

Indeklimahåndbogen



SBI-ANVISNING 182 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1995



Indeklimahåndbogen

Redaktion: Ole Valbjørn
Susse Laustsen
John Høwisch
Ove Nielsen
Peter A. Nielsen



SBI-anvisninger er forskningsresultater bearbejdet til brug ved planlægning, projektering, udførelse, drift og vedligehold af bygninger og bebyggelser.

SBI-publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning og Beton. Publikationerne fås gennem boghandelen eller ved at tegne et SBI-abonnement. Instituttets årsberetning, publikationskatalog og publiceringsdiskette er gratis og kan rekvireres fra SBI.

SBI-abonnement er en rabatordning med mange fordele for dem, der vil sikre sig løbende orientering om væsentlige udgivelser inden for byggeforskningsområdet. Ring til SBI og hør nærmere.

ISBN 87-563-0878-7.

ISSN 0106-6757.

Pris: Kr. 325,00 inkl. 25 pct. moms.

Oplag: 3000.

Tekstbehandling: Yelva Jensen.

Tegninger: SBI's tegnestue m.fl.

Omslag: Henning Holmsted.

Stikordsregister: Marja-Liisa Bindslev.

Tryk: Dyva Bogtryk a/s, Glostrup.

Statens Byggeforskningsinstitut,

Postboks 119, 2970 Hørsholm.

Telefon 42 86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:

SBI-anvisning 182: Indeklimahåndbogen. 1995.

Indhold

Forord	13
Del 1: Indeklimaet	17
1. <i>Det gode og det dårlige indeklima</i>	18
Det gode indeklima og den gode bygning	18
Indeklimaproblemer	19
Indeklimaets risikofaktorer	21
Litteratur	28
Del 2: Krav og vejledning	29
2. <i>Myndighederne og indeklimaet</i>	30
Lovgivning	30
Litteratur	38
3. <i>Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier</i>	44
Forskellige påvirkningers betydning for gener, sygdomme eller symptomer	45
Lyd og vibrationer	51
Lys og belysning	58
Termisk klima	59
Luftbårne forureninger	60
Ventilation	63
Rengøring	64
Litteratur	65
Del 3: Planlægning, projektering, udførelse og drift	67
4. <i>Planlægning</i>	68
Planlægningsprocessen	68
Programmering	72
Forslag	74
Projektering	74
Planlægningsværktøjer til inddragelse af indeklimahensyn	77

6	INDHOLD	
	Udbud	87
	Litteratur	87
5.	<i>Udførelse</i>	89
	Fremstilling på fabrik	89
	Produktion på stedet	89
6.	<i>Aflevering, ibrugtagning og drift</i>	92
	Aflevering	92
	Indflytning	95
	Drift, generelt	97
	Drift af ventilationsanlæg og varmeanlæg	97
	Renhold af bygning og lokaler	100
	Litteratur	107
7.	<i>Renovering</i>	109
	Myndighedskrav	109
	Tilstandsvurdering	109
	Litteratur	113
8.	<i>Kortlægning af indeklimaproblemer</i>	115
	Metode til kortlægning af indeklimaproblemer	115
	Litteratur	123
	Del 4: Projekteringsværktøjer	125
9.	<i>Beregning af termisk indeklima</i>	126
	Simpel metode til beregning af døgnmiddeltemperaturen	126
	Beregning af daglig maksimaltemperatur	134
	Beregningsprogrammet tsbi3	140
	Litteratur	143
10.	<i>Lydberegning</i>	145
	Definitioner	145
	Lydberegning for bygninger	146
	Lydberegning for ventilationsanlæg	157
	Lydberegning for vandinstallationer	161
	Litteratur	165
11.	<i>Belysnings- og dagslysberegninger</i>	167
	Håndberegningssmetoder	167
	Edb-beregninger	171

	INDHOLD	7
	Valg af edb-program	173
	Litteratur	175
12.	<i>Ventilation og luftkvalitet</i>	176
	Myndighedskrav	176
	Fastlæggelse af ventilationsbehovet	177
	Bedømmelse af luftkvalitet	183
	Beregning af indendørs forureningskoncentration	184
	Ikke-stationære tilstande	187
	Litteratur	188
13.	<i>Vurdering af materialers betydning</i>	190
	Materialers indflydelse	190
	Indeklimamærkning	192
	Checkliste	196
	Litteratur	197
	Del 5: Det ydre miljøes betydning	199
14.	<i>Grund og terræn</i>	200
	Grundforurening	200
	Terrænuformning og afvanding	204
	Litteratur	205
15.	<i>Luftforurening</i>	207
	Grænseværdier og acceptable koncentrationer i udeluften	207
	Generelt	207
	Forureningsniveauer i udeluft	208
	Forureninger i indblæsningsluften	209
	Litteratur	210
16.	<i>Ekstern støj</i>	212
	Myndighedskrav	212
	Kilder til kortlægning af støj	212
	Lydisolerede vinduer, facader og udeluftventiler	213
	Støjvolde, støjskærme og beplantning	215
	Litteratur	217
17.	<i>Bygningen i terrænet</i>	219
	Bygningens placering og orientering	219
	Beplantning og belægning	223
	Indgangsparti	225

Checkliste	226
Litteratur	226
Del 6: Funktionskrav til og udformning af bygninger	229
18. <i>Bygningens udformning og disponering</i>	230
Bygningsudformningens indflydelse på indeklimaet	230
Bygningsdybder og rumstørrelser	238
Litteratur	240
19. <i>Bygningskategorier og funktionskrav</i>	242
Boliger	242
Undervisningsbygninger	244
Børneinstitutioner	246
Kontorbygninger	247
Litteratur	249
20. <i>Rumkategorier og indeklimakrav</i>	250
Myndighedskrav	250
Køkkener	250
Kantiner	252
Bade- og toiletrum	253
Faglokaler i skoler	254
Fotokopi- og printerrum	256
Edb-rum	258
Teknikrum	258
Møderum	260
Litteratur	261
Del 7: Bygningsdele og byggevarer	263
21. <i>Ydervægge - SfB (21)</i>	264
Myndighedskrav	264
Ydervæggen som klimaskærm	264
Tung ydervæg	264
Let ydervæg	265
Åbninger i ydervæggen	265
Checkliste	267
Litteratur	267
22. <i>Indervægge og indvendige vægoverflader - SfB (22) og (42)</i>	268

Myndighedskrav	268
Generelt	268
Beton	269
Tegl	270
Letbeton	271
Gipspladevægge	273
Checkliste	276
Litteratur	276
23. <i>Trapper - SfB (24)</i>	277
Myndighedskrav	277
Funktionelle krav	277
Checkliste	279
Litteratur	279
24. <i>Tag - SfB (27)</i>	280
Myndighedskrav	280
Generelt	280
Tagbeklædning	281
Ovenlys	282
Udførelse og drift	282
Checkliste	282
Litteratur	282
25. <i>Vinduer og solafskærmning - SfB (31) og (37)</i>	283
Myndighedskrav	283
Vinduer	283
Solafskærmning	292
Checkliste	296
Litteratur	297
26. <i>Lofter og deres overflader - SfB (35) og (45)</i>	298
Myndighedskrav	298
Lofttyper	298
Ubehandlet dæk	298
Beklædt dæk	299
Forsænket loft	300
Udførelse	302
Drift	302
Checkliste	302

27. Gulvbelægninger - Sfb (43)	304
Myndighedskrav	304
Gulvbelægningers egenskaber	304
Checkliste	308
Litteratur	309
28. Varme- og køleanlæg - Sfb (56) og (55)	310
Myndighedskrav	310
Varmeanlæg	310
Køleanlæg	313
Checkliste	315
Litteratur	315
29. Ildsteder - Sfb (56)	316
Myndighedskrav	316
Ildsteders betydning	316
Drift	318
Checkliste	318
Litteratur	318
30. Ventilationssystemer og -anlæg - Sfb (57)	320
Myndighedskrav	320
Ventilationssystemer	320
Lufttilførsel	324
Udsugningsåbningers betydning for ventilationens effektivitet	328
Luftbehandling og komponenter	329
Regulering og driftsstrategi	333
Anbefalinger til udførelsen	333
Drift	334
Checkliste	335
Litteratur	336
31. Andre installationer - Sfb (58) og (69)	337
Myndighedskrav	337
Centralstøvsugeranlæg	337
Elevatore	337
Rulletrapper	338
Brandsikringsanlæg	338
Litteratur	339
32. Belysning - Sfb (63)	340

Myndighedskrav	340
Belysningsanlæg	340
Belysningsformer	343
Lyskilder og armaturer	344
Drift	350
Checkliste	350
Litteratur	351
33. Inventar - Sfb (79)	352
Myndighedskrav	352
Materialer	352
Udformning og indretning	352
Checkliste	353
Litteratur	353
34. Spartel- og fugemasser, lim, maling og lak	354
Myndighedskrav	354
Generelt	354
Spartelmasser	355
Lime	355
Fugemasser	356
Maling og lak	358
Checkliste	360
Litteratur	360
Summary	362
Stikordsregister	363

Forord

Indeklimaets kvalitet har stor betydning, fordi vi tilbringer størstedelen af livet inden døre, i boligen og på arbejdet.

De mange påvirkninger fra støv, gasser, støj, varme, kulde og belysning virker forskelligt på mennesker alt efter deres følsomhed. For at flest muligt skal befinde sig godt, er det vigtigt at planlægge og bygge bygninger, der tager hensyn til disse påvirkninger.

På baggrund af erfaringer, og i et vist omfang også på baggrund af videnskabelige undersøgelser, bygges der i dag bygninger, der tilgodeser indeklimaet i et rimeligt omfang. Ofte er det brugen af bygningerne, der gør opholdet usundt eller ubehageligt. Det er derfor vigtigt at tage hensyn til de funktioner, som bygningerne skal rumme. Bygningerne skal kunne imødekomme en varieret brug og kunne modstå mindre bruger- og driftsfejl.

I "Indeklimahåndbogen" er der samlet veldokumenterede erfaringer og videnskabeligt underbygget viden til anvendelse i det daglige planlægnings- og projekteringsarbejde. På nogle områder er håndbogen mere detaljeret end på andre dels på grund af forskellen i videnniveau, dels fordi visse områder influerer mere end andre på indeklimaet. Bogen er ikke en facitliste. Der overlades mange valg til læserne, fx hvilket kvalitetsniveau der bør være for de enkelte områder. De projekterende skal jo også tage andre hensyn, fx til energiforbrug og økologi. Det vil dog ofte vise sig, at hvis der anlægges en totalbetragtning, trækker disse hensyn i samme retning som hensynet til indeklimaet.

Bogen er primært rettet til projekterende og udførende i byggebranchen, bygherrerådgivere, producenter af byggematerialer og installationsmateriel samt driftsansvarlige for større byggerier. Men bogen vil også være af interesse og til inspiration for bygherrer, bygningsmyndigheder, arbejdstilsyn og personer, der deltager i planlægning af byggerier, fx sikkerhedsorganisationer, bedriftssundhedstjenester og embedslæger.

"Indeklimahåndbogen" skal ses som et tværfagligt supplement til fagspecifikke lærebøger og håndbøger om planlægning, projektering, udførelse og drift af bygninger. Samtidig forventes den at være et grundlag for, at de involverede parter i en bygge- eller renoveringsproces kan tage de rigtige beslutninger med hensyn til indeklimaet.

