaten från Stockholms Hus- och Hälsaundersökning<sup>2</sup> med 12 666 svarande i flerbostadshus. Undersökningen ger ett statistiskt underlag på förekomst av många av de detaljerade innemiljöproblem som behandlas i EcoEffect-metoden. Skalorna för belastningsvärden bygger därmed också på i vilken omfattning olika problem kan anses vara ”normalt förekommande” utifrån medelvärden från undersökningen.

## Sammanvägning av belastningsvärden

När väl indata exempelvis i form av enkätsvar, besiktnings- eller mätresultat har räknats om till belastningsvärden krävs sammanvägning av dessa till ett belastningsvärde (*viktad belastning*) för ett hälsoproblem eller en innemiljöfaktor högre upp i hierarkin. Belastningsvärdet för ett enskilt kriterium multipliceras med en vikt för kriteriet som skall motsvara dess bidrag till det delproblem som ligger ett steg ovanför i hierarkin. Principen har beskrivits tidigare i Figur 6 och i ekvation 1 nedan.

$$B_i = B_1 \times v_1 + B_2 \times v_2 \dots + B_n \times v_n = \sum B_n \times v_n \quad (\text{ekv. 1})$$

$B_i$  = Belastningsvärde för delproblem, hälsoproblem eller innemiljöfaktor

$B_{1-n}$  = Belastningsvärde för (0-3) för indata, delproblem n

$V_{1-n}$  = vikt (mellan 0-1) för indata, delproblem n

$\sum v_n$  vid varje nod = 1

För att konkretisera detta visas nedan hur belastningsvärdet ( $B_i$ ) för den sammanfattande innemiljöfaktorn ljudförhållanden beräknas i fallet med den befintliga bostadsfastigheten Fastighet D som redovisats tidigare. Tabell 5 visar först trädstrukturen med kriterier för innemiljöfaktorn ljudförhållanden vid värdering av *befintliga byggnader för bostäder*. I tabellen framgår också föreslagna vikter för de olika kriterierna i form av detaljerade innemiljöproblem. Summan av vikterna på samma nivå måste alltid vara 1.

---

<sup>1</sup> ISO 7730.

<sup>2</sup> USK. (1993).

Tabell 5. Trädstrukturen för inomhusmiljöfaktorn "ljudförhållanden" för befintliga bostadsfastigheter i EcoEffect, med inlagda vikter.

Sammanfattande inomhusmiljöfaktor	Vikt för inomhusmiljöfaktor	Innemiljöfaktor	Vikt för indata	Indata (detaljerade inomhusmiljöproblem)
ljudförhållanden	0,4	Ljudisolering	0,5	Musik eller röster från grannar
			0,5	Stegljud från grannar eller stoppljud från hiss
	0,4	Ljudnivå	0,25	Ljud från ventilationen
			0,25	Ljud från kranar, rör, element
			0,125	Ljud från kyl/frys
			0,375	Ljud utifrån
	0,2	Efterklangstid	1	Ekar i trapphus/korridor

Belastningsvärdet för den sammanfattande inomhusmiljöfaktorn ljudförhållanden i Fastighet D beräknas enligt Tabell 6. Indata i form av besvärshänsynsfrakvenser från EcoEffect-enkäten räknas först om till belastningsvärden via uppställda kriterier (bilaga 2). Belastningsvärdet för varje indata multipliceras sedan med respektive vikt vilket ger en *viktad belastning* för varje indata. De viktade belastningarna för de indata som hör till en viss inomhusmiljöfaktor summeras sedan, vilket ger belastningsvärden för inomhusmiljöfaktorerna ljudisolering, ljudnivå och efterklangstid. Belastningsvärdet för respektive inomhusmiljöfaktor multipliceras sedan med respektive faktors vikt till en viktad belastning för varje inomhusmiljöfaktor. I det sista steget summeras de viktade belastningarna för inomhusmiljöfaktorerna som hör till den sammanfattande inomhusmiljöfaktorn ljudförhållanden och ett belastningsvärde för ljudförhållanden erhålls. I exemplet nedan är ljudförhållandena i Fastighet D något sämre än normalt, med ett belastningsvärde på 2,25.

I princip kan indata på lägsta nivå direkt vikta ihop till den sammanfattande inomhusmiljöfaktorn. Delnivåerna finns snarare till för att strukturera metodiken och för att skapa förståelse för hur olika detaljerade inomhusmiljöproblem hänger ihop med byggnadsrelaterade faktorer av skilda slag.

EcoEffect Innemiljövärdering

Tabell 6. Exempel på beräkning av belastningsvärde för den sammanfattande innemiljöfaktorn ljudförhållanden för befintliga fastigheter

Enkätfråga	Besvärs-frekvens	Belastningsvärde (B) - indata	Vikt (v)	Viktad belastning - indata	Belastningsvärde, B <sub>i</sub> -innemiljöfaktor	Vikt (v)	Viktad belastning innemiljöfaktor	Belastningsvärde, B <sub>i</sub> -sammanfattande innemiljöfaktor	Ljudförhållanden
Musik eller röster från grannar	24%	3	0,5	1,5	3	Ljudisolering	0,4	1,2	
Stegljud från grannar eller stoppljud från hiss	21%	3	0,5	1,5					
Ljud från ventilationen	3%	0	0,25	0	1,625	Ljudnivå	0,4	0,65	
Ljud från kranar, rör, element	10%	2	0,25	0,5					
Ljud från kyl/frys	0%	0	0,125	0					
Ljud utifrån	28%	3	0,375	1,125					
Ekar i trapphus/korridor	18%	2	1	2	2	Efterklangstid	0,2	0,4	



I delrapporten om miljövärderingsmetodik redogörs för olika angreppssätt som kan användas för att genomföra sammanviktningar av delproblem. I EcoEffect-metodik för innemiljövärdering har vikter för olika parametrar och miljöfaktorer satts efter professionell bedömning av Marie Hult, exempelvis dem som använts i exemplet ovan. Dessa vikter som också för närvarande är de som gäller i EcoEffects datorprogram framgår av bilaga 1-6 för respektive problemhierarki. Tillvägagångssättet för att ta fram dessa vikter finns beskrivet i hennes doktorsavhandling<sup>1</sup>. I kapitel 6 ges översiktliga motiv till varför vissa problem har fått väga tyngre än andra i metodik.

## 4.6 Indata för värderingen

För att kunna göra en fullständig innemiljövärdering enligt EcoEffect krävs först och främst de indata som i stora drag framgår av Tabell 7.

*Tabell 7. Indata som krävs för att kunna göra en innemiljövärdering enligt EcoEffect av en planerad respektive befintlig byggnad.*

	<b>Planerad byggnad</b>	<b>Befintlig byggnad</b>
Allmänna data	Fastighetsbeteckning, ort	Fastighetsbeteckning, ort
	Huvudsaklig användning (bostäder, skola, kontor)	Huvudsaklig användning (bostäder, skola, kontor)
		Areor; i första hand boarea och bruksarea samt tomtarea
	Antal brukare som byggnaden är dimensionerad för	Dimensionerat eller verkligt antal brukare
Innemiljö	Ifylld tabell PM1 med programkrav (innemiljöparametrar) vid värdering i programskede.	Enkätsvar från EcoEffectenkäten
		Uppmätta värden för radon i luft
		Uppmätta värden för magnetisk och elektrisk fältstyrka, band I
		Uppmätt varmvattentemperatur – vid tappställe och varmvattenberedare
	Ifylld tabell PM2 med innemiljöprestanda för byggdelar vid värdering i projekteringskede.	Besiktning/inventering av specifika hälsorisker såsom miljö- och hälsofarliga ämnen/material, fuktskador/risker, eventuella källor för tillväxt av legionella i installationssystem

För befintliga byggnader samlas indata främst in genom att byggnadens brukare svarar på en enkät om innemiljön, EcoEffect-enkäten<sup>2</sup>. EcoEffect-enkäten finns för närvarande för fastigheter som inrymmer bostäder, arbetsplatser och

<sup>1</sup> Hult. (2002:1).

<sup>2</sup> EcoEffect-enkäten grundar sig på den s.k Stockholmsenkäten, dock med vissa ändringar och tillägg.

skolverksamhet (bilagorna 7 och 8<sup>1</sup>). För problem/faktorer som brukarna inte kan uppleva utnyttjas ett antal mätvärden och besiktningresultat.

Om det istället är en planerad byggnad som skall värderas utgör den kravspecifikation för innemiljön som ställts upp för projektet i form av en ifylld tabell PM 1 (bilaga 4) och de innemiljöprestanda för byggdelar som projektören valt och dokumenterat i tabell PM 2 (bilaga 6) istället indata för värderingen. Tillvägagångssättet vid datainsamling skall ske enligt vedertagna inventeringsrutiner. Genomförande av EcoEffect-enkäten skall ske under uppvärmningssäsongen. Ett syfte med enkäten är att kunna dra statistiskt säkerställda slutsatser och kunna göra jämförelser med andra likvärdiga undersökningar. Svarsfrekvensen skall därför ligga på 75 % eller däröver. I arbetslokaler är detta i regel inget problem då enkäten kan lämnas ut och samlas in samma dag till de personer som en typisk dag befinner sig på arbetsplatsen. För bostadshus kan däremot både en och två påminnelser krävas. Antalet svarande får inte heller vara för få. Bedömningen är att detta antal minst måste vara 12 personer för att värderingsmetoden skall anses tillräckligt tillförlitlig. Således är exempelvis flerbostadshus med färre än 12 lägenheter inte möjliga att dra generella slutsatser om även om enkäten kan användas för att identifiera eventuella problem inför besiktning.

Beroende på vilken typ av byggnad som värderas kan små avvikelser i värderingsmetodiken också förekomma. De indata som krävs framgår mer i detalj av de datablad som tidigare har nämnts och som finns bilagda till huvudrapporten<sup>2</sup>.

## 4.7 Vidareutveckling av metodiken för värdering av innemiljö

EcoEffects värderingsmetodik för innemiljö är den första i sitt slag att försöka skapa ett heltäckande värderingssystem för innemiljöer som både kan användas i förvaltningsskedet och vid planering av nya byggnader. I metodiken har på ett ambitiöst sätt samlats omfattande kunskaper och erfarenheter om hela innemiljöområdet samt kunskaper om väsentliga aspekter att arbeta med för att förebygga hälso- och komfortproblem inomhus i olika byggnadsskeden. En direkt konsekvens av detta är att metodiken är omfattande och risken att man hänger upp sig på detaljer är därmed stor.

Eftersom innemiljöområdet är ett kunskapsfält inom vilket ny kunskap utvecklas i förhållandevis rask takt utgör de slutproblem och även alla de detaljer som för närvarande behandlas i metodiken inte någon absolut slutpunkt. Vissa av problemen försöker vi skaffa mer kunskap om genom att exempelvis inkludera

---

<sup>1</sup> Bilaga 7 visar bostadsenkäten och bilaga 8 visar kontorsenkäten. Skolenkäten för personal är mycket lik kontorsenkäten och redovisas därför ej här. En enkät för skolelever och högskola finns också utvecklad inom projektet.

<sup>2</sup> Glaumann och Malmqvist. (2004).

frågor i EcoEffect-enkäten, för att kanske på sikt överge dem eller lägga till dem i metodiken. Likaså kan nya problem dyka upp som bedöms som viktiga att ta med i metodiken. En sådan utveckling är naturlig för metoder av denna typ.

Eftersom metodiken är kriteriebaserad och uppbyggd i hierarkier har en stor mängd bedömningar gjorts för att fastslå skalorna för belastningsvärden samt vikter för alla de kriterier (indata, parametrar, delproblem, etc) som ingår i metodiken. I synnerhet när det gäller värdering av planerade byggnader är antalet kriterier mycket stort. Som tidigare har nämnts har dessa bedömningar gjorts professionellt av Marie Hult som en del i hennes avhandlingsarbete. Som ett resultat av detta arbete finns nu en sammanhängande metodik som går att använda för värdering av innemiljöer. Detta utesluter emellertid inte att vi själva kan försöka se kritiskt på delar i metodiken. Delar som därmed är värdefulla att arbeta vidare med för att den skall bli än mer tillförlitlig och systematiskt grundad.

### Systematiskt uppbyggda hierarkier

En viktig aspekt vid multikriterieanalys enligt AHP<sup>1</sup> är att styra så att enskilda problem/kriterier inte ”dubbelbokförs”. Hur hierarkin är organiserad kommer därmed att ha betydelse för vilket slutresultat man får fram. Principen för en systematisk organisation är att problem på samma kategorinivå måste vara oberoende av varandra. Det finns exempel på delar i metodiken där det kan ifrågasättas om denna typ av organisation har genomförts på ett entydigt sätt. Ett exempel är det detaljerade innemiljöproblemet ”ljud utifrån” som har kopplats ihop med ljudnivå. Hur störande problemet upplevs beror bland annat på ljudisoleringen. Ljudisolering ligger emellertid i en annan nod vilket innebär att noderna ljudnivå och ljudisolering inte är helt oberoende av varandra. I många fall bygger delar i metodiken på befintliga standarder, etc, vilket exempelvis är fallet med ljudförhållandena. Målsättningen borde emellertid vara att gå mot en mer entydig organisation av kriterierna än vad som på vissa ställen är fallet idag.

### Skalor för belastningsvärden

Idag är skalorna för belastningsvärdena inte konsekvent satta så att exempelvis 10 % störda brukare alltid ger belastningsvärde 2. För vissa problem ger en sådan besvärsfrekvens en 2:a, för andra en 3:a. Så borde det inte vara utan ”vad som är normalt” alternativt ”praxis” bör alltid ges en tvåa. Det innebär sedan att det kan vara så att det krävs en mycket starkare lukt av avlopp än av avgaser för att 20 % av brukarna skall klaga på avlopps- respektive avgaslukt. Så länge besvärsfrekvenser, mätvärden, prestandakrav, etc räknas om till belastningsvärden bör metodiken systematiskt lägga belastningsvärdena så att en 2:a motsvarar när 20 % klagar. Då vet vi att belastningsvärde 2 alltid motsvarar detta och det är lättare att förstå jämförelser. Orsaken till att metodikens skalor för belastningsvärden idag ser annorlunda ut är att de i vissa fall bygger på erfa-

---

<sup>1</sup> Analytic Hierarchy Process.

renheter från Stockholms Hus- och Hälsaundersökning<sup>1</sup>. I denna har nästan 13 000 boende i flerbostadshus i Stockholm svarat på upplevelser av ett antal detaljerade innemiljöproblem. Det har då visat sig t ex. att det i Stockholm är normalt att t ex 10 % klagar på att det luktar avlopp, medan det är normalt i de flesta hus att ca 20 % klagar på att det luktar avgaser. Sådana skillnader borde istället konsekvent hanteras genom att tilldela problemen olika vikter.

### Jämförda störningsnivåer för vikter

För att de vikter som sätts för respektive kriterium skall vara trovärdiga bör samma störningsnivå jämföras oavsett problem. Vikten bör spegla hur viktigt eller störande problemet är och för att sätta vikten krävs att det är samma belastningsvärde som jämförs för olika problem, dvs det är precis över 2 som skall jämföras. Dvs. när 21 % klagar på avlopp respektive avgaser hur svår är egentligen störningen? Det är här som det skall avslöjas i vikten att störningen är mycket värre om det luktar avlopp än om det luktar avgaser. Om vi gör så, så håller vi isär vad som är skalan för belastningsvärden och vad som är vikter.

I dagens system har den här bedömningen redan gjorts då skalan för belastningsvärden har fastställts. Hur vikterna har satts är inte tydligt, exempelvis är vikten för avgaslukt större än den för avloppslukt i dagens system, trots att avloppslukt har bedömts som ett svårare problem då skalan för belastningsvärden satts. Orsaken är att utgångspunkten har varit att summan av vikterna för varje nod måste vara 1 och att olika antal kriterier ingår under olika noder i trädstrukturerna.

### Olika antal kriterier under olika noder

I hierarkierna har ibland ett stort antal delproblem bedömts bidra till ett överordnat problem. Exempelvis är det hela nio kriterier som ingår under bedömningen av sensorisk luftkvalitet vid värdering av befintliga byggnader. I andra fall är det enbart ett eller ett fåtal kriterier som bedömts bidra till nästa nivå i hierarkin. Som exempel kan nämnas efterklangstid som enbart värderas utifrån hur många brukare som störs av att det ekar i trapphus och/eller korridorer. Detta innebär att i det senare fallet tilldelas problemet att ”det ekar i trapphus...” vikten 1 eftersom summan av vikterna måste vara 1 för varje kategorinivå. I fallet med sensorisk luftkvalitet har alla delproblem mycket lägre vikter eftersom 1 måste fördelas på nio delproblem. Skulle det vara så, vilket inte är särskilt otroligt då vi hanterar detaljfrågor, att ett delproblem bedöms behöva läggas till eller tas bort, krävs att vikterna fördelas på nytt. Ett sådant system visar att vikterna inte har satts enbart med utgångspunkt ifrån hur problematiskt/störande ett visst problem bedöms vara för den som drabbas utan också bland annat utifrån var det har placerats i hierarkin och hur många andra delproblem som bedömts bidra till samma nod.

Då metodiken utvecklades var utgångspunkten kriterierna på det som motsvarar kategorinivå 1 i Figur 6 och vilket sammanfattande innemiljöproblem eller innemiljöfaktor dessa bedömdes bidra till. Vikterna sattes därmed på denna nivå. På mellanliggande nivåer har vikter satts av andra skäl, för att få struktur.

---

<sup>1</sup> USK. (1993).

## Metodutveckling av viktningsprinciperna

Under EcoEffect-projektets gång har ett metodprojekt pågått med syftet att ta itu med de problem som nämns ovan. Ett annat syfte med metodprojektet har varit att få metodiken för intern miljöpåverkan att närma sig den för extern miljöpåverkan i EcoEffect. Detta har resulterat i ett förslag på hur viktningsmetodiken kan utvecklas vilket beskrivs närmare i delrapporten ”metodbeskrivning” om metod samt i en artikel<sup>1</sup>. Förslaget har också presenterats vid två internationella konferenser<sup>2</sup>.

Förslaget bygger på att man för varje enskilt detaljerat innemiljöproblem (slutproblem) tar fram ett för problemet specifikt *skadevärde* som utnyttjas som vikt. Skadevärdet är unikt för problemet och avser att beskriva den störning/skada på människors hälsa som problemet resulterar i vid en viss störningsnivå. Störningsnivån motsvarar precis över 2 i belastningsvärde, dvs. precis vad som krävs för att problemet skall ges belastningsvärde 3. Skadevärdet (vikten) är alltså enbart kopplad till problemet. Avsikten är sedan att det skall multipliceras direkt med exempelvis besvärshäufigheter vid värdering av befintliga byggnader. Besvärshäufigheterna är då enbart kopplade till den fastighet som värderas och belastningsvärdena på kategorinivå 0 kan tas bort. Det innebär att enbart det som upplevs som problem kommer att komma med i de slutliga belastningsvärdena för hälsoproblem och innemiljöfaktorer.

Skadevärdet grundar sig på en klassificering av respektive innemiljöproblem (slutproblem) genom att på ett standardiserat sätt bedöma hur det påverkar människors livskvalitet, där livskvalitet ses som möjligheten att kunna utföra en rad vardagsaktiviteter, hur det inverkar på psyket, osv.

Skadevärden för alla de detaljerade innemiljöproblem som behandlas i dagsläget i EcoEffect-metodiken för innemiljö, har emellertid ännu inte tagits fram varför datorprogrammet i sin nuvarande version fortfarande innehåller de gamla vikterna. Förslaget på den nya metodiken redovisas i detalj i delrapporten ”metodbeskrivning”.

---

<sup>1</sup> Glaumann och Malmqvist. (2005).

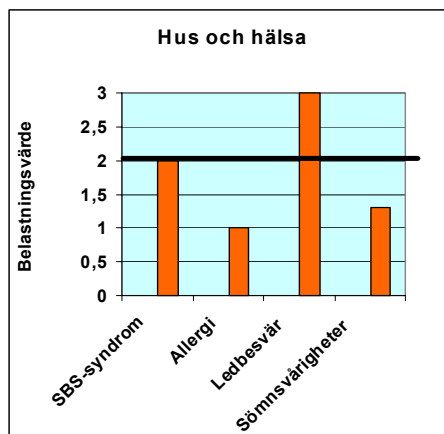
<sup>2</sup> IAPS International Conference on Methodologies in Housing Research, KTH, Stockholm, 22-24 sep 2003. SETAC Europe 14<sup>th</sup> Annual Meeting, Prag, 18-22 april 2004.

## 5 Redovisning av innemiljövärderingen

Innemiljövärdering av såväl planerade som befintliga byggnader kan redovisas på en rad olika sätt. I EcoEffects datorprogram utgörs redovisningen huvudsakligen av de två diagrammen Hus och Hälsa och Innemiljöfaktorer med staplar. Från dessa kan man sedan stega sig ner i de trädstrukturer som finns för problemet eller innemiljöfaktorn i fråga. De diagram som erhålls vid värdering av befintlig bebyggelse har tidigare visats i Figur 5. Om en komplett EcoEffectvärdering genomförs av fastigheten finns också möjligheten att se resultat från innemiljövärderingen i samma diagram som andra miljövärderingsområden vilket redogörs för senare i detta kapitel.

De staplar som kan ses visuellt med datorprogrammets hjälp kan emellertid också redovisas i form av siffror. På detta sätt erhålls *innemiljöindikatorer*. Sådana indikatorer (eller nyckeltal) kan utnyttjas direkt för att formulera mål om värderingen används för miljöstyrning i de olika skedena. I detta kapitel beskrivs översiktligt hur de olika diagrammen beräknas och hur de kan förstås och tolkas.

### 5.1 Diagrammet Hus och hälsa



Figur 10 Redovisning av innemiljövärderingen – diagrammet Hus och Hälsa.

Av de s k. slutproblem som beskrivs senare i kapitel 6 är det SBS-syndrom, allergi, förvärrade ledbesvär på grund av kyla och drag samt sömnsvårigheter på grund av buller (alternativt koncentrationssvårigheter på grund av buller för arbetsplats) som för närvarande redovisas i metodiken just i form av slutproblem. Dessa problem redovisas i diagrammet Hus och hälsa, Figur 10. Brukarupplevda, övergripande omdömen av komfortproblem relaterade till luftkvaliti-

tet, termiskt klimat, ljudförhållanden och ljusförhållanden redovisas istället i diagrammet för komfortproblem, Figur 12, vilket behandlas senare i kapitlet.

## Sambandsstrukturer och indata

Metodikerna bakom att få fram underlag för diagrammet Hus och Hälsa skiljer sig mycket beroende på om det är en planerad eller en befintlig byggnads inomhusmiljö som värderas. Vid värdering av befintliga byggnader kan man direkt gå ut och fråga byggnadens brukare om hur de upplever de problem som ingår i diagrammet. Vid värdering av planerade byggnader går man istället omvägen via de detaljerade inomhusmiljöproblemen och inomhusmiljöfaktorer som har bedömts ha störst betydelse för respektive problem. Trädstrukturen för värdering av hälsoproblem i befintliga byggnader framgår av Tabell 8. I Tabell 9 ges ett exempel på hur trädstrukturen ser ut vid värdering av hälsoproblem i planerade byggnader. Här har problemet sömnsvårigheter på grund av buller valts, med kopplingen mellan de begrepp som redogjorts för i kapitel 2, angivna. Observera att hierarkin för byggnader i program – respektive projekteringskedje sammanfaller ända till de nivåer som är skuggade, där slutligen ingående kriterier (dvs. de indata som matas in i datorprogrammet) är olika för de två skedena.

Tabell 8. Trädstruktur för värdering av hälsoproblem i befintliga byggnader – underlag för diagrammet Hus och Hälsa.

Hälsoproblem	Miljö/hälsoparameter
SBS	Antal symptom med besvärsfrekvenser "ja, ofta" (irritation i näsa, ögon, hals, hosta, hudirritation) signifikant lägre eller högre än förväntat.
	Antal symptom med besvärsfrekvenser "Ja ofta, beror på bostaden/ lokalen" signifikant lägre eller högre än förväntat.
Allergi	<u>Förvärrad allergi</u> Andel av de svarande i huset som anser att det allergiska tillståndet försämras vid vistelse i bostaden.
	<u>Framkallad allergi</u> Andel av de svarande i huset som förvärvat sin allergi efter inflyttning i huset och som anser att bostadens inomhusmiljö bidrar till de allergiska besvären.
Förvärrade ledbesvär	Andel av samtliga svarande som har ledbesvär och som ofta förvärras p g a kyla eller drag i lägenheten.
Sömnsvårigheter p g a buller	Andel av samtliga svarande som ofta har sömnsvårigheter p g a buller.



## EcoEffect Innemiljövärdering

Tabell 9. Trädstruktur vid värdering av sömnsvårigheter på grund av buller i planerade byggnader. I programskedet utnyttjas kriterier som hämtas från bilagan PM1 som indata, i projekteringskedet är det innemiljöprestanda från PM2 som utnyttjas.

Hälsa- problem	Detaljerade innemiljöfaktorer	Detaljerade innemiljöproblem	Innemiljöparametrar PH1	Kriterier PM1	Innemiljöprestanda PH2/Kriterier PM2
Sömnsvårigheter på grund av buller	Ljudisolering	Musik och röster från grannar	Luftljudsisolering	Luftljud lgh-lgh	Planlösning och väggkonstruktion map luftljud
				Luftljud trapphus - lgh	Risk för flanktransmission
				Luftljud rum- rum i lgh	Tamburdörrars ljudisolering Hissars utformning och infästning med hänsyn till ljudisolering
		Stegljud från grannar	Stegljudsisolering	Stegljud rum-trapphus	Konstruktion lghskiljande bjälklag map stegljud
				Stegljud rum - annan lgh	
				stegljud rum-rum i lgh	
	Ljudnivå	Ljud från ventilationen Ljud från kranar, element Ljud från kyl/frys	Ljud från installationer	Ljudnivå inomhus från installationer	Ventilationssystemets utformning med hänsyn till ljudnivå
					Utformning och dimensionering av värme- och va-installationer enligt vald ljudnivåklass.
					Ekvivalenta ljudnivåer från kylar/frysar
		Ljud utifrån	Ljud inomhus från trafikbuller	Ljudnivå inomhus från trafikbuller	Ljudisolering i fönster/balkongdörrar Ljudfällor i ev uteluftsdon.

Hela trädstrukturen för diagrammet Hus och Hälsa framgår av bilaga 1 (befintliga byggnader), bilaga 3 (byggnader i programskedet) och bilaga 5 (byggnader i projekteringsskedet). I dessa bilagor framgår också vilken vikt respektive ”gren” i träden har då de aggregeras uppåt till det slutliga hälsoproblemet. Likaså framgår exakta indata för respektive problem, exempelvis vilken fråga i enkäten som används samt vilken besvärsfrekvens som skall användas för beräkning av belastningsvärdet.

Sambandsstrukturen för de problem som ingår i diagrammet vid värdering av befintliga byggnader är som synes i Tabell 8, enkel. Vid värdering av planerade byggnader är strukturerna mer komplexa då man måste gå omvägen via detaljerade innemiljöfaktorer, vilka man gör bedömningen, bidrar till problemen. En grundbult i metodiken är emellertid att man idag känner till att hälsoproblemen kan *indikeras* av andra upplevda komfortproblem eller måtvärden. Via dessa komfortproblem, detaljerade innemiljöproblem, byggs sambandsstrukturen för byggnader, i såväl program- som projekteringsskede, upp.

I problembeskrivningarna i kapitel 6 motiveras mer detaljerat varför sambandsstrukturerna ser ut som de gör för respektive problem i Hus och Hälsadiagrammet.

## Detaljerad kommentar om SBS i befintliga byggnader

Värderingen av SBS-syndrom för befintliga byggnader är en av de mest komplexa i metodiken. I en databaserad version är det emellertid inte svårt att beräkna belastningsvärdet men här ges en beskrivning av hur det går till.

### Förväntad besvärsfrekvens för SBS

Första steget vid bedömning av risk för SBS är att räkna fram en *förväntad besvärsfrekvens* för byggnadens brukare. Vid beräkning av denna förväntade besvärsfrekvens för respektive symptom används den modell som utvecklats i Hus- och hälsoundersökningen i Stockholms och som är baserad på logistisk regressionsanalys<sup>1</sup>. De svarande i byggnaden delas först in i åtta kategorier enligt Tabell 10. Indata för att kunna göra indelningen hämtas från frågor i EcoEffectenkäten om allergiska besvär, ålder och kön (fråga F1, J7 och J8). De som svarar ja på ett eller flera av symptomen astma, hösnuva eller eksem klassas som allergiker.

Tabell 10. Indelning av de svarande i kategorier för att beräkna förväntad besvärsfrekvens för SBS.

	Allergiker	Ej allergiker
18-64 år	Män	Män
	Kvinnor	Kvinnor
65 år-	Män	Män
	Kvinnor	Kvinnor

<sup>1</sup> Fyrhake et al. (1998). Engvall et al. (2000).

För var och en av dessa åtta kategorier av brukare finns en beräknad sannolikhet för olika SBS-symptom, grundad på ett genomsnitt för boende i Stockholms flerbostadshus<sup>1</sup>. Dessa sannolikheter finns framräknade både för dem som uppger att de ofta besväras av SBS-symptom och för dem som ofta besväras av SBS-symptom och dessutom anser att de beror på bostadsmiljön (bostaden). Då det visat sig att boende i allmännyttiga flerbostadshus rapporterar högre besvärsfrekvenser än boende i bostadsrätt/privatägda hus, är sannolikheten olika beroende på upplåtelseform. För att ta hänsyn till upplåtelseformen används fyra tabeller som redovisas i bilaga 9. För att få fram det förväntade antalet besvärade för ett visst symptom, t ex ögonirritation, multipliceras antalet personer i en viss kategori med sannolikheten för att få ögonirritation för motsvarande kategori och den upplåtelseform som byggnaden gäller. Genom att multiplicera med 100 erhålls *förväntade besvärsfrekvenser* för de fem symptomen.

### Faktisk besvärsfrekvens för SBS

*Faktiska besvärsfrekvenser* erhålls från enkätfrågan om SBS-symptom (fråga F2) i EcoEffect-enkäten. Svarefrekvenser för de som har svarat ”ja, ofta” respektive ”Ja, beror på bostadsmiljön (eller innemiljön)” på symptomen 3-7 är de som är av intresse.

### Jämförelse mellan förväntad och faktisk besvärsfrekvens

Slutligen jämförs de förväntade besvärsfrekvenserna med de faktiska och den skillnad som föreligger för var och en av de tio frågorna signifikantest genom ett s.k. student t-test. Om det med formeln framräknade t-värdet är större än 2,55 eller mindre än -2,55 är skillnaden i besvärsfrekvens högre respektive lägre än förväntat med 99% sannolikhet.

$$t = \frac{\frac{Y}{n} - p}{\sqrt{\frac{1}{n} \cdot \frac{Y}{n} \left(1 - \frac{Y}{n}\right) \left(1 - \frac{n}{N}\right)}} \quad (\text{ekv. 2})$$

Y = Antal svarande med ett visst symptom, t ex ögonirritation

n = Totalt antal svarande på enkäten

Y/n = Faktisk andel svarande med ett visst symptom, t ex ögonirritation

p = Förväntad andel svarande med ett visst symptom, t ex ögonirritation

N = totalt antal lägenheter i byggnaden

Ju färre svarande det finns i byggnaden i förhållande till totala antalet lägenheter, desto mindre signifikant är en skillnad mellan förväntad och faktisk besvärsfrekvens. Modellen är till för att ta hänsyn till hur de boendes sammansättning ser ut i ett enskilt hus vad gäller åldrar, kön och allergiförekomst, samt om det gäller ett privatägt eller allmännyttigt hus. De skillnader som uppkommer mellan den på detta sätt uträknade förväntade besvärsfrekvensen och den

<sup>1</sup> Fyrhake et al. (1998).

faktiska, som registrerats med enkäten, kontrolleras med avseende på hur statistiskt säkerställd skillnaden är. Metoden för att göra signifikanstestet ser Stockholms stads utrednings- och statistikkontor i skrivande stund över för att få den bättre anpassad för just detta ändamål.

Slutbedömningen av risk för SBS görs genom att ta hänsyn till *antalet* symptom som rapporterats i lägre respektive högre besvärsfrekvens än förväntat med 99 % sannolikhet. Detta bestämmer belastningsvärdet i skalan 0 – 3, enligt Tabell 11. Skalan är satt utifrån erfarenheter av hur spridningen av bättre och sämre flerbostadshus ser ut i Stockholms Hus- och hälsaundersökning<sup>1</sup>.

Tabell 11. Skala för belastningsvärden vid värdering av SBS-symptom i befintliga byggnader.

	VIKT	KRITERIER	SKALA FÖR BELASTNINGSVÄRDEN			
			0= Försumbar risk	1= Liten risk	2= Normal risk	3= Högre risk än normalt
Hälsoproblem 5: SBS	0,5	- Antal symptom med besvärsfrekvenser "ja, ofta" (irritation i näsa, ögon, hals, hosta, hudirritation) signifikant lägre eller högre än förväntat.	- Inget symptom i signifikant högre frekvens än förväntat. -2 eller fler symptom i signifikant lägre frekvens än förväntat.	- Inget symptom i signifikant högre frekvens än förväntat. -1 symptom i signifikant lägre frekvens än förväntat.	- Inget symptom i signifikant högre frekvens än förväntat.	- 1 eller flera symptom i signifikant högre frekvens än förväntat.
	0,5	- Antal symptom med besvärsfrekvenser "Ja ofta, beror på bostaden/lokalen" signifikant lägre eller högre än förväntat.	- Inget symptom i signifikant högre frekvens än förväntat. -2 eller fler symptom i signifikant lägre frekvens än förväntat.	- Inget symptom i signifikant högre frekvens än förväntat. -1 symptom i signifikant lägre frekvens än förväntat.	- Inget symptom i signifikant högre frekvens än förväntat.	- 1 eller flera symptom i signifikant högre frekvens än förväntat.