Der er lagt vægt på, at den nuværende viden, om de forhold der har betydning for at få sunde og gode bygninger, overvejes og anvendes gennem hele byggeprocessen og i bygningernes levetid. Håndbogen er skrevet med henblik på indeklimaet i kontorer, undervisningsbygninger, institutioner og boliger. Langt de fleste bygningsmæssige påvirkninger og kravene til dem er ens for disse bygningskategorier, men i nogle tilfælde er der fremhævet forhold, der er specielle for kategorierne, ofte fordi de bruges forskelligt.

Det er Bygge- og Boligstyrelsen, Arbejdstilsynet, Miljøstyrelsen samt andre myndigheder, der dels stiller kravene, dels formulerer vejledende værdier til indeklimaet. Disse krav og vejledende værdier ændres fra tid til anden. Det er derfor den projekterendes ansvar at holde sig orienteret om ændringer, der måtte være sket siden redaktionens slutning, november 1994.

Udgangspunktet for bestemmelserne i Bygningsreglementet er taget i forslaget til det nye Bygningsreglement, udarbejdet i 1994. Ved redaktionens afslutning var reglementet imidlertid ikke udkommet og trådt i kraft. Det er forventningen, at den endelige udgave ikke vil afvige væsentligt fra forslaget; men Statens Byggeforskningsinstitut vil dog tage forbehold for eventuelle mindre uoverensstemmelser. Henvisningen til det nye Bygningsreglement benævnes "Bygningsreglementet".

En samlet liste over myndighedskravenes referencer er angivet i kapitlet "Myndighederne og indeklimaet", men hvert kapitel indeholder lister over litteratur, hvortil der henvises i kapitlet samt litteratur, der uddyber emnet.

Bogen indeholder 34 kapitler, der kan læses uafhængigt af hinanden, idet der dog er henvisninger til andre kapitler.

I teksten er der anvendt fagudtryk, som er karakteristiske for de forskellige fagdiscipliner, der forekommer i håndbogen. Dette er gjort i håb om, at være med til at fremme forståelsen og kommunikationen mellem faggrupperne.

Arbejdet med Indeklimahåndbogen kom i gang på baggrund af et initiativ fra COWIconsult, som fandt, at der var behov for at samle den viden, som har betydning for at opnå et godt indeklima ved projektering af nye bygninger.

Håndbogen er udarbejdet af COWIconsult og Statens Byggeforskningsinstitut med støtte fra COWIfonden og fra Bygge- og Boligstyrelsen under j.nr. B4-1256-7.

En følgegruppe på 17 personer har bistået med råd og kritik. Følgegruppen bestod af repræsentanter for myndigheder, forskningsinstitutioner, bygherrer, projekterende, udførende arkitekter og ingeniører samt driftspersonale og brugerorganisationer.

20 forfattere har medvirket ved udarbejdelsen af håndbogens kapitler og har deltaget i en faglig kritik af indholdet. Disse forfattere takkes hermed for deres bidrag, der har indebåret en betragtelig medfinansiering af projektet.

SBI takker alle, der har bidraget til håndbogen.

Forfatterliste med angivelse af de områder, forfatterne primært har bidraget til:

Bo Andersen, civilingeniør Crone & Koch Rådgivende ingeniører A/S	Planlægning, termisk klima og ventilation
Finn Gamél Christensen, akademiingeniør, HD Direktoratet for Arbejdstilsynet	Myndighedskrav
Vibeke Clausen, civilingeniør DELTA Lys & Optik	Belysning og dagslys
Jørn Dinesen, civilingeniør Statens Byggeforskningsinstitut	Drift af bygninger og ventilationsanlæg
Lars Gunnarsen, civilingeniør, ph.d. Statens Byggeforskningsinstitut	Luftkvalitet
Søren Harboe, akademiingeniør COWIconsult A/S	Installationer
Andreas Hauch, civilingeniør Rasmussen & Schiøtz A/S	Bygningers udførelse
John Høwisch, arkitekt ^{MAA} Arkitektfirmaet John Høwisch ApS	Bygningsdele og -konstruktioner samt renovering
Jan Hansen, akademiingeniør COWIconsult A/S	Rengøring og terrænforhold
Torben Bruun Hansen, akademiingeniør COWIconsult A/S	Luftforurening
Kjeld Johnsen, civilingeniør Statens Byggeforskningsinstitut	Varmebalanceberegninger
Susse Laustsen, arkitekt ^{MAA} COWIconsult A/S	Planlægning, bygningers udformning og rumkategorier
Ove Nielsen, civilingeniør Bygge- og Boligstyrelsen	Myndighedskrav og grundforurening

Peter A. Nielsen, akademiingeniør Statens Byggeforskningsinstitut	Materialer, konstruk- tioner og rengøring
Poul Erik Petersen, civilingeniør DELTA Lys & Optik	Belysning og dagslys
Jens Holger Rindel, docent, ph.d. Laboratoriet for Akustik Danmarks Tekniske Universitet	Lydisolation og ekstern støj
Henrik Schmidt, arkitekt, MAA	Bygningers udformning
Anne-Lise Schjøning, udviklingschef ISS Servicesystem A/S	Rengøring
Ole Stampe, civilingeniør	Lyd og støj
Ole Valbjørn, civilingeniør Statens Byggeforskningsinstitut	Indeklimapåvirkningers betydning og ventilationsforhold

Redaktionskomite

John Høwisch, Susse Laustsen*, Ove Nielsen, Peter A. Nielsen og

Ole Valbjørn*

*Hovedredaktører.

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Afdelingen for Energi og Indeklima, december 1994

Erik Christophersen, forskningschef

Del 1

Indeklimaet

1. Det gode og det dårlige indeklima

Det gode indeklima og den gode bygning

Indeklimaets kvalitet har stor betydning, fordi vi tilbringer størstedelen af livet inden døre, i boligen og på arbejdet. Indeklimaet skal derfor være af en sådan karakter, at det ikke alene reducerer risikoen for, at vi pådrager os gener, sygdomme eller symptomer, men også sikrer behagelige forhold. Et godt indeklima har positiv betydning for koncentrations- og arbejdsevne.

Ved indeklimaet forstås først og fremmest

- termiske forhold bestemt ved lufttemperatur, strålingstemperatur, lufthastighed og luftfugtighed
- luftkvalitet beskrevet ved indholdet af forureninger som støv, luftfugtighed, gasser og dampe og dermed også lugt
- statisk elektricitet beskrevet ved opladningen af personer
- lysforhold beskrevet ved lysstyrke, lysfarve, kontraster og reflekser
- lydforhold beskrevet ved lydstyrke og frekvensfordeling
- ioniserende stråling beskrevet ved radonkoncentrationen.

Et væsentligt element ved beskrivelsen af det gode indeklima er forståelsen for de forskellige behov, som mennesker har for at kunne udføre deres aktiviteter. I nogle situationer er der fx behov for højere temperatur eller større belysningsstyrke end i andre situationer. Ligeledes kan nogle personer være mere følsomme end andre over for påvirkninger, fx i form af overfølsomhed over for luftforureninger. Det kan ikke undgås, at indeklimaet påvirker sanserne og organismen. Det gode indeklima må derfor som regel defineres som et fravær af påvirkninger, der opleves ubehagelige eller kan være sygdomsfremkaldende. Det er vigtigt, at bygningerne planlægges, projekteres og indrettes sådan, at indeklimaet kan tilpasses de aktiviteter, der skal foregå, og at der gives mulighed for individuel indflydelse på indeklimaet.

Den gode bygning sikrer, at

- indeklimaet kan tilpasses aktiviteterne i bygningen
- tilpasningen og justeringen af indeklimaet er enkel, let og forståelig

- der er mulighed for individuel regulering af indeklimaet
- mindre driftsfejl og uhensigtsmæssig brug ikke medfører en forringelse af indeklimaet
- indeklimaet kan holdes inden for sundhedsmæssigt forsvarlige og komfortable grænser i bygningens levetid.

Det er endvidere vigtigt, at brugerne af bygningerne og driftspersonalet er velinformerede om, hvad de kan og skal gøre for at opnå og sikre et godt indeklima, eksempelvis indførelse af regler for tobaksrygning. Det gode indeklima opnås ved en kombination af bygningens udformning og indretning samt brugen og driften af bygningen.

Indeklimaproblemer

Gener forårsaget af indeklimaet

Mange mennesker føler sig ofte generet af træk, kulde, høj temperatur og støj på deres arbejdspladser. Eksempelvis fandt man ved en større dansk undersøgelse af indeklimaet i rådhus, at 30 pct. af medarbejderne ofte var generet af træk, 30 pct. af fodkulde og ca. 20 pct. af høj temperatur. Ligeledes var mange generet af indelukket og tør luft, og der forekom klager over dårlig belysning, støv samt stød i forbindelse med statisk elektricitet. Endvidere viste undersøgelsen stor forskel på klagerne fra det ene rådhus til det andet, således varierede klager over træk fra 15 til ca. 60 pct. Med hensyn til støj var ca. 20 pct. ofte generet af støj i selve kontoret, mens halvt så mange klagede over støj udefra eller fra andre kontorer. En undersøgelse i boliger viste, at ca. 25 pct. af beboere i etagehuse var generet af støj fra naboer, ca. 20 pct. af støj fra gade og vej. Der foreligger ingen undersøgelser, der kan påvise skadelige virkninger på mennesker ved de intensiteter af den hørbare lyd, der normalt forekommer i boliger og andre opholdslokaler. På den anden side kan selv ret svage lyde give anledning til gener, hvoraf de væsentligste er: vanskelighed ved at høre og opfatte hvad der foregår, forstyrrelse af søvn, påvirkning af koncentrationsevne samt påvirkning af humøret.

I den enkelte bygning kan man ofte ud fra klagerne slutte, hvilke indeklimatiske forhold der skal ændres for at reducere problemerne. En undtagelse er dog klager over tør luft, idet luftens fugtighed sjældent har indflydelse på, om man oplever luften som tør. Fornemmelsen af tør luft hænger efter alt at dømme sammen med en svag irritation af slimhinderne i næse og svælg, fx forårsaget af luftforureninger.

På grund af de individuelle behov mennesker har, vil det ofte være vanskeligt at undgå, at nogle personer i et givet indeklima vil føle sig generet nu og da.

Sygdomme forårsaget af indeklimaet

Ud over de nævnte gener er der en række sygdomme, som har relation til indeluftens forureninger. Det drejer sig om allergiske luftvejslidelser, luftvejsinfektioner og øget risiko for lungekræft. I sjældne tilfælde har personer udviklet en allergisk alveolitis eller befugterfeber. Begge sygdomme skyldes formentlig en betændelsesreaktion i lungeblærene (alveolerne) og i de små luftveje (bronchiolerne), hvor indåndede organiske partikler reagerer med immunapparatet. Disse sygdomme er hovedsageligt set i bygninger med luftkonditioneringsanlæg, hvor luften befugtes, hvorved der er sket en voldsom vækst af bakterier, alger og svampe i befugtningsanlægget.