Analys av genomförda enkäter visar att många upplever svårigheter att avgöra om besvären har med bostadsmiljön att göra eller inte, i synnerhet i hus där det inte finns så stora problem. I byggnader med stora problem, brukar det emellertid vara lätt att avgöra om hälsan försämras när man vistas i byggnaden. För att fånga in båda dessa fall har det här befunnits lämpligt att ta hänsyn till både besvärsfrekvenserna för symptomen i sig och kopplingen till bostadsmiljön.

## Detaljerade kommentarer om allergi i befintliga byggnader

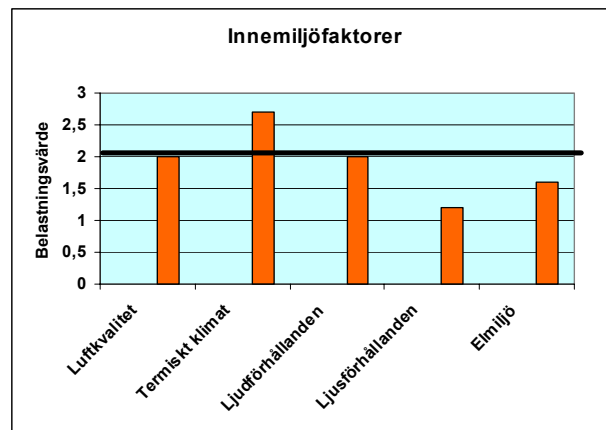
För att få fram stapeln för allergi vägs den andel av samtliga svarande i huset som har allergi och anser att deras allergi har förvärrats sedan de flyttat in i huset ihop med den andel av samtliga svarande som har förvärvat allergi sedan de flyttade in i huset.

<sup>1</sup> Fyrhake et al. (1998).

## Tolkning och tillämpning av diagrammet Hus och Hälsa

Diagrammet visar risken för uppkomst av ett antal av slutproblemen i metodiken. Det kan utnyttjas för att formulera miljömål för dessa områden och följa upp uppställda mål.

## 5.2 Diagrammet innemiljöfaktorer



Figur 11. Redovisning av innemiljövärderingen – diagrammet Innemiljöfaktorer.

En central redovisningsdel i värderingen av innemiljö enligt EcoEffect-metodiken, är diagrammet Innemiljöfaktorer (Figur 11). Diagrammet ger en redovisning av de detaljerade förhållanden som påverkar människors hälsa och komfort i innemiljön och i vilken utsträckning de kan tänkas ge negativ påverkan på de människor som vistas i den aktuella byggnaden (innemiljöpåverkan).

Vid värdering av befintliga byggnader skall diagrammet i huvudsak ses som ett redskap för att tolka orsaker till olika problem (som redovisas i de övriga diagrammen) på detaljnivå. Vid värdering av planerade byggnader är det istället den information som detta diagram ger som är det centrala arbetsredskapet som kan simuleras för att se hur olika krav och prestanda kan utnyttjas för att styra mot de mål som formulerats för innemiljön i projektet. På samma sätt kan diagrammet användas för att ta fram förslag på lämpliga miljömål för projekt.

Som tidigare har tagits upp redovisas på den högsta nivån i diagrammet fem sammanfattande innemiljöfaktorer; luftkvalitet, termiskt klimat, ljutförhållanden, ljusförhållanden och elmiljö.

### Sambandsstrukturer och indata

Vid värdering av befintliga byggnader kan man med hjälp av enkäten fråga byggnadens brukare om hur de specifikt upplever *detaljerade innemiljöproblem*, såsom om de besväras av mögellukt, ljud från ventilationen eller att bo-

staden får in för lite dagsljus. Besvärsfrekvenser för sådana problem som kan upplevas, samt mätvärden för sådana problem som ej kan upplevas med sinne-  
na räknas om till belastningsvärden.

Vid värdering av planerade byggnader har samma detaljerade inommiljöpro-  
blem som vid befintliga byggnader, en central roll för att sammanlänka inne-  
miljöparametrar i programskedet respektive inommiljöprestanda i projekterings-  
skedet med inommiljöfaktorerna. Värderingen av inommiljöfaktorer för planera-  
de byggnader är därmed uppbyggd på likartat sätt som för det ovan beskrivna  
diagrammet Hus och Hälsa. De parametrar/prestanda som utgör indata är emel-  
lertid inte alltid desamma. I diagrammet Hus och Hälsa är det nämligen enbart  
de parametrar/prestanda som har betydelse för hälsoproblemet i fråga som in-  
går i värderingen. I diagrammet för Innommiljöfaktorer ingår alla parametrar  
som påverkar både komfort och hälsa och som kan föras till en viss samman-  
fattande inommiljöfaktor.

Tabell 12 visar sambandsstrukturen för den sammanfattande inommiljöfaktor  
Ljutförhållanden. Vid värdering av befintliga byggnader utgörs den lägsta ni-  
vån i trädstrukturen av indata i form av besvärsfrekvenser och mätvärden för  
*inommiljöproblem*. Vid värdering av planerade byggnader grenar trädet sig vi-  
dare åt höger, enligt tabellen. Jämför tabellen med Tabell 9, så framträder tyd-  
ligt likheterna med värdering av hälsoproblem för värdering av planerade  
byggnader. I datorprogrammet visas inte inommiljöproblemen i hierarkin då  
planerade byggnader värderas. Att den kopplingen finns framgår däremot av  
tabellerna PM1 (bilaga 4) och PM2 (bilaga 6) där sambandsstrukturerna för  
alla inommiljöfaktorer visas.

*Tabell 12. Trädstruktur vid värdering av ljutförhållanden. Kriterier vid värde-  
ring av befintliga byggnader är besvärsfrekvenser från enkätsvar på detaljera-  
de inommiljöproblem. Vid värdering av planerade byggnader utgörs kriterierna  
av inommiljöparametrar i programskedet respektive prestanda i projekterings-  
skedet.*

Innommiljöfaktor	Detaljerad inommiljöfaktor	Detaljerat inommiljöproblem i förvaltningsskedet	Kriterier programskede (PM1)	Kriterier projekteringskede (PM2)
Ljutförhållanden	Ljudisolering	Musik och röster från grannar	Luftljud lgh-lgh	Planlösning och väggkonstruktion map luftljud
			Luftljud trapphus - lgh	Risk för flanktransmission
			Luftljud rum- rum i lgh	Tamburdörrars ljudisolering
				Hissars utformning och infästning med hänsyn till ljudisolering
		Stegljud från grannar	Stegljud rum-trapphus	Konstruktion lghskiljande bjälklag map stegljud
			Stegljud rum - annan lgh	
	stegljud rum-rum i lgh			
	Ljudnivå	Ljud från ventilationen	Ljudnivå inomhus från installationer	Ventilationssystemets utformning med hänsyn till ljudnivå
		Ljud från kranar, element		Utformning och dimensionering av värme- och va-installationer enligt vald ljudnivåklass.
		Ljud från kyl/frys		Ekvivalenta ljudnivåer från kylar/frysar
		Ljud utifrån		Ljudisolering i fönster/balkongdörrar
		Ljud inomhus från trafikbuller	Ljutfällor i ev uteluftsdon.	
	Efterklangtid	Ekar i rum	Ekar i trapphus	Efterklangtid/ljudabsorbition i trapphus

Hela trädstrukturen för diagrammet Innemiljöfaktorer för värdering av befintliga byggnader framgår av bilaga 2. Men, som Tabell 12 avser visa, är det bara på den yttersta förgreningen av trädstrukturen som grenarna skiljer sig åt för de tre olika skedena. I dessa bilagor framgår också vilken vikt respektive ”gren” i träden har då de aggregeras uppåt i hierarkin. Likaså framgår exakta indata för respektive problem, exempelvis vilken fråga i enkäten som används samt vilken besvärsfrekvens som skall användas för beräkning av belastningsvärdet.

Motiven för att trädstrukturerna ser ut som de gör framgick i viss mån under beskrivningen av diagrammet Hus och Hälsa, men finns också utvidgat under problembeskrivningarna under varje sammanfattande innemiljöfaktor i kapitel 6.

### Specifika kommentarer angående ljudförhållanden i projekteringskedet

Utöver den tabell PM2 (bilaga 6) som utnyttjas för att få fram indata till värderingen av en projekterad byggnad finns för ljudförhållanden en särskild ljudbilaga. Detta på grund av att den informationen hade blivit för belastande i tabellen PM2. Det är emellertid enbart att följa instruktionerna i PM2 och ljudbilagan för att få fram belastningsvärden för enskilda prestanda. Ljudbilagan framgår av bilaga 10.

### Tolkning och tillämpning av diagrammet

#### Värdering av befintliga byggnader

Vid värdering av befintliga byggnader kan diagrammet utnyttjas för att formulera mål i miljöstyrningsprocessen. Men diagrammet har också en viktig funktion i att utgöra ett analysverktyg för att förstå mer om vilka eventuella problem som finns med byggnaden samt dess orsaker. Exempelvis erhålls i komfortdiagrammet (avsnitt 5.4) övergripande omdömen från brukarna om hur de upplever luft, ljud, ljus och värme. Om något av detta verkar vara problematiskt kan motsvarande innemiljöfaktor i diagrammet för Innemiljöfaktorer analyseras mer i detalj för att kunna hitta mer specifika problem. Om exempelvis många uppger att de har komfortproblem med avseende på ljud i diagrammet för komfortproblem, kanske det visar sig att just musik och röster från grannar upplevs som ett stort problem. Detta görs genom att stega sig nedåt i de hierarkiska nivåerna i datorprogrammet. Med hjälp av tabellerna PM1 (bilaga 4) och PM2 (bilaga 6) kan man få viss vägledning för vilka byggnadsrelaterade frågor som kan vara av betydelse för att reducera problemen.

#### Värdering av planerade byggnader

Den information som diagrammet innemiljöfaktorer innehåller är den mest betydelsefulla för värdering av planerade byggnader. Informationen kan användas på flera olika sätt beroende på hur man vill arbeta med målformulering



och uppföljning av innemiljömål. I programskedet kan man exempelvis formulera mål om hur stor andel nöjda brukare man vill ha, med avseende på de innemiljöproblem som länkar indata med innemiljöfaktorerna vid värdering av planerade byggnader. Genom sådana målformuleringar kan sedan EcoEffects brukarenkät användas i den färdiga byggnaden för att följa upp om målen uppnåtts i verkligheten. Att formulera sådana mål kan naturligtvis aldrig bli mer än en ambition från byggherrens sida eftersom vi inte har full kunskap om orsakssambanden gällande många innemiljöproblem. Dessutom kan oförutsedda saker hända i alla skeden, inte minst i byggskedet.

För detaljerade innemiljömål kan värden sättas för alla de innemiljöparametrar man intresserar sig för. Det görs med hjälp av tabellen PM1 (bilaga 4). Har man satt övergripande innemiljömål enligt ovan kan diagrammet innemiljöfaktorer redovisas med hjälp av datorprogrammet och man kan se om de detaljerade miljömål man har satt ”räcker till” för att nå de övergripande. På detta sätt kan man testa olika varianter för att göra avvägningar mellan olika intressekonflikter.

Då man befinner sig i projekteringskedet specificerar projektören i tabell PM2 (bilaga 6) vilka prestandakrav som är möjliga för olika lösningar och byggdelar. Genom att räkna fram diagrammet för innemiljöfaktorer i datorprogrammet för de valda indata kan man se om de mål som har formulerats i programskedet kan tänkas vara möjliga att nå med valda prestandakrav. På motsvarande sätt kan man alltså här utnyttja diagrammet som ett verktyg för att välja åtgärder/prestandakrav på sina byggdelar. Liksom i programskedet skall det också här ses som en ambition, då orsakssambanden inte är helt klara och naturligtvis mer komplexa i verkligheten.

## 5.3 Tabellen med mätvärden

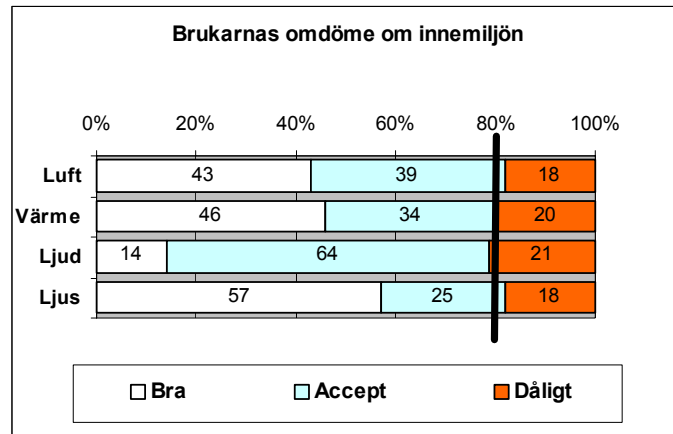
Tabell 13. Redovisning av innemiljövärderingen – kompletterande tabell med mätvärden/målvärden.

Mätparameter	Mätenhet	Uppmätt värde/Målvärde			Normalvärde	Källa
		Min	Max	Medel		
Radon	Bq/m <sup>3</sup>	25,0	350,0	113,4	Årsmedelvärde högst 200	Delmål för miljö kvalitetsmålet En god bebyggd miljö
Temperatur på tappvarmvatten	°C	48,0	53,2	51,2	Lägst 50	BBR 2002
Elektriska fält, band I, band I	V/m	1,0	45,0	12,7	Medelvärde högst 20	Elkontoro, 1995.
Magnetfält, band I	NT (nanotesla)	10,0	170,0	81,4	Medelvärde högst 200	Elkontoro, 1995.

Tabellen med mätvärden kan användas som en del i en innemiljödeklaration för en befintlig byggnad och för att ange målnivåer för ett nytt eller ombyggt hus före inflyttning. De parametrar som tas upp i tabellen ingår visserligen som indata i diagrammet innemiljöfaktorer, men bedömdes vara viktiga att få tydligt redovisade separat, varvid tabellen togs fram. För jämförelse med de be-

lastningsvärden som i övrigt används i innemiljövärderingen kan alltså normalvärdena i tabellen ovan sägas motsvara belastningsvärde 2. Då mätningar görs i befintliga byggnader skall de ske enligt vedertagen metodik.

## 5.4 Diagrammet komfortproblem



Figur 12. Redovisning av innemiljövärderingen – diagrammet komfortproblem

Figur 12 visar en bild över brukarupplevda komfortproblem. Dessa grundar sig på ett antal frågor i EcoEffect-enkäten om den övergripande upplevelsen av luftkvaliteten, ljudförhållandena, termiskt klimat och sol- och dagsljusförhållanden (frågorna B7, C5, D3, E2 i bostadsenkäten). Dåligt i diagrammet motsvaras av de personer som svarat ”ganska dålig” eller ”mycket dålig” på frågan i enkäten. Eftersom det just handlar om en sensorisk upplevelse (möjlig att uppleva med sina sinnen) visar detta diagram *inte* samma sak som diagrammet med Innemiljöfaktorer (vilket också inbegriper icke sensoriska innemiljöfaktorer). Skillnader mellan resultat i komfortdiagrammet och diagrammet för innemiljöfaktorer kan vara naturliga då man kan tendera att ge ett gott övergripande omdöme även om man störs av enskilda detaljerade innemiljöproblem.

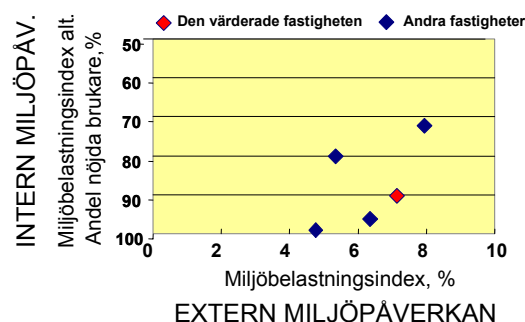
För arbetsplatser och skolor svarar brukarna på den övergripande upplevelsen av ljusförhållandena, där också elbelysningsförhållandena ingår.

## 5.5 Övergripande resultatredovisning i EcoEffect

Om innemiljövärderingen sker som en del i en miljövärdering av en fastighet enligt EcoEffect-metoden (vilket är att rekommendera) fås i datorprogrammet också två övergripande redovisningar där innemiljö ingår som en del, se Figur 13 och Figur 14 nedan. I Figur 13 sker en sammanviktning av staplarna i diagrammet i Hus och hälsa vilket ger ”ohälsa” samt en sammanviktning av staplarna i diagrammet för Innemiljöfaktorer vilket ger ”obehag”. Den studerade fastigheten jämförs med referensfastighetens värden för ohälsa respektive obehag och beroende på de procentuella skillnader som framgår av figuren ges en förenklad bild om fastigheten är exempelvis mycket bättre eller sämre än referensfastigheten. I Figur 14 utgörs intern miljöpåverkan av svaren från fem frågor i EcoEffectenkäten som tar upp hur nöjda brukarna i stora drag är med luftkvaliteten, det termiska klimatet, ljudförhållandena, ljusförhållandena och utemiljön. Det vill säga, samma frågor som ligger till grund för komfortdiagrammet med undantag från frågan om utemiljön. I huvudrapporten<sup>1</sup> beskrivs dessa diagram närmare.



Figur 13. Sammanfattande jämförelse mellan två fastigheter i EcoEffect.



Figur 14. En fastighets miljöeffektivitet visar hur nöjda brukarna är med inne- och utemiljön på fastigheten i relation till den externa miljöbelastningen.

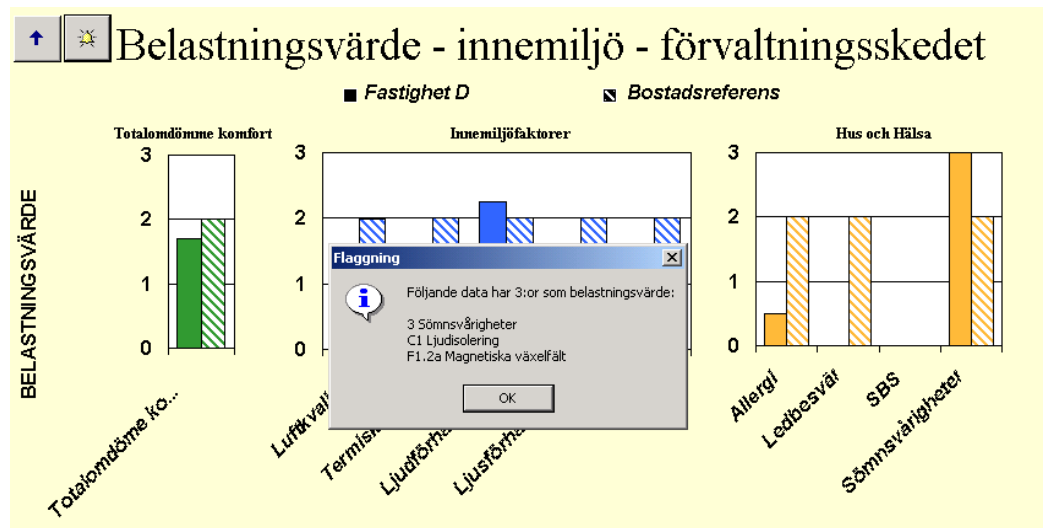
## 5.6 "Flaggning" av enstaka kriterier

Som tidigare nämnts kan skalan 0,1,2,3 för belastningsvärden (där praxis eller befintliga normer och gränsvärden är 2) ifrågasättas eftersom en ”tre” kan

<sup>1</sup> Glaumann och Malmqvist. (2004).

## EcoEffect Innemiljövärdering

vara allt från lite sämre än 2 till väldigt mycket sämre. Det innebär att ett aggregerat diagram för exempelvis Innemiljöfaktorer kan visa att luftkvaliteten är OK, trots att exempelvis radonhalter mångfalt överskrider rådande gränsvärden. För att komma undan det problemet vid värdering av befintliga byggnader har s.k. *flaggning* av enskilda kriterier, införts i metodiken. De undergrupper av hälsoproblem eller enskilda kriterier som uppvisar värden som särskilt bör uppmärksammas, vilket är fallet om de fått belastningsvärdet 3, redovisas i datorprogrammet då man får upp den samlade redovisningen över innemiljövärderingen. Figuren nedan visar hur flaggningen redovisas i EcoEffects datorprogram.



Figur 15. "Flaggning", dvs redovisning av vilka kriterier hos den värderade fastigheten som har belastningsvärde 3 och därför bör synas närmare.

Om man får upp sådan information är det viktigt att detaljgranska indata då det kan indikera allvarliga brister eller risker hos den värderade byggnaden.

## 6 Problembeskrivning – inneklimatproblem i EcoEffect

### 6.1 Inledning och läsanvisning

I detta kapitel redogörs i detalj för de byggnadsrelaterade inneklimatproblem som ingår i EcoEffects värdering av byggnaders inneklimat. Dessutom beskrivs hur problemen kan mätas samt slutligen, hur de hanteras och mäts i EcoEffect-metodiken. Ambitionen har här varit att beskriva *slutproblem* samt hur de kan relateras till olika faktorer i inneklimatet. Rubriceringen följer därför de huvudgrupper av inneklimatfaktorer som redovisas sammanfattande i diagrammet *Inneklimatfaktorer*, nämligen luftkvalitet, termiskt klimat, ljudförhållanden, ljusförhållanden och elmiljö. Till det har också lagts dricksvattenkvalitet. Under varje sådan sammanfattande rubrik beskrivs sedan var för sig först de komfortproblem och sedan de hälsoproblem som kan kopplas till respektive sammanfattande inneklimatfaktor och som behandlas i EcoEffect. För att göra denna problembeskrivningsdel överskådlig har i vissa fall flera så kallade detaljerade inneklimatproblem grupperats, då de är av liknande karaktär och mäts på likartat sätt. Ett sådant exempel är olika lukter. Motivet med att beskriva dessa slutproblem noggrant (även om de i värderingen sedan inte redovisas i diagrammet Hus och hälsa) är att betona att problem gällande människors hälsa till följd av inneklimatet är det vi har intresse av att förebygga.

Varje slutproblem beskrivs med utgångspunkt från följande disposition:

1. *Problemet för människan i bebyggelsen*: Här beskrivs själva problemet, vilken koppling som finns till byggnader, men också andra kända orsaker till problemen. I möjligaste mån koncentrerar vi oss på de orsaker som är byggnadsrelaterade. Vissa hälsoproblem (t ex SBS och allergi) har emellertid symptom som kan utlösas av andra faktorer än inneklimatfaktorer vilket innebär att vi då ger en mer generell bakgrundsbeskrivning av orsaker.
2. *Mekanism*: Här beskrivs hur problemet yttrar sig hos människan, medicinskt eller fysiologiskt.
3. *Omfattning*: Här ges en bild av vad vi idag översiktligt känner till om problemets omfattning/utbredning totalt, dvs inte enbart det byggnadsrelaterade. Men här ges också en bild av hur omfattande det byggnadsrelaterade problemet är, vilket idag är en del av det underlag som viktorna för varje behandlat slutproblem (inklusive detaljerade sådana) bygger på.
4. *Motverkande samhällsåtgärder*: Här beskrivs de åtgärder som samhället (eventuellt) har vidtagit för att motverka uppkomst av problemet eller för att behandla de människor som redan har drabbats.

5. *Mätning av problemet*: Här beskrivs hur problemet i stort kan mätas samt (om det skiljer sig) hur det byggnadsrelaterade problemet kan mätas.
6. *Problemet i EcoEffect*: Här ges en beskrivning av hur problemet hanteras i EcoEffect och hur det mäts beroende på vilket skede i byggnadens livscykel som värderas samt vad det är för typ av byggnad. Eftersom EcoEffect-metodiken för innemiljövärdering bygger på multikriterieanalys och därmed sammanviktning av problem eller kriterier måste varje kriterium ansättas en vikt. Vikterna för varje slutproblem (inklusive detaljerade slutproblem) bygger i dagsläget i första hand på omfattningen av det byggnadsrelaterade problemet (se punkt 3 - omfattning ovan) och problemets allvarlighet. Eftersom alla kriterier i metodiken associeras till dessa slutproblem, följer vikterna för övriga kriterier slutproblemens vikter. Ibland finns emellertid anledning att kommentera enskilda vikter. Under rubriken sammanfattas också vilka innemiljöparametrar och innemiljöprestanda som har fått utgöra underlag för värderingen av planerade byggnader (med utgångspunkt från punkt 1 ovan - problemet för människan i bebyggelsen).

I texten ges en översiktlig beskrivning av vilka värderingskriterier metodiken bygger på för de olika skedena. Alla detaljer, dvs. alla enskilda kriterier, dess skalor för belastningsvärden och vikter framgår av bilaga 1 och 2 (befintliga byggnader, diagrammet Hus och Hälsa respektive Innemiljöfaktorer), bilaga 3 och 4 (programskedet diagrammet, Hus och Hälsa respektive Innemiljöfaktorer) och bilaga 5 och 6 (projekteringsskedet, diagrammet Hus och Hälsa respektive Innemiljöfaktorer).

## 6.2 Luftkvalitet

Luften inomhus är sammansatt av en mängd olika fysikalisk/kemiska komponenter som påverkar människans hälsa och välbefinnande. God luftkvalitet brukar karaktäriseras som sådan som liknar ren uteluft. Den upplevda luftkvaliteten påverkas också av lufttemperaturen. Svalare luft upplevs i allmänhet som friskare. En för hög temperatur ger en låg relativ luftfuktighet på vintern och upplevelse av torr luft.

Vanliga obehag till följd av luftkvaliteten i inomhusmiljön i byggnader är luktproblem, i synnerhet matos och röklukt från grannar, mögellukt och liknande. Problemet med torr luft är vanligt förekommande på våra breddgrader. Ämnen i ineluften kan också ge mer bestående problem i form av olika sjukdomssymptom.

Luftkvaliteten bestäms av luftens halt av föroreningar (flyktiga kemiska ämnen och partiklar av olika slag). Luftens temperatur och relativa fuktighet har också en inverkan på upplevd luftkvalitet. Vissa föroreningar avger lukter, vissa irriterar slemhinnor och hud. Det finns också föroreningar som vid långvarig exponering, kan ge upphov till hälsoproblem, exempelvis radondöttrar, som kan

ge lungcancer. För allergiker har luftens halt av allergener (pollen, kvalster, djurepitel mm) stor betydelse.

Att karaktärisera luftkvalitet är mycket komplext. Det finns föroreningar som är skadliga (t ex. cancerframkallande) men som inte luktar eller irriterar. Det finns ämnen som är irriterande men inte luktande och tvärt om. Olika människor har mycket olika tröskelvärden. En allergiker kan exempelvis vara flera hundra gånger känsligare för ett visst ämne i luften än andra människor<sup>1</sup>.

När det gäller luftkvalitet kan vi enligt tidigare distinktion skilja mellan sådana innemiljöfaktorer som kan ge upphov till tillfälliga, upplevda problem och sådana som kan ge upphov till mer bestående sjukdomssymptom. Till de förra hör de flesta lukter medan de senare dels utgörs av ämnen som verkar irriterande på slemhinnor och hud, dels ämnen som inte kan upplevas när man exponeras för dem. Det har emellertid visat sig att det knappast går att särskilja förekommande ämnen i bebyggelsen som luktar respektive irriterar. Många ämnen kan ge såväl problem för stunden som bestående problem i de fall exponeringen blir mer långvarig eller dosen alltför hög. Tabell 14 ger några sådana exempel på miljöfaktorer relaterade till luftkvalitet.

*Tabell 14 Exempel på miljöfaktorer relaterade till luftkvalitet och hur de kan delas in.*

	<b>Kan ge problem för stunden</b>	<b>Kan ge bestående problem</b>
<b>Möjlig att uppleva med sina sinnen</b>	Matos, avloppslukt	Formaldehyd, mögel
<b>Inte möjlig att uppleva med sina sinnen</b>	-	Radon, gammastrålning

I det här kapitlet behandlas för stunden upplevda och bestående problem som kan sägas hänga samman med luftkvaliteten inomhus.

## Dålig sensorisk luftkvalitet

I detta avsnitt avses för stunden upplevda obehag i form av lukter, m.m. inomhus. De problem som i första hand behandlas i EcoEffect-metoden beskrivs. Dessa är lukter från verksamheter utifrån (trafik, restaurang, industri), röklukt, eget och grannars matos, avloppslukt, soplukt, instängd luft, stickande lukt, mögellukt samt torr och dammig luft. Det är alltså viktigt att komma ihåg att en stor mängd av de ämnen som ger upphov till olika former av problem med luftkvaliteten, också kan ge upphov till mer bestående sjukdomssymptom. I det här avsnittet är det komfortproblem associerade med luftkvalitet som behandlas.

<sup>1</sup> Miller och Nicholas. (1995). Miller. (1996).



## Problemet för människan i bebyggelsen

Orsakerna till att lukter inomhus eller komfortproblem till följd av torr eller dammig luft uppkommer (samt att luftkvaliteten försämras) kan vara många och av skilda slag. Föroreningar kan komma in utifrån, t ex. kolväten som toluen och bensen, avgaser, tobaksrök eller damm och sot. Felaktig lokalisering av uteluftsintag, vädringsfönster, etc. är vanliga orsaker som kan ge upphov till obehag som röklukt, avloppslukt eller soplukt.

Fukt i byggnader kan ge upphov till flera typer av komfortproblem relaterade till luftkvalitet. Mikroorganismer som tillväxer i byggnaden på grund av fuktig miljö kan i sin tur avsöndra olika ämnen och ge upphov till mögellukt. Problem med stickande lukt kan uppkomma till följd av s k. konstruktionsemissioner på grund av kemisk nedbrytning under inverkan av fukt och/eller alkalinitet, t ex. förtvålning av lim under golvbeläggningar eller avgivning av mjukgörare från plastmattor. Stickande lukt kan också bero på s k. egenemission hos byggmaterial i form av lättflyktiga organiska ämnen, s k. VOC.

Dammig luft kan orsakas av att damm lätt ansamlas i byggnaden, dels att det lätt kan tränga in utifrån, dels på grund av svårigheter att komma åt vid städning av olika utrymmen beroende på fast inredning och dålig planlösning. Dammig luft kan också orsakas av avspjälkning av fibrer/partiklar från byggnadsmaterial, inredning och föremål som används i verksamheten.

Dålig sensorisk luftkvalitet kan också orsakas av föroreningar från människan och hennes verksamhet, t ex. lukt från apparater.

I länder med kalla vintrar, som Sverige, kan inomhusluften lätt bli för torr vilket kan ge upphov till obehag i form av torra slemhinnor hos de människor som vistas mycket inomhus. Det effektivaste sättet att undvika onödigt torr luft på vintern är *att inte ha övertemperaturer inomhus*. Ju högre inomhustemperatur, desto lägre relativ luftfuktighet. En sänkning av lufttemperaturen t ex från 24°C till 22°C kan ge en höjning av RF med ca 5%.<sup>1</sup> Den relativa luftfuktigheten påverkas också av luftflödets storlek, särskilt när det handlar om så låga luftväxlingar som förekommer i bostäder, ca 0,5 – 1,0 luftväxlingar per timme. Vid dessa nivåer ger en skillnad i luftflöde en skillnad i hur mycket av den av människorna och verksamheten i bostaden alstrade fuktigheten som vädras ut. På motsvarande sätt kan en för hög RF inomhus motverkas med en ökad inomhustemperatur och ett ökat luftflöde.

I bland annat kontorsbyggnader har försök gjorts med att årstidsanpassa luftflödet, dvs. dra ner flödet till hygienflöde på vintern och öka det på sommaren. Ett skäl till detta har varit en strävan att undvika alltför torr luft vintertid. Någon vetenskaplig utvärdering av sådana försök i lokalbyggnader har inte genomförts i Sverige. Luftfuktare rekommenderas normalt inte, då de medför risk för spridning av mikroorganismer.

---

<sup>1</sup> Nivander och Elmarsson. (1994).

## Mekanism

Vårt ”luktsinne” fungerar på så sätt att s k. kemoreceptorer, molekyler i celler reagerar på kemisk stimulans i form av luftburna ämnen. Luktorganets<sup>1</sup> receptorer är celler som är försedda med speciella s k. receptormolekyler. Ett tunt vattenlager ovanpå receptorerna gör att ämnena löses i vatten vilket innebär att luktsinnet i princip fungerar likadant som smaksinnet. Liksom vår tunga är luktorganet utvecklat så att olika receptormolekyler svarar mot olika stimuli, i detta fall lukter. Eftersom sammansättningen av olika receptormolekyler i de olfaktoriska cellerna kan variera i många olika kombinationer kan hjärnans relaterade luktcenter skilja på en stor mängd olika lukter. Människor kan känna skillnad på flera hundra olika luktämnen. De receptormolekyler i de olfaktoriska cellerna som reagerar på ett kemiskt ämne i luften skickar därefter en kemisk signal via nervceller till hjärnans luktcentrum, som i sin tur ger en upplevelse av en viss lukt.

Torr luft inomhus kan ge upphov till irritation i ögon, hud och övre luftvägar. Klagomål på torr luft behöver dock inte nödvändigtvis innebära att luftfuktigheten är låg. Det kan bero på att det finns föroreningar i luften som irriterar hud och slemhinnor och därmed upplevs som torr luft.

## Omfattning

I ELIB-undersökningen framkom att mellan 4-6 % av de boende i Sverige besvärades av obehagliga lukter eller andras tobaksrök. Värdet 4 % gäller för män och 6 % för kvinnor. Instängd luft upplevdes som ett betydligt större problem med värden om 8 % för män och 11 % för kvinnor.<sup>2</sup> I Stockholmsundersökningen var det så många som 28 % av de svarande som besvärades av lukt från eget matos och lika många som kände av instängd lukt. 18 % kände av unken lukt och för ett antal övriga lukter var den andel som ofta besvärades enligt följande; stickande lukt (5 %), avgasluft (9 %), lukt av grannars matos (8 %), rök utifrån (7 %), mögellukt (7 %). 11 % besvärades dessutom ofta av torr luft<sup>3</sup>. I Stockholmsundersökningen med enkät till boende i ett stort antal flerbostadshus ansåg 8 % att luften i bostaden var mycket torr och 32% att det var ganska torr<sup>4</sup>. I ELIB-studien framkom att en större andel boende i norra Sverige rapporterade besvär av torr luft än boende i södra Sverige<sup>5</sup>. I ELIB-studien gjordes också långtidsmätningar av fuktillskottet inne och den relativa fuktigheten i ett stort urval av bostäderna<sup>6</sup>. Man kunde konstatera att såväl fuktillskottet inomhus i förhållande till utomhus som den relativa luftfuktigheten inomhus var lägre i bostäderna i norra Sverige än i södra, vilket förklaras av att vatteninnehållet i den kallare luften vintertid i norra Sverige är lägre än i södra Sverige.

---

<sup>1</sup> Eng. Olfactory receptors.

<sup>2</sup> Andersson et al. (1991).

<sup>3</sup> USK. (1993).

<sup>4</sup> Hult. (2002:1).

<sup>5</sup> Andersson et al. (1991).

<sup>6</sup> Tolstoj. (1993).

Möjligheterna att själv påverka luftkvaliteten inomhus, exempelvis genom vädring, visade sig i Stockholmsundersökningen vara små. I medeltal ansåg sig 43 % sakna sådana möjligheter<sup>1</sup>.

### Motverkande samhällsåtgärder

Ventilationens så kallade hygienflöde har till uppgift att späda ut de föroreningar som ändå kommer att finnas i ineluften. Goda vädringsmöjligheter är ett bra komplement för extraordinära situationer och ger samtidigt en möjlighet för brukarna att påverka både luftkvalitet och rumstemperatur. I Boverkets byggregler finns krav på luftflöden för bostäder och lokaler. För bostäder är kravet 0,35 l/s,m<sup>2</sup> och för lokaler 7 l/s, person + 0,35 l/s, m<sup>2</sup> vilket motsvarar ungefär 8 l/sekund och person.

Byggvarudeklarationer enligt mall från Byggsektorns Kretsloppsråd skall informera om byggvarans emissionshastighet för hälsofarliga ämnen. Kretsloppsrådet arbetar nu också på att få fram ett förslag till fuktskyddsbeskrivning som är avsedd att öka uppmärksamheten på fuktkritiska konstruktioner under planering och på byggarbetsplatsen.

### Mätning av problemet

Lukter kan bara kännas med näsan, inte mätas fysikaliskt, men har stor betydelse för den upplevda luftkvaliteten och kan ibland skvallra om vilka föroreningar som finns i inomhusluften. För att fånga sådana problem med luftkvaliteten är därmed brukarenkäter i vilka brukarnas upplevelse av problem med olika specifika lukter efterfrågas eller egen observation på plats de metoder som finns att tillgå. Brukarenkäter kan sedan följas av fysikaliska mätningar om problem har påvisats.

### Mätning av flyktiga organiska föreningar (VOC)

Halter av flyktiga organiska föreningar i inomhusluft kan mätas fysikaliskt. Bland annat har standardiserade metoder för mätning av summahalten av alla VOC som förekommer i ett prov, så kallad TVOC, eller totalhalten VOC, utvecklats. Denna uttrycks oftast i toluenekvivalenter. Mätning kan utföras med passiv eller aktiv provtagning med tenaxrör enligt aktuell europeisk standard. Proverna analyseras i gaskromatograf, som ger ett kromatogram, från vilket sedan en identifiering av enskilda ämnen kan göras med hjälp av masspektrometri. Mätningar har visat att halterna av TVOC i ineluft kan variera mycket, från ca 100 till några 1000 µg/m<sup>3</sup>. Halterna brukar vara högre i nya hus än i äldre och de är högre precis vid inflyttning än två till tre månader senare, då halterna vanligen har halverats. Gränsvärden för TVOC i inomhusluft på <200 µg/m<sup>3</sup> har föreslagits och använts i kravspecifikationer för innemiljö.

Man ska vara restriktiv med mätning av VOC och TVOC i byggnader. Det är först om den enkät som genomförts visar på onormalt höga besvärshäufigheter för "stickande lukt", "torr luft", SBS-symptom eller förvärrade besvär för personer med allergi, som man i regel har nytta av att genomföra en mätning. Och

---

<sup>1</sup> USK. (1993).

då görs mätningen för att indikera om det kan finnas någon särskild källa som ger höga koncentrationer av något särskilt ämne, eller till kemisk nedbrytning (konstruktionsemission).

FLEC är en standardiserad metod att mäta emissionshastigheten, den så kallade *emissionsfaktorn*, för flyktiga organiska ämnen, VOC, från ett byggmaterial. Emissionsfaktorn mäts i  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  material och timme<sup>1</sup>. Metoden används av fabrikanter för att ge kunder information om varors emissionsprofil. Som standard anger de flesta företag endast emissionsfaktorn för TVOC, dvs. inte för enskilda hälsofarliga ämnen. Utvecklingen går emellertid mot att allt fler stora byggherrar kräver även det senare. FLEC-metoden kan också användas för att utvärdera om kemisk nedbrytning under en golvmatta pågår. Exempelvis förekomst av 2-etylhexanol och butanol kan ge indikation om sådan pågående nedbrytning.

Formaldehyd ligger utanför det flyktighetsområde som täcks av FLEC-metoden. Byggmaterialen kan därför inte testas med denna metod. För byggskivor finns krav i KIFS 1993:3, att de får avge max  $0,13 \text{ mg}/\text{m}^3$  luft formaldehyd. För provning av formaldehydavgivning från byggskivor mm finns en standardiserad svensk testmetod, SS 27 02 36 . Skivan placeras i en kammare med standardiserat klimat och luftflöde. Formaldehydhalten i kammaren mäts och ger ett värde i  $\text{mg}/\text{m}^3$  luft.

Vissa tillverkare anger formaldehydavgivning efter den tyska standarden som delar in värdena i klasserna E0, E1, E2 och E3, där E0 är den bästa klassen (avger ingen formaldehyd). E1 är den klass som motsvarar det svenska kravet på högst  $0,13 \text{ mg}/\text{m}^3$  luft vid kammarprov.

### Mätning av relativ luftfuktighet i byggnader

*Luftens relativa fuktighet (RF)* är ett mått på luftens grad av mättnad med avseende på vattenånga. Det uttrycks som kvoten mellan rådande ångtryck i luften och mättnadsångtrycket vid rådande temperatur. Kall utomhusluft som tas in via ett ventilationssystem och värms har samma fukthalt före och efter, men beroende på temperaturstegringen kan luften uppta mer fukt, varför den relativa luftfuktigheten sjunker. Den relativa luftfuktigheten i den värmda inneluften blir därför låg inomhus i Sverige under vintern. När det är riktigt kallt ute kan RF bli så låg som 5% inomhus. Vanligen ligger dock RF i bostäder inom intervallet 20-40 % under vinterhalvåret i Sverige.  $\text{RF} < 20\%$  brukar kallas torr luft.  $\text{RF} > 45\%$  på vintern brukar kallas fuktig luft.

Traditionellt har man mätt luftfuktighet med slungpsykometer eller termohygrograf. Den senare är direktvisande. Principen med en termohygrograf är att ett spänt hårstrå utvidgar sig respektive drar ihop sig vid olika RM. Idag finns digitala instrument för mätning av RF.

---

<sup>1</sup> Metoden är antagen av Nordtest och heter Nordtest Method, NT Build 438 (antagen 1995-11) Building Materials: Emission of Volatile Compounds – Field and Laboratory Emission Cell (FLEC). Den finns också beskriven som en europeisk förstandard, ENV 13419 – 2, med samma innehåll.

## Dålig sensorisk luftkvalitet i EcoEffect

De olika typer av förnimbara luftkvalitetsproblem som har bedömts som viktigast att ta upp i metodiken är *stickande lukt, avgaslukt, matoslukt, röklukt, mögellukt, unken lukt, instängd lukt, avloppslukt samt dammig och torr luft*. Dessutom ingår vilka möjligheter som finns att eventuellt motverka dessa problem genom ventilation och vädring (utspädning av föroreningar). Sådana luktproblem eller sensoriska luftkvalitetsproblem bedöms inte i metodiken som ett enskilt inomhusmiljöproblem utan redovisas enbart som *sensorisk luftkvalitet* under den övergripande inomhusmiljöfaktorn luftkvalitet i diagrammet för inomhusmiljöfaktorer. I stapeln för luftkvalitet i diagrammet inomhusmiljöfaktorer har förutom sensorisk luftkvalitet också joniserande strålning och risk för legionella vägts in.

Varje enskilt detaljerat inomhusmiljöproblem med avseende på sensorisk luftkvalitet (instängd lukt, avloppslukt, etc) värderas i EcoEffect och får sin vikt efter hur störande det bedömts vara i jämförelse med andra problem vid samma intensitet. Utöver att ge information om sådana upplevda detaljerade komfortproblem i den aktuella byggnaden, kan höga besvärshäufigheter av upplevda luktproblem, etc. också utnyttjas som redskap för att spåra andra, allvarigare problem. De satta vikterna i datorprogrammet speglar fuktproblem som ett av de viktigaste problemen att uppmärksamma vilket kan kopplas till upplevd unken och mögellukt. Vidare värderas flyktiga föroreningar och lukter högt i synnerhet de som kan spåras genom avloppslukt, sopluft och rök eller annan lukt utifrån.

### ...i befintlig bebyggelse

Vid värdering av sensorisk luftkvalitet i befintlig bebyggelse frågar man brukarna via enkäten direkt om deras upplevelse dels av den övergripande luftkvaliteten (fråga C5) vilket redovisas i diagrammet för komfortproblem. Dels frågas om de detaljerade inomhusmiljöproblemen som rör sensorisk luftkvalitet (fråga C1-2) vilket ger underlag för att analysera eventuella problem med hjälp av diagrammet Innomhusmiljöfaktorer.

### ...i planerad bebyggelse - programskedet

I programskedet värderas de krav som ställs i programskedet för att förebygga att de detaljerade inomhusmiljöproblemen med avseende på sensorisk luftkvalitet skall uppkomma. När det gäller fuktproblem är det i första hand krav på fuktdimensionering i kritiska konstruktioner samt vattenskadesäker utformning av installationer som värderas högt. När det gäller flyktiga föroreningar ställs krav på högsta förekommande halter av VOC, formaldehyd, ammoniak (vilka kan kopplas till problemet med stickande lukt) samt kvävedioxid, bensen och toluen (vilka kan kopplas till problemet med avgasluft). För övriga lukter ställs krav på andel klagande i färdig byggnad istället. Exempel på programkrav som värderas men som inte ges lika höga vikter i metodiken är halter av golvdamm, partiklar, mineralullsfibrer samt krav som rör luftflöden och luftutbyteseffektivitet.

### ...i planerad bebyggelse – projekteringskedet

Värderingen av risken för sensoriska luftkvalitetsproblem i projekteringskedet grundar sig på inte mindre än 67 detaljerade kriterier vilket gör det till det mest komplexa problemet i metodiken. På liknande sätt som för befintlig bebyggelse och programskedet ges fuktrelaterade problem och flyktiga föroreningar och lukter det största bidraget till de belastningsvärden som räknas fram. Viktiga områden för prestandakrav är huruvida en noggrann bedömning av att minimera emissionerna från byggmaterial har gjorts, vidtagna skyddsåtgärder mot markfukt, byggfukt och skador på byggmaterial till följd av nederbörd. Dessutom för att förebygga lukter läggs stor vikt vid placering av luftintag, installationer och ventilationssystemets utformning så att risken för spridning av lukter i byggnaden minimeras.

## SBS

I EcoEffect-metodiken ses SBS som en form av slutproblem även om det egentligen utgör ett samlingsnamn på en rad ospecifika symtom som har visat sig kunna hänga ihop med bristande innemiljö i byggnader. Det är viktigt att betona att ett sjukt hus också vanligen ger upphov till olika former av upplevelser av besvärande miljöfaktorer inomhus såsom torr luft, obehaglig lukt samt instängd och dålig luft. Dessa utgör andra former av slutproblem som emellertid beror på samma orsaker som SBS-symptomen.

### Problemet för människan i bebyggelsen

SBS, eller "sjukahus – syndromet", blev ett begrepp på 1980-talet. Internationellt benämndes fenomenet Sick Building Syndrome (SBS) och symptomen kom att kallas SBS-symptom<sup>1</sup> (Tabell 15). Dessa symptom är vanliga och kan ha många olika orsaker. De är inte specifika för problem med innemiljön i en byggnad. Därför är det först när onormalt många människor i samma byggnad rapporterar en överfrekvens av sådana symptom som det finns anledning att misstänka att det har med brister i byggnadens innemiljö att göra. De som är drabbade kopplar ofta symptomen först så småningom till byggnaden, då de upptäcker en systematik i att de blir sämre när de kommer till byggnaden och att symptomen avtar vid längre vistelse någon annanstans.

SBS är alltså ingen sjukdom i sig utan bör istället ses som ett figurativt begrepp som används i vardagsspråket när man avser de ospecifika symptom (Tabell 15) hos människor som anses bero på byggnadens inomhusmiljö. SBS-syndrom hör samtidigt till de hälsoproblem som har det starkaste sambandet med byggnaders innemiljö, vilket framgår av benämningen. Sjuka hus har definierats av WHO som hus där brukarna har hög frekvens av symptom och klagomål som upplevs i samband med vistelse i vissa rum eller byggnader<sup>2</sup>.

*Tabell 15 Typiska SBS-symptom<sup>3</sup>.*

---

<sup>1</sup> WHO. (1983).

<sup>2</sup> WHO. (1986).

<sup>3</sup> WHO. (1983).

**SBS-symptom**

- Ögon-, näsa-, halsirritation
- Känsla av torrhet i slemhinnor och hud
- Hudrodnad
- Mental trötthet
- Huvudvärk, hög frekvens av luftvägsinfektioner och hosta
- Heshet, andfåddhet, klåda och ospecifik överkänslighet
- Illamående, yrsel

De flesta SBS-relaterade studier rör luftens innehåll av kemiska föroreningar, mikroorganismer och partiklar. Det är ett mycket sammansatt område där dos-responssamband för enskilda föroreningar är svåra att vetenskapligt konstatera eftersom det troligtvis handlar om en mängd föroreningar i små doser och där okontrollerade synergieffekter förekommer. Endast för ett fåtal föroreningar, som formaldehyd, är dos-responssambanden relativt väl utredda.

Det finns idag ca 300 kemiska ämnen bara inom VOC-området (Volatile Organic Compounds) som har identifierats i inomhusluft, som inte finns i utomhusluft<sup>1</sup>. Bygg- och inredningsmaterial innehåller ett stort antal kemiska tillsatser, som kan avges till rumsluften, ofta i mycket låga halter. Kombinationer med andra material, fel relativ fuktighet eller pH i golvbjälklag av betong kan orsaka kemisk reaktion mellan lim, plastmattor och underlag. På 1970- och början av 1980-talet användes flytspackel (avjämningsmassa för betonggolvet) med innehåll av kasein, som gav utfällning av ammoniak och missfärgade parkettgolv och korkoplastgolv. I flera av dessa skadade byggnader genomfördes brukarenkäter om innemiljö och hälsa, som visade på överfrekvenser för slemhinne-, hud- och allmänsymptom. Omfattande och kostsamma saneringar har genomförts i sådana byggnader.

Problem med fukt i byggnader har konstaterats som den viktigaste orsaken till att SBS-symptom hos byggnadens brukare uppkommer. Problemen består dels av akuta fuktskador på grund av läckor el dyl, dels av felaktig byggnadskonstruktion eller felaktig uppvärmning och ventilation. Mycket vanligt är dessutom att byggmaterial inte väderskyddas på byggplatsen och därmed redan är fuktskadade när de byggs in, eller blir det innan konstruktionerna täckts över.

I flera vetenskapliga studier har man också kunnat visa att för hög rumstemperatur ger en ökad rapportering av SBS-symptom<sup>2</sup>.

Den relativa luftfuktigheten verkar också ha betydelse för uppkomsten av SBS-symptom. Om RF mer varaktigt ligger över 45% vintertid, eller om fuktillskottet inne överstiger 3 g/m<sup>3</sup>liter luft finns, enligt Socialstyrelsen<sup>3</sup>, risk för kondenserande fukt och mögelpåväxt. För låg luftfuktighet inomhus (<20%), å andra sidan, kan ge torrare slemhinnor och öka frekvenser för SBS-symptom. Detta är främst ett problem i länder med kalla vintrar, som Sverige. En nyligen

<sup>1</sup> WHO. (1983).

<sup>2</sup> Jaakola et al. (1989).

<sup>3</sup> SOSFS 1999:21.

genomförd studie<sup>1</sup> om flygplansluft indikerar att den låga luftfuktighet som råder i flygplanskabiner kan resultera i förvärrade symptom hos flygplansbesättning och passagerare under flygturer som varar mer än 3-4 timmar. Dessa effekter inkluderar irritation i ögon, hud, och övre luftvägar, symptom som kan vara besläktade med dem som uppkommer av dålig luftkvalitet. I artikeln refereras ett stort antal interventionsstudier av luftkvalitet i byggnader som genomförts från 1970-talet och framåt. Dessa tyder, enligt artikelförfattarna på att en modest – ungefär 10% - ökning av den relativa fuktigheten kan lindra SBS-symptom. Med låg RF menas i denna studie RF under 30%.

Orsakerna har visat sig vara sammansatta och varierar i de enskilda fallen, beroende på byggnadernas placering, utformning och driftsstatus, men också beroende på hälsa, ålder, kön och psykosocial situation hos brukarna<sup>2</sup>. När det gäller husegenskaper visade ELIB-undersökningen<sup>3</sup> från början av 1990-talet en samvariation enligt följande:

- Symptom var vanligare i flerbostadshus än i småhus och vanligast i de större flerbostadshusen.
- Symptom var vanligare i nyare hus, byggda efter 1975, än i äldre hus och något vanligare i hus i södra Sverige än i norra Sverige.

Många orsaker till sjukahus-syndromet har alltså föreslagits och undersökts. Raw<sup>4</sup> sammanfattar:

*"SBS har t ex kopplats till otillräckligt uteluftsflöde, föroreningar som emitterar från byggnaden eller som sprids genom återluftsystem, mikroorganismer som tillväxer i luftfuktare eller konstruktioner/ inredning och otillräcklig kontroll av temperatur och fuktighet. Andra faktorer som har föreslagits är buller, elbelysning, statisk elektricitet, joner, elektromagnetiska fält och psykologiska effekter av tonade fönsterrutor eller tätade fönster, brist på integritet (privacy), stress och brist på kontroll över inemiljön."*

Även om mycket återstår att undersöka, vad gäller samband mellan SBS-symptom och byggnadsutformning finns idag bred vetenskaplig konsensus om att fuktskadade byggnader är den viktigaste orsaken till sjuka hus.<sup>5</sup> I de flesta rapporterade fall av sjuka hus i Sverige har oönskad fukt i konstruktionerna funnits med som en viktig komponent, antingen genom att fukten orsakat påväxt av mögel eller andra mikroorganismer eller genom att den orsakat kemisk reaktion mellan olika byggmaterial, som gett oönskade emissioner till inomhusluften. Därmed kan åtgärder genomföras för att avsevärt minska risken för uppkomsten av symptom. Att projektera eller bygga in ur fuktsynpunkt felgjorda konstruktioner eller att bygga in nedfuktade byggmaterial utgör allvarliga byggfel som kan leda till sjuka hus. Andra byggfel, som kan resultera i SBS, är att bygga in material eller materialkombinationer som ger hög emission av

---

<sup>1</sup> Nagda och Hodgson. (2001).

<sup>2</sup> Boerstra och Atze. (2000).

<sup>3</sup> Andersson et al (1991).

<sup>4</sup> Raw. (1998).

<sup>5</sup> Bornehag et al. (2001).



hälsofarliga ämnen, eller att installera ventilationssystem som inte fungerar som avsett.

### Mekanism

SBS kan ge kraftigt nedsatt välbefinnande, sjukskrivningar samt risk för utbrott av kronisk överkänslighet, vid långvarig exponering<sup>1</sup>. Symptomen i Tabell 15 kan delas in i allmänsymptom (huvudvärk, illamående, trötthet), slemhinnesymptom (ögon-, näsa- och halsirritation, hosta) och hudsymptom (klåda, hudrodnad). Mekanismerna bakom exponering för sådana miljöfaktorer i innemiljön som anges ovan och SBS-symptom är i mångt och mycket okända samtidigt som de är av olika art eftersom det handlar om en hel symptomgrupp.

ELIB-undersökningen visade att SBS-symptom är vanligare hos kvinnor än hos män och vanligaste i åldrarna 18-54 år. Dessutom är de vanligare hos gruppen allergiker<sup>2</sup>

### Omfattning

I mitten på 1970-talet kom de första larmrapporterna i Sverige om att barn och personal blev sjuka strax efter inflyttning i nya daghemslokaler. Under en period kring 1977-1980 kom klagomål från ca 25 % av det totala antalet nybyggda barnstugor i Stockholms stad. Det gällde besvär som huvudvärk, torra slemhinnor, ögonirritation och hudutslag<sup>3</sup>, det vill säga typiska SBS-symptom. Samma typ av symptom visade sig följande år över hela landet i daghem och andra nya byggnader som polishus, sjukhus, bostäder och skolor. En liknande utveckling kunde följas i andra länder, speciellt på de nordligare breddgraderna. Ett uttryck för problemets internationella karaktär är de från och med 1980-talet arrangerade konferenserna Healthy Building och Indoor Air. Dessa konferenser är välbesökta av forskare från hela världen och i proceedings från konferenserna finns sammantaget ett mycket stort antal sjuka hus i många olika länder beskrivna.

I Hus och Hälsa-undersökningen framkom att de mest betydelsefulla faktorerna för omfattningen av rapporterade SBS-symptom var, förutom byggnadsperiod, självrapporterad allergi, kön, ålder och ägarkategori för huset (privat/bostadsrätt eller allmännyttigt). En modell som justerade för dessa olikheter togs fram. Modellen applicerades på hela undersökningsbeståndet och resultaten viktades upp för att bli representativa för Stockholms Stads hela bestånd av flerbostadshus<sup>4</sup>. Av resultatet, som visas i Figur 16, framgår att andelen hus som kunde klassificeras som riskhus för SBS blev fler ju senare husen var byggda vilket också styrks av andra studier<sup>5</sup>. Det finns också en rad studier som visar att koncentration av flyktiga föroreningar i rumsluften är högre i nybyggda hus än i äldre<sup>6</sup>.

---

<sup>1</sup> Åberg (1988). SOU (1989:76).

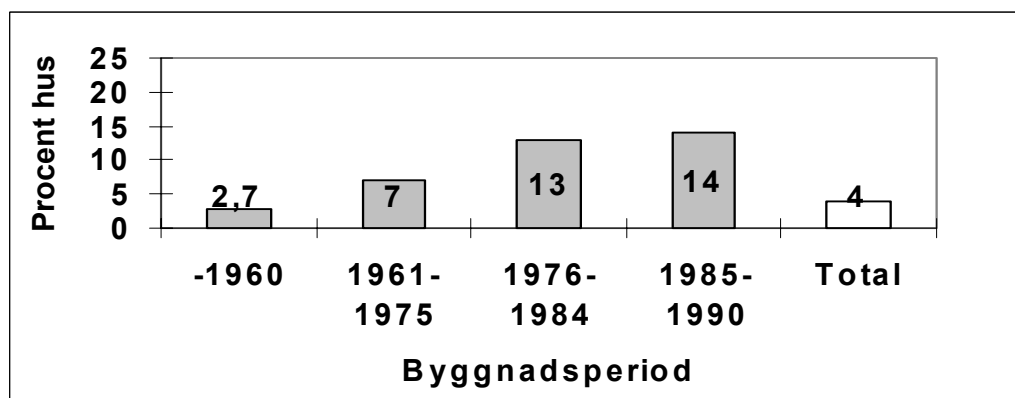
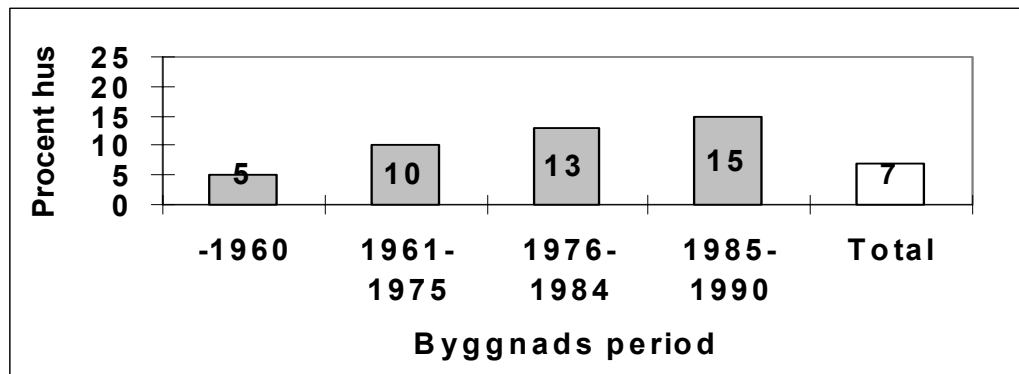
<sup>2</sup> Andersson et al. (1991).

<sup>3</sup> Hult. (1986).

<sup>4</sup> Fyrhake et al. (1998).

<sup>5</sup> Andersson et al. (1991). Stenberg et al. (1991). Fyrhake et al. (1998).

<sup>6</sup> Berglund och Johansson. (1996).



Figur 16 Andelen hus i olika byggperioder där de boende har minst ett besvär högre än förväntat. Det översta diagrammet bygger på svaren "besvärar ofta/varje vecka". Det nedersta diagrammet bygger på svaren "besvärar ofta/varje vecka och beror på bostadsmiljön". 99% signifikans.<sup>1</sup>

När det gäller kontorsarbetsplatser genomfördes 1988, med hjälp av en enkät, en studie av förekomsten av SBS-symptom hos 6 000 kontorsanställda i drygt 200 kontorsbyggnader i Västerbotten<sup>2</sup>. Andelen "SBS-fall" i den undersökta populationen var 8,8% med en prevalens av 12% bland kvinnor och 4% bland män. Bland personer med astma/hösnuva var prevalensen 13%. Skillnaden mellan åldersgrupperna var små, liksom skillnaden bland rökare och icke rökare.

Klagomål på "torr luft" är vanligt förekommande i byggnader i Sverige under vintern. I sjuka hus brukar emellertid den andel brukare som besvärar av torr luft vara högre.

### Motverkande samhällsätgärder

Lagstiftningen vad gäller ansvar för sjuka hus och kopplingen till fuktproblem är svag. Många parter är involverade i byggprocessen och fokus i lagstiftningen är mer inriktad på ventilationsflöden än fukt/mögelproblem och emissioner.

<sup>1</sup> Fyrhake et al. (1998).

<sup>2</sup> Stenberg et al. (1991).

Exempelvis är ventilationen betydligt mer uppmärksammas än fuktproblem i såväl Boverkets Byggregler (BBR) som Arbetsmiljöverkets författningssamlingar. Socialstyrelsen har dock gett ut ett antal föreskrifter som ger stöd för tolkning av fuktproblem som en ”olägenhet för hälsan”<sup>1</sup>.

I mars 2004 tillsatte regeringen en utredning<sup>2</sup> som bland annat ska föreslå delmål för att komma tillrätta med fukt och mögel i befintliga byggnader samt föreslå en organisation för analys av byggfel och skador. Inom branschen har en rad hjälpmedel utvecklats för att bygga fuktsäkert<sup>3</sup> och en ny bok utkom under våren 2004 av UFOS (Utveckling av Offentlig Fastighetsförvaltning, som omfattar de offentliga lokalhållarna) som ger råd för fastighetsägare om sjukhusproblem uppstår på en arbetsplats.<sup>4</sup>

När det gäller emitterande ämnen från byggmaterial har byggsektorn i Sverige åtagit sig att använda byggvarudeklarationer, som en åtgärd inom ramen för Byggsektorns Kretsloppsrad. I byggvarudeklarationer skall framgå sådant som kan vara av intresse för innemiljön; exempelvis innehåll av olika kemiska ämnen, emissionsfaktorer och krav på omgivande miljö (exempelvis surhetsgrad och relativ fuktighet).

Olika datorbaserade system att värdera byggvaror ur miljö- och hälsosynvinkel börjar växa fram. Exempel på sådana värderingssystem, som grupper av aktörer inom bygg- och förvaltningssektorn gått samman för att utveckla är MilaB (Miljöbedömning av byggvaror) och Byggt Miljö/Miljöprovade byggprodukter, som vardera har ett tiotal användare. En del byggprodukter är miljömärkta enligt Svanen som delvis har innemiljökriterier. Sveriges Byggindustrier med fler aktörer arbetar också med att få fram en miljömärkning av byggprodukter, som har arbetsnamnet Basta.

Vid undersökning av de många förskolorna i Stockholm med SBS-problem i början av 1980-talet framkom rätt snart att det inte handlade om *en* förklaring till SBS, utan om flera riskfaktorer som kan samverka till att SBS uppstår. Den filosofi som utvecklades i Stockholms Stad var att minimera så många riskfaktorer som möjligt och att se problemet som multifaktoriellt. Det betyder att ha kontroll över så många innemiljöparametrar som möjligt som kan ha betydelse för utveckling av SBS i en byggnad. De tre mest kritiska aspekterna ansågs vara fuktsäkra konstruktioner, minimering av hälsofarliga föroreningar i ineluften samt ändamålsenlig ventilation<sup>5</sup>.

### Mätning av problemet

Såsom varande diffusa symptom med än så länge oklara orsakssamband finns svårigheter med att mäta SBS. Den metod som emellertid har utvecklats och använts flitigast är att använda sig av en enkät till brukarna av en byggnad. Det är också den mest kostnadseffektiva metoden att konstatera om SBS-symptom

---

<sup>1</sup> SOSFS 1989:45. SOSFS 1999:21.

<sup>2</sup> Frågor om fukt, mögel och buller i byggnader, kommittédirektiv 2004:16

<sup>3</sup> T ex. Nivander och Elmarsson. (1994). Harderup. (1995). Andersson och Kling. (2000). Datorprogram som Torcka-S och RISKI 1 från Fuktgruppen, Lunds Tekniska Högskola.

<sup>4</sup> U.F.O.S och Svenska Kommunförbundet. (2004).

<sup>5</sup> Hult. (1986).

förekommer i en onormalt hög omfattning. Förutom att man efterfrågar om brukarna ”ofta” eller ”ibland” är drabbade av olika SBS-symptom ställs, för varje symptom, frågan om man anser att symptomen är kopplade till vistelse i byggnaden. Under 1980-talet utvecklades i flera länder enkäter med syftet att just identifiera ”sjuka hus”. I Sverige idag används oftast Örebroenkäten<sup>1</sup> eller Stockholmsenkäten<sup>2</sup>, även om den senare ursprungligen inte utvecklades för detta syfte. Dessa och liknande, standardiserade enkäter, är de viktigaste instrumenten för att identifiera sjuka hus.

Under senare år har en intressant metodutveckling skett när det gäller att genom somatiska undersökningar konstatera om en person har SBS-symptom med koppling till en viss byggnad. Metoden går ut på att mäta förändringar i nässlemhinnan vid exponering för en viss innemiljö. Genom mätning vid olika tidpunkter på samma individ har statistiskt signifikant koppling mellan besvär och så kallade sjuka hus erhållits<sup>3</sup>. Andra metoder är under utveckling där man mäter förändringar i ögat, bland annat av ögats tårffilm<sup>4</sup>. Exempelvis har det fysiologiska testet Mucous Ferning Test använts vid kammarstudier av människors påverkan av torr luft<sup>5</sup>. Man undersöker då förändringar i tårffilmens kristallisationsmönster med hjälp av mikroskop. Dessa metoder kan bli mycket intressanta i forskningssammanhang. De kan också vara intressanta när det finns få brukare i en byggnad som kan besvara en enkät (exempelvis små barn eller personer med demens), för att konstatera om en byggnad kan sägas vara ett ”sjukt hus”. Däremot är somatiska mätningar av detta slag knappast aktuella för en bredare användning vid miljövärdering av byggnader.

Totalhalten av VOC (TVOC) används ibland som indikator på ohälsosam innemiljö. Emellertid har forskarna inte lyckats hitta samband mellan halten TVOC i innemiljön och rapportering av hälsosymtom typ SBS, trots omfattande undersökningar<sup>6</sup>. Detta är kanske inte så märkligt, eftersom TVOC omfattar både VOC som kan ge hälsoeffekter vid relativt låga halter och VOC som är ganska harmlösa. Byggmaterial som furu och gran har t ex en relativt hög emission av TVOC, trots att dessa träslag normalt uppfattas som sunda byggmaterial.

För att hitta en mer relevant indikator på ohälsa inriktas forskningen nu på att försöka få fram ett sätt att identifiera hälsofarliga föroreningar i innemiljön. Wolkoff menar att det fokus som varit på emissionstest av VOC och TVOC med standardiserade mätmetoder, har lett fram till mer lågemitterande byggvaror i Europa med avseende på VOC. Andra flyktiga ämnen såväl som icke flyktiga organiska ämnen, inklusive medelflyktiga, kan emellertid också medverka till klagomål på innemiljön<sup>7</sup>. Således har ett nytt koncept, "organic compounds in indoor air (OCIA), föreslagits som fokuserar mer på enskilda ämnen. Den nya bredare definitionen omfattar alla biologiskt relevanta organiska ämnen, icke-proteiner, icke-glukaner, e t c (det vill säga organiska ämnen med mole-

---

<sup>1</sup> Örebroenkäten.

<sup>2</sup> Stockholmsenkäten.

<sup>3</sup> Ohm et al. (1993). Rudblad et al. (2000).

<sup>4</sup> Kjaersgaard et al. (1989).

<sup>5</sup> Fanf och Wyon. (2003).

<sup>6</sup> Andersson et al. (1997). Berglund och Johansson. (1996).

<sup>7</sup> Wolkoff. (2003).

kylvikterna < 500-1000 Da), organiska flyktiga ämnen inom ett bredare spektrum av flyktighet, fria radikaler, joniserande ämnen som syrasalter och joniserande ytaktiva föreningar.