Allergisk snue og astma er andre luftvejslidelser, der kan opstå eller forværres af luftens forureninger. Det kan dreje sig om allergi over for stueplanter, eksempelvis stuebirk, over for skimmelsvampesporer i fugtskadede bygninger og ikke mindst over for husstøvmider. Luftens forureninger kan desuden have en uspecifik betydning for astma og allergisk snue. Personer med disse lidelser kan opleve, at hyppigheden og graden af astmaanfald og sværhedsgraden af allergisk snue har relation til ophold i specielle bygninger.

Legionærsygdommen er en lungesygdom, som i nogle tilfælde kan have et alvorligt forløb, i værste fald med døden til følge. Sygdommen blev første gang set i 1976 under Amerikansk Veteranorganisations Kongres ("American Legion" - heraf sygdommens navn), hvor 29 personer døde. Sygdommen skyldtes en bakterie, som voksede i et køletårn nær luftindtaget til bygningens luftkonditioneringsanlæg. Siden er flere lignende tilfælde blevet rapporteret, men der er dog tale om en sjælden lidelse. Der indberettes ca. 100 tilfælde årligt i Danmark.

Indeklimaet kan også medvirke til en øget hyppighed af almindelige luftvejsinfektioner, som forkølelse, ondt i halsen og mellemørebetændelse. Mens allergiske luftvejslidelser og luftvejsinfektioner knytter sig til forholdsvis kortvarige påvirkninger fra de faktorer, der bestemmer indeklimaet, er der også eksempler på, at indeklimaet kan forårsage langtidseffekter. For eksempel giver radon en forhøjet risiko for lungekræft. Påvirkningen fra radon sker væsentligst i hjemmet og er afhængig af jordbundsforhold og bygningens konstruktion, specielt fundament og kælder. Tobaksrøg bevirker en øget risiko for udvikling af luftvejslidelser; børn får øget risiko for udvikling af astma og bronkitis, allergikere bliver mere besværet, og der er formodentlig en øget risiko for hjerte-karsygdomme.

Symptomer forårsaget af indeklimaet

Langt hyppigere end de nævnte sygdomme er symptomer på påvirkninger, der kan skyldes et dårligt indeklima. Symptomerne består af slimhindeirritationer i øjne, næse og svælg, hudirritation samt almensymptomer som tunghedsfølelse i

hovedet, hovedpine, træthed og utilpashed. Symptomerne peger ikke i sig selv på en bestemt påvirkning og kan skyldes andet end indeklimaet. Men når en større gruppe personer, der opholder sig i samme bygning, udviser de samme symptomer, betegnes fænomenet til tider indeklimasymptomer, hvilket er den danske betegnelse for det engelske udtryk "Sick Building Syndrome".

Ved en stikprøveundersøgelse, udført i 1983, af den voksne danske befolkning oplyste 16 pct., at de havde slimhindeirritation én gang om ugen eller oftere, når de opholdt sig på deres arbejdsplads, og 12 pct. havde hovedpine. Symptomerne forekom specielt hyppigt hos personer, der udførte kontorarbejde. Begge symptomer var mindre hyppige, når personerne opholdt sig i hjemmet (henholdsvis 7 og 8 pct.). Tør hud i ansigt og på hænder var andre hyppige klager, og nogle klagede over en brændende fornemmelse eller rødt udslet i ansigtet. Personer, der i forvejen havde en hudlidelse, såsom eksem eller hudlidelser knyttet til hudens talgkirtler, oplevede, at ophold i specielle bygninger havde betydning for forløbet af deres hudlidelse.

Fra flere undersøgelser ved man, at hyppigheden af symptomer kan variere betydeligt fra én bygning til en anden. Samtidig er det karakteristisk, at symptomerne forsvinder eller bliver væsentligt mindre udtalte fra minutter til timer efter, personen har forladt bygningen. For nogle sker bedringen dog først efter, at de har været væk fra bygningen i flere dage, og for enkelte varer det en hel uge. Der er desuden rapporteret om personer, der - selv om de ikke længere opholder sig i den pågældende bygning - stadig kan få symptomer, fordi de har udviklet en øget følsomhed og reagerer på selv små påvirkninger fra fx tobaksrøg og malingslugt.

I samme bygning er der ofte et betydeligt antal personer, der har ensartede symptomer. Intensiteten af symptomerne kan dog variere betydeligt - fra følelsen af et let ubehag, til at det resulterer i en sygemelding eller skift af arbejdsplads. Der har også været tilfælde, hvor personer har måttet skifte bolig på grund af indeklimaproblemer, ofte i form af allergi.

Indeklimaets risikofaktorer

Der er i det foregående nævnt sammenhænge mellem indeklimaets påvirkninger og rækken af gener, sygdomme og symptomer. Med hensyn til symptomer er der mange uafklarede spørgsmål om, hvordan fx disse opstår, hvad der sker i kroppen, og hvilke påvirkninger der kan give anledning til hvilke symptomer. Selv i bygninger, hvor mange personer udviser symptomer, skyldes årsagen sjældent, at de målte påvirkninger ligger over krav og normer. Symptomerne må derfor skyldes samvirkningen af en række mindre påvirkninger. Dette understreger vigtigheden af at reducere de enkelte uønskede påvirkninger mest muligt.

Det har dog været muligt at indkredse forskellige påvirkninger i tilknytning til bygningers udformning og brug gennem epidemiologiske undersøgelser og i nogle tilfælde ved forsøg med personer, der udsættes for påvirkningerne. De identificerede påvirkninger knytter sig til bygningsmæssige forhold, såsom valg af bygningens udformning, byggematerialer og inventar, hvordan bygningen drives og vedligeholdes samt hvilke aktiviteter, der foregår i bygningen. Samtidig er det vist, at også psykiske forhold har indflydelse på om symptomerne opstår, og hvor hyppigt de forekommer.

I det følgende omtales forskellige faktorer, der påvirker indeklimaets kvalitet. Det gælder både faktorer, der har direkte indflydelse, og faktorer der virker som indikatorer på kvaliteten af indeklimaet. Derudover nævnes faktorer, der kan kaldes indbyggede, fx tæppebelagte rum. Endelig nævnes psykologiske faktorer. Fælles for faktorerne er, at de kan øge risikoen for at fremkalde gener, sygdomme eller symptomer hos de personer, der opholder sig i bygningen - hvorfor de betegnes som risikofaktorer.

Indeklimaets fysiske, kemiske og mikrobiologiske påvirkninger

Indeluftens temperatur, belysning, støj, statisk elektricitet, luftens indhold af gasser og dampe, støv og fugtighed er væsentlige faktorer, der kan have betydning for gener, sygdomme og symptomer. I SBI-rapporten: "Indeklimaets påvirkninger" (1.1) findes en detaljeret diskussion af disse påvirkningers betydning, mens dette afsnit giver et resumé.

Luftens og omgivelsernes temperatur har betydning for oplevelsen af komfort og forekomsten af symptomer. Der findes klare vejledninger for komfortkravene set i relation til påklædning og aktivitet. Selv forskelle i luftens temperatur inden for det termiske komfortområde (20-24 °C) har imidlertid betydning for tunghedsfølelse i hovedet, hovedpine og utilpashed. En stigning på få grader kan forøge risikoen for, at symptomer opstår. Afvigende og svingende lufttemperatur kan skyldes flere ting: manglende hensyn til varmebelastningerne ved projektering af bygningen, installationer, aktiviteter i bygningen eller fejl i driften, herunder styringsstrategien.

Dårligt lys giver ikke dårligt syn, men har i stedet nogle indirekte følger som dårlige arbejdsstillinger, der kan bevirke ondt i nakken, hovedpine på grund af anstrengelse eller eventuelt usikkerhed og utilfredshed med egen præstation, fordi det er svært at se detaljer i arbejdet. Forkert belysning, især i forbindelse med skærmarbejde, har også vist sig at have indflydelse på, om der opstår symptomer, især øjenirritation og hovedpine. Det er vigtigt med individuel, indstillelig belysning, at lysets kvalitet og fordeling er god, og at blænding undgås. Selv om der kun

findes få videnskabelige undersøgelser, der klart beskriver virkningerne af mangel på dagslys, siger erfaringen, at der skal være god dagslysadgang i bygninger, hvor mennesker opholder sig. Lige så vigtig er den psykologiske virkning af at kunne se ud, følge vejrets skiften og lade øjnene falde til ro.

Støjforholdene har to aspekter. Det ene aspekt er støj som forstyrrende kilde, hvilket i høj grad er et spørgsmål om den enkeltes ofte øjeblikkelige tilstand og arbejdsopgave. Det andet aspekt er støjens karakter.

Både *lavfrekvent lyd* og *rene, hørbare toner* kan være generende. Myndighedskravene til støjniveau og lydisolering sikrer i langt de fleste tilfælde mod gener eller symptomer. En undtagelse er lavfrekvent lyd, der omfatter den del af den hørbare lyd, der har de laveste frekvenser (mellem 20 og 100 Hz). Forbrændings- og fyringsanlæg samt ventilatorer frembringer fx lavfrekvent lyd. Denne lyd er den vanskeligste at dæmpe, hvorimod højfrekvent lyd fra tekniske installationer dæmpes med omhyggelig armaturdimensionering og montage samt indregulering af anlæggene. De rene toner kan frembringes af kontormaskiner.

Den ikke hørbare lyd *infralyd* (frekvenser under 20 Hz) og *vibrationer* giver meget sjældent anledning til gener eller symptomer. Infralyd og vibrationer kan frembringes af fyringsanlæg, meget langsomt kørende maskiner samt trafik. Ved de intensiteter, infralyden normalt har i boliger og andre opholdsrum, har det ikke været muligt at påvise gener eller skadevirkninger.

Kraftige *vibrationer* med frekvenser under 1 Hz kan give anledning til en tilstand, der minder meget om sø- og køresyge. I visse tilfælde kan der forekomme bevægelses- og balanceforstyrrelser. Også kraftige vibrationer med frekvenser over 1 Hz kan give anledning til disse forstyrrelser.

Da lyde med lave frekvenser og vibrationer kan forplante sig over forholdsvis lange afstande, kan nærliggende industri være kilde til gener i en bygning.

Personers opladning med *statisk elektricitet* kan give ubehagelige stød ved afladning. Opladningen opstår oftest på grund af gang på gulvbelægninger, der ikke er særligt elektrisk ledende, og hvor der samtidig er lav relativ fugtighed.

Luftens indhold af *gasser og dampe* har indflydelse på, om der opstår gener, sygdomme eller symptomer. Der er endnu kun få stoffer, for hvilke der er tilstrækkelige oplysninger til, at deres effekt kan vurderes. Mange af de stoffer, der anvendes i byggematerialer eller til dagligt brug i boliger og kontorer, er dog kendt som slimhindeirriterende, men i kraftigere koncentrationer end der normalt findes i bygningerne. Af organiske gasser og dampe er *formaldehyd* en af de mest kendte genevoldere. Brugen af formaldehyd er stærkt reduceret de senere år og dermed også indholdet af formaldehyd i indeluften. Indendørs kilder til de organiske gasser og dampe er dels personer og deres aktiviteter, fx tobaksrøg, fotokopiering, papirhåndtering og kontormaskiner, dels inventar, gulvbelægninger, maling og andre

byggematerialer. Tobaksrøg er den kraftigste kilde til slimhindeirritation og luftgener i bygninger.

Blandt uorganiske gasser og dampe kan ozon, kvælstofilter og kulmonoxid give anledning til, at der opstår symptomer. Ozon dannes af nogle kontormaskiner i brug og af elektrofilter. Kvælstofilter tilføres primært indeklimaet ved åben forbrænding uden aftræk, fx ved gaskomfurer. Kulmonoxid kommer fra tobaksrygning og kan desuden via ventilationen trænge ind i bygninger fra trafik eller garageanlæg i bygningen. *Kuldioxid* forekommer sjældent i generende koncentrationer, men da den hovedsagelig kommer fra personer, bruges den som indikator på, om rum er tilstrækkeligt ventilerede i forhold til antallet af personer. *Radon* fra grunden i høje doser giver risiko for udvikling af lungekræft.

Støv i indeklimaet, både det luftbårne støv og gulvstøv, har betydning. *Tobaksrygning* er den væsentligste kilde til luftbærent respirabelt støv, det vil sige støv, der kommer ned i luftvejene. Personaktivitet og rengøringsforhold har indflydelse på mængden og ophvirvlingen af gulvstøv, hvor specielt den *organiske del af gulvstøvet* (den makromolekylære organiske del - MOD) har vist sig at være beskrivende for symptomforekomsten.

Fugtforholdene er afgørende for flere påvirkninger. For allergikere har især luftens indhold af *mikroorganismer* stor betydning. *Husstøvmider*, der er kilde til de fleste astmatilfælde, trives kun ved relative fugtigheder over ca. 45 pct. Dette er også en kritisk grænse for kondens og heraf følgende risiko for mugvækst i mange bygningskonstruktioner i vinterperioden. Ved at holde fugtigheden nede i vintermånederne nedsættes risikoen således for kondens og mugvækst og dermed også for husstøvmider. Vandskader af længere varighed udgør en risiko for sundheden på grund af den mikrobielle vækst, der følger af dem.

Tabeller med myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier for alle de nævnte påvirkninger findes i kapitel 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier".

Grunden og omgivelsernes betydning

Forurenede grunde bør ikke bebygges, uden at der først fjernes forurenede jord i et sådan omfang, at forureningen ikke kan trænge ind via luft eller ved indslæbning og give anledning til et sundhedsskadeligt indeklima, og til at børn ved deres leg kan optage forureningen i organismen.

Der skal tages hensyn til omgivelsernes luftforurening og støjforhold i projekteringen af bygningen, idet begge forhold har vist sig at influere på komfort og helbred.

Sol og skyggeforhold har indflydelse på temperatur og lysforhold i bygningen. Omgivelserne kan således være bestemmende for bygningens udformning og ind-

retning, fx med hensyn til hvordan vinduer skal udformes, og om vinduesventilationen kan indgå som en væsentlig del af bygningens ventilation.

Bygningens udformning og indretning

Bygningens udformning og indretning spiller en stor rolle. Eksempelvis er bygningens dybde afgørende for både dagslystilgang, ventilationsbehov og rumstørrelser.

En del undersøgelser af kontorarbejdspladser peger på, at kontorets indretning, og de aktiviteter der foregår i kontoret, har betydning for indeklimaets kvalitet. Således har personer, der arbejder i storrumskontorer, oftere gener og symptomer end andre. En væsentlig årsag er sandsynligvis den manglende mulighed for individuel regulering af de forskellige påvirkninger, fx støj, varme, kulde og træk.

Overfladematerialer, der er vanskelige at gøre rene, fx gulvtæpper og hessian samt rum, der er uhensigtsmæssigt indrettede, giver ligeledes anledning til gener og symptomer.

Jo større rumvolumen der er til aktiviteterne, jo mindre følsom er bygningens termiske og atmosfæriske indeklima over for ændringer eller afvigelser i de planlagte belastninger. En bygning af tunge materialer (stor varmeakkumuleringsevne) kan bedre optage ændringer i varmetilførsel end en bygning af lette materialer.

Bygningens materialer

Der findes en række beskrivelser af tilfælde, hvor uheldigt valg af byggematerialer har givet problemer med indeklimaet. Det mest kendte og udbredte problem har været afgang af formaldehyd fra spånplader og fra urea-formaldehydskum, der blev brugt til isolering af bygninger. Fugemasser, der er beregnet til udendørs brug, har, når de i enkelte tilfælde fejlagtigt er blevet brugt indendørs, givet problemer specielt i form af ubehagelig lugt, hovedpine og utilpashed. Mineraluldsfibre, der er blevet frigjort i større mængder fra loftsplader eller fra ventilationsanlæg, har givet øjen- og hudirritation. Spartelmasser til betongulve, indeholdende organisk materiale og anvendt på ikke tilstrækkeligt udtørret underlag, har i forbindelse med pvc-belægning afgivet særdeles generende stoffer. I bygninger, der har været i brug et stykke tid, er byggematerialernes betydning dog ikke så stor som aktiviteternes, og aktiviteternes betydning er størst i bygninger med den mindste ventilation.

De fleste af de beskrevne problemer ville kunne undgås med en kritisk vurdering af materialerne med hensyn til afgivelse af gasser og dampe, bestandighed og rengøringsvenlighed. Afgivelsen af gasser og dampe kan prøves ved måling (et krav til producenten), eller ved at vurdere materialernes bestanddele og i øvrigt udføre simple lugtprøver i tætte beholdere. Der er udviklet standardiserede prøvningsmetoder, og afprøvninger gennemføres allerede mange steder. Der findes blandt andet

prøvningsmetoder for gulvmaterialers evne til at reducere dannelsen af statisk elektrisk opladning og for materialers lydabsorptionsevne.

Kontormaskiner og -arbejde

Fotokopiering, brug af laserprintere, håndtering af store mængder papir, specielt selvkopierende papir, og arbejde ved en skærmterminal er faktorer, der har indflydelse på forekomsten af indeklimasymptomer. Årsagen er en kombination af en række påvirkninger og tilsvarende en række stressfaktorer, som er knyttet til arbejdet. Eksempelvis er mange timers skærmarbejde stressende for øjnene. Blinkfrekvensen nedsættes, hvorved øjet lettere generes af gasser og dampe. Ozonproducerende apparater bør placeres i rum, der ventileres særskilt. Herved fjernes også generende støj fra personens arbejdssted. Derudover kan vælges maskiner med lav afgivelse af forurening og støj.

Ventilation

I flere større epidemiologiske undersøgelser har man fundet en generel højere forekomst af indeklimasymptomer i bygninger med mekanisk ventilation, specielt i luftkonditionerede bygninger med befugtningsanlæg, end i bygninger med mere enkel eller med naturlig ventilation. En væsentlig faktor er, hvor godt ventilationsanlæggene er konstrueret, betjent og vedligeholdt. Der kan optræde betydelig variation i indeklimasymptomernes forekomst i bygninger, der har samme type ventilationsanlæg. Denne forskel har ikke kunnet henføres til mængden af tilført udeluft, men skyldes muligvis forskelle i drift og vedligeholdelse af anlæggene.

Tilførslen af ren luft er med til at reducere den luftbårne forurenings størrelse. Det er vigtigt at projektere ventilationen både i forhold til antallet af personer og til andre forureningskilder. Når ventilationen med udeluft er over en vis størrelse, hjælper det ikke at øge den for at reducere eventuelle luftkvalitetsproblemer. I stedet er det nødvendigt at reducere kilderne til luftforureningen. Luftkvaliteten i bygninger med et lille luftskifte, under 0,5 pr. time, er meget kritisk over for variationer i ventilationen. Det gælder i særlig grad for små rum. Et luftskifte på under 0,5 pr. time er typisk for naturligt ventilerede bygninger og boliger. I sådanne bygninger er det nødvendigt med god kontrol af forureninger og en medvirken hos brugerne i at opretholde en god luftkvalitet.

Det psykiske arbejdsmiljø

Det psykiske arbejdsmiljø er ikke en faktor, der direkte er med til at bestemme indeklimaet, men det kan indvirke på, hvordan de enkelte personer oplever indeklimaet og i sig selv give anledning til indeklimasymptomer. Det psykiske arbejdsmiljø bestemmes blandt andet ud fra hvilket arbejde, der udføres, hvordan dette

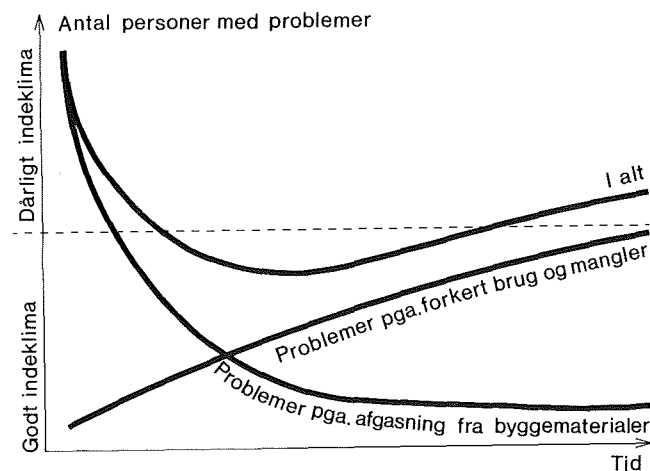
arbejde er organiseret samt relationer til overordnede og kolleger. Personer i underordnede stillinger, med ensformigt arbejde og ringe indflydelse på arbejdets tilrettelæggelse, har en højere frekvens af symptomer. Forekomsten af symptomer er ca. 1,7 gange højere blandt kvinder end blandt mænd. Der er formentlig tale om både biologiske og arbejdsmæssige forskelle. Personer, der er utilfredse med deres arbejdssituation, kan forventes at føle sig to til tre gange hyppigere generet af indeklimaets påvirkninger end andre.

Indeklimasymptomer - et multifaktoriel problem

Årsagerne til forekomsten af symptomer skal sandsynligvis søges i et komplekst og varieret samspil mellem flere af de tidligere nævnte risikofaktorer. Man må forvente, at flere kombinationer af faktorer kan være årsag til samme symptomer, og at én kombination af risikofaktorer kan være årsag til forskellige symptomer. Det er således vigtigt at tage så vide hensyn som muligt for at hindre sammenfaldet af flere, hver for sig små, påvirkninger, og at gøre bygningens resulterende indeklima robust over for de belastninger, som den påføres under dagligt brug.

Bygningens liv

I løbet af en bygnings liv ændres risikoen for, at visse faktorer giver problemer. Kort efter en bygnings ibrugtagning er der risiko for høj koncentration af gasser og dampe fra byggematerialer og inventar, og der kan være fugt fra byggeperioden og



Figur 1.1. Antallet af personer, der har problemer med indeklimaet, varierer i løbet af en bygnings liv, ligesom typen af årsager til problemerne varierer.

meget støv. Påvirkningerne fra disse faktorer aftager i løbet af 1/2 til 1 år. Til gengæld begynder forfaldet af bygningen. Tæpper bliver snavsede, ventilationsanlæg kommer ud af indstilling, bliver utætte og filtre tilsnaves. Flere og flere processer indføres og hermed forureninger. Rengøringsmåden kan også influere på luftkvaliteten. Efter nogle år skal bygningen renoveres, og processen begynder forfra.

Litteratur

(1.1) Valbjørn, O. (red.). Indeklimaets påvirkninger. Temperatur, lyd, lys, støv, gasser, fugtighed, radioaktivitet, elektricitet og ventilation. SBI-rapport 230. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1993.