### SBS i EcoEffect

Metodiken för värdering av hälsoproblemet SBS-syndrom har koncentrerats på de faktorer som oftast förknippas med SBS, luftkvalitet och i viss mån termiskt klimat. Det finns vetenskapliga arbeten om SBS-syndromet som även föreslår samband med t ex ljudförhållanden<sup>1</sup> och ljusförhållanden<sup>2</sup>. Bedömningen har gjorts här att luftkvalitet och termiskt klimat har störst betydelse för SBS-syndromet. De symptom som beaktas i EcoEffect-metoden vid bedömningen av SBS är de fem som i Stockholmsundersökningen<sup>3</sup> visat sig vara de mest byggnadsrelaterade, nämligen irritation i näsa, ögon, hals, hosta samt hudirritation. SBS redovisas i EcoEffect direkt i diagrammet Hus och hälsa.

#### ...i befintlig bebyggelse

SBS värderas via enkätens frågor om upplevda SBS-symptom de tre senaste månaderna (fråga F2). Därefter beräknas med hjälp av en statistisk metod sannolikheten för ökad risk för SBS i byggnaden vilket har beskrivits närmare under avsnitt 5.1.

#### ...i planerad bebyggelse

Vid värdering av planerad bebyggelse är utgångspunkten istället kriterier som rör luftkvalitet och termiskt klimat som utnyttjas för värderingen av SBS. Kriterier som rör fukt och flyktiga föroreningar bidrar i störst utsträckning till problemet i metodiken. I synnerhet de detaljerade innemiljöproblemen *"luktar mögel"*, *"luktar unket"*, *"stickande lukt"* och *"luktar avgaser"* är de som har bedömts ge indikation om att risken för SBS kan vara högre än normalt. De program- och prestandakrav som i metodiken hänger ihop med dessa problem är därmed de kriterier som utgör underlag för värderingen av SBS i planerade byggnader. Detta har beskrivits översiktligt under sensorisk luftkvalitet ovan.

De detaljerade innemiljöproblemen *"för varmt på vintern"* och *"bristande möjligheter att påverka värmen"* ingår också i värderingen av SBS men luftkvaliteten viktas betydligt högre.

---

<sup>1</sup> Burt. (1996; 1999).

<sup>2</sup> Field et al. (2000).

<sup>3</sup> Engvall et al. (1999). Fyrhake et al. (1998).

## Allergi och annan överkänslighet

### Problemet för människan i bebyggelsen

Medicinskt används begreppet överkänslighet som en samlad benämning på *allergi* och *annan överkänslighet*.

*Allergi* är en immunologiskt förmedlad överkänslighet mot vissa ämnen (allergen, t ex pollen, pälsdjur, kvalster). Vanligast är ”typ 1-allergi” som kallas snabballergi respektive ”typ-VI allergi” som kallas fördröjd överkänslighet eller kontaktallergi. Vid allergisjukdom, exempelvis hösnuva mot pollen och astma mot pälsdjur, bildar kroppen IgE-antikroppar mot proteindelar från pollen, pälsdjur respektive kvalster, så kallade *allergener*. Den ärftliga benägenheten att utveckla IgE-antikroppar mot vissa vanliga allergen kallas *atopi*.

*Annan överkänslighet* är ett allergiliknande tillstånd, där någon immunologisk mekanism inte kan påvisas, t ex ospecifik hyperreaktivitet i luftvägarna (reagerar med astmaanfall), irritationseksem, viss födoämnesöverkänslighet och vissa läkemedelsreaktioner. SBS brukar klassas som en form av annan överkänslighet. Ytterligare en form av annan överkänslighet är kemisk känslighet, där symptom utlöses vid exponering för mycket låga, men identifierbara, nivåer av luktande ämnen.<sup>1</sup>

Teorierna om varför allergisjukdomarna ökar är många och variationen i ökningstakten är stor mellan olika länder. Inom västvärlden är skillnaderna när det gäller exempelvis förekomsten av astmasymptom hos barn så stora som 6 – 32 % mellan olika länder. Bland annat till följd av dessa skillnader, råder stor enighet bland forskare om att *olika* miljöfaktorer bidragit till ökningen. Miljöfaktorer som ofta nämns är den stora ökningen av kemiska tillsatser till mat och till de produkter vi omger oss med, ökat medicinintag (antibiotika), föroreningar från trafik, mm. Studier finns också som visar att barn som växer upp i lantbruksfamiljer samt antroposofiska familjer utvecklar färre allergier än andra barn.<sup>2</sup>

Flera tvärvetenskapliga kunskapsöversikter har nyligen publicerats i Norden och USA om förhållandet mellan innemiljöexponeringar och hälsoproblem, som astma<sup>3</sup>. Slutsatserna från dessa översikter konstaterades enligt en workshopsammanfattning från Healthy Building-konferensen i Helsingfors 2000<sup>4</sup> vara anmärkningsvärt lika. Bland annat konstaterades att det inte är känt om miljöfaktorer i innemiljön eller andra faktorer är orsaken bakom de senaste decenniernas ökning av allergiska sjukdomar i västvärlden. Det kan också vara några ännu icke identifierade faktorer i innemiljön, som bidrar till den ökade mottagligheten för allergisk astma. Miljöfaktorer i innemiljön anses däremot kunna ha betydelse såväl för att initiera sensibilisering, utlösa symptom (förvärrad astma) och förvärra såväl specifik som ospecifik hyperreaktivitet.

---

<sup>1</sup> Vårdalsstiftelsen och Statens folkhälsoinstitut. (2001).

<sup>2</sup> Skerfving. (2003). Alm et al. (1999).

<sup>3</sup> Sundell och Kjellman. (1994). Ahlbom et al. (1998). Sundell. (1999). Bornehag et al. (2000). Bornehag et al. (2001). Seppänen et al. (1999). Institute of Medicine. (2000).

<sup>4</sup> Sundell et al. (2000).

Det finns studier som uppvisar samband mellan i första hand astma och emissioner från byggmaterial. Samband mellan astma och exponering för emissioner från nymålade ytor visades första gången 1997<sup>1</sup>. Under senare år har två studier av samband mellan färgemissioner och barns luftvägssjuklighet publicerats. I BAMSE-studien sågs en signifikant 1,5 gångers riskökning för att barn skulle utveckla astma under de två första levnadsåren om deras sovrum hade målats om<sup>2</sup>. I en tysk studie över olika riskfaktorer i miljön hos barn med atopiskt arv (högriskbarn för allergiutveckling) sågs en 5,6 gångers riskökning för lunginflammation hos nyfödda barn om modern hade utsatts för emissioner från nymålade ytor under graviditeten<sup>3</sup>.

I en 2-årsuppföljning av nyfödda barn i Oslo uppvisades en ökad incidens av astmasymptom hos barn som vuxit upp i bostäder med PVC-material i golvbeläggningen<sup>4</sup> och i en senare publikation visades att sambanden stärktes om luftflödet var lågt i bostaden. Ett misstänkt agens var mjukgöraren di-etylhexylftalat, som är vanligt förekommande i PVC-plast<sup>5</sup>. I en finsk tvärsnittsstudie påvisades ett samband mellan förekomst av PVC-tapeter i bostaden och astmatiska symptom<sup>6</sup>.

Fukt i byggnader är en väldokumenterad riskfaktor, inte bara för SBS, utan också för astma, såväl specifik som ospecifik<sup>7</sup>. Sambandet mellan sk sjuka hus och *förvärrad allergi* är väl belagd<sup>8</sup>. Det finns emellertid också erfarenheter som tyder på att en dålig inomhusmiljö, inte bara kan förvärra en allergi, utan också utlösa en allergi eller annan ospecifik överkänslighet. Särskilt anses barn, som vistas i dåliga inomhusmiljöer kunna utsättas för denna risk<sup>9</sup>. Nyfödda tycks ha en form av ospecifik överkänslighet som gör dem särskilt mottagliga för påverkningar under den första tiden efter födseln. En ogynnsam miljö i detta skede kan ge en väsentligt förhöjd risk för en senare utveckling av överkänslighet och allergi<sup>10</sup>.

I en byggnad med klimatproblem kan de eventuella flyktiga föroreningar och mikroorganismer som irriterar, ansamlas (deponeras) i damm och smuts genom att de fäster på partiklarna. När jämviktskoncentrationen förändras i rummet kan de ohälsosamma föroreningarna avges igen till rumsluften. Det är därför extra viktigt att hålla rent och dammfritt i problembyggnader. Det är också viktigt att inte ha alltför mycket textila material, som på liknande sätt kan fungera som sådana depåer för föroreningar. Damm kan också innehålla kvalster, pollen, m.fl. allergen. Damm kan således bidra till att öka risken för allergier men också för SBS-symptom.

---

<sup>1</sup> Wieslander et al. (1997).

<sup>2</sup> Emenius. (2003).

<sup>3</sup> Diez et al. (2000).

<sup>4</sup> Øie et al. (1997).

<sup>5</sup> Doleman et al. (1990).

<sup>6</sup> Jaakola et al. (2000).

<sup>7</sup> Emenius. (2003). Bornehag et al. (2001).

<sup>8</sup> Andersson et al. (1991). Stenberg et al. (1991). Engvall et al. (2000).

<sup>9</sup> SOU. (1989:76).

<sup>10</sup> Åberg. (1988). NKB. (1993).

## Mekanism

Mekanismerna bakom allergiska reaktioner är idag någorlunda väl kända. I princip utvecklas en s k. typ I-allergi enligt följande. Främmande proteiner (allergener) tar sig in i kroppen via andningsvägarna eller mag-tarmkanalen. Då bildas specifika antikroppar mot allergenet (av typ IgE). Nästa gång samma allergen tar sig in reagerar den med antikropparna vilket ger upphov till inflammation i ögon eller luftvägar och kan hos individer som är mottagliga utlösa symptom som hösnuva, astma, nässelutslag, böjveckseksem eller tarmsymptom.

När luftvägarna blir inflammerade leder det till en överretbarhet, s k hyperreaktivitet, som kan drabba slemhinnan i näsan eller lufttrören. Det ger en ökad känslighet för allergenet vilket i sin tur ger häftigare symptom. Inflammationen kan också ofta leda till mer ospecifik hyperreaktivitet, det vill säga att kraftiga symptom kan utlösas också på andra agens än det specifika allergenet. Sådana agens kan exempelvis vara retande doftämnen, kall luft eller kroppsansträngning. Utvecklandet av allergisk sjukdom, sensibilisering, kan också underlättas av andra faktorer. Ett exempel på en sådan s k. adjuvant är miljötabaksrök. Den genetiskt betingade benägenheten att utveckla IgE-antikroppar och därmed allergiska sjukdomar kallas för *atopi*.

S k. typ VI-allergi utlöses istället av att huden kommer i kontakt med ett allergen, exempelvis en metall. I detta fall utvecklas istället specifika vita blodkroppar (s k. T-lymfocyter). Nästa gång man utsätts för allergenet kan det ge upphov till allergi i form av kontakteksem.

Det som tidigare nämnts som *annan överkänslighet* innebär också att man drabbas av liknande kraftiga reaktioner som för allergier då man utsätts för en miljöfaktor eller flera. I dessa fall är den immunologiska mekanismen inte känd och något allergen är inte inblandat. Man har sett antydningar på att det i dessa fall vanligen handlar om en sensorisk överkänslighet hos hjärnnerven som är kopplad till ögon och näsa hos just de individer som drabbas.<sup>1</sup>

## Omfattning

Allergitutredningen<sup>2</sup> visade att var tredje invånare i Sverige vid tiden för undersökningen hade eller hade haft allergi eller annan överkänslighet. Ca 40 % av skolbarnen har eller har haft astma, hösnuva eller eksem när de börjar skolan. Förekomsten av allergiska sjukdomar har mer än fördubblats i Sverige och i många andra länder i västvärlden under de senaste 30 åren. Ökningen gäller framför allt barn och ungdomar. Astma bland barn har mer än fördubblats under denna period<sup>3</sup>.

Stockholmsundersökningen<sup>4</sup> visade att 36 % av den vuxna befolkningen (18 år eller äldre i Stockholms) som bor i flerbostadshus rapporterade att de hade eller

---

<sup>1</sup> Skerfving. (2003).

<sup>2</sup> SOU. (1989:76).

<sup>3</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>4</sup> Fyrhake et al. (1998).



hade haft någon form av allergi. För riket var motsvarande siffra enligt ELIB-undersökningen<sup>1</sup> 31 % (29 % för män och 34 % för kvinnor).

Enligt Nationella miljöhälsoenkäten 1999 uppgår 22 % av Sveriges befolkning i åldrarna 19-81 år att de har eller har haft hösnuva, 10 % astma och ca 15 % eksem. Mellan 15 och 20 % av skolbarnen i mellan- och högstadiet i Sverige är allergiska mot pälsdjur. Astma och hösnuva ökar mest.<sup>2</sup> Astma kan leda till för tidig död. Cirka 200 personer dör varje år i Sverige på grund av astmaanfall. År 1996 rapporterades 897 dödsfall med astma som direkt eller indirekt orsak, enligt Statens folkhälsoinstitut<sup>3</sup>. Mellan 2 och 10 % av befolkningen i Sverige har allergiska reaktioner mot mögel<sup>4</sup>.

### Motverkande samhällsåtgärder

Som tidigare diskuterats är orsakerna bakom den ökande allergiutvecklingen komplex och till stora delar okänd. Samhällets strategi är att arbeta med prevention inom många områden, som information till föräldrar med atopisk läggning om att amma sina barn, undvika pälsdjur och rökning, undvika viss mat mm.

När det gäller hjälp till personer som redan har allergi är medicinering idag den dominerande insatsen. Den enskildes strategi är att försöka undvika det man inte tål. Ett problem är att många människor idag lider av ospecifik hyperreaktivitet, där man inte vet vad man ska skydda sig mot och där många olika typer av irriteranter kan utlösa t ex ett astmaanfall. Detta talar för vikten av att inte bara försöka undvika allergen utan även irriterande ämnen i innemiljön.

Efter Allergiutredningen på 1980-talet fick Folkhälsoinstitutets Allergiprogram statens uppdrag att informera om hur man kan arbeta preventivt och lindra symptom. Under Allergiåret 1996 genomfördes en stor informationskampanj, där en rad seminarier arrangerades runt om i landet med vårdpersonal och skolpersonal som målgrupp. Ett viktigt fokus var hur allergianpassade innemiljöer för barn ska kunna åstadkommas i hemmiljö, i förskolor och skolor. Under Innemiljöåret 1999 samverkade alla myndigheter som arbetar med lagstiftning och råd om innemiljöer och genomförde ytterligare en bred informationskampanj. Under 2003 hade Astma Allergiförbundet statliga medel för att genomföra en informationskampanj under det så kallade Barnallergiåret 2003.

I samarbete med Astma Allergiförbundet utvecklades under 1990-talet den s k Allergironden, med en checklista för miljöbesiktning och genomgång av verksamheten med hänsyn till allergiker. Allergirondens checklista finns idag i versioner för förskolor, skolor och kontor och används i många kommuner. Folkhälsoinstitutet tog också under 1990-talet fram flera skrifter som ger vägledning för hur man åstadkommer sunda, allergianpassade innemiljöer<sup>5</sup>.

---

<sup>1</sup> Andersson et al. (1991).

<sup>2</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>3</sup> Folkhälsoinstitutet. (1998).

<sup>4</sup> Pasanen. (2002).

<sup>5</sup> Folkhälsoinstitutet (2001). Folkhälsoinstitutet (1998). Svenska kommunförbundet och Folkhälsoinstitutet. (1996).

## Mätning av problemet

Det finns olika metoder med vilka man medicinskt kan konstatera allergisjukdom. En atopisk allergi kan konstateras av läkare genom blodprov, då personer med sådan allergi utvecklar IgE-antikroppar som syns i blodet. Överkänslighet mot specifika allergener kan till en viss gräns kontrolleras av läkare genom pricktest på huden mot dessa ämnen. Symptomet astma kan undersökas genom så kallad PEF-blåsning, då andningskapaciteten testas. Det finns också en rad olika medicinska frågeformulär som används av läkare för att, med hjälp av personernas symptombild, bedöma allergisjukdomar och deras allvarlighet.

I t ex. Örebroenkäten och Stockholmsenkäten om innemiljö och hälsa, efterfrågas om man har eller har haft astma, hösnuva eller eksem. De som svarar att de har eller har haft ett eller flera av dessa symptom brukar klassas som allergiker. Eftersom denna klassning bygger på individens egen uppfattning och inte på någon läkarundersökning, brukar man tala om *självrapporterad allergi*.

Indirekta metoder som kan indikera också ökad risk för allergier är sådana fysikaliska mätningar av VOC och emissioner från byggmaterial som har beskrivits tidigare under avsnittet om sensorisk luftkvalitet.

## Allergi i EcoEffect

Eftersom EcoEffect-metodiken syftar till att få fram risker för allergiutveckling på grund av byggnaden som värderas, är det de allergisjukdomar som förväntas ha ett samband med vistelse i byggnaden, som skall värderas.

När det gäller allergi menas här således både atopi och annan överkänslighet. Byggnadsrelaterade aspekter som i metodiken har bedömts ha betydelse för en förhöjd allergirisk i huset är i första hand de detaljerade innemiljöproblemen *"stickande lukt", "torr luft", "luktar avgaser", "luktar mögel", "luktar unket" samt möjligheten att påverkan luftkvaliteten inomhus exempelvis genom vädring och ytors städbarhet*. I metodiken redovisas allergi i diagrammet Hus och hälsa.

### ...i befintlig bebyggelse

Här görs också en åtskillnad mellan av byggnaden *förvärrad allergi* och av byggnaden *framkallad allergi*. Båda dessa bidrar i lika stor grad till stapeln för allergi i diagrammet Hus och hälsa vid värdering av befintlig bebyggelse. I EcoEffect-värderingen används självrapporterad allergi som definition på en allergiker, dvs. en person som vid enkätundersökning uppger sig ha eller ha haft någondera av astma, hösnuva eller eksem, eller kombinationer av dessa symptom. I enkäten får allergikerna, som alla andra, svara på frågor om SBS-symptom (fråga F2) och om de tror att dessa beror på innemiljön. Till allergikerna ställs dessutom frågan om deras allergiska besvär förändras när de vistas i byggnaden (fråga K1-3). Det går således bland enkätsvar att skilja ut gruppen allergiker i en byggnad och titta speciellt på om de upplever sin hälsa bättre, oförändrad eller sämre än normalt när de vistas i den aktuella byggnaden. Dessutom ställs frågor om lägenheten/arbetsplatsen under de senaste sex må-

naderna har målats eller fått ny golvbeläggning för att på detta sätt kunna analysera om det kan finnas några samband med detta.

...i planerad bebyggelse

Vid värdering av planerad bebyggelse är utgångspunkten istället kriterier som rör luftkvalitet, ytskiktets kvalitet och termiskt klimat som utnyttjas för värderingen av allergi. Många kriterier som utnyttjas för värderingen är därmed desamma som för SBS-värderingen. Skillnaden ligger i första hand i att kriterier som rör krav på förenklad städbarhet av golvytor och fasta detaljer i inredningen såsom köksinredning, WC-installationer, värme/vatten/ ventilationsledningar- och kanaler samt möjligheter att påverka luftkvaliteten inomhus också ingår.

## Lungcancer

### Problemet i bebyggelsen

Lungcancer tillhör de vanligaste cancerformerna i Sverige. Den dominerande orsaken till lungcancer är tobaksrökning. Ungefär 80 % av alla lungcancerfall beror på tobaksrökning i befolkningar där rökvanorna är utbredda. Ett antal faktorer i arbetsmiljön har visats öka lungcancerrisken, t ex asbest, krom, oorganisk arsenik, polyaromatiska kolväten och radon. Ca 10% av lungcancerfallen hos män har i Stockholmsområdet beräknats vara knutna till yrkesmässig exponering.<sup>1</sup>

Väl dokumenterade samband mellan lungcancer och exponering för radon i rumsluften finns också. Lungcancer liksom övriga cancerformer som kan utvecklas till följd av inomhusmiljöer beror på en långsiktig påverkan, där t ex en för hög exponering för radongas under en längre tid kan ge upphov till lungcancer och därigenom för tidig död. Vid genomsnittliga radonhalter på 140-400 Bq/m<sup>3</sup> var riskökningen för lungcancer 30 % och vid halter över 400 Bq/m<sup>3</sup> var ökningen ca 80 % jämfört med dem som hade haft en medelhalt på högst 50 Bq/m<sup>3</sup>.<sup>2</sup> Förhöjda radonhalter i inomhusluften beror antingen på ett inflöde av jordgas från marken, dricksvattnet eller från byggnadsmaterial i form av uranrik lättbetong, s k. blåbetong. Blåbetong användes i stor skala under perioden 1950-1975. Beräkningar finns på att blåbetong finns i ca 10 % av Sveriges bostäder.<sup>3</sup>

### Mekanism

Lungcancer uppstår som en följd av förändringar i slemhinnans celler i lungorna. Förändringarna är en konsekvens av att cellerna exponeras för cancerframkallande ämnen. I så gott som alla kroppens vävnader kan det uppstå abnorma nybildningar av celler. En godartad tumör kapslar in sig och får i regel inga

---

<sup>1</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>2</sup> Pershagen. (1993).

<sup>3</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

svåra följder, medan en elakartad ohejdat växer in i omgivande vävnader. Ett exempel på detta är lungcancer. De flesta lungcancerpatienter avlider ca ett år efter diagnos.

Hosta är det vanligaste symptomet på lungcancer men eftersom denna reaktion är vardaglig och också kan bero på en rad andra orsaker är det inte självklart att koppla det samman med lungcancer. Lungcancer ger också andra cancersymptom som trötthet, aptitlöshet och vikt förlust.

Behandling av lungcancer sker genom operation, strålning eller cellgifter. Överlevnadsprognosen är emellertid inte stor.

### Omfattning

Totalt inträffar omkring 2 800 lungcancerfall i Sverige varje år. Antalet lungcancerfall för män minskar medan de ökar för kvinnor. Lungcancer hos kvinnor hör till de cancerformer som ökar snabbast i landet. 400 -900 fall beräknas enligt Miljöhälsoutredningen<sup>1</sup> vara orsakade av radonhaltig inomhusluft. De flesta av dessa fall anses bero på kombinationen av rökning och radon. Icke-rökare utgör ca 50 radonrelaterade fall av lungcancer per år.<sup>2</sup>

40-80 fall av lungcancer per år uppskattas vara orsakade av miljötobaksrök, det vill säga passiv rökning. Människors exponering för miljötobaksrök är bara delvis en byggnadsteknisk fråga. I huvudsak är det en driftsfråga. En byggnads utformning kan dock underlätta att hålla innemiljön fri från miljötobak. I värderingssystemet föreslås miljötobaksrök tas med som en faktor som värderas i arbetsmiljö, men inte i bostadsmiljö.

90 000 – 200 000 bostäder i Sverige beräknas ha en radonhalt inomhus överstigande 400 Bq/m<sup>3</sup> enligt ELIB-undersökningen.<sup>3</sup> I Radonutredningen<sup>4</sup> konstateras samtidigt att enbart ca 280 000 (av totalt 1 950 000) småhus och 100 000 (av totalt 2 200 000) bostäder i flerbostadshus har mätts upp med avseende på radon i inomhusluften. För skolor och förskolor gäller att ca 25 000 (av totalt 125 000) lokaler i skolbyggnader har mätts upp.

En sammanställning över svar från 47 av landets kommuner visar att radonhalter över gällande gränsvärden har uppmätts i 52 % av småhusen inom högriskområden för markradon. Då man har studerat hus byggda efter 1980 (som därmed inte innehåller blåbetong) framkom emellertid exempel på när relativt stora andelar hus hade förhöjda radonhalter trots att de låg i lågriskområden för markradon. Detta indikerar att man inte kan gå efter områdesklassning då radongenomsläppligheten ofta har stora lokala variationer.<sup>5</sup>

I internationellt perspektiv har Sverige och de andra nordiska länderna utom Danmark relativt höga medelhalter av radon inomhus, se Tabell 16.

---

<sup>1</sup> SOU. (1996:124).

<sup>2</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>3</sup> Norlén och Andersson. (1993).

<sup>4</sup> SOU. (2001:7).

<sup>5</sup> SOU. (2001:7).

Tabell 16 Radonhalter i några länder, medelvärden i bostadshus i Bq/m<sup>3</sup>.<sup>1</sup>

Land	Medelvärde (Bq/m <sup>3</sup> )
Sverige	108
Danmark	53
Finland	123
Norge	73
Tyskland	50
Storbritannien	20
Italien	75
Frankrike	62
USA	46
Kanada	34
Japan	16

## Motverkande samhällsåtgärder

Samhällets insatser mot lungcancer handlar i första hand om olika preventiva insatser mot tobaksrökning. Det gäller såväl informationskampanjer som ekonomiska styrmedel genom skatter. Under våren 2004 klubbade Riksdagen också igenom lagstiftning i form av kommande förbud mot tobaksrökning inomhus i restauranger och krogar.

När det gäller insatser för att minska fallen av lungcancer till följd av radon i inomhusmiljöer har en rad åtgärder vidtagits, utöver att försöka minska tobaksrökningen. De myndigheter som under åren har arbetat med frågorna och också tagit fram olika typer av informationsmaterial, lägesrapporter och liknande, är i första hand Boverket, Strålskyddsinstitutet och Socialstyrelsen. Böcker om åtgärder för att minska radonhalterna inomhus har exempelvis tagits fram inom ramen för Byggforskningsrådets verksamhet<sup>2</sup>. Strålskyddsinstitutet genomförde 1995 en kampanj som fick förhållandevis stort genomslag. Kampanjens syfte var i första hand att få fler, såväl privatpersoner som professionella förvaltare, att mäta radonhalten inomhus.

Från 1983 fanns möjlighet att få räntefria tillägsslån för att genomföra radonsanering i bostadshus<sup>3</sup>. På grund av dåligt utnyttjande försvann 1988 tillägsslånen för egnahem och ersattes istället av ett bidragssystem<sup>4</sup>. Bidraget ges då radonhalterna överstiger 400 Bq/m<sup>3</sup> och ges sedan 1999 efter tillgång på medel. Olika typer av extra stöd, lån, räntebidrag, skattereduktioner, etc har också gått att få under olika perioder för olika typer av ombyggnadsåtgärder, bl a radonsanering. Bidraget har dock varit så pass lågt att det inte har utnyttjats i någon större utsträckning.

De åtgärder som kan vidtas är vanligen ändrad ventilation, ökade luftflöden i blåbetonghus, i fall av markradon att ha balanserad ventilation som inte ger undertryck inomhus, tätning mot mark och olika slag av fläktar i grund eller under grundplatta som för bort radonet. Vid nybyggnad handlar det i första hand om att undersöka markens radonhalt i flera punkter och utföra grundlägg-

<sup>1</sup> SOU. (2001:7).

<sup>2</sup> Clavensjö och Åkerblom. (1992).

<sup>3</sup> Förordningen (1983:1021) om tillägsslån för ombyggnad av bostadshus, mm.

<sup>4</sup> Förordningen (1988:372) om bidrag till åtgärder mot radon i egnahem.

ningen radonskyddande där det är ”medelradonmark” och radonsäkerhet när det är ”högradonmark”, se Tabell 17.

Tabell 17 Klassificering av mark med avseende på radon<sup>1</sup>.

Lågradonmark	Medel (normal)radonmark	Högradonmark
< 10 000 Bq/m <sup>3</sup> luft i mark	10 000 – 50 000 Bq/m <sup>3</sup> luft i mark	> 50 000 Bq/m <sup>3</sup> luft i mark

Det nu gällande gränsvärdet ligger på 200 Bq/m<sup>3</sup> räknat som årsmedelvärde radondotterhalt vid ny- och tillbyggnad<sup>2</sup>. För befintliga byggnader är gränsvärdet idag 400 Bq/m<sup>3</sup>.

I propositionen om vissa innemiljöfrågor<sup>3</sup> föreslogs att radonhalten i alla skolor och förskolor år 2010 och i alla bostäder senast 2020 skall vara lägre än 200 Bq/m<sup>3</sup> luft. Förslaget har antagits av Riksdagen vilket därmed ingår som delmål under Riksdagens miljömål God Bebyggd Miljö.

## Mätning av problemet

Lungcancer upptäcks och diagnostiseras vanligen genom en rutinemässig röntgenundersökning av lungorna. Om det av den inte tydligt framgår att det är lungcancer gör man också en kikarundersökning av lungorna, en s k. bronkoskopi. Ofta görs också en undersökning av upphostningarna, då man letar efter cancerceller.

När det gäller att mäta radonhalter i luft inomhus används vanligen spårfilmsmätare i form av en spårfilm av typ CR-39 som är innesluten i en dosa av elektriskt ledande plast. Vid sönderfall av radongasen avges alfapartiklar som orsakar mikroskopiska spår i filmen. Antalet spår per ytenhet är proportionellt mot radongashalten i rummet och exponeringstiden. Strålskyddsinstitutet rekommenderar att exponeringstiden bör vara 3 månader och att man skall mäta under eldningssäsong.<sup>4</sup> Genom kända orsakssamband kan man sedan räkna om radonhalten till eventuell förhöjd risk att utveckla lungcancer vid långvarig vistelse i byggnaden. För bostäder brukar värdet anges som årsmedelvärde. Detta är svårare i kontor och skolor, m.fl. lokalbyggnader där ventilationen stängs av eller luftflödet sänks under nätter och helger.

## Lungcancer i EcoEffect

I EcoEffect värderas byggnadsrelaterad risk för lungcancer på grund av radon i rumsluften. Hänsyn tas ej till tobaksrökning. Att redovisa risken för lungcancer i en byggnad har dömts ut av de personer som har ingått i projektets referensgrupp. Lungcancer redovisas därför aldrig i metodiken som ett slutproblem (dvs. i diagrammet Hus och Hälsa). Problemen redovisas istället indirekt ge-

<sup>1</sup> Statens planverk. (1982).

<sup>2</sup> Boverkets Byggregler. (1999). BFS 1993:57 med ändringar till och med BFS 1998:38. Hygien, hälsa och miljö. 6.2: Luft.

<sup>3</sup> Regeringens proposition. (2001/02:128).

<sup>4</sup> Norlén och Andersson. (1993).

nom mätvärden samt ingår som en del i stapeln för luftkvalitet i diagrammet Innemiljöfaktorer under rubriken Joniserande strålning.

...i befintlig bebyggelse

Värderingen av problemet i befintlig bebyggelse grundar sig helt på uppmätta halter av radon. Då det är förhållandevis vedertaget hur stor ökning av lungcancerincidens som riskeras i relation till radonhalt anses därmed uppmätta radonhalter stå i direkt proportion till risken för lungcancerfall. Mätvärden för radonhalt i rumsluft redovisas i klartext i den kompletterande tabellen med mätvärden i redovisningen.

...i planerad bebyggelse

I programskedet grundar sig värderingen på den kravnivå man ställt på maximal radonhalt i färdig byggnad. I projekteringsskedet bygger värderingen istället på kriterier som avser vilka åtgärder som vidtagits för att minimera risken för markradon och eventuella fyllnadsmassors radoninnehåll. Detta gäller dels att man genomför undersökningar av förekomst av markradon och radon i fyllnadsmassor samt hur genomsläpplig marken är med avseende på radon. Dels beroende på vilka åtgärder som vidtas för att förhindra att eventuellt markradon kan tränga in i byggnaden.

Redovisningen av risken för lungcancer i planerade byggnader visas, som tidigare nämnts, enbart indirekt genom stapeln Joniserande strålning under den övergripande innemiljöfaktorn Luftkvalitet i diagrammet Innemiljöfaktorer.

## Legionärssjuka och luftfuktarfeber

### Problemet för människan i bebyggelsen

*Legionärssjuka* är en allvarlig lunginflammation som för äldre och fysiskt ned-satta personer kan få dödlig utgång. Penicillin biter inte på denna sjukdom eftersom de sjukdomsalstrande bakterierna växer inuti cellerna. *Luftfuktarfeber*, eller *Pontiacfeber*, är en mild sjukdom som ger akuta influensasymptom och anses vara kortvarig. Den kan snarare liknas vid en allergisk reaktion än en infektion<sup>1</sup>.

Bakterien som orsakar sjukdomarna heter *Legionella pneumophila* och finns i jord och vatten, samt kan växa till i vatten. Tillväxten av legionellabakterier är främst beroende av vattentemperaturen. Den lever i vatten med en temperatur på 0-50°C och med en optimal temperatur på 37°C. Bakteriens livslängd beror på vattnets temperatur. Vid 50°C dör den efter några timmar och vid 60°C efter några minuter.

Legionellaförekomst är vanligare i vattensystem till sjukhus, hotell och större förvaltningsbyggnader än i bostäder. Orsaken till detta är att det ofta komplexa

---

<sup>1</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

ledningssystemet i större byggnader kan innebära långa uppehållstider för vatten i nätet, vilket bidrar till bakterietillväxt. Spridning av Legionella kan också ske via fuktig luft i ventilationssystem samt klimatanläggningar, t.ex. kyltorn, där kondens bildas.

Vid projektering är det viktigt att verka förebyggande för att undvika lösningar som kan ge upphov till stillastående vatten där legionellatillväxt kan ske. Detta gäller exempelvis s.k. blindledningar. Undvikande av material som underlättar legionellatillväxt är en annan åtgärd. Val av filtertyp på ventilationssystemet är också en viktig fråga i sjukhusmiljöer och laboratorier där risk finns för smittspridning via ventilationen. En bra handledning om legionella riktad till VVS-projektörer och installatörer har givits ut av VVS-installatörerna<sup>1</sup>.

### Mekanism

Legionärssjuka uppstår till följd av att en aerosol (vattendimma) med legionellabakterier sprids till andningsorganen. Det kan t.ex. ske via duschning eller via ett ventilationssystem med luftbefuktning.

I regel krävs ett försämrat immunförsvar, storrökning och/eller försvagning på grund av ålder för att man skall drabbas. Bakterierna kan då ge upphov till en form av lunginflammation med oftast hög feber, huvudvärk och muskelvärk. Diarré är också ett ofta förekommande symptom. Legionärssjuka kan behandlas med antibiotika.