Del 2

Krav og vejledning

2. Myndighederne og indeklimaet

Der er mange myndigheder involveret inden for indeklimaområdet. Centrale myndigheder er først og fremmest Bygge- og Boligstyrelsen, Arbejdstilsynet og Miljøstyrelsen. Sundhedsstyrelsen medvirker på delområder. Decentrale myndigheder er først og fremmest kommunalbestyrelserne (normalt ved de tekniske forvaltninger) og Arbejdstilsynets 14 tilsynskredse. Amtskommunale miljømyndigheder, embedslæger og lokale brandmyndigheder medvirker på delområder.

Lovgivning

Myndighedernes rolle

Ud over at varetage mere generelle samfundsmæssige hensyn har både byggelovgivningen og arbejdsmiljølovgivningen karakter af beskyttelseslovgivning, hvor en svag part beskyttes mod en stærkere. Uden myndighederne ville den lille virksomhed, den enkelte boligkøber eller lejer stå alene over for ofte større og mere vidende bygherrer, og de ville ikke kontraktligt være i stand til at stille de krav, der er nødvendige for at sikre forsvarlige forhold. Ligeledes ville den enkelte arbejdstager kunne stå svagt over for en arbejdsgiver. Myndighedernes rolle i forbindelse med indeklima er således at formulere og håndhæve de minimumskrav, som samfundet for tiden finder acceptable og forsvarlige af hensyn til borgernes sikkerhed, sundhed og velbefindende. Dette hensyn kan da også udledes af formålsparagrafferne i både byggeloven (2.1) og arbejdsmiljøloven (2.10).

Byggeloven § 1, første afsnit:

Denne lov har til formål at sikre, at bebyggelse udføres og indrettes således, at den frembyder tilfredsstillende trykthed i brand-, sikkerheds- og sundhedsmæssig henseende,...

Arbejdsmiljøloven § 1, første afsnit:

Ved loven tilstræbes at skabe et sikkert og sundt arbejdsmiljø, der til enhver tid er i overensstemmelse med den tekniske og sociale udvikling i samfundet, ...

Ud fra de meget generelle tilkendegivelser i lovene, har myndighederne udført mere konkrete bestemmelser, som kan danne basis for produktion, planlægning, projektering, udførelse og kontrol.

Byggeloven

Ud over de tidligere nævnte formål, skal byggeloven sikre, at bebyggelse får en tilfredsstillende kvalitet under hensyn til den tilsigtede brug og vedligeholdes forsvarligt.

Følgende arter af byggerier er omfattet af loven:

- opførelse af ny bebyggelse og tilbygning til bebyggelse
- ombygning og andre forandringer i bebyggelse, som er væsentlige i forhold til lovbestemmelserne
- ændringer i benyttelse af bebyggelse, som er væsentlige i forhold til lovbestemmelserne
- nedrivning af bebyggelse.

Reparations- og vedligeholdelsesarbejder, som alene har til formål at retablere en bygnings tidligere tilstand, falder helt uden for byggelovgivningen, hvorimod lovgivningen ved alle andre indgreb i eksisterende bygninger kommer til anvendelse i større eller mindre omfang. Vurderingen af om der er tale om en væsentlig ombygning eller forandring eller væsentlig benyttelsesændring foretages i hvert enkelt tilfælde af kommunalbestyrelsen som bygningsmyndighed.

I tilknytning til byggeloven er udgivet to bygningsreglementer, et for småhuse og et for alle andre kategorier af bebyggelse (2.3) og (2.4). Bygningsreglementerne ajourføres, når der er behov for det. Hvor byggeloven først og fremmest indeholder de grundlæggende regler og principper for bebyggelse, indeholder bygningsreglementerne de mere detaljerede forskrifter om bygningers opførelse, konstruktion og indretning. Der kan alene stilles krav til materialer, installationer m.m., der er fastmonterede i bygningerne.

Som hovedregel kan ændringer i byggelovens bestemmelser ikke forlanges opfyldt af bebyggelse, der eksisterede ved ændringernes ikrafttræden. Dette indebærer, at en bygning, der er lovligt opført efter de byggeforeskrifter, der var gældende på opførelsestidspunktet, som helt overvejende regel, ikke senere kan mødes med krav om ændringer til opfyldelse af nye, skærpede krav. Enkelte bestemmelser i byggeloven har dog umiddelbar virkning for eksisterende bebyggelse, fx skal bebyggelse holdes i forsvarlig stand, så den ikke frembyder fare for beboerne, og ventilationskrav, der skal varetage sundhedsmæssige hensyn, skal være opfyldt igennem en bebyggelses hele driftstid.

I forbindelse med EF's indre marked er EF-direktiv nr. 89/106 om indbyrdes tilnærmelse af medlemsstaternes love og administrative bestemmelser om byggevarer trådt i kraft i Danmark, og er indeholdt i (2.2). Direktivet opererer med såkaldte væsentlige krav inden for seks områder, hvoraf det tredje område med væ-

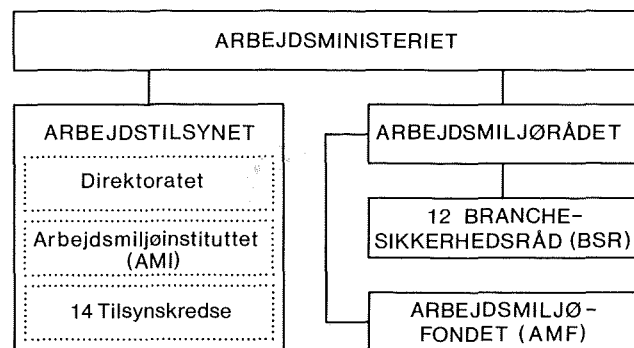
sentlige krav til hygiejne, sundhed og miljø, omhandler indeklima. Udformningen af kravene harmoniseres, mens niveauerne for kravene fortsat fastsættes af de enkelte medlemsstater. Danmark kan således fastholde sine høje niveauer inden for indeklimaområdet. Alle nationale normer, standarder og godkendelser af byggevarer vil over en periode blive udskiftet med harmoniserede standarder og europæiske tekniske godkendelser.

Byggelovens bestemmelser administreres af kommunalbestyrelserne (i København af borgerrepræsentationen). Siden 1986 har Boligministeriet og Arbejdsministeriet haft den aftale, at det såkaldte ukomplicerede erhvervsbyggeri alene skal byggesagsbehandles ét sted. Byggesagsbehandlingen skal ske efter byggelovgivningen og af de kommunale bygningsmyndigheder uden medvirken af Arbejdstilsynet. Ukompliceret erhvervsbyggeri er erhvervsbyggeri, hvor arbejdes art ikke har afgørende indflydelse på bygningen eller dens indretning. Aftalen omfatter således blandt andet kontorer, visse butikker, skoler og børneinstitutioner.

Arbejds miljøsystemet

Arbejds miljøsystemets opbygning er skitseret i figur 2.1. Efter arbejds miljølovgivningen er arbejdsministeren øverste administrative myndighed. Arbejdstilsynet, hvis opgaver er defineret i arbejds miljølovgivningen, varetager den daglige administration.

De bestemmelser, som er relevante i forbindelse med indeklima, er især defineret i arbejds miljølovens kapitel 6 om arbejdsstedets indretning. Da arbejds miljøloven er en rammelov, er bestemmelserne udformet meget generelt. Ifølge § 43 kan arbejdsministeren derfor fastsætte regler om indretning af arbejdssteder. Denne bemyndigelse har ministeren blandt andet udfyldt med Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992 om faste arbejdssteders indretning (2.12).



Figur 2.1. Arbejds miljøsystemets opbygning.

Her har især følgende kapitler betydning for indretning af arbejdssteder og for indeklimaet:

- Planlægning og indretning af arbejdsstedet
- Arbejdsplads
- Arbejdsrum
- Temperaturforhold mv.
- Ventilation
- Belysning
- Vedligeholdelse og rengøring
- Detailregler.

Bekendtgørelsen indeholder EØF-direktiv 89/654/EØF (2.11) om minimumsfor skrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdsstedet. I overensstemmelse med kapitel 13 i denne bekendtgørelse er der udarbejdet mere detaljerede bestemmelser i At-meddelelser og At-anvisninger. Se litteraturlisten.

12 branchesikkerhedsråd udgiver en række vejledninger (2.47)-(2.69), der specielt henvender sig til de respektive brancher. Arbejds miljøfondet og Arbejds miljøinstituttet udgiver publikationer og forskningsrapporter, der kan behandle indeklimaproblemer. De fleste bestemmelser i disse publikationer er forholdsvis generelt udformet. Dette medfører, at konkrete tvivlsspørgsmål er overladt til lokale skøn. Disse skøn foretages i første omgang af de implicerede parter, men i tvivlstilfælde er det Arbejdstilsynets lokale tilsynskreds, der foretager skønnene. Skønnene er herefter myndighedens fortolkning af reglerne. Udtalelserne fra kredsen kan udformes som *påbud* der skal følges, eller som *vejledninger*, der kan betragtes som gode råd.

Opbygningen med forholdsvis generelle bestemmelser, der udmøntes lokalt, giver mulighed for hurtigt at anvende ny viden, jf. arbejds miljølovens § 1, hvorefter arbejds miljøet til enhver tid skal være i overensstemmelse med den tekniske og sociale udvikling i samfundet.

Hvis der er tvivl om fortolkningen, kan Direktoratet for Arbejdstilsynet som klagemyndighed foretage en vurdering af den første afgørelse. Endelig kan Arbejdsministeriet, som øverste administrative myndighed, foretage en vurdering af direktoratets afgørelser. Ud over dette *administrative* system kan domstolene komme med autoritative fortolkninger af reglerne.

Hele dette system af afgørelser i konkrete sager, af principielle afgørelser og af domme, fastlægger den gældende fortolkning af reglerne. Især har afgørelser fra Direktoratet for Arbejdstilsynet og Arbejdsministeriet samt domme fra landsret og højesteret betydning. Desværre kan det være vanskeligt for udenforstående at finde

disse konkrete afgørelser. Som en hjælp udgiver Arbejdstilsynet med ca. 5 års mellemrum oversigter over de væsentligste domme (2.42)-(2.44), og to jurister i Arbejdstilsynet har i 1990 udgivet en bog, der blandt andet systematiserer disse afgørelser (2.45).

Indeklimabestemmelser i bygningsreglementerne

Bygningsreglementernes krav med indeklimarelevans vedrører:

Generelt

Bygninger skal opføres, så der under normal brug kan opretholdes et sundheds- og sikkerhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima.

Ventilation

For visse kategorier af bygninger og rum er der specifikke krav til type af ventilationssystem med anvisninger på udformning. For en række rum med ensartet brug og opbygning, er der tillige angivelse af minimumskrav til luftskifte eller volumenstrøm. For alle andre rum skal ventilationens dimensionering og udførelse fastlægges ud fra en konkret vurdering på baggrund af almen indeklimaviden og godkendes af kommunalbestyrelsen. Ved tilførsel og bortskaffelse af luft skal det sikres, at der ikke opstår risiko for træk i opholdszonen. Luftoverføring, herunder recirkulation, må kun ske fra mindre til mere luftforurenede rum.

Forureninger fra byggematerialer

Det er totalt forbudt at anvende asbestholdige materialer indendørs. Derudover er der bestemmelser om maksimal formaldehydafgivelse fra eller formaldehydindhold i træbaserede plader og varmeisoleringsmaterialer, der fremstilles ved opskumning af urea og formaldehyd. Der er endvidere krav til overfladebehandling af byggematerialer med mineraluldsholdig overflade mod selve rummet. For at reducere gammastrålingen i indeklimaet er der fortsat regler for anvendelse af flyveaske og slagge fra kulfyring, fx fra kraftværker, som underlag ved byggeri (2.6).

Forureninger i øvrigt

Forurening af indeklimaet med kvælstofilter fra afbrænding af gas i komfurer kræves reduceret ved udsugning gennem emhætte. Ioniserende stråling fra radon fra undergrunden kræves reduceret ved anvendelse af en lufttæt bygningskonstruktion mod undergrunden i henhold til vejledning fra Bygge- og Boligstyrelsen (2.5). Forurening fra organiske opløsningsmidler m.m., der skyldes forureninger i undergrunden fra tidligere lossepladser og industrigrunde, kræves reduceret ved anvendelse af en såvel lufttæt som diffusionstæt bygningskonstruktion mod undergrunden i henhold til vejledning fra Bygge- og Boligstyrelsen (2.7).

delse af en såvel lufttæt som diffusionstæt bygningskonstruktion mod undergrunden i henhold til vejledning fra Bygge- og Boligstyrelsen (2.7).

Temperatur

Bygninger skal opføres, så der under normal brug kan opretholdes sundhedsmæssigt tilfredsstillende temperaturforhold under hensyn til den menneskelige aktivitet. Ved planlægning af byggeri og ved valg af materialer, vinduesarealer, orientering og solafskærmning skal det sikres, at der opnås hensigtsmæssige temperaturforhold hele året, og det skal sikres, at gener ved direkte solstråling kan undgås.

Varmeisolering

Bygninger skal udføres af sådanne materialer og konstruktioner og på en sådan måde, at der med hensyn til varmeisolering sikres tilfredsstillende sundhedsmæssige forhold.

Lydforhold

Bygninger skal udføres og indrettes, så brugerne sikres tilfredsstillende lydforhold. For visse kategorier af bygninger og rum er der specifikke krav til luftlydisolation, trinlydniveau, maksimalt støjniveau og efterklangstid. Bygningsmyndigheden kan forlange, at der, inden den færdige bygning tages i brug, foretages måling af lydforholdene til eftervisning af, at forholdene er tilfredsstillende.

Belysningsanlæg

Belysningsanlæg i arbejdsrum skal udføres på grundlag af Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler, DS 700 (2.71). Belysningsanlægget skal opdeles i zoner med mulighed for benyttelse efter dagslysforhold og aktiviteter. Energiforbrug og effektbehov skal søges begrænset mest muligt under hensyntagen til belysningens kvalitet og driftstid.

Indretning

For visse kategorier af bygninger og rum er der specifikke krav til areal, volumen, rumhøjde, tilgang af dagslys, vinduers udformning, placering samt til solafskærmning og oplukkelige vinduer.

Ildsteder og skorstene

Ildsteder og skorstene med dertil hørende fyringsapparater, røgrør og kanaler skal indrettes således, at de kan benyttes, vedligeholdes og udskiftes, uden at der opstår blandt andet forgiftningsfare, røggener og andre ulemper.

Arbejdstilsynets indeklimatestbestemmelser

I modsætning til byggelovgivningen, der som hovedregel kun gælder ved nybyggeri og lignende, gælder arbejdsmiljølovgivningen i princippet for alle arbejdspladser, idet det fremgår af lov om arbejdsmiljø § 1 stk. 1, at det ved loven tilstræbes at skabe et sikkert og sundt arbejdsmiljø, der til enhver tid er i overensstemmelse med den tekniske og sociale udvikling i samfundet. Arbejdstilsynet kan således stille krav til eksisterende byggeri, hvis forholdene ikke er forsvarlige. For bestemmelser, som ikke har direkte sikkerheds- og sundhedsmæssig betydning, er der dog normalt overgangsbestemmelser, fx gælder dette for kravet til vinduer.

Arbejdstilsynets bestemmelser gælder som hovedregel kun for erhvervsbyggeri, man skal dog huske, at byggeri, der efter anden lovgivning ikke er erhvervsbyggeri, godt kan være erhvervsbyggeri efter Arbejdstilsynets bestemmelser. For eksempel kan ældreboliger, hvor de ældre er stærkt plejekrævende, være arbejdsplads for plejepersonalet.

De følgende bestemmelser fremgår af litteraturlistens (2.10) - (2.40).

Specielt ved nyindretning stiller Arbejdstilsynet krav om, at bygninger kan anvendes, herunder rengøres forsvarligt, såvel for dem der udfører arbejdet, som for andre på stedet. Der skal desuden anvendes bygningskonstruktioner og materialer af en sådan beskaffenhed, at der opnås forsvarlig isolering mod fugt, varme og kulde samt tilfredsstillende lyd-, klima- og lysforhold. Endelig må der ikke anvendes bygningsmaterialer, der afgiver gasser, dampe eller støj, eller kan give anledning til dannelse af statisk elektricitet, så den ansatte udsættes for sundhedsskadelige eller kraftigt generende påvirkninger. Det generelle princip om, at enhver unødigt påvirkning skal undgås, gælder også indeklimaet.

Arbejdsrum

Arbejdsrum skal være indrettet under hensyn til det arbejde, der skal foregå, ligesom gulvareal, rumhøjde og rumindhold skal være afpasset efter arbejdet, de tekniske hjælpemidler, materialer og inventar i arbejdsrummet samt det antal personer, der normalt færdes og opholder sig der.

Temperatur

Temperaturen i arbejdsrummet skal være tilpasset den menneskelige organisme under hensyn til de anvendte arbejdsmetoder og den fysiske belastning, som de ansatte udsættes for. Der må ikke være generende temperaturforskelle i arbejdsrummet. Ved stillesiddende og stillestående arbejde må temperaturen ikke komme under 18 °C. Ved normale arbejds- og temperaturforhold, bør temperaturen holdes på 21-22 °C og må ikke overstige 25 °C. Under særlige forhold, fx hedebløge, må der accepteres en højere temperatur. Kommer temperaturen så højt op, at der kan

være risiko for sundhedsskader, skal der træffes særlige foranstaltninger. Som tommelfingerregel kan der være en risiko ved temperaturer over ca. 35 °C, når det drejer sig om stillesiddende eller stillestående arbejde.

Ventilation

Der skal være tilstrækkelig tilførsel af udeluft uden træk. Hvis dette ikke kan opnås forsvarligt ved naturlig ventilation, skal der indrettes mekanisk ventilation. Denne ventilation skal tilføre udeluft, der er mindst muligt forurenset fra nærliggende skorstone, afkastluft eller andre forureningskilder. Der kan recirkuleres i begrænset omfang, forudsat at luften ikke tilføres luft fra anlæg der udsuger sundhedsskadelige stoffer, og forudsat at den filtreres. Et luftskifte på 0,5 gange i timen er normalt tilstrækkeligt til at fjerne afgangsgasser fra overflader. Indholdet af formaldehyd skal være under 0,15 mg pr. m³ luft. Ventilationsanlæg må ikke i sig selv tilføre rummene sundhedsskadelige stoffer. Ventilationsanlæg skal udføres så støj og trækgenerer undgås. Vedligeholdelsen skal kunne ske på forsvarlig måde, og anlæggene skal holdes i funktionsdygtig stand, holdes rene og kontrolleres jævnlige. Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg, DS 447 (2.70) kan normalt tjene som vejledning ved projektering.

Gasser og dampe

Arbejdstilsynet udgiver en liste over grænseværdier for stoffer og materialer, At-anvisning 3.1.0.2 (2.38). Værdierne er knyttet til lokaler med egentlig produktion, hvori disse stoffer anvendes. Grænseværdierne har derfor normalt ikke relation til indeklimaet, idet det yderligere fremgår af anvisningen, at unødigt påvirkning fra farlige stoffer og materialer skal undgås, og det er en unødigt påvirkning at udsætte ansatte for gasser og dampe fra malinger, lime, stoffer i støvet, svampevækst i konstruktioner m.m. i indeklimaet.

Støj

Støjgrænserne i Arbejdstilsynets meddelelse, At-meddelelse nr. 4.06.1 (2.34), er ikke tilstrækkelige i indeklimaet, hvor det især er akustikken, der har betydning. Her henvises til andre myndigheders krav. Arbejdstilsynet stiller dog krav om, at støj fra ventilationsanlæg skal undgås, og det vil normalt blive forlangt, at andre installationer, som fx pc'er, heller ikke støjer.

Belysning

Der skal være en passende almen- og særbelysning til at arbejdet kan foregå forsvarligt. Belysningen skal være afpasset arbejdets art og arbejdsrummets farver med hensyn til lysfordeling, lysstyrke og lyskvalitet. Belysningen må ikke blænde eller

give anledning til generende reflekser, eller medføre generende varme. Normalt kan DS 700 (2.71) tjene som vejledning.

Vedligeholdelse og rengøring

Arbejdsstedet skal vedligeholdes forsvarligt og være rent og ryddeligt. Gulvbelægninger skal holdes i forsvarlig stand. Stoffer og materialer skal opbevares forsvarligt. Vinduer, lysarmaturer og lignende skal vedligeholdes og rengøres.

Rengøring skal udføres på en sådan måde, at skadelig forurening ikke spredes, og der må ikke anvendes rengøringsmidler eller -metoder, der kan forringe de sikkerheds- eller sundhedsmæssige forhold i øvrigt.

Litteratur

Bygge- og Boligstyrelsen

- (2.1) Bekendtgørelse af byggelov. Lovbekendtgørelse nr. 357 af 3. juni 1993. Boligministeriet. København 1993.
- (2.2) Bekendtgørelse om ikrafttræden af EF-direktiv om indbyrdes tilnærmelse af medlemsstaternes love og administrative bestemmelser om byggevarer. Bekendtgørelse nr. 480 af 25. juni 1991. Boligministeriet. København 1991.
- (2.3) Bygningsreglement. Bygge- og Boligstyrelsen. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (2.4) Bygningsreglement for småhuse BR-S 85 + tillæg 1-2. Byggestyrelsen. København. 1985-1987.
- (2.5) Vejledning om radon og nybyggeri. 2. udg. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1993.
- (2.6) Vejledningsskrivelse om brug af flyveaskeunderlag ved byggeri. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1992.
- (2.7) Undersøgelse af lufttæthed i bygningskonstruktioner. Vejledning. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1993.
- (2.8) Måling af stoffer i indeluften fra forurening i jorden. Vejledning. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1994.
- (2.9) Håndbog for bygningsmyndigheder bd. 1-5. Fagrådet for bygningsmyndigheder og Dansk Bygningsinspektørforening. København 1994.