Varför endast vissa personer får en typisk legionärssjuka, andra Pontiacfeber, medan de flesta som utsätts för smittan förblir friska är oklart. Smitt dosen, d.v.s. det antal bakterier man får i sig, spelar sannolikt viss roll. Personens hälsotillstånd är också av betydelse; personer med nedsatt infektionsförsvar och t.ex. storrökare ådrar sig legionärssjuka lättare.

Luftfuktarfeber orsakas av legionellabakteriernas restprodukter.

### Omfattning

Ca 50-80 sjukdomsfall av legionärssjukan rapporteras årligen. Utbrott rapporteras mest från sjukhus och hotell. Ungefär hälften av fallen smittas i Sverige, resterande under utlandssemester. Ett par utbrott med luftfuktarfeber har rapporterats i Sverige efter bad i bubbelpool.<sup>2</sup> Mörkertalet för båda sjukdomarna bedöms emellertid som stort och uppskattningar ger siffror på att det egentligen sker mellan 500 och 1 000 fall av legionärssjuka årligen i Sverige<sup>3</sup>.

### Motverkande samhällsåtgärder

För att motverka problemet med legionärssjuka respektive luftfuktarfeber i byggnader finns föreskrifter i Boverkets Byggregler som anger att vattentemperaturen vid tappstället ska vara minst 50°C och rådet att vattentemperaturen i varmvattenberedaren ska vara minst 60°C. Även Socialstyrelsen har tagit fram

---

<sup>1</sup> Stålbom och Kling. (2002).

<sup>2</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>3</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).



rekommendationer<sup>1</sup>. Betydelsen av att man uppnår dessa temperaturer i sjukhus och liknande lokaler, där människor med nedsatt infektionsförsvar vistas, betonas också.

### Mätning av problemet

Diagnos kan bl.a. ställas genom att bakterier påvisas i luftvägssekret eller bakterieantigen i urin, alternativt att antikroppar mot legionellabakterien påvisas i patientens blod. Antikroppar hittas ibland hos personer som aldrig drabbats av legionärssjuka, vilket talar för att infektioner kan förekomma utan allvarliga symtom.

Fastighetsägare som arbetar förebyggande med denna fråga har kontrollsysteem för att säkerställa att tappvarmvattentemperaturerna inte underskrider gällande riktvärden. Dessa bygger på att man med jämna intervall uppmäter temperaturer på olika ställen i byggnaden och att man har någon form av varningssystem om börvärdena underskrids.

### Legionärssjuka och luftfuktarfeber i EcoEffect

I EcoEffect värderas byggnadsrelaterad risk för legionärssjuka eller luftfuktarfeber på grund av installationer och konstruktioner som kan ge upphov till stillastående vatten eller tillväxt av legionellabakterier. Av samma skäl som för lungcancer på grund av radon har redovisning av risken att få legionärssjuka i byggnaden inte valts att visas. Problemet redovisas dock indirekt genom mätvärden på tappvarmvatten som ingår som en del i stapeln för luftkvalitet i diagrammet Innemiljöfaktorer.

#### ...i befintlig bebyggelse

Risken anges indirekt genom att man utgår från uppmätta temperaturer i tappvarmvatten och varmvattenberedare. Om dessa ligger på över 55 respektive över 65 grader Celsius bedöms risken för levande legionellabakterier vara mycket liten. Dessutom bygger värderingen på besiktning av vatten- respektive ventilationssystem med avseende på förekomst av installationslösningar som kan ge upphov till stillastående vatten. Uppmätta värden på tappvarmvatten redovisas också separat i tabellen med mätvärden vid värdering av befintlig bebyggelse.

#### ...i planerad bebyggelse

Vid värdering av planerad bebyggelse bygger värderingen i första hand på kriterier som kan kopplas till att man erhåller rätt varmvattentemperaturer i den färdiga byggnaden. Till något mindre del bygger värderingen också på att utförandet av vatten- och ventilationsinstallationer i byggnaden säkras så att tillväxt av legionellabakterier kan minimeras. I projekteringskedet handlar det om att dimensionera VV-systemet så att rätt temperaturer erhålls. När det gäller säkert utförande av installationer handlar det dels om att minimera antalet potentiella

---

<sup>1</sup> Socialstyrelsen. (2003).

källor för legionellatillväxt, dels om olika åtgärder som underlättar exempelvis rengöring och återkommande kontroll av systemet med avseende på legionellatillväxt.

Redovisningen av risken för legionella i planerade byggnader visas, som tidigare nämnts, enbart indirekt genom stapeln Legionella under den övergripande innemiljöfaktorn Luftkvalitet i diagrammet Innemiljöfaktorer.

## 6.3 Termiskt klimat

Med termiskt klimat avses i första hand vår upplevelse av värme/kyla inomhus. Idag finns en relativt god överensstämmelse mellan fysikaliskt mätbara storheter och människors upplevelse av det termiska klimatet eller den termiska komforten. De viktigaste mätbara storheterna är lufttemperatur, metelstrålningstemperatur från ytor och lufthastighet. Av betydelse är också temperaturgradienten (dvs. den vertikala temperaturskillnaden mellan fot- och huvudnivå) och golvets yttemperatur.

Under denna rubrik beskrivs innemiljöproblem som kan associeras med termiskt klimat i byggnader som avviker från det normala. De problem som tas upp är komfortproblem som att det är för varmt eller för kallt samt förvärrade ledbesvär på grund av kyla och drag. För hög rumstemperatur kan emellertid också vara en bidragande faktor för att andra innemiljöproblem uppstår, såsom SBS och allergier. Dessa har dock beskrivits under separata rubriker ovan då dessa problem i första hand kan förknippas med dålig luftkvalitet.

### "För varmt" eller "för kallt"

#### Problemet för människan i bebyggelsen

På grund av avvikande termiskt klimat kan rum inomhus upplevas antingen för varma eller för kalla. Genom vår klädsel och aktivitetsnivå kan vi själva till en viss del reglera upplevelsen av obehagen. Men problemen uppkommer om vi utöver dessa regleringssätt fortfarande upplever att det är för kallt eller för varmt.

Ungefär 20% av dem som bor i flerbostadshus i Stockholm<sup>1</sup> upplever att rumstemperaturen är för låg på vintern. I kontorslokaler, sjukhusmiljöer, skolor och förskolor som har hög personbelastning och höga värmelaster från datorer, m.m. är det vanligare att man upplever att det är för varmt.

För hög eller för låg lufttemperatur, drag, för kalla eller för varma omgivande ytor ger dåligt termiskt klimat. De byggnadsrelaterade parametrar som därmed har störst betydelse för termiskt välbefinnande är *luftens temperatur, omgivande ytors strålningstemperatur, lufthastigheten och golvets yttemperatur*. Bero-

---

<sup>1</sup> Engvall och Norrby. (1992).

ende på klädsel och aktivitet kan också upplevelsen av det termiska klimatet variera.

För arbetsplatser, inklusive skolor, ger hög personbelastning och hög apparattäthet överskottsvärme. Det är därför extra viktigt i lokalbyggnader med hög personbelastning och stora fönster mot sydliga väderstreck att se till att man inte får ytterligare temperaturhöjning på grund av solinstrålning. Att montera effektiv solavskärmning är därför en viktig åtgärd för att kunna hålla rätt temperatur. Solavskärmning minskar eller eliminerar också behovet av komfortkylla, som drar mycket el. Det finns nu ett datorprogram, Parasol<sup>1</sup>, som man kan använda utan kostnad, för att beräkna lämpligt solskydd för en aktuell byggnad.

Bra vädringsvanor kan ytterligare minska risken för överskottsvärme. Detta förutsätter att fönstren är utformade så att det är lätt att vädra utan att samtidigt få in för mycket kall luft som ger drag.

### Mekanism

Många typer av sinnesceller är belägna vid kroppsytan och har en eller flera cilier (sinneshår), som skjuter ut i det omgivande mediet. Smärta och temperatur registreras emellertid vanligen av fria nervändar utan förmedling av sinnesceller. Dessa så kallade *termoreceptorer*, reagerar på temperaturförändringar. Det finns dels de typer som reagerar när det är kallare än normal kroppstemperatur, dels de som reagerar när det är varmare. Via receptorerna skickas impulser till hjärnan vilket gör att vi förnimmar om det är varmt eller kallt. Dessutom initieras en feedback-mekanism som skickar information till kroppens temperaturregleringssystem. Detta gör att vi svettas när det är för varmt och skakar om det är för kallt.

### Omfattning

I svenska förhållanden är det i synnerhet för kalla bostäder på vintern som av många upplevs som ett problem. I ELIB-undersökningen framkom att 12 % av de boende i flerbostadshus upplevde problem med drag, 7 % med låg temperatur och 4 % med hög temperatur<sup>2</sup>. Generellt låg besvärshänsen högre för boende i flerbostadshus än i småhus. Samtidigt låg uppmätta temperaturer signifikant högre i flerbostadshus än i småhus. Enbart i 6 % av flerbostadshusen i ELIB-undersökningen var innetemperaturen lägre än 20°C<sup>3</sup>. Tabell 18 visar resultatet från Hus- och Hälsa-undersökningen i Stockholm som genomfördes i början av 1990-talet.

*Tabell 18 Brukarnas översiktliga bedömning av det termiska klimatet i Stockholms flerbostadshus (n= 266.000).<sup>4</sup>*

	% som bedömde det <b>termiska klimatet</b> som...
--	---

<sup>1</sup> www.parasol.se

<sup>2</sup> Andersson et al. (1991).

<sup>3</sup> Norlén och Andersson. (1993).

<sup>4</sup> Engvall och Norrby. (1992).

	Mycket bra	Ganska bra	Varken bra eller dåligt/ Acceptabelt	Ganska dåligt	Mycket dåligt
Vinter	25	37	18	13	7
Sommar	28	43,5	20	6,5	2

På arbetsplatser finns inte lika mycket studier men ökad introduktion av komfortkyla på kontorsarbetsplatser skulle kunna tyda på att värmen under sommaren upplevs som ett problem värt att åtgärda.

## Motverkande samhällsåtgärder

Miljöbalkens och före detta Hälsoskyddslagens krav på att förebygga olägenhet för människors hälsa har resulterat i ett antal råd och rekommendationer på detta område. Socialstyrelsen har utfärdat allmänna råd<sup>1</sup> som ställer krav på inomhustemperaturer och i Boverkets Byggregler<sup>2</sup> finns föreskrifter och råd om termiskt rumsklimat. I standarden ISO 7730 anges riktvärden för temperaturer inomhus som skall säkra att ungefär 80 % av brukarna av en byggnad skall vara nöjda med det termiska klimatet, se Tabell 19. Standarden är under revidering och i den nya versionen föreslås en indelning av parametrar för termiskt klimat i tre olika standardklasser, vilka skall motsvara olika andel nöjda brukare.

Tabell 19: De huvudsakliga riktvärdena för termiskt klimat<sup>3</sup>.

Operativ temperatur vinter	22°C + 2°C
Operativ temperatur sommar	24,5°C + 2,5°C
Lufthastighet vinter	0,15 m/s
Lufthastighet sommar	0,25 m/s
Temperaturgradient 0,1 – 1,1 m över golv	3°C

I Boverkets byggregler finns föreskrifter och råd om termiskt rumsklimat<sup>4</sup>. I föreskriften sägs: ”Byggnader som innehåller bostäder, arbetslokaler eller likvärdiga utrymmen där personer vistas mer än tillfälligt, skall utformas så att ett tillfredsställande termiskt inomhusklimat kan erhållas”.

I rådet sägs att föreskriftens krav är uppfyllt, om byggnaden utformas så att vid dimensionerande utetemperatur:

- den lägsta riktade operativa temperaturen i vistelsezonen beräknas bli 18°C i bostads- och arbetsrum och 20°C i hygienrum och vårdlokaler samt i rum för barn i daghem och förskolor och för äldre i servicehus o.d.
- den riktade operativa temperaturens differens vid olika punkter i rummets vistelsezon beräknas bli högst 5°C.
- yttemperaturen på golv i vistelsezonen beräknas bli lägst 16°C (i hygienrum lägst 18°C och i lokaler avsedda för barn lägst 20°C) och högst 27°C, och

<sup>1</sup> SOSFS 1988:2.

<sup>2</sup> BBR 1998:38, kap 6:4. Temperatur.

<sup>3</sup> ISO 7730

<sup>4</sup> BBR 1998:38, kap 6:4. Temperatur.

- lufthastigheten i ett rums vistelsezon inte beräknas överstiga 0,15 m/s på vintern.

Inom branschen har under de senaste åren olika metoder kommit fram för att säkerställa en god inomhusmiljö i befintliga byggnader. Den kanske mest utbredda är MIBB<sup>1</sup> som bl.a. innehåller krav på nivåer för termiskt klimat vilka överensstämmer med normkrav/gränsvärden.

### Mätning av problemet

ISO-standarderna för termiskt klimat<sup>2</sup> grundar sig på Fangers komfortekvation<sup>3</sup> vilken är framtagen genom att människor i laboratoriemiljö har fått uttala sig om den termiska komfortupplevelsen vid olika termiskt klimat vid given aktivitet och klädsel. Omdömena gavs på en heltalsskala (PMV-skalan) från -3 för kallt till +3 för hett. Utifrån dessa försök konstruerade Fanger ett index, PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) för att göra komfortbegreppet mer förståeligt. Med missnöjda avses de personer som på PMV-skalan skulle ge omdömet -3, -2, +2 eller +3. Detta har resulterat i indexen PMV och PPD som används för att räkna ut andelen missnöjda om olika termiska parametrar antar olika värden. Indexen ligger också till grund för utvecklingen av globtermometern för mätning av operativ respektive ekvivalent temperatur.

Med hjälp av ett speciellt instrument (globtermometer) kan flera av parametrarna av betydelse för den termiska komforten mätas samtidigt. En sammanvägning av lufttemperatur och ytors temperatur ger det som kallas för *operativ temperatur*. Om globtermometern värms upp till 37°C (människans temperatur) kan dessutom lufthastigheten mätas och vägas in, vilket är den *ekvivalenta temperaturen* som bäst överensstämmer med människans upplevelse. På mätinstrumentet kan den för brukarna aktuella klädseln, (klädernas isoleringsförmåga = clo) och aktivitetsnivån (som ger en viss värmeavgivning = metabolism = met), ställas in. Den relativa luftfuktigheten har också en viss betydelse för hur termiskt välbefinnande upplevs. Den mäts därför och ställs in på instrumentet vid mätning av operativ eller ekvivalent temperatur.

Vid större undersökningar sker också direkt mätning av brukarnas upplevelse av termisk förhållanden med hjälp av brukarenkäter.

### "För varmt" eller "för kallt" i EcoEffect

De aspekter som i EcoEffect-metodiken har bedömts som viktigaste bidragande faktorer för att man skall besväras av att "det är för kallt eller för varmt" är de tre inomhusmiljöfaktorerna lufttemperatur (rumstemperatur), ytors strålningstemperatur samt lufthastighet (drag) vilka alltså inbegrips i begreppen operativ respektive ekvivalent temperatur. Vid sammanvägning av de tre inomhusmiljöfaktorerna väger lufttemperatur tyngst eftersom det i första hand är temperaturen som avgör hur besvärande de andra faktorerna upplevs.

---

<sup>1</sup> Miljöinventering av Innemiljön i Befintlig Bebyggelse. Se vidare avsnitt 4.3.

<sup>2</sup> ISO 7730.

<sup>3</sup> Fanger. (1970).

”För varmt” eller ”för kallt” karakteriseras i EcoEffect av följande detaljerade innemiljöproblem; *för kallt på vintern, för varmt på vintern, för kallt på sommaren, för varmt på sommaren, för kallt golv, för kalla väggar, drag vid golv, drag vid fönster, drag vid ventil*. Om det är arbetsplatser som bedöms tas också för varmt golv, för varma väggar samt för kallt eller varmt tak upp. Till det har också lagts problem som enligt definitionen inte strikt kan kallas för innemiljöproblem, men som likväl utgör problem; *rumstemperaturen varierar med uttemperaturen och problem att påverka värmen*.

### ...i befintlig bebyggelse

Vid värdering av befintlig bebyggelse mäts de övergripande upplevda innemiljöproblemen ”för kallt” eller ”för varmt” direkt genom att fråga brukarna om deras helhetsupplevelse med avseende på de termiskt klimata vintertid respektive sommartid. Genom att dessutom fråga brukarna om de detaljerade innemiljöproblemen som listats ovan (fråga B3-B6 i bostadsenkäten, bilaga x) ges underlag för att analysera eventuella problem, med hjälp av diagrammet Innemiljöfaktorer.

### ...i planerad bebyggelse - programskedet

Vid värdering av planerad bebyggelse bygger problemvärderingen istället helt på innemiljöfaktorerna rumstemperatur, yttemperaturer och lufthastighet. Så som redovisats ovan finns idag förhållandevis kända samband mellan upplevelsen av termiskt klimat och fysikaliska storheter som kan karakterisera dessa tre innemiljöfaktorer.

I de flesta standarder och byggnadsspecifikationer utgår man idag från den operativa temperaturen, då denna går lätt att mäta. Den ekvivalenta temperaturen är annars en elegantare konstruktion, då den är det närmaste man kan komma människans upplevelse av termiskt klimat med ett mätinstrument.

I detta arbete används *den operativa temperaturen* under vinter- respektive sommarhalvåret, temperaturgradient mellan 0,1-1,1 meter över golvet och möjligheter att påverka värmen för att karaktärisera innemiljöfaktorn rumstemperatur. Miljöfaktorn yttemperatur har karaktäriserats av innemiljöparametrarna yttemperatur på golv och radiell temperaturasymmetri på grund av kall vägg, varm vägg, kallt tak, varmt tak, de tre senaste endast på arbetsplatser. Dessa parametrar påverkar samtidigt den operativa temperaturen. Skälet till att de ändå finns med är att ytors temperatur särskilt ska uppmärksammas i programskede och under projekteringen så att medvetet valda värden sätts. Slutligen finns också lufthastighet vinter respektive sommar med. Lufthastighet är den innemiljöparameter som skiljer operativ temperatur från ekvivalent. Då det mest utbredda problemet med termiskt klimat är att ”det är för kallt” har innemiljöparametern operativ temperatur under vinterhalvåret erhållit den i särklass tyngsta vikten.

### ...i planerad bebyggelse - projekteringskedet

Här koncentreras intresset på att minimera källorna till obehag, t ex genom att välja låga U-värden för fönster, minimera luftläckaget i klimatskärmen och

undvika köldbryggor som kan ge kalla ytor och drag under vinterhalvåret, eller solinstrålning som kan ge överskottsvärme. Sedan tas dimensioneringen och regler-system för värme- och kylsystem upp samt utformning för brukarnas möjligheter att påverka temperaturen.

## Förvärrade ledbesvär på grund av kyla/ drag

### Problemet för människan i bebyggelsen

Artros och reumatoid artrit (ledgångsreumatism) är de vanligaste ledsjukdomarna, som kan sammanfattas som reumatiska besvär. Reumatoid artrit kännetecknas av en kronisk inflammation i kroppens leder. Orsakerna till att man insjuknar är i mångt och mycket okända. En allmän uppfattning bland specialister är emellertid att det är störningar i immunsystemet som ger sjukdomssymptomen. Virus och kosthållningen är orsaker som har studerats utan att några tydliga samband har fastställts. Ärftliga orsaker kan ha betydelse men står inte ensamt för att sjukdomen uppträder, vilket visats genom studier av enäggstvillingar.

Personer med ledbesvär, t ex reumatism, är mer känsliga för kyla och drag än normalbefolkningen och direkta hälsoeffekter som kan orsakas eller påverkas av t ex nedkylning och luftdrag är bland annat reumatism och nedsatt muskelfunktion. Dessa besvär kan medföra minskad arbetsprestation och ökad olycksfallsrisk<sup>1</sup>. I Miljöbalken talas, som tidigare nämnts, om personer med särskild känslighet, till vilka gruppen med ledbesvär hör. Enligt Socialstyrelsen, anses olägenhet för hälsan föreligga ”om den operativa temperaturen stadigvarande underskrider 20°C i utrymmen som används av känsliga grupper”<sup>2</sup>.

### Mekanism

Insjuknande visar sig vanligen genom inflammation i ledhinnor och senskidor. Inflammationen är oftast symmetrisk, vilket innebär att t ex både höger och vänster arm drabbas samtidigt. Småleder i händer, fötter, axlar och knän inflammationeras ofta först. Det är vanligt att de berörda lederna är stela någon timme på morgonen. Efter olika lång tid sprids sjukdomen i kroppen.

Ungefär hälften av dem som får reumatoid artrit insjuknar akut och de övriga får mer smygande symtom. Förutom ledbesvär är trötthet, minskad aptit och nedstämdhet vanliga symtom. Äldre personer kan ibland insjukna med mer allmänna symtom och muskelsmärter.

Den kroniska inflammationen kan bidra till nedbrytning av brosk och näraliggande ben. Även ögon, hud och inre organ kan angripas av inflammationen.

---

<sup>1</sup> SOSFS 1988:2.

<sup>2</sup> SOSFS 1988:2.

Sjukdomen drabbar människor oftast senare i livet. Genomsnittsåldern för insjuknande ligger omkring 57 år.

Artros innebär att i första hand höftleder och knäleder drabbas av förslitningar. Sjukdomen ger gradvisa försämringar hos den som insjuknar. Inflammationen och dess konsekvenser gör det ofta svårt för den som drabbas att klara det dagliga livet, arbeta och syssla med fritidsaktiviteter. Sjukskrivningar och förtidspensioneringar är vanliga. Det finns studier som tyder på att prognosen vid reumatoid artrit under de senaste åren tycks ha börjat förbättras. Kunskapen om sjukdomens medicinska förlopp har dessutom ökat, vilket har lett till en större insikt om att sjukdomen behöver behandlas redan på tidiga stadier. Genom ökat samarbete mellan olika medicinska specialister och aktiv läkemedelsbehandling finns det förhoppningar om en ytterligare bättre prognos i framtiden. De medicinska behandlingsformerna utgörs idag av medicinering, kirurgisk behandling, sjukgymnastik och arbetsterapi. Medicineringen bygger främst på att hämma inflammationen och lindra smärtan.

### Omfattning

I Sverige lider knappt en % av befolkningen av reumatoid artrit som är den vanligaste reumatiska sjukdomen i landet. Sett till ledbesvär i stort uppskattar Reumatikerförbundet att så många som en miljon svenskar lider av besvär. Totalt i världen anses så många som 355 miljoner människor lida av ledbesvär. Reumatoid artrit är 2-3 gånger vanligare hos kvinnor än hos män. I åldersgrupperna 50-60 år lider ca 7 % av kvinnorna i Sverige och 3 % av männen, av ledbesvär. Artros anses kunna drabba så många som 80 % av de över 55 år, enbart hälften av dessa har emellertid sjukdomssymptom<sup>1</sup>.

Hur många av dessa som har förvärrade ledbesvär på grund av kyla/drag finns det emellertid knapphändigt med uppgifter om. De stora enkätundersökningar som har gjorts om innemiljö och hälsa har inte frågat efter förvärrade ledbesvär på grund av kyla och drag. Inom ramen för EcoEffect-projektet har enkätstudier genomförts på ett tiotal bostadsområden/byggnader. Dessa visar att besvären i högsta grad förekommer. 26%, (n=118) hade ledbesvär. 5% (n=118) hade ledbesvär som *ofta* (varje vecka) förvärrades av kyla/ drag, medan 8% (N=118) hade ledbesvär som *ibland* förvärrades av kyla/ drag<sup>2</sup>.

### Motverkande samhällsåtgärder

Miljöbalkens och före detta Hälsoskyddslagens krav på att förebygga olägenhet för människors hälsa har resulterat i ett antal råd och rekommendationer på detta område. Socialstyrelsen har utfärdat allmänna råd<sup>3</sup> som ställer krav på inomhustemperaturer och i Boverkets Byggregler<sup>4</sup> finns föreskrifter och råd om termiskt rumsklimat. I råden tas hänsyn till känsliga grupper, patienter, äldre och barn, genom att man anger ett högre minimivärde för rumstemperatur

---

<sup>1</sup> [www.reumatikerforbundet.org](http://www.reumatikerforbundet.org)

<sup>2</sup> Sammanställning av genomförda enkäter inom ramen för EcoEffect-projektet.

<sup>3</sup> SOSFS 1988:2.

<sup>4</sup> BBR kap 6:4. Temperatur.



(20°C mot 18°C) i vårdlokaler och rum för barn i förskolor och för äldre i servicehus.

### Mätning av problemet

Reumatoid artrit diagnosticeras med hjälp av röntgen och ett antal laboratorieundersökningar.

Det normala sättet att, i en befintlig byggnad, konstatera om olägenhet för hälsan på grund av kyla och drag förekommer, är mätning av operativ temperatur och lufthastighet. Detta bör då ske under en längre tid under uppvärmningssäsongen och där utetemperaturen under någon period ligger nära den dimensionerande. Om den operativa temperaturen då under en längre period understiger 20°C och lufthastigheten är högre än 0,15 m/s i utrymmen där personer med ledbesvär vistas, anses olägenhet för hälsan föreligga.

Detta utgör emellertid enbart en indirekt metod för att fastställa om förhöjda risker kan förekomma för förvärrade ledbesvär. På liknande sätt som för allergi kan också självrapporterade förvärrade ledbesvär fångas med enkät till brukarna av en byggnad.

### Förvärrade ledbesvär i EcoEffect

Förvärrade ledbesvär på grund av kyla och drag beror i princip på samma innemiljöpåverkan som ”för kallt” eller ”för varmt”, men problemet har blivit av något mer bestående karaktär, det vill säga ett hälsoproblem. Bidragande orsaker är emellertid i stort sett desamma varför mycket om hur EcoEffect hanterar problemet redan har beskrivits i föregående avsnitt. Det vanliga i enkäter om innemiljö är att ta upp komfortproblemet med för låg rumstemperatur. I EcoEffect har vi också valt att belysa detta problem med hälsoproblemet förvärrade ledbesvär, inte minst för att bidra till att få en klarare uppfattning om hur utbredd detta problem egentligen är. Att detta hälsoproblem finns med är också en anpassning till känsliga grupper, det vill säga i detta fall personer som har problem med leder, t ex reumatiker.

#### ...i befintlig bebyggelse

Det som värderas i EcoEffect är risken för att ledbesvär *förvärras* på grund av kyla och drag. Vid värdering av befintlig bebyggelse ställs frågor om brukarnas upplevelse av detta direkt via EcoEffectenkäten (fråga F3 i enkäten, bilaga x). De detaljerade frågorna om upplevelse av kyla och drag kan ge kompletterande information genom analys av diagrammet Innemiljöfaktorer.

#### ...i planerad bebyggelse

Vid värdering av planerad bebyggelse är utgångspunkten istället de detaljerade komfortproblemen som beror på kyla och drag; *"För kallt på vintern"*, *"För kallt golv"*, *"Drag vid golv"*, *"Drag vid fönster"*, *"Drag vid balkongdörr"*, *"Drag vid ventil"*. *"Möjligheter att påverka rumstemperaturen"* har också tagits med i bedömningen. De innemiljöparametrar respektive innemiljöprestanda, inklusi-

ve vikter, som har associerats med dessa problem har därmed redan tagits upp under föregående avsnitt.

## Minskad produktivitet och inlärningssvårigheter på grund av för hög temperatur

### Problemet för människan i bebyggelsen

En alltför låg respektive alltför hög inomhustemperatur kan vara så besvärande för människor att det resulterar i minskad produktivitet på arbetsplatser och inlärningssvårigheter i skolan. Orsakssambanden mellan arbetseffektivitet och rumstemperatur har studerats av Dawid Wyon. Resultaten har bland annat populärt sammanfattats i diagram som visar att arbetstakten på jobbet och den mentala prestationen tenderar att öka vid högre operativa temperaturer än 20° C. Produktiviteten med avseende på fingersnabbhet och handarbete minskar med minskande temperatur från 24° C. Även olycksrisken ökar vid ökande respektive minskande temperaturer<sup>1</sup>.

### Produktivitet och inlärningssvårigheter i EcoEffect

I EcoEffect värderas för närvarande inte detta problem då vi har funnit det svårt att särskilja från komfortproblemen ”för varmt” eller ”för kallt” som istället värderas. En annan orsak är att problemet har mer med arbetsproduktivitet än hälsa hos individer att göra.

## 6.4 Ljutförhållanden

Ljud utgörs fysikaliskt av tryckvariationer i luften. Tryckvariationerna kan vara mer eller mindre snabba och mer eller mindre kraftiga. Snabbheten beskrivs med begreppen spektrum eller frekvensinnehåll, medan kraftigheten beskrivs med begreppet ljudtrycksnivå. Upplevelsemässigt är ljudtrycksnivån kopplad till ljudets styrka och frekvensen till dess tonhöjd. Frekvenser under det hörbara området kallas för infraljud och frekvenser över kallas för ultraljud.

Då ljutförhållandena avviker från det normala inom det hörbara frekvensområdet talar vi normalt om *buller*. Buller definieras i Nationalencyklopedin som *miljöförsämrande, ofta oönskat ljud som är störande och i vissa fall skadligt för hörseln*. Buller innehåller i regel ljud med många olika frekvenser samtidigt.

Under denna rubrik beskrivs problemet med buller som stör människor i sin vistelse inomhus i byggnader. Problem till följd av buller kan utgöras av tillfäl-

---

<sup>1</sup> Wyon. (1996).

lig störning men kan också resultera i mer bestående slutproblem såsom sömnsvårigheter, koncentrationssvårigheter (svårigheter att uppfatta tal), hörselskador och ökad risk för blodtryckssjukdomar. De senare problemen uppkommer i första hand vid högre ljudtrycksnivåer. Exempelvis är det först vid ljudtrycksnivåer över 80 dB(A) som en förhöjd risk för hörselskador inträder. För bostäder där ljudnivåerna generellt är betydligt lägre, bedöms buller som obehag samt sömnsvårigheter och svårigheter att uppfatta tal, utgöra de viktigaste problemen relaterade till ljudförhållanden inomhus. För skolor och daghem bedöms komfortproblem samt koncentrationssvårigheter och trötthet vara viktigast<sup>1</sup>.

Det finns ett fåtal studier som har visat att långvarig exponering för höga bullernivåer (65-70 dB(A)) kan ge ökat blodtryck. Likaså visar undersökningar i Arlandaområdet att närboende som i sina bostäder utsätts för ljudnivåer över 55 dB(A) oftare rapporterar sig ha fått högt blodtryck än andra. Resultaten från den nationella miljöhälsoenkäten 99 indikerar att det finns en möjlig ökad risk för blodtryckssjukdom hos individer som är höggradigt exponerade för samhällsbuller. Man konstaterar att frågan bör studeras mer utförligt i mer riktade undersökningar, där exempelvis socioekonomiska faktorer kan hållas isär från bullerexponeringen<sup>2</sup>. I EcoEffect-metoden har sömn- respektive koncentrationssvårigheter på grund av buller fått utgöra slutproblem för bullerstörningar. Frekvenser under hörbarhetsområdet kallas infraljud. De senares påverkan på människans välbefinnande, trots att vi inte hör detta ljud, är också under diskussion.

## Störande ljud

### Problemet för människan i bebyggelsen

Ljud kan verka störande på vår vistelse inomhus. Synonymt med störande är i detta sammanhang irriterande, att det inverkar på välbefinnandet, etc. Byggnadsrelaterade sådana problem är exempelvis en lokalisering av byggnaden som innebär att ljud utifrån, från trafik, industrier, krogliv eller annat verkar störande. Det kan också handla om dålig ljudisolering inomhus som leder till vad vi i dagligt tal kallar för lyhördhet. Ventilationen kan vara utformad så att den ger störande ljud. Ventilationssystem kan också ge upphov till infraljud och vanligt är att de ger upphov till just lågfrekvent buller. De parametrar som har störst betydelse för ljudförhållandena är *ljudnivå*, *luftljudisolering*, *stegljudisolering* och *efterklangstiden i rummet*. De vanligaste störningskällorna är ljud från trafik, grannar och installationer.

Ted Schultz genomförde i slutet av 1980-talet en studie där han sammanställde vid den tiden tillgängliga undersökningar om bullerstörningar till följd av tra-

---

<sup>1</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>2</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

fikljud. Studien visade att redan vid en ekvivalent dygnsmedelnivå på 55 dB(A) kan så många som upp till 70 % uppleva sig mycket störda av bullret.<sup>1</sup>

### Mekanism

De flesta av strukturerna i våra öron syftar till att sprida och omforma inkommande ljudvågor till rörelser i hörselorganets *snäcka*. Dessa rörelser i form av tryckförändringar stimulerar där mekaniskt hårceller, vilka i sin tur förmedlar informationen via hörselnerven till hjärnan. Hårcellerna är extremt känsliga och kan uppfatta mycket, mycket små skillnader i vibrationer. Skillnaderna gör att vi uppfattar olika intensiteter av ljud.

Graden av störning hänger i första hand ihop med ljudnivån, desto högre ljudnivå desto värre upplevs störningen. Men vid mer modesta ljudnivåer kan individer reagera väsentligt olika. Individer kan ha olika känslighet för buller. Graden av störning beror också på den aktivitet man håller på med. Ljudstörning kan på detta sätt sägas uppkomma då ljudet förhindrar oss från att hålla på med en viss aktivitet<sup>2</sup>. Möjligheterna till att ha kontroll över ljudet spelar också roll för vilken störning som upplevs. Större möjligheter att kontrollera ljudet leder till mindre störning<sup>3</sup>. Likaså upplever vi större störning om ljudet kommer plötsligt och är förutsägbart, än om vi har förberett oss på det<sup>4</sup>.