Arbejdsministeriet og Arbejdstilsynet

- (2.10) Lov om arbejdsmiljø med senere ændringer og tilføjelser. Lov nr. 681 af 23. december 1975. Arbejdsministeriet. København 1975.
- (2.11) Rådets direktiv af 30. november 1989 om minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdssteder. 89/654/EØF. EF-tidende nr. L393 af 30. december 1989.
- (2.12) Bekendtgørelse om faste arbejdssteders indretning. Bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992. Arbejdsministeriet. København 1992.
- (2.13) Bekendtgørelse om virksomheders sikkerheds- og sundhedsarbejde. Bekendtgørelse nr. 392 af 10. august 1978. Arbejdsministeriet. København 1978.
- (2.14) Bekendtgørelse om projekterende og rådgiveres pligter mv. efter lov om arbejdsmiljø. Bekendtgørelse nr. 501 af 5. oktober 1978. Arbejdsministeriet. København 1978.
- (2.15) Bekendtgørelse om fastsættelse af kodenumre. Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 301 af 13. maj 1993. Arbejdstilsynet. København 1993.
- (2.16) Bekendtgørelse om arbejde med kodenummererede produkter. Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 302 af 13. maj 1993. Arbejdstilsynet. København 1993.
- (2.17) Bekendtgørelse om stoffer og materialer. Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 540 af 2. september 1982. Arbejdsministeriet. København 1982.
- (2.18) Bekendtgørelse om asbest. Bekendtgørelse nr. 660 af 24. september 1986 om asbest, senere ændret ved Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om asbest. Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 984 af 11. december 1992. Arbejdsministeriet. København 1992.
- (2.19) Flugtveje og nødbelysning på faste arbejdssteder. At-cirkulæreskrivelse nr. 3/1993. Arbejdstilsynet. København 1993.
- (2.20) Bekendtgørelse om arbejde ved skærmterminaler. Bekendtgørelse nr. 1108 af 15. december 1992. Arbejdstilsynet. København 1992.
- (2.21) Arbejdstilsynets regel- og informationsmateriale. Arbejdstilsynets cirkulæreskrivelse nr. 1/1990. Arbejdstilsynet. København 1990.
- (2.22) Regler for arbejdsstedets indretning. At-meddelelse nr. 1.00.1. Arbejdstilsynet. København 1994.
- (2.23) Faste arbejdssteders indretning. At-meddelelse nr. 1.01.1. Arbejdstilsynet. København 1994.
- (2.24) Planlægning af faste arbejdssteder. At-meddelelse nr. 1.01.2. Arbejdstilsynet. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (2.25) Arbejdsrum på faste arbejdssteder - almindelige bestemmelser. At-med-

- delelse nr. 1.01.3. Arbejdstilsynet. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (2.26) Udgangsførhold/flugtveje i forbindelse med faste arbejdssteder. At-meddelelse nr. 1.01.4. Arbejdstilsynet. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (2.27) Arbejdspladsens indretning, herunder krav til inventar. At-meddelelse nr. 1.01.5. Arbejdstilsynet. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (2.28) Belysning. At-meddelelse nr. 1.01.6. Arbejdstilsynet. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (2.29) Temperatur. At-meddelelse nr. 1.01.7. Arbejdstilsynet. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (2.30) Ventilation på faste arbejdspladser. At-meddelelse nr. 1.01.8. Arbejdstilsynet. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (2.31) Indeklima. At-meddelelse nr. 1.01.9. Arbejdstilsynet. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (2.32) Rengøring. At-meddelelse nr. 1.01.10. Arbejdstilsynet. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (2.33) Velfærdsforanstaltninger. At-meddelelse nr. 1.01.11. Arbejdstilsynet. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (2.34) Bekæmpelse af støj på arbejdspladsen. At-meddelelse nr. 4.06.1. Arbejdstilsynet. København 1988.
- (2.35) Epoxyharpikser og isocyanater. At-meddelelse nr. 3.01.3. Arbejdstilsynet. København 1988.
- (2.36) Flugtveje og nødbelysning på faste arbejdssteder. At-cirkulæreskrivelse nr. 3/1993. Arbejdstilsynet. København 1993.
- (2.37) Akustik i arbejdsrum. At-anvisning nr. 1.1.0.1. Arbejdstilsynet. København 1991.
- (2.38) Grænseværdier for stoffer og materialer. At-anvisning nr. 3.1.0.2. Arbejdstilsynet. København 1992.
- (2.39) Virksomhedernes sikkerheds- og sundhedsarbejde. At-anvisning nr. 6.1.0.1. Arbejdstilsynet. København 1989.
- (2.40) Opbygning af sikkerhedsorganisation inden for det offentlige. At-anvisning nr. 6.1.0.2. Arbejdstilsynet. København 1990.
- (2.41) Først med arbejdsmiljøet. Katalog 1993. Arbejdstilsynet. København 1992. (Udsendes årligt).
- (2.42) Domme for overtrædelse af arbejdsmiljølovgivningen 1981-1985. Rapport. Arbejdstilsynet. København 1986.
- (2.43) Domme 1986-89. Rapport 14/1990. Arbejdstilsynet. København 1990.
- (2.44) Domme 1990-91. Rapport 16/1992. Arbejdstilsynet. København 1992.

- (2.45) Huulgaard. A. og Knudsen, J. Arbejdsmiljøloven. Del I. Gennemgang - kommentarer. Del II. Love, andre regler, domme, afgørelser, oversigter. Arbejdsministeriet. København 1991.
- (2.46) Vurdering af indeklimaproblemer i arbejdsmiljøet. Vejledning med 2 spørgeskemaer. Generelle oplysninger om bygningen. Gener og sygdomssymptomer. Arbejdstilsynet. København 1986.

Branchesikkerhedsråd

- (2.47) Ventilation - generelt. Vejledning nr. 3. Branchesikkerhedsråd BSR 3. København 1981.
- (2.48) Ventilation ved serigrafiske processer. Vejledning 3A. Branchesikkerhedsråd BSR 3. København 1982.
- (2.49) Ventilation ved fotoarbejde. Vejledning 3B. Branchesikkerhedsråd BSR 3. København 1985.
- (2.50) Orientering om almen belysning i grafiske virksomheder. Branchesikkerhedsråd BSR 3. København 1984.
- (2.51) Luftforurening/ventilation i træ- og møbelindustrien. Branchesikkerhedsråd BSR 5. København 1985.
- (2.52) Arbejde med laserprintere og fotokopimaskiner. Branchesikkerhedsråd BSR 6. København 1991.
- (2.53) Termisk indeklima. Branchesikkerhedsråd BSR 6. København 1986.
- (2.54) Indeklima og rengøring i kontor og administrationslokaler. Branchesikkerhedsråd BSR 6. København 1990.
- (2.55) Hud- og luftvejsgener. Branchesikkerhedsråd BSR 6. København 1991.
- (2.56) Indeklima i butikker. Branchesikkerhedsråd BSR 7. København 1986.
- (2.57) Udgangskasser. Branchesikkerhedsråd, BSR 7. København 1991.
- (2.58) Indretning af daginstitutioner. Branchesikkerhedsråd BSR 11. København 1983.
- (2.59) Ventilation. Branchesikkerhedsråd BSR 12. København 1985.
- (2.60) Lyd- og støjforhold på undervisningsområdet. Branchesikkerhedsråd BSR 12. København 1987.
- (2.61) Belysning i klasseværelser. Branchesikkerhedsråd BSR 12. København 1988.
- (2.62) Sikkerhedsorganisationens arbejde med indeklima. Branchesikkerhedsråd BSR 6, 11 og 12. København 1991.
- (2.63) Gulvbelæggninger og indeklima. Pjece. Arbejdsmiljøfondet og Branchesikkerhedsråd BSR 12. København 1983.
- (2.64) Rengøring og indeklima. Pjece. Arbejdsmiljøfondet. København 1988.

- (2.65) Loft/vægbeklædninger og indeklima. Pjece. Arbejds miljøfondet. København 1991.
- (2.66) Luftkvalitet og indeklima. Pjece. Arbejds miljøfondet. København 1991.
- (2.67) Checkliste om storkøkkener. Arbejds miljøfondet og Branchesikkerhedsråd BSR 8 og 11. København 1992.
- (2.68) Vejledning om storkøkkener. Arbejds miljøfondet og Branchesikkerhedsråd BSR 8, 9 og 11. København 1988.
- (2.69) Vejledning om stegeos og ventilation i restaurationskøkkener. Branche-sikkerhedsråd BSR 8. København 1992.

Øvrigt

- (2.70) Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg. Normstyrelsens publikationer NP-153-N. Dansk Standard DS 447. Dansk Ingeniørforening. København 1981.
- (2.71) Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler. 4. udg. Dansk Standard DS 700. Dansk Standardiseringsråd. København 1986.
- (2.72) Norm for specifikation af termisk indeklima. Dansk Standard DS 474. Dansk Standard. København 1993.
- (2.73) Anvisning for bestemmelse og vurdering af afgang fra byggevarer. DS/INF 90. Dansk Standard. København 1994.
- (2.74) Vejledning om hygiejne i daginstitutioner. Hygiejnemeddelelse 6. Sundhedsstyrelsen. København 1987.
- (2.75) Bekendtgørelse om begrænsning af formaldehyd i spånplader, krydsfinerplader og lignende plader, som anvendes i møbler, inventar og lignende. Bekendtgørelse nr. 289 af 22. juni 1983. Miljøministeriet. København 1983.
- (2.76) Ekstern støj fra virksomheder. Vejledning nr. 5/1984. Miljøstyrelsen. København 1984.
- (2.77) Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 830 af 15. oktober 1993. Miljøministeriet. København 1993.
- (2.78) Gasreglementet. Danmarks Gasmateriel Prøvning. Hellerup. Seneste udgave.
- (2.79) Stærkstrømsbekendtgørelsen. Lov om elektriske stærkstrømsanlæg og elektrisk materiel. Lov nr. 251 af 6. maj 1993. Boligministeriet. København 1993.
- (2.80) Dansk Ingeniørforenings norm for brandtekniske foranstaltninger ved ventilationssystemer. 2. udg. Normstyrelsens publikationer NP-183-N. Dansk Standard DS 428. Dansk Ingeniørforening. København 1986.

- (2.81) Sprinkleranlæg. Brandteknisk information 30. Dansk Brandteknisk Institut. Birkerød 1994.
- (2.82) Akustik. Vurdering af lydisolations. Del 1, 2 og 3. DS 2186. Dansk Standard. København 1982.

3. Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier

I dette kapitel præsenteres først og fremmest en række talværdier for forskellige risikofaktorer i indeklimaet. Der er desuden medtaget tal for visse funktionelle krav til bygningens konstruktioner og installationer, fx lydisolationskrav og ventilationskrav. For en del faktoreres vedkommende er der angivet flere værdier: myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier.

Myndighedskrav stilles hovedsageligt af Bygge- og Boligstyrelsen, Arbejdstilsynet og Miljøstyrelsen. Kravene er som regel minimumskrav, der normalt ikke forventes at give særlige indeklimaproblemer, men til gengæld heller ikke sikrer de bedste indeklimaforhold. Kravene, der blandt andet udtrykkes i grænseværdier, findes som regel kun på områder, hvor der er en bevist helbredsrisiko.

Myndighedskrav ændres fra tid til anden. Det er derfor den projekterendes ansvar at holde sig orienteret om, hvorvidt der er ændringer i forhold til de krav, der er angivet i dette kapitel. (Redaktionen er afsluttet november 1994. De angivne bygningsreglementkrav til ventilation er i overensstemmelse med forslag til det nye Bygningsreglement).