### Omfattning

Mellan 400 000 och 900 000 personer störs dagligen av trafikbuller. I storleksordningen 200 000 till 600 000 personer störs mycket av ljud från grannar<sup>5</sup>. Uppskattningsvis 840 000 personer utsattes 1998 av buller från vägtrafik inne i sina bostäder som låg över gällande riktvärden<sup>6</sup>. I SOU:n *handlingsplan mot buller*<sup>7</sup> uppskattades att 5% av Sveriges befolkning var mycket störda av trafik, 2 - 6% var mycket störda av grannar och 1-2 % mycket störda av industri. Andelen störda av trafikljud respektive ljud från grannar är emellertid avsevärt högre för boende i flerbostadshus. Så många som mellan 13 och 19 % besväras minst en gång i veckan av ljud från grannar och mellan 8 och 16 % av vägtrafikbuller<sup>8</sup>. I Miljöhälsorapport 2001 uppskattas att 750 000 personer dagligen exponeras för samhällsbuller (trafik, ljud från grannar, fläktljud mm) inomhus över normkraven (vilka framgår av Tabell 21). Man bedömer där att buller från fläktar och fastighetsinstallationer ökar<sup>9</sup>. I större städer är störning från utvändigt placerade fläktar på grannfastigheter ett sv de vanligaste ärendena för miljöförvaltningar.

---

<sup>1</sup> Schultz et al. (1991).

<sup>2</sup> Guski. (1999).

<sup>3</sup> Kjellberg et al. (1996).

<sup>4</sup> Glass och Singer. (1972). Cohen. (1978).

<sup>5</sup> SOU. (1993:65). Naturvårdsverket och Statistiska Centralbyrån. (2000).

<sup>6</sup> Boverket. (2003).

<sup>7</sup> SOU. (1993:65).

<sup>8</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>9</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

## Motverkande samhällsåtgärder

Riksdagen antog 1997 riktvärden för trafikbuller som inte får överskridas i nybyggd bostadsbebyggelse eller vid väsentlig ombyggnad av trafikinfrastruktur, Tabell 20. Riksdagens antagna delmål för miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö gäller antalet människor som utsätts för trafikbuller inomhus i sina bostäder, såväl nybyggda som befintliga bostadshus.

Tabell 20 Riktvärden för bullernivåer vid ny- respektive ombyggnad.

Bullertyp	Ljudnivå i dB(A)
Ekvivalentnivå inomhus	30
Maximalnivå inomhus nattetid	45
Ekvivalentnivå utomhus (vid fasad)	55
Maximalnivå vid uteplats i anslutning till bostad	70

Samhällets insatser mot trafikbuller kan sägas ha begränsats till att lindra problemen i första hand genom end-of-pipe-lösningar i form av dämpande åtgärder kring vägar (exempelvis bullervallar) samt exempelvis ett statligt bidrag för bullerdämpande åtgärder längs det kommunala vägnätet. Den tilltagande trafikökningen gör att Boverket gör bedömningen att det för närvarande är svårt att uppnå delmålet om buller som ingår i miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö. Man konstaterar att antalet personer som exponeras för trafikbuller över riktvärdena snarast har ökat sedan 1998.<sup>1</sup>

Boverkets byggregler innehåller ett fåtal minimikrav på ljudnivå och ljudisolering i byggnader men då dessa inte har ansetts vara tillräckliga togs en svensk ljudstandard för bostäder fram 1996 och en motsvarande standard för lokaler utkom 2001. Målsättningen är att standarden ska underlätta arbetet för projektörer att undvika buller i byggnader samt uppmuntra byggherrar att öka den akustiska kvaliteten i byggnader så att inte endast minimikrav uppfylls. De ljudparametrar som tas upp är luftljudsisolering, stegljudsisolering, ljudnivå inomhus från installationer, ljudnivå inomhus från trafik, ljudnivån på uteplats samt efterklangstid<sup>2</sup>.

Även samhällsekonomiskt är det av yttersta vikt att ha med sig bullerfrågan redan i planeringsskedet. Ett exempel från *Handlingsplan mot buller*, en förbättrad ljudisolering i ett bostadshus med 10 dB kan uppnås till en merkostnad av 0,1-3 % av byggkostnaden på konstruktionsstadiet. I den färdiga byggnaden finns sällan någon möjlighet att över huvud taget höja ljudisoleringen med så mycket som 10 dB.<sup>3</sup>

## Mätning av problemet

Instrument har tagits fram som i måttenheten decibel (dB) kan mäta *ljudnivå* på ett sätt som svarar ungefär mot hur det mänskliga örat upplever ljud. Eftersom örat är olika känsligt för ljud med olika frekvenser, använder man filter som silar bort vissa frekvenser för att få dB-enheten att svara mer mot hur männi-

<sup>1</sup> Boverket. (2003).

<sup>2</sup> SIS. (1998). SIS. (2000).

<sup>3</sup> SOU. (1993).

skan uppfattar ljudet. Man drar bort ett antal dB på de låga frekvenserna och använder då ett sk A-filter. A i dB(A) står för A-filtrerat ljud.

Lågfrekvent ljud kommer dock inte med på ett representativt sätt när dB-värdet vägs med ett A-filter. Det lågfrekventa hörbara ljudet kan upplevas som mycket störande och har blivit vanligare i innemiljön genom en ökad installations-täthet. Fläktar, pumpar alstrar denna typ av ljud. Därför brukar man även rekommendera en mätning av ljudnivån med ett C-filter, som tar hänsyn till dessa lägre frekvenser. En grov tumregel brukar vara att dB(C) helst inte skall vara mer än 15 dB högre än dB(A).

*Ljudisolering* behöver vara av två olika typer, dels isolering för luftburna ljud, dels för stomljud. För att mäta luftljudsisolering beräknas värden för i vilken omfattning exempelvis en vägg reducerar ljudet från en ljudkälla i intilliggande rum. Reduktionstalet varierar med frekvensen. Ju högre reduktionen är, desto bättre är ljudisoleringen. Stegljudsnivån kan mätas med en stegljudsapparat som hamrar på ett bjälklag. På så sätt erhålls ljudtrycksnivån i ett angränsande utrymme i decibel. Som måtetal används begreppet normaliserad stegljudsnivå. Den normaliserade stegljudsnivån varierar med frekvensen. Ju lägre stegljudsnivå desto bättre är stegljudsisoleringen i bjälklaget.

*Efterklangstid* definieras som den tid det tar för ljudtrycksnivån i ett rum att sjunka 60 dB sedan ljudkällan stängts av. Efterklangstiden, som mäts i sekunder, är beroende av rummets volym och hur stor ljudabsorptionen är i rummet. Ett krav på en viss efterklangstid är ett sätt att ställa krav på rummets akustik.

För ljud finns, liksom för termiskt klimat, en relativt bra överensstämmelse mellan fysikaliskt mätbara parametrar och människors upplevelse av ljud. Det innebär att det också finns möjligheter att förutsäga ungefär hur stor andel missnöjda - eller nöjda - brukare en viss ljudnivå ger.

Vid större undersökningar sker också direkt mätning av brukarnas upplevelse av ljudförhållandena med hjälp av brukarenkäter.

### Störande ljud i EcoEffect

De aspekter som har bedömts som viktigast att fånga i värderingsmetodiken är ljudnivå, ljudisolering samt efterklangstid där de två förstnämnda har bedömts ha större betydelse för uppkomsten av problemet än efterklangstiden. Störande ljud karakteriseras i EcoEffect av de detaljerade innemiljöproblemen "*musik och röster från grannar*" och "*stegljud*" som kopplas till luftljudsisolering respektive stegljudsisolering, "*ljud från ventilation*", "*ljud från kyl, frys*", "*ljud från kranar, rör eller element*" och "*ljud utifrån*" som kopplas till ljudnivå och "*ekoljud från trapphus/korridor*" som kopplas till efterklangstid.

#### ...i befintlig bebyggelse

För befintliga byggnader mäts upplevelsen av ljudstörningar genom brukarenkät. Genom att ett stort antal olika ljudstörningar efterfrågas i enkäten, finns möjligheten att genom diagrammet Innemiljöfaktorer analysera byggnadsrelaterade orsaker till upplevda ljudstörningar.

Vid värdering av störande ljud i befintlig bebyggelse frågar man brukarna via enkäten direkt om deras upplevelse dels av de övergripande ljudförhållandena (fråga D3) vilket redovisas i diagrammet för komfortproblem. Dels frågas om de detaljerade innemiljöproblemen som rör ljudförhållanden (fråga D1). Genom diagrammet Innemiljöfaktorer finns därmed möjligheten att analysera byggnadsrelaterade orsaker till upplevda ljudstörningar.

...i planerad bebyggelse - programskedet

I programskedet värderas de krav som ställs i programskedet för att förebygga att de detaljerade innemiljöproblemen med avseende på ljudförhållanden skall uppkomma. Värderingen bygger helt på kriterier som är direkt relaterade till ljudklasserna i den svenska ljudstandarden SS 02 52 68, dvs. krav på maximala ljudnivåer i olika utrymmen och för olika installationer.

...i planerad bebyggelse – projekteringsskedet

Värderingen grundar sig på kriterier som handlar om att minimera källorna till obehag, t ex genom planlösning för att minimera luftljud från grannar, utformningen av väggar/bjälklag, tamburdörrar, hissar, fönster och ventilationssystem.

## Sömnsvårigheter på grund av buller

### Problemet för människan i bebyggelsen

Om man är hänvisad till ett visst rum för en viss aktivitet, och därför återkommande utsätts för en ljudstörning, kan det ge hälsoproblem. Ett sådant är sömnsvårigheter på grund av buller vid sovplatsen. Sömnsvårigheter är en av de allvarligaste effekterna av samhällsbuller. Ostörd sömn är en förutsättning för att människan ska fungera fysiologiskt och mentalt<sup>1</sup>.

Sömnsvårigheter på grund av buller kan vara byggnadsrelaterad på två sätt. Dels kan en byggnad alstra ljud inomhus eller utomhus som är störande på natten (t ex ljud från ventilation, radiatorer), dels kan byggnaden skydda dåligt mot ljudstörningar (t ex från trafik, utvändigt placerade fläktar eller ljud från grannar). Sömnstörningar kan uppkomma om den ekvivalenta ljudtrycksnivån i sovrum överskrider 30 dB(A) och 45 dB(C) för kontinuerligt buller och om bullerhändelser som ger mer än 45 dB(A) förekommer nattetid<sup>2</sup>. Lågfrekvent buller kan orsaka sömnproblem.

### Mekanism

De primära effekterna på sömnen är svårigheter att somna, uppvaknanden, förändringar av sömndjupet, höjt blodtryck, ökad hjärt- och pulsfrekvens, sam-

---

<sup>1</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>2</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

mandragning av de ytliga blodkärlen, ändrad andning och ökat antal kroppsrörelser under sömnen. De sekundära effekterna är upplevelse av stress, minskad sömnkvalitet, trötthet, nedstämdhet, olustkänsla och minskad prestationsförmåga. Risker att man ska vakna ökar med antalet bullerhändelser per natt. För risken att väckas är det framför allt skillnaden i ljudstyrka mellan bullerhändelsen och bakgrundsljudet i rummet som har betydelse<sup>1</sup>.

## Omfattning

I ULF-undersökningen<sup>2</sup> framkom att 18% av den svenska befolkningen uppgav att de hade sömnstörningar som berodde på ljud utifrån. I Nationella Miljöhälsoenkäten<sup>3</sup> var det emellertid enbart 5 % av dem med nedsatt hörsel och 3 % av dem som inte hade nedsatt hörsel som angav att de hade problem att somna eller vaknade av trafikbuller. I de enkäter som har genomförts inom ramen för EcoEffect-projektet uppgav 8 % (n=118) att de *ofta* hade sömnsvårigheter på grund av buller och 20 % att de hade det *ibland*.

## Motverkande samhällsåtgärder

WHO har tagit fram riktvärden för samhällsbuller i olika miljöer i form av ljudnivåer som bör underskridas för att inte hälsoeffekter skall uppkomma. För sömnsvårigheter finns riktvärden för vistelse på sjukhus samt utanför och i sovrum<sup>4</sup>. WHO:s riktvärden för sovrum stämmer överens med de ljudnivåer som Socialstyrelsen i ett allmänt råd<sup>5</sup> definierar som sanitär olägenhet, när det gäller buller inomhus, se Tabell 21.

Tabell 21 Riktvärden för bedömning av sanitär olägenhet för buller inomhus.

Bullertyp	Ljudnivå dB(A)
Maximalt	$L_{Amax} = 35-45$
Ekvivalent	$L_{Aeq,T} = 30$

Det högre värdet på maximal ljudnivå, 45 dB(A) är avsett som skydd mot insomningsvårigheter, uppvaknande och eftereffekter av störd sömn. För att bedömas som risk för sanitär olägenhet är det tillräckligt om störningen överskrider riktvärdet några få gånger under exempelvis en natt. Det lägre riktvärdet för maximal ljudnivå, 35 dB(A) används vid bedömningar av om en upplevd, alltså subjektiv, störning i vissa fall kan bedömas som risk för sanitär olägenhet. Riktvärdet för ekvivalent ljudnivå, 30 dBA, avser den genomsnittliga ljudnivån under den tidsperiod (T) som sömnstörning kan förekomma, t ex. en natt. För nybyggnad av bostäder gäller enligt Boverkets Byggregler det som i Svensk Ljudstandard för bostäder<sup>6</sup> definieras som klass C, som minimistandard.

<sup>1</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>2</sup> Statistiska Centralbyrån. (1999).

<sup>3</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>4</sup> Berglund et al. (2000).

<sup>5</sup> SOSFS 1996:7.

<sup>6</sup> SIS. (2000).



För bedömning av om en upplevd störning av ekvivalent lågfrekvent buller kan utgöra en risk för sanitär olägenhet rekommenderar Socialstyrelsen gränsvärden enligt Tabell 22.

Tabell 22 Rekommendationer för bedömning av sanitär olägenhet för ekvivalent lågfrekvent buller inomhus<sup>1</sup>.

Tersband Hz	Ekvivalent ljudtrycksnivå dB
31,5	56
40	49
50	43
63	41,5
80	40
100	38
125	36
160	34
200	32

För att minska problem med höga, ohälsosamma bullervärden är det framför allt trafikpolitiska insatser som är effektiva, d v s att minska källorna genom restriktioner kring biltrafik inom bostadsområden och områden med vårdbyggnader. Kringfarter, bullervallar och bullerskärmar längs trafikleder, förändringar av vägbana och bildäck, mm. är andra åtgärder. Men även byggherrar, fastighetsägare och boende kan vidta många åtgärder för att minska skadligt buller som stör sömnen. Dessa har diskuterats mer under avsnittet om *störande ljud*.

## Mätning av problemet

För att bedöma om ljudförhållandena i en byggnad är sådana att de ger risk för sömnsvårigheter kan enkät till husets brukare användas, om det gäller ett flerbostadshus. Om man finner att fler än normalt har sömnsvårigheter och att dessa relateras till buller kan man gå vidare med ljudmätningar. För kontroll av de riktvärden som anges i Tabell 21 hänvisar Socialstyrelsen till svensk standard 02 52 63: Mätning av ljudnivå i rum – fältprovning. Mätning av lågfrekvent buller, enligt Tabell 22, bör, enligt Socialstyrelsen, utföras enligt särskild vägledning framtagen av Sveriges Provnings- och forskningsinstitut<sup>2</sup>.

## Sömnsvårigheter på grund av buller i EcoEffect

Problemet "Sömnsvårigheter på grund av buller" är endast aktuellt att beakta i byggnader som människor övernattar i, bostäder, hotell och sjukhus, och tas därför endast med vid värdering av denna typ av byggnader. I metodiken har aspekter som har med ljudisolering och ljudnivå bedömts vara de viktigaste för att risken för sömnsvårigheter på grund av buller skall öka. Redovisningen sker direkt i diagrammet Hus och hälsa.

...i befintlig bebyggelse

<sup>1</sup> SOSFS 1996:7.

<sup>2</sup> SP 1996:17. Vägledning för mätning av ljudnivå i rum vid låga frekvenser – fältprovning.

I värderingen av befintlig bebyggelse mäts risken för att drabbas direkt genom enkät till brukarna där man frågar om brukarna har sömnsvårigheter på grund av att störande ljud når sovrummet (fråga D2). Värderingen grundar sig enbart på besvärsfrekvensen för denna fråga.

...i planerad bebyggelse

Vid värdering i planerad bebyggelse bygger värderingen av sömnsvårigheter på grund av buller på de kriterier i program- respektive projekteringskedet som kan kopplas till de detaljerade innemiljöproblemen ”*musik och röster från grannar*”, ”*stegljud från grannar*”, ”*stoppljud från hiss*” vilka hänger ihop med luftljuds- respektive stegljudsiolering, samt problem med ”*ljud utifrån*” och ”*ljud från installationer*” på grund av hög ljudnivå. Kriterierna som bedöms har beskrivits närmare under rubriken Störande ljud i EcoEffect ovan.

## Koncentrationssvårigheter på grund av buller (skola och andra arbetsplatser)

### Problemet för människan i bebyggelsen

På motsvarande sätt som buller i sovrummet kan ge sömnsvårigheter, kan stadigvarande buller på arbetsplatsen ge stress, sämre koncentration, försämrad taluppfattning och inlärningsförmåga i arbetssituationer. Följden blir en minskad arbetsprestation och i allvarigare fall psykosociala effekter<sup>1</sup>.

Om andra belastningsfaktorer förekommer i miljön kan den störande inverkan av bullret förstärkas. Exponering för lågfrekvent buller (mäts i dB(C)) kan ge upphov till symptom, besvär redan vid nivåer strax över normal hörseltröskel, då trötthet, koncentrationssvårigheter, huvudvärk, en tryckkänsla över trumhinnan samt i vissa fall yrsel och illamående kan uppkomma. Ökad ansträngning kan kortvarigt kompensera bullrets negativa effekter, men i förlängningen uppstår ökad trötthet, nedsatt koncentrationsförmåga och sämre arbetsresultat<sup>1</sup>.

Buller som har en frekvenssammansättning som sammanfaller med talet, exempelvis trafikbuller, medför sämre taluppfattbarhet (talet maskeras). Buller i kombination med att lokalen har en lång efterklangstid försämrar taluppfattbarheten ytterligare.

Effekten av buller på arbetsprestationen blir större ju längre tid arbete i buller pågår. Enligt Socialstyrelsen kan det i undervisningslokaler krävas ljudnivåer ner till 25 dB för att taluppfattbarheten ska vara godtagbar för känsliga grupper (personer med hörselnedsättning eller med annat modersmål)<sup>2</sup>. Individuell känslighet för buller och tidpunkt när bullret förekommer i förhållande till den aktivitet individen vill ägna sig åt är också viktigt.

---

<sup>1</sup> SOSFS 1996:7.

<sup>2</sup> SOSFS 1996:7.

Det finns ett antal studier som tar upp bullrets inverkan på inlärningsförmågan, i synnerhet studier i skolor. Det har visat sig att inte enbart buller i form av skrik och prat ökar svårigheterna med avseende på inläring utan också trafikbuller. Hygge kunde konstatera att trafikbuller hade starka effekter på elevers förmåga att återberätta en text som de läst då de utsatts för trafikbuller av nivåerna 66 dB(A) och 55 dB(A).<sup>1</sup>

### Mekanism

Det finns i synnerhet två hypoteser som förs fram för att förklara hur buller påverkar inlärningsförmågan. Den ena bygger på tanken om att inläringen försvåras om man samtidigt störs av ljud i liknande frekvensområden. Den andra hypotesen bygger istället på att inläringen försvåras på grund av det störande ljudets innehåll, vilket skulle innebära att inläringen störs då två samtidiga semantiska processer pågår, exempelvis att man lyssnar på en föreläsning samtidigt som bänkgrannarna sitter och pratar så att man hör vad de säger. Ljudstörningar påverkar i första hand de delar av inläringen som bygger på semantiskt minne (att förstå kunskap) och episodiskt minne (att komma ihåg). Olika typer av ljud, såsom trafikljud respektive irrelevant tal med innehåll, har visat sig inverka på båda typerna av minne.<sup>2</sup>

### Omfattning

Det finns inga tillgängliga uppgifter om hur många som upplever koncentrationssvårigheter på grund av störande ljud i arbetsmiljön. Exempelvis i Miljöhälsorapport 2001 redovisas enbart uppgifter om antal störda i bostadsmiljön. Hittills har ca 150 enkäter samlats in från svarande på 3 arbetsplatser (ett badhus, en skola och ett stadshus) inom ramen för EcoEffect-projektet där brukarna själva har fått rapportera om de har koncentrationssvårigheter på grund av buller. I dessa svarade mellan 15 och 31 % av brukarna att de *ofta* hade koncentrationssvårigheter på grund av buller. Mellan 39 och 64 % svarade att de hade detta *ibland*.

### Motverkande samhällsåtgärder

I Tabell 21 angavs de värden som Socialstyrelsen angett i ett allmänt råd<sup>3</sup>, för vad som menas med sanitär olägenhet, när det gäller buller inomhus. För arbetsplatser kan det högre riktvärdet i tabellen, 45 dB(A), anses som skydd mot upprepade påverkan av taluppfattbarheten bland särskilt känsliga grupper. För att bedömas som risk för sanitär olägenhet är det tillräckligt om störningen överskrider riktvärdet några få gånger. Riktvärdet för ekvivalent ljudnivå, 30 dB(A), avser den genomsnittliga ljudnivån under den tidsperiod (T) som den störande aktiviteten pågår för att skydda mot talmaskering och upplevd subjektiv störning.

---

<sup>1</sup> Hygge. (2003). Boman och Enmarker. (2004).

<sup>2</sup> Boman och Enmarker. (2004).

<sup>3</sup> SOSFS 1996:7.

För nybyggnad av arbetsplatser gäller enligt Boverkets Byggregler det som definieras i Svensk Ljudstandard<sup>1</sup>, för lokalbyggnader, klass C, som minimistandard.

För att minska problem med ohälsosamt buller är det framför allt trafikpolitiska insatser som är effektiva, d v s att minska källorna genom restriktioner kring biltrafik inom områden med känsliga verksamheter som kan störas. Kringfarter, bullervallar och bullerskärmar längs trafikleder, förändringar av bilars konstruktion mm är andra åtgärder. Men även byggherrar, fastighetsägare och arbetsmiljöansvarig på arbetsplatsen kan vidta många åtgärder för att minska skadligt buller på arbetsplatser. Dessa diskuteras mer under avsnittet om störande ljud. Vid projektering är det också viktigt att tänka på att inte byggnaden alstrar ljud utåt (exempelvis takförlagda fläktar med höga ljudnivåer), som kan störa människor i kringliggande fastigheter.

### Mätning av problemet

För att bedöma om ljudförhållandena i en byggnad är sådana att de ger risk för koncentrationssvårigheter kan enkät till husets brukare användas. Om man finner att fler än normalt har koncentrationssvårigheter och man relaterar detta till ljud som når arbetslokaler kan man gå vidare med ljudmätningar, enligt de anvisningar som refererats till under avsnittet om sömnsvårigheter.

### Koncentrationssvårigheter på grund av buller i EcoEffect

Problemet "Koncentrationssvårigheter på grund av buller" är endast aktuellt att beakta i byggnader som människor arbetar i, arbetsplatser exempelvis i form av kontor samt i skolor, och tas därför endast med vid värdering av denna typ av byggnader. Problemet värderas på samma sätt som sömnsvårigheter på grund av buller och redovisas därmed inte närmare här.

## 6.5 Ljusförhållanden

Ljus och skugga samspelar med rummets ytor, former och färger och har en stor betydelse för hela rumsintrycket. Upplevelserna av ljusförhållanden är komplexa och människan har väl utvecklade sinnen för att uppfatta nyanser i ljus- och belysningsförhållanden som skillnader i färg och luminans, kontraster, bländning och flimmer.

Ljusförhållanden är kanske den miljöfaktor som man har svårast att associera till inomhusmiljöproblem. Var gränsen går mellan inomhusmiljöproblem och exempelvis ett estetiskt problem är inte alltid tydlig. I EcoEffect-metodiken ses emellertid *"för lite eller för mycket solljus"*, *"för lite dagsljus"*, *"ögon/synproblem på grund av dålig elbelysning"* som inomhusmiljöproblem relaterade till ljusförhållanden. Nedan redogörs för motiven till att se dessa som slutproblem i metodiken.

---

<sup>1</sup> SIS. (2000).

Hur vi upplever *ljusförhållandena* bestäms av faktorerna dagsljusinfall, solinstrålning, belysningsstyrka från elbelysning och bländning. Rummets färgsättning, ljusheten hos olika ytor och färgtemperaturen på lampor och deras färgåtergivningsförmåga har också betydelse för ljusupplevelsen.

De flesta av de ovan nämnda ljusparametrarna går att mäta fysikaliskt, men det finns inget instrument som sammanfattande kan mäta ljus på ett sätt som svarar mot människors totaluppfattning om ljusupplevelsen.

## För lite eller för mycket solljus

På höga breddgrader med en lång och mörk vinter har solen en särskild betydelse för människor både psykologiskt och medicinskt. Solstrålningens ultravioletta ljus gör att det bildas D-vitaminer i huden. På våra breddgrader upplever vi tydligt hur dagens längd varierar. Oftast är det en positiv upplevelse när det blir ljusare på våren och ibland så negativt när dagarna blir korta att det kan leda till depressioner. Dessa tillstånd kan ibland hävas med enkel ljusterapi.

Sedan urminnes tider har man firat när solen vänder och dagarna börjar bli längre eller när solen når över horisonten på orter ovanför polcirkeln. I våra dagar har solbadandet tagit sådana extrema former att det blivit ett medicinskt problem med hudsjukdomar som utvecklats genom överdrivet solande eller användande av solarier.

## Problemet för människan i bebyggelsen

Synen på tillgång till sol i byggnader har varierat under decenniernas lopp. Brist på solljus i bostäder diskuterades mycket under 50- och 60-talet och då var det solighetens hygienvärde och estetiska värden som framhävdes. På senare år är det framför allt hemtrevnad och trivsel som har betonats som värden för människan<sup>1</sup>.

Med funktionalismens genombrott ville man öppna upp bostäder och släppa in sol och ljus som en kontrast mot tidigare trånga, mörka och osunda byggnader i städerna. Under 40- och 50-talet utvecklades metoder och kriterier för att ta hänsyn till solen vid byggnadsplanering. Den svenske arkitekten Gunnar Pleijel var en internationell föregångsgestalt i detta arbete. Han utvecklade metoder och soldiagram särskilt för byggnadsplanering som infördes i bygghandböcker och kom att påverka bostadsnormerna<sup>2</sup>. Saneringsbetänkandet SOU 1954:31 innehåller en utförlig diskussion om behov av solighet i bostäder och dess konsekvenser för stadsplaneringen<sup>3</sup>. Man menar bl.a. att solbelysningen bör vara större i lägenheter bebodda av barnfamiljer och konstaterar att dagsljuset är det primära ur hygienisk synvinkel.

Vad gäller kontor och skolor har man ofta haft det omvända problemet nämligen att man fått in för mycket solvärme under sommarhalvåret och besvärande

---

<sup>1</sup> Westerberg. (1993).

<sup>2</sup> Pleijel. (1954).

<sup>3</sup> SOU. (1954).

höga inomhustemperaturer. I viss utsträckning har ”uppglasningen” följt internationella modetrender och vi befinner oss just nu i en sådan. Den tekniska utvecklingen har också förbättrat möjligheterna att bemästra överhettning inomhus genom kylning men vanligtvis till priset av stora energiinsatser. Direkt solljus vid arbetsplatser är också ett ljusmässigt komfortproblem med bländning och svårigheter att arbeta vid bildskärm som följd, om inte goda möjligheter till solavskärmning anordnas.

### Mekanism

Såväl direkt solljus som dagsljus är av avgörande betydelse för människors hälsa och välbefinnande. Solen ger liv och variation förutom ljus och värme vilket ofta upplevs som positivt åtminstone i bostäder. Den första och enda systematiska utredningen av sol i lägenheter kom 1965 och hette *Bostad och sol*<sup>1</sup>. Utredningen konstaterade att solljuset har en D-vitaminskapande effekt i huden och att den bakteriedödande effekten finns där, men man ansåg att det var svårt att urskilja just solljusets betydelse för smittspridning och därmed hälsan. Man resonerade emellertid att solljuset bidrar till belysningen och därmed till ökad renlighet<sup>2</sup>. I *Hem, arbete och grannar* (1958) konstaterades att soligheten i första hand är en trivselsfråga<sup>3</sup>. Den danske arkitekten Jan Gehl visade på ett slående sätt solighetens betydelse i utemiljön genom att jämföra antalet sittande på soliga respektive skuggiga bänkar<sup>4</sup>.

För mycket direkt solljus kan å andra sidan skapa irritation genom den temperaturökning som blir resultatet i rummet samt i synnerhet på arbetsplatser genom att man bländas.

### Omfattning

I den s k. Trestadsundersökningen, som rapporterades i *Familj och bostad* konstaterades att missnöjet var stort hos dem som hade rum och kök mot norr<sup>5</sup>. Några undersökningar om bristande solljusförhållanden i landets lägenhetsbestånd har inte gjorts under senare år. Eftersom hänsyn togs till detta under de stora utbyggnadsperioderna under 50-, 60- och 70-talen kan man på goda grunder anta att förhållandena i dessa årgångar är relativt goda men tidigare och senare är betydligt sämre.

Solens psykologiska betydelse för oss kan illustreras av hur vi använder balkonger vars storlek och orientering har mycket stor betydelse för många vid val av lägenhet. Arkitekt Ulla Westerberg konstaterade i en undersökning av tre bostadsområden i olika klimatzoner att mer än hälften av hushållen använde balkongen mer än dagligen under sommarhalvåret<sup>6</sup>.

---

<sup>1</sup> Holm et al. (1965).

<sup>2</sup> Holm et al. (1965).

<sup>3</sup> Holm och Holm. (1958).

<sup>4</sup> Gehl. (1971).

<sup>5</sup> Holm. (1956).

<sup>6</sup> Westerberg. (1993).

Överhettning inomhus på sommaren och bländning på grund av solljus i kontorslokaler till följd av stora glasytor mot söder är ett mycket utbrett problem som snarare ökat under senare år än minskat.

En sammanställning av 99 svar på EcoEffect-enkäten för bostäder från undersökningar av flerbostadshus i Gävleborgs län visar att 13 % besväras ibland av för lite direkt solljus i lägenheten.

### Motverkande samhällsåtgärder

1960 kom strikta normer i God Bostad<sup>1</sup> för hur lägenheter skulle vara orienterade med hänsyn till solinstrålningen genom ”solvärdesdiagrammet”. När solvärdena uppfylldes så fick de större lägenheterna fönster åt flera väderstreck vilket gynnade utsikt, dagsljus och vädringsmöjligheter. Detta sa emellertid ingenting om skuggning från omgivningen. Under denna period handlade det emellertid huvudsakligen om nyexploatering och byggnaderna placerades så glest att skuggning vanligtvis inte var något problem. God Bostad ersattes sedan av svensk Byggnorm och solighetskraven fick då en mer osäker status. Sedan Boverkets Byggregler i sin tur ersatte Svensk Byggnorm finns inte längre dessa krav och önskemål uttryckta på ett mätbart sätt och kunskapen om sol- och dagsljusplanering är numera låg bland byggkonsulterna<sup>2</sup>. Följaktligen kan man också se nybyggda bostäder med urusla sol- och dagsljusförhållanden. Detta kan ibland också bero på politiska och fastighetsägares krav på hård exploatering i vissa områden.

På 1970-talet utvecklades att beräkna faktiskt och upplevt inomhusklimat under såväl vinter som sommarförhållanden<sup>3</sup>. Under denna period utvecklades också ett av dåtidens mest avancerade datorbaserade simuleringsprogram för inneklimatberäkningar.<sup>4</sup> Statens institut för byggnadsforskning utvecklade planeringskriterier för inneklimat<sup>5</sup>. Här utvecklades också ett solur för modellstudier och en metod att dimensionera fast solavskärmning<sup>6</sup>. För att undvika dyra kylanläggningar i kontor gav dåvarande Byggnadsstyrelsen ut råd och anvisningar för bättre utnyttjande av solavskärmning för fönster<sup>7</sup>.

Boverket har haft som uppgift att sprida kunskaper på området i stället för regler och publicerade 1991 skriften Solklart<sup>8</sup> där man diskuterar solighetens kvaliteter och skriver ”En bostad skall ha tillgång till direkt solljus...” och anger riktvärdet 5 timmar sol mellan kl 9 och 17 vid vår-/höstdagjämning.

---

<sup>1</sup> Bostadsstyrelsen. (1960).

<sup>2</sup> Westerberg. (1993).

<sup>3</sup> Brown och Isfält. (1974).

<sup>4</sup> Det s k. BRIS-programmet.

<sup>5</sup> Mandorff. (1971).

<sup>6</sup> Glaumann. (1976).

<sup>7</sup> Byggnadsstyrelsen. (1974).

<sup>8</sup> Hårdemark. (1991).

## Mätning av problemet

För att mäta solinstrålning används begreppet solighet som innebär antal soltimmar som når rummet eller balkongen vid höst- och vårdagjämning.

## "för lite" eller "för mycket" solljus i EcoEffect

I detta arbete begränsas behandlingen till de egenskaper hos ljus som har en mer direkt inverkan på människors hälsa. För bostäder gäller att de boende har små möjligheter att påverka sol- och dagsljusförhållanden. Dock kan man i bostäder avskärma sig från för mycket solinstrålning varför enbart problemet med "*för lite solljus*" värderas. På arbetsplatser är problemet det motsatta och är det istället ej önskvärt med direkt solinstrålning varför problemet med "*för mycket direkt solljus*" beaktas i denna värderingssituation. Dock värderas också "*för lite solljus*", dvs. som inte är direkt, även för arbetsplatser. Dessa två problem viktas lika i metodiken. För bostäder värderas dels direkt solljus i lägenheten, dels på balkong/uteplats. Dessa viktas i det närmaste lika.

Problemen med för mycket respektive för lite solljus redovisas i metodiken under rubriken Sol- och dagsljus under den övergripande innemiljöfaktorn Ljusförhållanden i diagrammet för Innemiljöfaktorer.

### ...i befintlig bebyggelse

Vid värdering av för mycket respektive för lite solljus i befintlig bebyggelse frågar man brukarna via enkäten direkt om detaljerade innemiljöproblemen som rör solljus (fråga E1 och G1) vilket redovisas i diagrammet Innemiljöfaktorer. Dessutom ställs en fråga om upplevelsen av sol- och dagsljusförhållandena i stort sett (fråga E2) vilket redovisas i diagrammet för komfortproblem.

### ...i planerad bebyggelse - programskedet

I programskedet värderas de krav som ställs i programskedet med avseende på antal soltimmar i kök och vardagsrum samt på balkong/uteplats för bostäder och antal soltimmar i kontorsrum och möjligheten att skärma av mot solreflexer vid värdering av arbetsplatser. Dessa två kriterier har samma vikt i metodiken.

### ...i planerad bebyggelse – projekteringsskedet

I projekteringsskedet gäller samma kriterier som vid värdering i programskedet men med det tillägget att man då skall ha genomfört beräkningar som visar på att antalet soltimmar bör bli tillräckligt samt projekterade lösningar för solavskärmningar vid värdering av arbetsplatser.



## För lite dagsljus

### Problemet för människan i bebyggelsen

Det finns forskning som visar på medicinska effekter av för lite dagsljus. Exempelvis finns forskning som tyder på att det kan vara en bidragande faktor till SBS-syndrom<sup>1</sup>. Det finns också forskning som har visat effekter i form av trötthet och att brist på dagsljus kan leda till ökad risk för cancersjukdomar eller diabetes. Studier av skolbarn och tillväxtstörningar vid för lite dagsljus har också utförts. Det finns också neuromedicinsk forskning som har påvisat kognitiva effekter såsom försämrade inlärningsförmåga eller koncentrationssvårigheter.

En del av dessa hälsoproblem tas upp under andra rubriker och för lite dagsljus kan alltså vara en bidragande faktor. Här är vi emellertid intresserade av komfortproblemet med för lite dagsljus.

För mycket dagsljus är knappast något problem. Däremot kan ojämnt fördelat dagsljus i ett rum innebära att det upplevs otrivsamt. Mycket dagsljus från ett fönster kan vara bländande då kontrasten är stor i förhållande till luminansen på ytor inne i rummet.

### Mekanism

Tillgång till för lite dagsljus inomhus hänger alltså nära samman med rumsplanering och förekomsten av fönster samt hur många och stora dessa är och hur de är orienterade. Det är inte helt känt varför vi upplever brist på dagsljus som ett komfortproblem. Däremot känner man till att ökad vistelse i dagsljus bidrar till ökad bildning nattetid av det s k. trötthetshormonet, melatonin. Detta bidrar således till minskad risk för sömnproblem nattetid. Brist på dagsljus och dagsljus av vissa våglängder, under 500 µm, hämmar emellertid melatoninproduktionen vilket alltså kan leda till sömnsvårigheter.

### Omfattning

Problem med dåligt dagsljus upplevs generellt främst som ett problem i tät stadsbebyggelse med höga hus och smala gator.

En sammanställning av 99 svar på EcoEffect-enkäten för bostäder från undersökningar av flerbostadshus i Gävleborgs län visar att 13 % besväras ibland av för lite dagsljus i lägenheten.

### Motverkande samhällsåtgärder

Rekommendationer om försörjning av dagsljus i byggnader fanns tidigare i Svensk Byggnorm. Detta har emellertid försvunnit i och med att normen ersattes av Boverkets byggregler. Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsers

---

<sup>1</sup> Raw. (1998).

utformning innehåller en kort skrivning om att dagsljuset skall vara tillfredsställande och att det skall finnas möjligheter till utblick<sup>1</sup>.

### Mätning av problemet

För att bedöma dagsljuset utnyttjas dels dagsljusfaktorn som beskriver förhållandet mellan den belysningsstyrka dagsljuset ger i en viss punkt (ett visst plan) inomhus och vad det samtidigt är utomhus från fri jämnmulen himmel. Som kriterium används vanligen dagsljusfaktorn i en punkt i bordshöjd halvvägs in i rummet från fönstret räknat och 1 m från sidovägg. En dagsljusfaktor på minst 1% i denna punkt säkerställer att även de inre delarna av rummet uppfattas som väl dagsljusbelysta. För arbetsplatser sker mätning på detta sätt av dagsljusfaktorn. För bostäder och mindre kontorsrum kan vanligen en schablon användas som säger att fönsterglasarean bör vara minst ca 10 % av golvarean samt att om byggnadsdelar eller andra byggnader skärmar av dagsljuset mer än 20°, bör glasarean öka. En närmare beskrivning av den förenklade beräkningen finns i standarden SS 91 42 01<sup>2</sup>. Då det är närmast omöjligt att mäta upp dagsljusfaktorn på ett invändningsfritt sätt bör den beräknas baserat på det ritningsunderlag som finns. En enkel metod beskrivs i ”Räkna med Dagsljus”<sup>3</sup>.

Upplevelsen av dagsljuset kan också mätas direkt med hjälp av enkätinstrumentet.

### För lite dagsljus i EcoEffect

Problemet med för lite dagsljus redovisas under rubriken Sol- och dagsljus under den övergripande innemiljöfaktorn Ljusförhållanden i diagrammet för Innemiljöfaktorer. Dessutom redovisas det tillsammans med solljusförhållandena i diagrammet för komfortproblem i metodiken.

#### ...i befintlig bebyggelse

Vid värdering av för lite dagsljus i befintlig bebyggelse frågar man brukarna via enkäten direkt (fråga E1) vilket redovisas i diagrammet Innemiljöfaktorer. Dessutom ställs en fråga om upplevelsen av sol- och dagsljusförhållandena i stort sett (fråga E2) vilket redovisas i diagrammet för komfortproblem.

#### ...i planerad bebyggelse - programskedet

I programskedet värderas de krav som ställs i programskedet med avseende på kvoten fönsteryta/golvyta i lägenhetens rum samt tillgången på fönster för bostäder. För arbetsplatser väger kvoten fönsteryta/golvyta i kontorsrummen tyngst och kompletteras med kriterier som rör andelen arbetsplatser med utblick mot utemiljö samt tillgången till fönster i sammanträdesrum, pausrum och pentry.

---

<sup>1</sup> AFS 2000:42.

<sup>2</sup> SIS. (1988).

<sup>3</sup> Löfberg. (1987).

...i planerad bebyggelse – projekteringskedet

I projekteringskedet gäller samma kriterier som vid värdering i programskedet men med det tillägget att man då skall ha genomfört beräkningar som visar på att en bestämd kvot fönsterytta/golvvyta är uppfyllt samt att det finns ritningar som visar att antalet fönster motsvarar ställda krav.

## Ögon/synproblem på grund av dålig elbelysning

### Problemet för människan i bebyggelsen

I vissa miljöer, som t ex i kontorslokaler, skolor eller sjukhus, kan olämpliga ljusförhållanden orsaka svårigheter att läsa, ögontrötthet, rinnande ögon och huvudvärk. När det gäller lokalbyggnader (t ex kontor) är *ögon-/synproblem*, orsakad av dålig belysning, ett problem som blivit vanligare med det mer ljuskänsliga arbetet framför bildskärm. Kontorsbyggnader utformas återigen allt oftare som landskap med djupa mått och stora fönster i fasad. Detta kräver stor omsorg när det gäller ljusbehandling, färger, kontraster, för att förebygga ögon-/synproblem.

De parametrar som bedöms som viktigast för uppkomsten av ögon/synproblem på grund av elbelysningen är *belysningsstyrka, bländning, flimmar och färgåtergivning*.

### Mekanism

Vid dålig belysning och i synnerhet arbete i dålig belysning blir man tröttare eftersom det blir svårare att se detaljer, färger, kontraster, färgkontraster, etc. Flimmar kan i sig också ge upphov till huvudvärk. Rent fysiologiskt försämras emellertid inte synförmågan.

### Omfattning

Inga uppgifter om detta problems omfattning har kunnat hittas. Ett fåtal enkätundersökningar har genomförts under EcoEffect-projektets gång i kontorshus men sammanställning saknas. Vid en av undersökningarna som gjordes för en skola påtalade dock 13 % av personalen som deltog i undersökningen att de ofta hade ögon/synproblem på grund av bristfällig belysning i skolan. Inga tillfrågade elever uppgav emellertid detta problem.

### Motverkande samhällsåtgärder

För att komma till rätta med problem med belysning på arbetsplatser har ett antal normer och föreskrifter tagits fram. Dels finns europeiska normer och i

Sverige finns en AFS som belyser problemet<sup>1</sup>. Rekommendationer finns också inom belysningsbranschen<sup>2</sup>.

### Mätning av problemet

Belysningsstyrka är ett mått på *hur mycket ljus som träffar en yta*. Den mäts i lumen/m<sup>2</sup>, eller lux. Synprestationen ökar med ökande belysningsstyrka till en viss nivå, som kan nå redan vid relativt måttliga belysningsstyrkor, olika beroende på vilka synkrav som ställs på en arbetsuppgift.

Luminans mäter istället en ytas ljushet, t.ex. en lysande yta (exempelvis en ljusarmatur) eller en belyst ljusreflekterande yta (exempelvis vägg eller arbetsbord). Luminansen anges, och mäts, i candela per kvadratmeter, cd/m<sup>2</sup>. Luminansen på en belyst yta beror på det infallande ljusets riktning mot ytan, belysningsstyrkan på ytan och ytans ljusreflekterande egenskaper. För stora skillnader innebär ansträngningar för ögat med risk för huvudvärk. Kravet på luminansförhållandet 5:3:1 för Papper: Bord: Rum, betyder att människans öga uppfattar att det är lagom kontraster om pappret i t ex en bok man läser är 5 gånger ljusare än bakgrunden i rummet och om bordet som boken hålls mot, är 3 gånger ljusare än bakgrunden i rummet. Bländningen är en sinnesreaktion som uppstår då luminansskillnaderna i synfältet är för stora. Bländningen beror på olika faktorer som den luminansnivå ögonen är anpassade till (vana vid) (bakgrundsluminansen), bländkällans luminans (cd/m<sup>2</sup>), dess storlek (utbredning) och läge (position) i synfältet. Bländning från armaturer kan avskärmas t ex. med raster.

Färgtemperaturen (kelvin, K) är ett mått som beskriver en ljuskällas ljusfärg från rödaktig (låg färgtemperatur) till blåaktig (hög färgtemperatur). Färgtemperaturområdena är följande: varmtonat ljus, ca 3000 K, vitt neutralt ljus, ca 4000 K och dagsljusliknande, ca 5000 K.

Färgåtergivningsindex, Ra, anger ljuskällans förmåga att återge färger. Ra-index anges med skalan 0-100 där 100 är bästa färgåtergivning för den aktuella färgtemperaturen (inom respektive färgtemperaturklass). Dagsljus, glödlampor och halogenglödlampor har ett Ra-index på 99-100. För lysrör kan det variera mellan 50 och 99.

För att bedöma hur bra en ljuskälla är i en viss miljö måste både färgtemperatur och färgåtergivningsförmåga beaktas.

### Ögon/synproblem i EcoEffect

Det har bedömts som intressant att prova att ta med detta hälsoproblem (som ju ligger på gränsen till komfort och på gränsen till SBS-symptom) i värderings-systemet. Framtida enkätundersökningar, där frågan i samband med värderingen ställs "Händer det att Du har ögon/synproblem på grund av dålig belysning vid Din arbetsplats/ vid Din dator?", med svarsalternativen: Ja, ofta, Ja, ibland, Nej aldrig, får sedan utvisa om problemet bör beaktas fortsättningsvis. I värderingsmetodiken föreslås att detta hälsoproblem tas med vid värderingen av ar-

---

<sup>1</sup> AFS 2000:42.

<sup>2</sup> Ljuskulturs rekommendationer.

betsplatser, men inte vid värdering av bostäder, där de boende i huvudsak själva ordnar sin belysning.

Däremot bedöms problemet indirekt som en detaljerad innemiljöfaktor (Belysningsförhållanden) under den övergripande innemiljöfaktorn Ljusförhållanden i diagrammet för Innemiljöfaktorer även för bostäder. De detaljerade innemiljöproblem som här bedöms i metodiken är *”för svag/för stark elbelysning”, ”svårt att ordna behovsstyrd belysning”, ”bländande belysning”, ”flimmer från lampor”, ”för gul eller för blå färgton på belysningen”*.

...i befintlig bebyggelse

I värderingen av befintlig bebyggelse för arbetsplatser mäts risken för att drabbas direkt genom enkät till brukarna där man frågar om brukarna har ögon/synproblem på grund av elbelysningen (fråga E2 i arbetsplats- respektive skolenkäten). Värderingen grundar sig enbart på besvärsfrekvensen för denna fråga.

Indirekt redovisas också problemet i diagrammet Innemiljöfaktorer. Under rubriken belysningsförhållanden redovisas brukarnas omdöme om detaljerade problem med den fasta elbelysningen (fråga E3 och E4 i bostadsenkäten och fråga E1 i arbetsplats- och skolenkäten). Av dessa problem väger problem med dålig belysningsstyrka och bländning tyngst i metodiken.

Problemet redovisas också indirekt i diagrammet för komfortproblem då stapeln för ljus är en sammanvägning av det övergripande omdömet om sol- och dagsljusförhållanden (fråga E2) respektive elbelysningsförhållanden (fråga E5). Detta gäller bostäder medan samma stapel för arbetsplatser grundar sig på en fråga i enkäten där upplevelsen av ljusförhållanden i stort är det som värderas (fråga E3). Skälet till detta är att sol-, dagsljus och elbelysning planeras integrerat för arbetsplatser.

...i planerad bebyggelse

Vid värdering av planerad bebyggelse värderas problemet för närvarande enbart indirekt via diagrammet för Innemiljöfaktorer. Likaså här väger problemen med belysningsstyrka och bländning tyngst. I programskedet utnyttjas värderingskriterier för dessa problem som utgörs av krav på minimal belysningsstyrka i olika utrymmen, möjligheter att själv kunna ordna belysning samt bländtal med avseende på synlig bländning. I projekteringskedet utgörs motsvarande kriterier av armaturers antal och ljusflöden, antal eluttag per m2 golvyta samt armaturers utformning med hänsyn till bländningsrisk.

## 6.6 Elmiljö

Med *elmiljön*, avses här den miljö av elektriska och magnetiska fält som omger oss samt statisk elektricitet. För de flesta människor är elmiljön en dold värld, som vi inte kan registrera med våra sinnen. Det finns dock individer i samhäl-

let, som benämns elöverkänsliga, och som undviker modern elektronik och att vistas i miljöer med höga elektromagnetiska fältstyrkor, då de kopplar hälso-problem till sådana miljöer. När det gäller samband mellan elektromagnetiska fält och hälsa i den vetenskapliga litteraturen är det egentligen enbart sambandet med barnleukemi och exponering över 400 nT som har kunnat påvisas i flera studier<sup>1</sup>. Samtidigt betonas att forskningsunderlaget fortfarande är och för tid framöver kommer att vara otillräckligt.

I och med den i snabb takt ökande utbyggnaden av mobiltelefoninät har hälsofrågorna kring exponering för högfrekventa magnetfält aktualiserats. En debatt pågår för närvarande där det finns studier som har kunnat visa på effekter. I första hand är det risk för cancer samt sömnstörningar som diskuteras.

## Elkänslighet

### Problemet för människan i bebyggelsen

Elkänslighet, eller elöverkänslighet, är benämningen på de varierande symptom som vissa personer upplever och sätter i samband med elektrisk utrustning och elmiljön. I Miljöhälsorapport 2001 anges, att vetenskapliga studier inte har kunnat påvisa någon specifik orsak till besvärssymptomen utan att det förefaller som problemet är multifaktoriellt där elektromagnetiska fält kan vara en av orsakerna.

Den omfattande och ökande installationstätheten och användningen av elektriska apparater, styr- och reglerutrustning mm i byggnader, innebär att den största källan till förhöjda fältstyrkor finns inomhus, både för elektriska och magnetiska fält. De flesta kraftaggregat alstrar spänningar utöver de önskade, vilket också ger okontrollerade elektromagnetiska fält. Vagabonderande strömmar, som innebär att strömmen går andra vägar (exempelvis följer metallledningar eller diskbänkar) än i avsedd återledningskrets orsakar också okontrollerade elektromagnetiska fält. Dessa elektromagnetiska "föroreningar" är både ett problem för elinstallationernas/apparaternas funktion och en diskuterad risk för hälsa.

Högspänningsledningar och transformatorstationer med fler elektriska anläggningar i närheten av byggnader, kan också ge förhöjd magnetisk flödestäthet, då magnetfält, på ett helt annat sätt än elektriska fält, har en förmåga att tränga igenom byggnaders klimatskärm och genom bjälklag. En inbyggd transformator ger förhöjda fältstyrkor även till kringliggande utrymmen. Trots skärmning med metall, förblir fältstyrkorna i regel förhöjda.

### Mekanism

I Sverige har två huvudgrupper av symtombilder konstaterats. Den ena är hudbesvär i samband med bildskärmsarbete. Den andra är ospecifika besvär som trötthet, koncentrationssvårigheter och huvudvärk. Problemen bedöms vara multifaktoriella. Det finns inga vetenskapliga epidemiologiska studier som

---

<sup>1</sup> Ahlbom et al. (2001).

visar på hur elektromagnetisk fältstyrka skulle ge upphov till de besvär som elkänsliga människor upplever. Elkänslighet är därmed inte heller något begrepp som idag används generellt för att ställa en medicinsk diagnos. Problemet har emellertid uppmärksamats på så sätt att det finns kommuner i Sverige som ger bostadsanpassningsbidrag för elkänsliga.

Exempel på upplevda symptom som elkänsliga anger är sveda och stickningar i hud och kropp, yrsel, koncentrationssvårigheter och hudrodnad i synnerhet i ansiktet<sup>1</sup>

### Omfattning

I Nationella Miljöhälsoenkäten 1999 uppgav drygt 3 % (347 personer) att de var känsliga, överkänsliga eller allergiska mot elektriska eller magnetiska fält. Detta skulle för hela populationen i Sverige motsvara 200 000 människor. 0,3 % rapporterade svåra besvär medan 1,4 % undvek elektriska installationer och var därmed besvärsfria. Ungefär dubbelt så många kvinnor som män uppgav att de hade besvär och besvären var vanligast i åldersgruppen 50-59 år. Resultaten pekade också på att det hos en relativt stor grupp fanns en oro för att elmiljön skulle kunna ge upphov till ohälsa.<sup>2</sup>

### Motverkande samhällsåtgärder

Besvär som förknippas med elmiljön skall utredas och behandlingen måste utgå från den enskilda individen<sup>3</sup>. Såväl medicinering mot symptomen som förändringar i miljöfaktorer kan bli aktuella även om det förstnämnda knappast leder till bestående förändringar.

Gränsvärden finns idag enbart för skydd mot värmeeffekter till följd av högfrekventa elektromagnetiska fält. För lågfrekventa fält saknas gränsvärden men däremot har berörda myndigheter gått ut med en försiktighetsstrategi. I korthet går strategien ut på att man bör vidta rimliga åtgärder för att minska onödig exponering för lågfrekventa elektriska och magnetiska växelfält<sup>4</sup>. Försiktighetsstrategin bygger på den försiktighetsprincip som utvecklats av WHO.

För att minska nivåerna på elektrisk och magnetisk fältstyrka samt få bättre kontroll över flödestätheter vidtas åtgärder som t ex övervakade femledarsystem fram till transformator, metallavbrott på inkommande ledningar, skärmade kablar, jordad armering, belysningsarmaturer och kabelrännor vid skrivbord.

I praktiken använder många byggherrar idag praxisvärden för elektriska och magnetiska fält vid ny- och ombyggnad. Även i MIBB används sådana riktvärden (magnetiska fält Band I  $\leq 0,2 \mu\text{T}$ , elektriska fält Band I  $\leq 10 \text{ V/m}$ ). TCO och LO har satt upp egna gränsvärden både för fält från bildskärmar och annan utrustning.

---

<sup>1</sup> Bornehag et al. (1999).

<sup>2</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>3</sup> SOSFS. (1998:3).

<sup>4</sup> Arbetsmiljöverket et al. (1994).

## Mätning av problemet

Elkänslighet är fortfarande ett begrepp som är omtvistat inom den medicinska forskningen. Det finns inga vedertagna metoder att använda för att ”ställa diagnos” eller liknande. De epidemiologiska studier som har genomförts för att utreda eventuella samband mellan elkänslighet och elektrisk och/eller magnetisk fältstyrka utgörs dels av s.k. tvärsnittsstudier, dels av experimentella studier. I de förstnämnda har vanligen enkätformulär använts där man efterfrågat såväl om respondenterna lider av olika symptom samt hur nära kraftledningar och liknande de bor. Sådana studier kritiserar främst då tidssambanden mellan exponering och symptom ej blir tydliga. I experimentella studier utsätter man personer för viss exponering av elektromagnetiska fält alternativt ingen exponering utan att försökspersonerna vet om någon exponering föreligger. Under experimentet får försökspersonerna redogöra för eventuella symptom<sup>1</sup>.

När det gäller att mäta elektrisk och magnetisk fältstyrka används speciella mätinstrument. Såväl band 1 som band 2 bör mätas.

## Elkänslighet i EcoEffect

Det finns än så länge ingen vetenskaplig konsensus om samband mellan elkänslighet och elektromagnetiska växelfält. Elkänslighet redovisas därmed inte i EcoEffect-metodiken som ett slutproblem. Det finns emellertid all anledning att tillämpa försiktighetsprincipen varför en innemiljövärdering enligt EcoEffect inbegriper en indirekt redovisning av problemet genom diagrammet Innemiljöfaktorer och den övergripande innemiljöfaktorn Elmiljö. Stapeln för elmiljö grundas till större delen på kriterier som rör förekomsten av elektromagnetiska växelfält.

### ...i befintlig bebyggelse

Vid värdering av befintlig bebyggelse skall mätning av elektriska och magnetiska växelfält ske. Resultaten redovisas just i form av mätvärden. Dessutom redovisas de indirekt genom stapeln Elmiljö i diagrammet Innemiljöfaktorer. Elektriska respektive Magnetiska växelfält viktas här lika. Företrädevis skall mätning ske både för band I och band II. För närvarande utnyttjas emellertid enbart mätvärdena för band I i metodiken då band II sällan mäts i dagsläget.

### ...i planerad bebyggelse

Vid värdering av planerad bebyggelse sker redovisningen enbart indirekt i diagrammet Innemiljöfaktorer. I programskedet utgörs kriterierna av krav på miniminivåer för elektromagnetiska växelfält. I projekteringskedet utgörs kriterierna istället främst av placering av ställverk, elcentraler, elschakt i byggnaden, förekomsten av femledarsystem samt åtgärder exempelvis i form av skärmning, jordning, armaturval etc.

---

<sup>1</sup> Ahlbom et al. (2003).



## Barnleukemi

### Problemet för människan i bebyggelsen

Leukemi, och speciellt barnleukemi, tros bland annat kunna ha ett samband med en förhöjd elektromagnetisk fältstyrka. Frågan aktualiserades för 20 år sedan då Wertheimer och Leeper publicerade en studie som visade att barn som dog i cancer oftare än andra barn bodde i hus nära kraftledningar<sup>1</sup>. 1996 fanns tio publicerade undersökningar kring detta, inklusive en svensk och två ytterligare nordiska. Sju av dessa har pekat på samband mellan barnleukemi och förhöjda magnetfältstyrkor i bostaden. Bedömning av överrisken har legat i intervallet 1,5-3,0. Detta, menar Miljöhälsoutredningen, måste uppfattas som relativt samstämmiga resultat även om riskökningen är mycket liten<sup>2</sup>.

I en svensk studie<sup>3</sup> som haft betydelse för den svenska hållningen till magnetfält, fann man en förhöjd relativ risk för leukemi hos barn med 2,7, hos barn som exponerats för magnetisk fältstyrka kring 200 nT (nanotesla), eller 0,2 µT (mikrotesla). Och om en högre gräns valdes för exponeringen (300 nT) ökade den relativa risken till 3,8.

En metaanalys har genomförts med primärdata från de mest informativa studierna på detta område. Analysen konstaterade att det vid exponering för magnetisk fältstyrka över 0,4 µT förelåg en tvåfaldig riskökning som inte kan förklaras av slumpmässiga variationer. Däremot kan den förklaras av selektionsfel i vissa av studierna.<sup>4</sup>

### Mekanism

Leukemi är ett samlingsbegrepp för en grupp blodsjukdomar med störd utmognad och ökad bildning av vita blodkroppar. Leukemi uppstår genom förändringar av DNA i benmärgens stamceller vilket resulterar i problemen med blodkroppsbildning i benmärgen. Den oreglerade tillväxten av vita blodkroppar ger upphov till störningar vid nybildning av normala blodkroppar. Det är i första hand bristen på normalt fungerande blodkroppar som orsakar sjukdomens symptom. Akut lymfatisk leukemi är den vanligaste elakartade tumörformen hos barn.

Mekanismen bakom att förändringar sker i benmärgens stamceller är okänd men magnetfält klassas enligt WHO:s cancerforskningscenter IARC som 2B, dvs. *möjlig cancerframkallande agens*. Samtidigt vill man klassa magnetfält som 1 när det gäller enbart barnleukemi.

Vanliga symptom är onaturlig trötthet, påtaglig blekhet, smärtor i leder, näsblod och att blåmärken uppstår mycket lätt.

---

<sup>1</sup> Wertheimer och Leeper. (1979).

<sup>2</sup> SOU. (1996:124).

<sup>3</sup> Feychting och Ahlbom. (1993).

<sup>4</sup> ICNIRP. (2001).

## Omfattning

I Sverige inträffar årligen ca 70 fall av barnleukemi. (Årligen också ca 350 fall bland vuxna). Enligt Miljöhälsorapport 2001 skulle knappt ett av dessa fall årligen kunna bero på förhöjda magnetfält, med de relativa riskökningar som studierna pekar på. Enligt samma rapport uppskattas några % av befolkningen i Sverige utsättas för magnetisk fältstyrka i nivåer överskridande 200 nT i sina bostäder. Mellan 0,1-1 % förväntas exponeras för nivåer över 400 nT<sup>1</sup>.

Tabell 23: Ungefärliga värden uppmätta på magnetisk fältstyrka i olika miljöer (enhet  $\mu T$ ).<sup>2</sup>

Långt från elektriska apparater	0,1
Nära elektriska ledningar	0,5
Gator i Stockholms innerstad	1-2,5
Elektriska filter	5,0
Under stora kraftledningar	10,0
Intill (0-10 cm) elektriska apparater (som hårtork, rakapparat)	100,0

Tunnelbana kan ha höga magnetfält liksom i de fall transformatorer finns inbyggda i hus.

## Motverkande samhällsåtgärder

Behandling av barnleukemi sker med en kraftig cellgiftsbehandling och/eller benmärgstransplantation. Ungefär 70 % av de drabbade kan botas.

För att förebygga barns insjuknande i leukemi finns i Sverige en rekommendation från Strålskyddsinstitutet att magnetisk fältstyrka inte får överstiga 200 – 300 nT i miljöer där barn vistas<sup>3</sup>. Rekommendationen utgår från internationella studier och en försiktighetsprincip. I Stockholmsområdet har dock förskolor som byggts på ett avstånd av 50 m från kraftledningar utrymms av säkerhets-skäl.

## Mätning av problemet

Genom ett vanligt blodprov kan man få en första indikation om avvikelser i blodet som kan förknippas med sjukdomen. För att diagnosticera vilken sorts leukemi det rör sig om, krävs emellertid ett benmärgsprov.

För att mäta magnetisk fältstyrka används speciella mätinstrument. Såväl band 1 som band 2 bör mätas.

## Barnleukemi i EcoEffect

EcoEffect-metodiken tar hänsyn till problemet med risk för barnleukemi genom att magnetisk fältstyrka måste mätas upp samt för planerade byggnader att

<sup>1</sup> Socialstyrelsen et al. (2001).

<sup>2</sup> <http://www.ehdin.com/Magnetfalt.html>

<sup>3</sup> SSIFS 2002:3.

maxvärden måste anges. Dessa mätvärden redovisas utan att någon riskvärdering för utveckling av barnleukemi görs. Detaljerad beskrivning av hur elektriska och magnetiska fält hanteras i EcoEffect har beskrivits under det tidigare avsnittet om elkänslighet.

## Statisk elektricitet

### Problemet för människan i bebyggelsen

Statisk elektricitet, som mäts i kV, har räknats in i begreppet elmiljö. Människor kan känna obehag av att bli statiskt elektriskt uppladdade. Laddningen beror på att två föremål gnids mot varandra och/eller separeras från varandra under elektriskt isolerade förhållanden och därmed får olika laddning. De spänningar som kan uppstå på detta sätt kan bli mycket höga, ofta upp till 20 kV. Mängden laddning som kan ansamlas och dess polaritet styrs av den s k triboelektriska serien. Ett material som gnuggas mot ett annat längre ner i serien blir positivt laddat, se Figur 17.

+ LADDNING					DEN TRIBOELEKTRISKA SPÄNNINGSSERIEN										- LADDNING									
Luft	Kattskinn	Glas	Glimmer	Människohår	Nylon	Ull	Bly	Silk	Aluminium	Papper	Bomull	Stål	Trä	Bärnsten	Golvsvax	Gummi	Nicke/Koppar	Mässing/Silver	Guld/Platina	Polyester	Celluloid	Polyuretanskum	PVC	Teflon

Figur 17 Den triboelektriska serien<sup>1</sup>.

Stor dator/bildskärmstäthet och mycket syntetiska material i inredningen ökar den elektrostatiska uppladdningen. Dessutom ökar den elektrostatiska uppladdningen om luftens relativa fuktighet är låg, som den t ex är under vintern i Sverige – i synnerhet om inomhustemperaturen är hög.

Luftfuktare nämns ibland som en lösning för att minska uppladdningen, i synnerhet i kontorsmiljöer där mycket papper hanteras. Normalt anses en luftfuktare som en riskabel lösning i sig, på grund av risken för bakteriespridning om den inte sköts. Man kan också använda sig av s k. antistatutrustning. Det kan exempelvis handla om kolfiberborstar, vilket ofta förekommer i elektrisk kontorsutrustning. S k. jonisatorer är en annan typ av utrustning som producerar joniserad luft som då kan utgöra laddningsbärare mellan jonisatorn och de laddade ytorna.

<sup>1</sup> Mörk et al. (1991).

### Mekanism

Människokroppen fungerar som en god ledare som, om den isoleras och samtidigt utsätts för friktion, kommer att laddas upp till en spänning. Denna spänning bestäms bland annat av kroppens kapacitans, den relativa fuktigheten i rummet, typer av golvmaterial och skor, isolationsförmågan hos golvmaterialet, skosulor och strumpor och uppladdningstiden<sup>1</sup>. Syntetmaterial ger mer problem med elektrostatisk uppladdning.

När man sedan rör vid något ledande föremål uppstår en urladdning vilket upplevs som en ”stöt”.

Det är väl känt att låg relativ luftfuktighet ger lättare elektrostatisk uppladdning av människor och ytor i rummet, vilket påverkar hur vi utsätts för partiklar i rumsluften.

### Omfattning

Problem med elektrostatisk uppladdning i inomhusmiljöer har ökat under senare år i kontorsmiljöer i synnerhet, till följd av kombinationen av diger pappersanvändning som minskar den relativa fuktigheten och gott om elektrisk kontorsutrustning som i sin tur också bidrar till högre temperaturer och därmed ännu torrare luft som förvärrar problemen.

Det finns emellertid inga större studier i vilka omfattningen av problemet med elektrostatisk uppladdning inomhus har undersökts. Inte heller finns större studier som säger något om hur många människor som upplever det här som ett problem. Inom ramen för EcoEffect-projektet har ett antal enkäter genomförts där frågan har ställts. För bostäder har det varit få som har klagat på detta problem. Frågan är emellertid mer intressant vid vistelse i kontorsmiljöer.

### Motverkande samhällsåtgärder

Problemet omfattas inte av några riktvärden, gränsvärden eller rekommendationer från myndighetshåll.

### Mätning av problemet

Elektrostatiska stötar kan vi alla uppleva. För att ta reda på om människor ofta eller ibland besväras av detta kan man fråga efter det i enkäter om inomhusmiljön.

Elektrostatiska fält kan också mätas med hjälp av en elektrostatisk fältmätare. Man mäter fältet beröringsfritt eftersom ingen elektricitet får/kan förbrukas vid mätningen.

### Statisk elektricitet i EcoEffect

Statisk elektricitet redovisas inte specifikt som ett slutproblem i metodiken. Istället ingår det som en mindre del i den övergripande inomhusmiljöfaktorn Elmiljö i diagrammet för Innomhusmiljöfaktorer.

---

<sup>1</sup> Mörk et al. (1991).

...i befintlig bebyggelse

Vid värdering av befintlig bebyggelse ställs en fråga i EcoEffect-enkäten i vilken brukarna ombeds svara på om de besväras av statisk elektricitet (fråga C2). Frågan handlar i första hand om att kunna ge kompletterande information för analys av elmiljön i byggnaden. Det utgör tillsammans med elektriska och magnetiska fält ett kriterium för värdering av den sammanfattande innemiljöfaktorn elmiljö.

...i planerad bebyggelse

Redovisningen sker som nämnts ovan. I programskedet värderas statisk elektricitet utifrån kriteriet om kravnivå på statisk elektrisk uppladdning mätt i kV. I projekteringskedet sker värderingen utifrån kriteriet om golvbelägningars elektrostatiske uppladdningsvärde för vilket standardklasser finns.

## 6.7 Dricksvattenkvalitet

Med dricksvattenkvalitet avses faktorer som styr dricksvattnets kvalitet med avseende på risk för hälsoskador eller dålig smak. När det gäller hälsoproblem kan radonhaltigt vatten ge upphov till mag- och tarmcancer. I övrigt kan dricksvattnet innehålla exempelvis mikroorganismer som ger upphov till maginfektioner eller humantoxiska ämnen som kan ge förgiftning eller reproduktionsskador. Dricksvatten kan också ha ett felaktigt pH-värde vilket kan resultera i frätskador.

Dålig smak kan bero på för hög järnhalt, för mycket humus eller för hög klore-ring av vattnet. Dricksvattnets smak är framför allt en komfortfråga men det kan också indikera att det kan vara otjänligt.

I Sverige är det kommunala dricksvattnet väl kontrollerat och det är i stort sett bara när driftfel uppstår som akuta hälso- eller komfortproblem uppkommer. I byggnader där dricksvattnet kommer från enskilda borrhållningar eller privata dricksvattentäkter är problem betydligt vanligare. Förorening kan uppkomma genom inträngande av föroreningar i dricksvattnet (exempelvis avloppsvatten med bakterier) eller via emissioner eller mikrobiell påväxt på ledningsmaterial.

Dricksvattenkvalitet behandlas för närvarande inte i värderingsmetodiken då metodikens avnämare nästan alltid har sina fastigheter anslutna till kommunalt vatten. Problemet med mag- och tarmcancer på grund av radon i dricksvattnet kan emellertid ingå indirekt genom att man i befintlig bebyggelse mäter radonhalten i dricksvattnet eller ställer krav på lägsta nivåer vid planeringen av nya byggnader.

## Mag- och tarmcancer

### Problemet i bebyggelsen

Den kända innemiljörelaterade orsaken till mag- och tarmcancer är främst radonhaltigt dricksvatten. Mindre utbrett i vanliga inomhusmiljöer är mag/tarmcancer på grund av radon i dricksvatten.

Miljöhälsoutredningen redovisar emellertid att synen på hälsorisker från radon i dricksvatten skärpts på senare år. Man anser nu att radon som förtärs medför en större hälsorisk jämfört med tidigare bedömningar. Detta gäller framför allt risker för små barn vid förtäring av radonhaltigt vatten.

Radon i dricksvatten är främst ett problem i vatten som kommer från borrhållarbrunnar, i synnerhet i graniter och pegmatiter i vilka uranhalten kan vara hög. Exempelvis har Miljö- och hälsoskyddsnämnden i Uppsala konstaterat att 85 % av de borrhållarbrunnarna i Uppsala har vatten med förhöjda halter radon. Detta påverkar i sin tur rumsluftens radongashalt eftersom radon frigörs vid vattenspolning.

Vid en radonhalt på ca 1000 Bq/l avgår en mängd som ger ett bidrag till rumsluften motsvarande 100 Bq/m<sup>3</sup>.

### Mekanism

Mag- eller tarmcancer uppkommer genom att celler i mage eller tarm utsätts för cancerframkallande ämnen (om det inte är genetiskt betingat). Det kan också vara relaterat till blödande magsår. Genom kromosomförändringar i berörda celler uppstår abnormiteter som tumörer.

### Omfattning

Cancer i mage och tarm står tillsammans för ca 15 % av cancerfallen i Sverige och kan ha många orsaker. En mindre del av dessa kan hänföras till intag av radonhaltigt dricksvatten. Statens Strålskyddsinstitut har tillämpat de nya riskbedömningarna på svenska förhållanden. Man har då kommit fram till att 10-20 mag-/tarmcancerfall per år kan antas vara orsakade av förtäring av radonhaltigt vatten<sup>1</sup>. Underlagen är emellertid förhållandevis osäkra.

I Radonutredningen konstateras att radonhalt har uppmätts i ca 35 000 (av 200 000) djupborrade brunnar idag och att 140 000 återstår att mäta. Man konstaterar att det i Sverige bör finnas omkring 10 000 – 15 000 brunnar för permanentboende i vilka dricksvattnet har en radonhalt över 1000 Bq/l. Nära 100 000 brunnar kan ha halter över 100 Bq/l. Uppskattningsvis har 2 500 brunnar med radonhalter över 1000 Bq/l åtgärdats. I Radonutredningen beräknar man att det finns mellan 7 500 och 10 000 djupborrade brunnar för permanent bruk kvar att åtgärda.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> SOU. (1996:124).

<sup>2</sup> SOU. (2001:7).

## Motverkande samhällsåtgärder

Under 1997 – 1999 fanns ett statligt bidrag<sup>1</sup> för att genomföra åtgärder för att minska radonhalten i dricksvatten. En majoritet av de sanerade brunnarna sanerades med hjälp av detta bidrag. Inom ramen för miljömålsarbetet finns också beslutat ett delmiljö för miljömålet ”säker strålmiljö” som innebär att radonhalten i samtliga enskilda brunnar samt dricksvattentäkter i landet skall understiga 1000 Bq/l.

Livsmedelsverket är den myndighet som har utfärdat gränsvärden för radon i dricksvatten. Enligt deras föreskrifter bedöms dricksvattnet som otjänligt om det överskrider 1000 Bq/l och som tjänligt med anmärkning om halterna ligger mellan 100 och 500 Bq/l.<sup>2</sup>

## Mätning av problemet

Mag/tarm-cancer kan konstateras med hjälp av ett blod- och avföringsprov. Röntgen, koloskopi eller datortomografi kan sedan användas för kompletterande undersökningar.

För att mäta radonhalten i dricksvatten tas vattenprov som skickas in på analys.

## Mag/tarmcancer i EcoEffect

Mag/tarmcancer behandlas inte som ett slutproblem i EcoEffect-metoden men däremot skall radonhalten i dricksvattnet mätas upp om det rör sig om en borrad brunn i första hand. I EcoEffect finns en metodik utvecklad för att miljövärdera dricksvattenkvalitet som ett tillägg. Den ingår emellertid inte i standardvärderingen. Om man önskar värdera dricksvatten ingår dricksvattnets radonhalt som ett av flera kriterier.

---

<sup>1</sup> Förordningen (1997:638) om bidrag för åtgärder mot radon i dricksvatten.

<sup>2</sup> Livsmedelsverkets kungörelse (SLV FS 1993:35) om dricksvatten och (SLV FS 1993:32).

## 7 Referenser

AFS 2001:1. *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om systematiskt arbetsmiljöarbete.*

AFS 2000:42. *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning. Elbelysning: Råd och anvisningar om arbetsplatsens utformning.*

AI-företagen (nuvarande svensk Teknik och Design) och Byggsektorns Kretsloppsrad. (2000). Miljöanpassad projektering – råd för projektering av sunda inne- och utemiljöer.

Ahlbom, A, Feychting, M, Hamnerius, Y, Hillert, L. (2003). *Forskning om elöverkänslighet och andra effekter av elektromagnetiska fält.* Rapport från en projektgrupp som tillsatts med anledning av ett regeringsuppdrag till FAS.

Ahlbom, A, Cardis, E, Green, A, Linet, M, Savitz, D, Swerdlow, A. (2001). Review of the Epidemiologic Literature on EMF and Health. *Environmental Health Perspectives, dec 2001, vol 109, suppl 6, pp 911-933.*

Ahlbom, A, Day, N, Feychting, M, Roman, E, Skinner, J, Dockerty, J, Linet, M, Mc Bride, M, Michaelis, J, Olsen, JH, Tynes, T, Verkasalo, PK. (2000). A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *British Journal of Cancer, 2000; sep 83(5): 692-698.*

Ahlbom, A, Backman, A, Bakke JV, Foucard, T, Halken, S, Kjellman, N-I, Malm, L, Skerfving, S, Sundell, J, Zetterström, O. (1998). "NORDPET". Pets indoors – A Risk Factor or Protection against Sensitisation/Allergy. A Nordic Interdisciplinary Review of the Scientific Literature Concerning the Relationship between the Exposure to Pets at Home, Sensitisation and the Development of Allergy. *Indoor Air 1998; 8:219-235.*

Alm, J S, Swartz, J, Lilja, G, Scheynius, A, Pershagen, G. (1999). Atopy in children of families with an anthroposophic lifestyle. *Lancet, 1999, 353, pp1485-8.*

Andersson, K, Bakke, J V, Björseth, O, Bornehag, C-G, Clausen, G, Hongslo, J-K, Kjellman, M, Kjærsgaard, S, Levy, F, Mölhave, L, Skerfving, S, Sundell, J. (1997). TVOC and Health in Non-industrial Indoor Environments – Report from a Nordic Scientific Consensus Meeting at Långholmen in Stockholm, 1996. *Indoor Air 1997, pp 78-91. ISSN 0905-6947.*

Andersson, J, Kling, R. (2000). *Bygg vattenskadesäkert – VASKA visar vägen.* Byggeforskningsrådets rapport T3:2000. Stockholm: Byggeforskningsrådet.



- Andersson, K, Norlén, U, Fagerlund, I, Högberg, H, Larsson, B. (1991). *Inomhusklimatet i 3000 svenska bostadshus*. ELIB-rapport nr 3, SIB-rapport TN:26. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Arbetsmiljöverket, Boverket, Elsäkerhetsverket, Socialstyrelsen, Statens Strålskyddsinstitut. (1994). *Försiktighetsprincip för lågfrekventa elektriska och magnetiska fält*.
- Berglund, B, Johansson, I. (1996). Health Effects of Volatile Organic Compounds in Indoor Air. Final report to National Board of Health and Welfare. *Archives of the Center for Sensory Research, Volume 3, Issue 1, 1996*. Stockholm: Stockholms Universitet och Karolinska Institutet.
- Berglund, B, Lindvall, T, Schwela, D, Goh, K T. (2000). *Guidelines for community noise*. Genève: World Health Organization.
- Boerstra, Atze, C. (2000). Investigation of IEQ. *Proceedings of Healthy Buildings 2000, Vol 1 pp35-40*. Nederländerna.
- Boman, E och Enmarker, I. (2004). *Noise in the School Environment. Memory and Annoyance*. Doktorsavhandling. Gävle: Högskolan I Gävle, institutionen för teknik och byggd miljö.
- Bornehag, C-G, Blomquist, G, Gyntelberg, F, Järholm, B, Malmberg, P, Nordvall, L, Nielsen, A, Pershagen, G, Sundell, J. (2001). Dampness in Buildings and Health. Nordic Interdisciplinary Review of the Scientific Evidence on Associations between Exposure to "Dampness" in Buildings and Health Effects (NORDDAMP). *Indoor Air, International Journal of Indoor Air Quality and Climate, Volume 11, No2, p. 72-86*.
- Bornehag, C-G, Andersson, K, Bakke, JV, Bjørseth, O, Clausen, G, Hongslo, JK, Kjellman, M, Kjaergaard, S, Levy, F, Mölhave, L, Skerfving, S, Wolkoff, P, Sundell, J. (2000a). NORDVOC II. From VOC to OCIA. Towards the Development of Risk Indicators of Organic Chemicals in Indoor Air. *Indoor Air. Submitted for publication*.
- Bornehag, C-G, Hamnerius, Y, Hult, M, Johansson, O, Norrby, C, Åberg, U. (1999). *Hälsomässig och teknisk utvärdering av fyra elsanerade bostäder i kvarteret Haubitsen, Uppsala*. Stockholm: Kongl Carolinska Medico Chirurgiska Institutet.
- Bostadsstyrelsen. (1960). *God Bostad 1960*. Kungl. Bostadsstyrelsens skrifter 21. Stockholm: Bostadsstyrelsen.
- Boverket. (2003). *Fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet – God bebyggd miljö*. Boverket: Karlskrona.
- Boverket. (1998). *Deklaration av bostäder*. Boverkets rapportserie Bygg för hälsa och miljö. Karlskrona: Boverket.

Brown, G, Isfält, E. (1974). *Solinstrålning och solavskärmning*. Byggnadsforskningsrapport R19:1974. Stockholm: Statens institut för byggnadsforskning.

Burt, T.S. (1996). The sick building syndrome: The acoustic environment. *Proceedings of indoor Air '96, vol 1, pp 1025-1030*.

Byggnadsstyrelsen. (1974). *Solavskärmning: Solskärmar på byggnader*. KBS-rapport 111. Stockholm: Byggnadsstyrelsen.

Clavensjö, B, Åkerblom, G. (1992). *Radonboken – åtgärder mot radon*. Stockholm: Byggnadsstyrelsen.

Cohen, S. (1978). Environmental load and the allocation of attention. I Baum, A, Singer, J, Valin, S (red). *Advances in Environmental Psychology (vol.1)*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Corner, R, Sundahl, M, Rosell, L, Ek-Olausson, B, Tysklind, M. (2002). PCB in indoor air and dust in buildings in Stockholm. *Proceedings of Indoor Air 2002*.

Diez, U, Kroessner, T, Rehwagen, M, Richter, M, Wetzig, H et al. (2000). Effects of indoor painting and smoking on airway symptoms in atopy risk children in the first year of life results of the LARS-study. Leibzig Allergy High-Risk Children Study. *Int J Hyg Environ Health, 2000; 203:23-8*.

Doleman, CJA, Borm, PJA, Bast, A. (1990). Plasticisers, another burden for asthmatics? *Agents Actions Suppl. 1990; 31; 81-84*.

Elkontoro. (1995). *Elsanering och elöverkänslighet i kontorsmiljö*. Stockholm: SAN, Statliga Sektorns Arbetsmiljönämnd.

Emenius, G. (2003). *Indoor environment and recurrent wheezing in young children*. Doktorsavhandling. Solna: Karolinska institutet, Institutet för miljömedicin.

Engvall, K, Norrby, C, Bandel, J, Hult, M, Norbäck, D.(2000). Development of a Multiple Regression Model to Identify Multi-Family Residential Buildings with High Prevalence of Sick Building Syndrome (SBS). *Indoor Air, vol. 10; 2: pp 101-110*.

Engvall, K, Norrby, Ch. (1992). *Upplevt inomhusklimat i Stockholms bostadsbestånd*. Utredningsrapport nr 1992:4. Stockholm: Stockholms stads Utrednings- och Statistikkontor.

FiSIAQ. (1995). *Classification of Indoor Climate, Construction, and Finishing Materials*. FiSIAQ Publication 5E. Espoo, Finland: FiSIAQ.

- Fanf, L, Wyon, D P. (2003). Effect of low indoor humidity on comfort, SBS symptoms and the performance of office work. *Scanvac Newsletter 2/2003*, pp 4-5.
- Fanger, PO. (1970). Thermal Comfort. Analyses and Applications in Environmental Engineering. *Danish Technical Press, Copenhagen*.
- Feychting, M, Ahlbom, A. (1992). Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high voltage power lines. *American Journal of Epidemiology*. 1993;138: 467-481.
- Fjeld, T, Levy, F, Sandvik, L, Tellnes, G. (2000). May foliage plants and full spectrum fluorescent light affect health and discomfort among pupils, as well as air quality in classrooms? An intervention study. *Proceedings of Healthy Buildings 2000, Esbo, vol 1: 187-192*.
- Folkhälsoinstitutet. (2001). *De sex stegen för en sund skola – Vägledning om innemiljö vid planering och förvaltning*. Stockholm: Förlagshuset Gothia.
- Folkhälsoinstitutet. (1998). *Innemiljöboken-99*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Fossdal, S, Aho, I, Dinesen, J, Glaumann, M, Sigurjonsson, J. (2002). *Miljöindikatorer för bygg- og eiendomssektoren*. Prosjektrapport 335. Oslo: Norges Byggeforskningsinstitut.
- Fyrhake, L, Bandel, J, Engvall, K, Hedkvist, P-A, Hult, M, Norrby, Ch. (1998). *Stockholmsenkät om innemiljö och hälsa - vad skiljer bra och dåliga flerbostadshus?* Rapport 1: Hälsa och allergi, Rapport 2: Urval och stegvis analysmetod. Stockholm: Stockholms Stads Utrednings- och Statistikkontor.
- Gehl, J. (1971). *Livet mellem husene*. Köpenhamn: Arkitektens förlag.
- Glass, D.C, Singer, J.E. (1972). *Urban stress*. New York: Academic Press.
- Glaumann, M, Malmqvist, T. (2005). Assessing the Environmental Efficiency of Buildings. I Hurol, Y, Vestbro, DU, Wilkinson, N (red). *Methodologies in Housing Research*. Newcastle upon Tyne, UK: The Urban International Press.
- Glaumann, M, Malmqvist, T. (2004). *Miljövärdering av bebyggelse, EcoEffect-metoden. Del 1: Bakgrund och sammanfattande beskrivning*. Gävle: Högskolan i Gävle, Byggd miljö och Kungliga Tekniska högskolan, Bebyggelseanalys.
- Glaumann, M. (1999). *EcoEffect - Miljövärdering av bebyggelse*. Gävle: KTH Byggd Miljö.
- Glaumann, M. (1976). *Sol i bebyggelseplanering*. Gävle: Statens råd för byggnadsforskning.

- Guski, R. (1999). Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise and Health*; 3; 45-56.
- Harderup, E. (1995). *Fuktdimensionering med generell checklista, Tak- ytter- väggs- och grundkonstruktioner med anslutningsdetaljer, version 5.0*. Lund: LTH, Institutionen för byggnadsteknik, byggnadsfysik.
- Holm, L, Pleijel, G, Ronge, H. (1965). *Bostad och sol*. Rapport 100. Stockholm: Statens institut för byggnadsforskning.
- Holm, E, Holm, L. (1958). *Hem, arbete och grannar*. Rapport 1958:4. Stockholm: Statens institut för konsumentfrågor.
- Holm, L. (1956). *Familj och bostad: en redovisning av fem fältstudier i moderna svenska familjebostäder 1951-1954*. Stockholm: Hemmens forskningsinstitut.
- Hult, M. (2002:1). *Värdering och säkring av innemiljökvantiteter i byggnader – i program, projekterings- och förvaltningsskede*. Doktorsavhandling. Göteborg: Chalmers Inst. för Installationsteknik.
- Hult, M. (2002:2). *Några befintliga hjälpmedel för programformulering och projektering inom innemiljöområdet*. Institutionsrapport. Göteborg: Chalmers, Installationsteknik.
- Hult, M. (1986). *Miljövänlig barnstuga, system- och materialval*. BFR-rapport R94:1986. Stockholm:Byggnadsforskningsrådet.
- Hygge, S. (2003). Classroom experiments on the effects of different noise sources and sound levels on long-term recall and recognition in children. *Applied Cognitive Psychology*, 17, pp 895-914.
- Hårdemark, E. (1991). *Solklart – att lämna företräde för sol*. Karlskrona: Boverket.
- ICNIRP. (2001). Review of the Epidemiologic Literature on EMF and Health. *Environmental Health Perspectives*; vol. 109; 6; 911-933.
- ISO 7730. Neutrala termiska miljöer – Bestämning av indexen PMV och PPD samt fastställande av betingelser för termisk komfort.
- Institute of Medicine. Committee on the assessment of asthma and indoor air. (2000). *Clearing the Air. Asthma and Indoor Exposures*. Washington DC: National Academy Press.
- Jaakola, J, Verkasalo, P.K, Jaakola, N. (2000). Plastic interior materials and respiratory health in young children. *Proceedings of Healthy Buildings, 2000 in Esbo, Finland, vol 1: 139-143*.

- Jaakola, J, Heinonen, O P, Seppänen, O. (1989). Sick building syndrome, sensation of dryness and thermal comfort in relation to room temperature in an office building: Need for individual control of temperature. *Environment International* 1989, 15(1-6): 163-168.
- Kjaersgaard, S, Mølhav, L, Pedersen, O F. (1989). Human reactions to indoor air pollutants: n- Decane. *Environment International*, Vol. 15, pp. 473-482.
- Kjellberg, A, Landström, U, Tesarz, M, Söderberg, L, Åkerlund, E. (1996). The effects of nonphysical noise characteristics, ongoing task and noise sensitivity on annoyance and distraction due to noise at work. *Journal of Environmental Psychology*; 16: 123-136.
- Larsen, S, Hoff, A, Dederling, S, Tilja, F, Torpe, M, Solberg, G-B. (2001). *MIBB – Miljöinventering av Innemiljön i Befintlig Bebyggelse*. Informationsbroschyr. Sveriges Fastighetsägareförbund, SABO, Riksbyggen, HSB, Hyresgästernas Riksförbund.
- Löfberg, H.A. (1987). *Räkna med dagsljus*. Gävle: Statens institut för byggnadsforskning.
- Mandorff, S. (1971). Beräkning av frekvensen höga rumstemperaturer under perioder med hög utetemperatur. *VVS 4 1971*.
- Miller, C.S. (1996). Chemical sensitivity: symptom, syndrome or mechanism form disease?. *Toxicology*; 111: 69-86.
- Miller, C.S, Nicholas, A.A. (1995). Chemical sensitivity: Perspectives from North America and Europe. *Proceedings of Healthy Buildings '95*; 49-67.
- Miljöstatusföreningen. (1999). *Miljöstatus för byggnader. Miljöinventering & Bedömning,Handledning, oktober 1999*.
- Miljöstiftelsen för Byggsektorn. (2000). *Miljömanualen för byggsektorn, Version 3.0, April 2000. Ett datorhjälpmedel för praktisk miljöstyrning*.
- Mörk, H, Birksjö, R, Gunnarsson, S, Rengman, U. (1991). *Elektromagnetiska störningar – Uppkomst och reduktion*. Solna: Almqvist & Wiksell.
- NKB. (1993). *Allergi, överkänslighet och kemiska ämnen – Sammanfattning och konklusioner*. NKB Utskotts- och arbetsrapporter 1993:01. Helsingfors: Nordiska Kommittén för Byggnadsbestämmelser.
- Nagda, N L, Hodgson, M. (2001). Low Relative Humidity and Aircraft Cabin Air Quality. *Indoor Air 2001*; 11; pp 200-214.
- Naturvårdsverket, Statistiska Centralbyrån. (2000). *Naturmiljön i siffror 2000*. Stockholm: Naturvårdsverket och SCB.

Nivander, L E, Elmarsson, B. (1994). *Fukthandbok – praktik och teori*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Nordiska ventilationsgruppen. (1985). *Klimatproblem i byggnader*.

Norlén, U, Andersson, K. (red). (1993). *Bostadsbeståndets inneklimat*. ELIB-rapport nr 7, SIB-rapport TN:30. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Ohm, M, Juto, J E, Andersson, K. (1993). Nasal hyperreactivity and sick building syndrome. *IAQ'92. Environments for people*, pp 41-45. San Francisco, CA: American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers.

Pasanen. (2002). Anförande vid seminarium om inomhusmiljö vid Toxikologiska Rådet 4 december 2002, Kompendium "Hälsorisker i inomhusmiljön".

Pershagen, G (1993). *Radon i bostäder och lungcancer: En landsomfattande epidemiologisk undersökning*. Stockholm: Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet.

Pleijel, G. (1954). *The computation of natural radiation in architecture and town planning*. Meddelande från Statens nämnd för byggnadsforskning. Stockholm: Tidsskriften Byggmästaren.

Raw, G.J. (1998). *Sick Building Syndrome: The Design of Intervention Studies*. CIB Report Publication 199. United Kingdom: Building Research Establishment (BRE).

Rudblad, S, Andersson, K, Stridh, G, Bodin, L, Juto, J-E. (2000). The prevalence of symptoms, mucosal sensitivity and atopy among teachers and students in a remediated damp school. *Proceedings of Healthy Buildings 2000, Vol 3*, pp. 379 – 384.

SIS. (2000). Standard SS 02 52 68. *Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell*.

SIS. (1998). Standard SS 02 52 67. *Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Bostäder*.

SIS. (1988). Standard SS 91 42 01. *Byggnadsutformning – Dagsljus – Förenklad metod för kontroll av erforderlig fönsterarea*.

SOSFS 1999:21 (M). Socialstyrelsens allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken - fukt och mikroorganismer.

SOSFS 1999:22 (M) Socialstyrelsens allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken – radon i inomhusluft.

SOSFS 1999:25 (M) Socialstyrelsens allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken – ventilation.

- SOSFS 1998:3. Socialstyrelsens allmänna råd för bemötande av patienter som relaterar sina besvär till amalgam och elektricitet.
- SOSFS 1996:7 (M). Socialstyrelsens allmänna råd om buller inomhus och höga ljudnivåer.
- SOSFS 1989:45 (M) Bedömning av hälsorisker från vissa golvmaterial.
- SOSFS 1988:2. Socialstyrelsens allmänna råd om termiskt inomhusklimat.
- SOU. (2001). *Radonutredningen*. SOU 2001:7.
- SOU. (1996). *Miljöhälsoutredningen*. SOU 1996:124.
- SOU. (1993). *Handlingsplan mot buller*. SOU 1993:65
- SOU. (1989). *Allergitutredningen: Att förebygga allergi/överkänslighet*. SOU 1989:76-78.
- SOU. (1954). *Saneringsfrågan. Betänkande om förnyelsen av stadssamhällets bebyggelse*. SOU 1954:31.
- SSIFS 2002:3. Statens Strålskyddsinstitutets allmänna råd om begränsningar av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält.
- Saaty, Th, L, Erdener, E. (1979). A new approach to performance measurement the analytic hierarchy process. *Design Methods and Theories, vol 13, no 2*.
- Saaty, Th, L. (1990). *The Analytic Hierarchy Process*. RWS publ.
- Schultz, T, et al. (1991). *Journ. Ac. Soc. Am.* 1991, s. 230.
- Seppänen, O.A, Fisk, W.J, Mendell, M.J. (1999). Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. *Indoor Air; 1999; 9: 226-252*.
- Skerfving, S. (2003). Allergi och annan överkänslighet. I Stålbom, G, Johansson, B (red). (2003). *Människan inomhus. Perspektiv på vår tids inneliv*. Stockholm: Formas.
- Skov, P, Valbjørn, O. (1987). The "sick" building syndrome in the office environment: The Danish town hall study. *Environ. International 1987; Vol 13, pp 339-349*.
- Socialstyrelsen, Institutet för miljömedicin, Miljömedicin Stockholms läns landsting. (2001). *Miljöhälsorapport*. Stockholm: SOS, IMM, Miljömedicinska enheten SLL.

- Socialstyrelsen. (2003). *Meddelandeblad om Legionella*. Stockholm: SOS.
- Statens byggeforskningsinstitut. (2000). *Indeklimahåndbogen*. SBI-Anvisning 196, andra utgåvan. Hørsholm, Danmark: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Statens Byggeforskningsinstitut. (1995). *Indeklimaproblemer – Undersøgelser og afhjælpning*. SBI-rapport 246. Hørsholm, Danmark: Statens Byggeforskningsinstitut..
- Statens planverk. (1982). *Radon – planläggning, byggnadslov och skyddsåtgärder*. Rapport 59. Stockholm: Statens planverk.
- Statistiska Centralbyrån. (1999). *Statistik Sverige. ULF – Undersökning av levnadsförhållanden*
- Stenberg, B et al. (1991). *Inomhusmiljö och hälsa bland kontorsarbetare i Västerbotten – En enkätstudie av upplevd hälsa samt exponeringsförhållanden i arbete och bostad*. Arbetsmiljöinstitutets rapport 1991:11. Solna: Arbetsmiljöinstitutet.
- Stålbom, G, Kling, R. (2002). *Legionella: risker i VVS-installationer: en handbok*. Stockholm: VVS-installatörerna.
- Sundell, J, Malindzak, G, Holcatova, I, Boschi, N, Tuomainen, M. (1999). Workshop 4: Healthy Building Concepts to Reduce Allergies and Asthma. *Summary of Workshop 4 of Healthy Buildings, 2000 in Esbo, Finland*.
- Sundell, J, Kjellman, M. (1994). *The air we breathe indoors. The significance of the indoor environment for allergy and other hypersensitivity. Summary of the scientific knowledge*. Stockholm: Folkhälsoinstitutet
- Svenska kommunförbundet och Folkhälsoinstitutet. (1996). *Frisk inomhus – Så skapar vi bra inomhusmiljö i kommunens lokaler*. Stockholm: Kommentus förlag.
- Sveriges Provnings- och forskningsinstitut, SP. (1996). *Certifieringsregler för P-märkning av skolor och daghem avseende inomhusmiljö*. SPCR 025. Borås: SP.
- Tolstoj, N. (1993). Humidity levels in the Swedish housing stock. *Proceedings of Indoor Air '93, Vol. 6, pp 91-96*.
- U.F.O.S och Svenska Kommunförbundet. (2004). *Skapa sund inomhusmiljö – utredningsmetodik vid hälsoproblem i lokaler*. Stockholm: U.F.O.S och Svenska Kommunförbundet.
- USK. (1993). *Stockholms Stads Utrednings- och statistikkontors frekvenstabeller från Stockholmsundersökningen*. Publicerade i Hult. (2002:1).



VVS-tekniska Föreningen. (2000). *Klassindelade inneklimatsystem – Riktlinjer och specifikationer. Revidering av riktlinjeserie R1*. Stockholm: VVS-Tekniska Föreningen.

Vårdalsstiftelsen och Statens folkhälsoinstitut. (2001). *From Witchcraft to science – Rapport från två forskarseminarier om "Annan överkänslighet"*. Vårdalsstiftelsens rapportserie nr 1/2001. Stockholm: Vårdalsstiftelsen.

WHO. (1989).

WHO. (1986). *Indoor air quality research*. EURO Reports and Studies No 103. Copenhagen: World Health Organisation, Regional Office for Europe.

WHO. (1983). *Indoor air pollutants: exposure and health effects*. EURO Reports and Studies No. 78. Copenhagen: World Health Organisation, Regional Office for Europe.

Wertheimer, N, Leeper, E. (1979). Electrical wiring configurations and childhood cancer. *American Journal of Epidemiology*, 1979:109: 273-384.

Westerberg, U. (1993). *Klimatplanering – fysik eller symbolik*. Forskningsrapport SB:55. Stockholm: Statens institut för byggnadsforskning.

Wieslander, G, Norbäck, D, Björnsson, E, Janson, C, Boman, G. (1997). Asthma and the indoor environment: the significance of emission of formaldehyde and volatile organic compounds (VOC) from newly painted surfaces. *Int Arch Occup Environ Health*; 1997; 69: 115-124.

Wolkoff, P. (2003). Trends in Europe to reduce the indoor air pollution of VOCs. *Indoor Air 2003:13(Suppl 6): 5-11*.

Wyon, DP. (1996). Individual microclimat control: Required range, probable benefits and current feasibility. *Proceedings of Indoor Air '96 Conference. Vol 1, pp 1067-1072*.

Åberg. (1988). *Allergic diseases in childhood and adolescence in relation to background factors*. Göteborg: Göteborgs universitet, Institutionen för Pediatri.

Øie, L, Hersoug, L-H, Madsen, JØ. (1997). Residential exposure to plasticizers and its possible role in the pathogenesis of asthma. *Environmental Health Perspectives*; 1997; 105: 972-978.

# Register

Akut lymfatisk leukemi	130	Femledarsystem	128, 129
Allergen	72, 86	Flyktiga organiska föreningar, <i>se VOC</i>	
Allergi	86	Flytspackel	79
Allergiutredningen	88, 89	Formaldehyd	76, 79
Artros	103	Fuktproblem	25, 77, 83
Astma	86	Färgtemperatur	117, 124
Atopi	86	Färgåtergivningsindex	125
Barnleukemi	129	Hus- och Hälsaundersökningen	48
Belastningsvärde	46	Hyperreaktivitet	86
Belysningsstyrka	117, 122	Hälsoproblem	15
Blindledning	96	Inneklimatberäkning	120
Blodtryckssjukdom	107	Innemiljöfaktor	17
Buller	107	Innemiljöparameter	19
Bullernivåer, riktvärden	109, 113	Innemiljöprestanda	19
clo	101	Innemiljöproblem	15
Dagsljus	121	Innemiljöpåverkan	17
Dagsljusfaktor	122	Inomhustemperatur	98
Direkt solljus	117	Jonisator	32
Dricksvatten	134	Klassindelade inneklimatsystem	23
Efterklangstid	108	Klimatanläggning	96
Egenemission från byggmaterial	73	Komfortproblem	15
Eksem	86	Koncentrationssvårigheter	115
Ekvivalent temperatur	98	Konstruktionsemission	73, 76
Elbelysning	117, 123	Ledbesvär	103
Elektriska fält, <i>se elektromag fält</i>		Legionella pneumophila	95
Elektromagnetiska fält	126	Legionärssjuka	95
Elektromagnetisk fältstyrka, <i>se elektromag fält</i>		Ljudförhållanden	107
Elektromagnetiska växelfält, <i>se elektromag fält</i>		Ljudnivå, <i>se ljudtrycksnivå</i>	
Elektrostatisk uppladdning	131	Ljudtrycksnivå	107
Elkänslighet	127	Ljusförhållanden	117
Elmiljö	126	Luftflöden	35, 73, 95
Elöverkänslighet, <i>se elkänslighet</i>		Luftfuktighet, <i>se relativ luftfuktighet</i>	
FiSIAQ	24	Lufthastighet	98, 103
FLEC-metoden	76	Luftkvalitet	71
Fangers komfortekvation	101	Luftljudsisolering	25, 108
		Luminans	124

## EcoEffect Innemiljövärdering

Lungcancer	91	Termoreceptor	99
Lågfrekvent buller	108, 113	Triboelektriska spänningsserien	132
MIBB	28	Typ 1-allergi	86
Magnetiska fält, <i>se elektromag fält</i>		Typ 4-allergi	86
Mag- och tarmcancer	134	u-värde	103
Melatonin	122	VOC	73, 75, 79
met	101	Vagabonderande strömmar	127
Mucous Ferning Test	84	Vattentemperatur	95
OCIA	85	Ventilation	24,75, 83, 96
Olfaktoriska celler	74	Viktning	40, 55
Olägenhet för människors hälsa	13	Yttemperatur	98, 102
Operativ temperatur	98	Ytors strålningstemperatur	99
P-märkning av innemiljö	25	Ögon/synproblem	123
PMV-skalan	101	Överkänslighet	78,86, 127
PPD-index	101	Överskottsvärme	99
R 1:an	23		
Radon	71,91, 134		
Radonhalter	91, 93		
Radon i dricksvatten	134		
Radonmätning	94		
Radonutredningen	92		
Relativ luftfuktighet	71,76, 132		
Reumatism	103		
Reumatoid artrit, <i>se artros</i>			
SBS	78		
Sick Building Syndrome, <i>se SBS</i>			
Sensorisk luftkvalitet	72		
Slutproblem	15		
Solavskärmning	99, 120		
Soldiagram	118		
Sol- och dagsljusförhållanden	117		
Statisk elektricitet	131		
Stegljudsisolering	25, 108		
Svensk ljudstandard	25		
Sömnsvårigheter	112		
TVOC	75, 84		
Tappvarmvattentemperatur	95		
Temperaturgradient	28, 100		
Termiskt klimat	98		