Vejledende værdier formuleres dels af ovenstående myndigheder, dels i en række normer og standarder. De vejledende værdier er gode råd, der er udarbejdet til støtte for vurdering af indeklimaet, og kan således opfattes som hjælp i projekteringsarbejdet.

Projekteringsværdier er værdier, som det i anvisningen anbefales at projektere med i bygninger, hvor der lægges vægt på et godt indeklima. Projekteringsværdierne er lidt strengere end myndighedskrav og vejledende værdier, men er dog normalt, ud fra tekniske og økonomiske hensyn, rimelige at opfylde.

Ønsket værdi optræder i nogle få af kapitlets tabeller, og er en værdi der går lidt videre end de tre førnævnte krav og værdier.

Tabellerne 3.2, 3.3 og 3.4 indeholder oversigter over de forskellige faktoreres påvirkninger af indeklimaet. Læseren kan således bedømme påvirkningernes betydning som årsag til gener, sygdomme eller symptomer blandt de personer, der opholder sig i bygningen. Tabellerne kan anvendes både i projekteringsarbejdet og til prioritering af ændringer i en bygning, hvor der er problemer.

Forskellige påvirkningers betydning for gener, sygdomme eller symptomer

Tablet 3.1. Personlige, sociale eller arbejdsorganisatoriske forhold, der kan være årsag til eller forøge antallet af symptomer. Resultaterne stammer hovedsageligt fra studier af kontorarbejde.

Faktor	Lav risiko	Forhøjet risiko	Risikoforøgelse
Personens køn	Mand	Kvinde	Ca. 1,7
Sygdomme		Astmatikere	Ca. 1,5
Ryging	Ikke-ryger	Ryger, passiv ryger	Ca. 1,3
Stilling i kontorarbejde	Overordnet	Underordnet	1,5–2 (–3)
Sociale relationer	Tilfreds	Utilfreds med kolleger eller chef	1,7–2
Indflydelse, arbejdstempo		Lille indflydelse og samtidig højt tempo	Ca. 1,4
Arbejds mængde		Stor arbejds mængde, der hindrer tilfredshed	1,4–1,7
Type af kontorarbejde		Skærmarbejde eller fotokopiering eller selvkopierende papir	Ca. 1,5

Tabel 3.2. Påvirkninger i indeklimaet, som direkte forventes at være årsag til gener, sygdomme eller symptomer.

Faktor		Påvirkningens størrelse			Forventede effekter	Kilder	Bemærkninger
		Lav	Mellem	Høj			
Operativ- og lufttemperatur	°C	21-23	21-20 23-24	< 20 > 24	Termisk ubehag, SBS	Varme/ventilationsanlæg, sol belysning, apparater	For siddende personer og for opvarmningssæsonen. Se tabel 3.12 for andre forhold
Daglig temperaturstigning	°C	< 2	2-4	> 4	Termisk ubehag, SBS	Varme/ventilationsanlæg, sol, belysning, apparater	Vurderingen refererer til opvarmningssæsonen
Asymmetrisk strålingstemp.	°C						
- mod varmt loft		< 4	4-5	> 5	Termisk ubehag	Loftvarme	
- mod koldt vindue		< 6	6-10	> 10	Termisk ubehag	Store vinduesflader	
Temperaturgradient	°C/m	< 1	2-3	> 3	Fodkulde	Manglende luftbevægelse	
Lufthastighed	m/s	< 0,15	0,15-0,20	> 0,2	Trækgener	Ventilationsanlæg, kuldenedfald	For siddende personer
Støj, L_{Aeq}	dB	< 50	50-60	> 60	Støjgener, almensymptomer	Aktiviteter, trafik, installationer	For kontorer
Baggrundsstøjniveau	dB	< 35	35-40	> 40	Støjgener, almensymptomer	Trafik, installationer	
Lavfrekvent støj L_C-L_A baggrund	dB	< 20	20-25	> 25	Almensymptomer	Ventilationsanlæg, andre maskiner	
Belysning - almen - individuel		Tilpas Findes	Tilpas Mangler	Dårlig Mangler	Almensymptomer (især øjenirritation)	Belysning, dagslys	Se DS 700 (3.14)
Blænding		Ingen	Regulerbar	Blænding	Almensymptomer (især øjenirritation)	Belysning, dagslys	Se DS 700 (3.14)
Kontraster		Gode	Regulerbar	For stor, for lille	Almensymptomer (især øjenirritation)	Belysning, dagslys	Se DS 700 (3.14)
Statisk elektrisk opladning	kV	< 1	1-2	> 2	Gener pga. stød	Gulvbelægning, apparater, stolebetræk	
Formaldehyd	mg/m ³	< 0,05	0,05-0,15	> 0,15	Slimhindeirritation	Syrehærd. lakker, lime, tobaksrøg, spånplader	
Organiske gasser og dampe					SBS	Byggematerialer, lime plast, trykvsvært	Se afsnittet "Luftbårne forureninger" i dette kapitel
Ozon	mg/m ³ ppm	< 0,05 < 0,03	0,05-0,1 0,03-0,05	> 0,1 > 0,05	Slimhindeirritation	Fotokopiering, laserprinter, elektrofilter	
Klorbrinte	mg/m ³ ppm	< 1,4 < 1	1,4-4 1-3	> 4 > 3	Slimhindeirritation	Forkert afsyrede teglvægge	
Nitrogendioxid	mg/m ³ ppm	< 0,15 < 0,08	0,15-0,5 0,08-0,3	> 0,5 > 0,3	Slimhindeirritation, astma	Åben forbrænding af gas og petroleum, trafik, garageanlæg	
Kulmonoxid	mg/m ³ ppm	< 0,5 < 0,5		> 10 > 9	Almensymptomer	Åben forbrænding af gas og petroleum	Bør ikke forekomme. Se også tabel 3.3
Mineraluldsfibre - luft - overflade	fibre/m ³ fibre/m ³	< 200 < 10	200-1000 10-30	> 1000 > 30	Hud- og slimhindeirritation	Defekt eller ubehandlet akustikloft, indvendig kanalisering, dårlig rengøring	

SBS: Sick Building Syndrome = Indeklimasygen = Hud- og slimhindeirritation samt almensymptomer.
Bemærkning: De viste værdier er ikke myndighedskrav, men kan bruges til vurdering af indeklimaets kvalitet.

Tabel 3.3. Indikatorer på påvirkninger, der kan forventes at være årsag til gener, sygdomme eller symptomer.

Indikator	Påvirkningens størrelse			Forventede effekter	Kilder	Bemærkninger	
	Lav	Mellem	Høj				
Tobaksrøg	Ingen	Af og til	Konstant	SBS (især øjenirritation)		Siderøg irriterer mest	
Totalstøv i luft	mg/m ³	< 0,1	0,1-0,3	> 0,3	SBS	Papir, tekstiler, personer, bygning, tobaksrøg	
Gulvstøv	g/m ²	< 0,2	0,2-0,5	> 0,5	SBS	Papir, tekstiler, personer, indslæbt støv	Afhænger af støvsugerens effektivitet. Se afsnittet "Rengøring" senere i dette kapitel
Bakterier i gulvstøv	Kolonier	< 6000	6000-10000	> 10000	SBS	Personer	Værdier udtrykker støvets potentielle aggressivitet
Svampesporer i gulvstøv	Kolonier	< 1000	1000-3000	> 3000	SBS, allergi	Fugtige forhold, indslæb udefra	Værdier udtrykker støvets potentielle aggressivitet
Makromolekulært organisk gulvstøv, MOD	mg/g støv	< 1	1-3	> 3	SBS	Papir, hudskæl, organisk materiale udefra	
Husstøvmider	allergen ng/g støv antal mider/g støv	< 1000 < 50	1000-2000 50-100	> 2000 > 100	Astma	Husstøvmider	Fugtigheden under 45 pct. i 1-2 måneder reducerer væksten
Fugtskader	Ingen	Mindre, kortvarige	Store, langvarige	Luftvejslidelser og almensymptomer		Utæt tag, opsugning, byggefugt, kondens	
Ammoniak				SBS		Fugtig, organisk gulvpartelmasse	Se kapitel 27: "Gulvbelægninger"
Kulmonoxid	mg/m ³ ppm	< 0,5 < 0,5	0,5-2,4 0,5-2	> 2,4 > 2	SBS (især øjenirritation)	Trafikos, garager, tobaksrøg, forbrænding uden aftræk	
Kuldioxid, inklusive udeluftens indhold	mg/m ³ ppm	< 1260 < 700	1260-1800 700-1000	> 1800 > 1000	Lugtgener	Personer	
Lugt	pct. utilfredse decipol	< 20 < 1,4	20-30 1,4-2,5	> 30 > 2,5	Dårlig luft	Personer, materialer, aktiviteter	Vurderingen udføres af "panel" af mennesker

SBS: Sick Building Syndrome = Indeklimasygen = Hud- og slimhindeirritation samt almensymptomer.

Bemærkning: De viste værdier er ikke myndighedskrav, men kan bruges til vurdering af indeklimaets kvalitet.

Tabel 3.4. Forhold i bygningen, der kan forventes at give anledning til gener, symptomer eller sygdomme, hvis der ikke tages særlige hensyn (indbyggede risikofaktorer).

Faktor	Påvirkningens størrelse			Høj	Forventede effekter	Bemærkninger
	Lav	Mellem	Høj			
Rengøringsprogram	Tilpasset, grundig		Ej tilpasset, overfladisk		SBS, allergi	Rengøringsprogram skal tilpasses aktiviteter og bygningsmaterialer. Tæpper er kritiske
Rengøring, orden, plads, tilgængelighed	God	Middel	Dårlig		SBS, allergi	Indretning, møbler, ledninger og oprydning har betydning
Gulvbelægning	Halvhård	Tæppe	Tæppe, > 10 år, eller snavset		SBS, allergi	Tæpper akkumulerer snavs, øger adsorptionsareal for gasser, holder på lugt
Loddenfaktor ¹ Hyldefaktor ²	< 0,35 < 0,2	0,35-0,7 0,2-0,5	> 0,7 > 0,5		SBS, allergi	Materialer med stort specifikt areal ad- og desorberer forureninger; uheldigt ved forkert drift af ventilationsanlægget
Ventilationssystem	Naturlig vent., udsugning, vedligehold indblæsning	Indblæsning med opvarmings- og kølingsfunktion	Indblæsning med befugtning og evt. køling		SBS, allergi	Vurderingen forudsætter, at der er tilført tilstrækkelig luft trækfrt. Se tabel 3.15. Befugtning øger risiko for vækst af mikroorganismer. Særlige risici ved kompliceret styring og dårligt vedligehold
Antal arbejdspladser pr. rum	< 4	4-7	> 7		Almen-symptomer	Større uro, flere apparater, vanskelig styring af klima, manglende indiv. reguleringsmulighed
Kontormaskiner og processer	I separat rum		Fleere i samme rum		SBS	Det er vigtigt at fjerne støj, gasser og evt. varme

SBS: Sick Building Syndrome = Indeklimasygen = Hud- og slimhindeirritation samt almensymptomer.

Bemærkning: De viste værdier er ikke myndighedskrav, men kan bruges til vurdering af indeklimaets kvalitet.

1. Loddenfaktoren er arealet af alle tekstile overflader divideret med rummets volumen.

2. Hyldefaktoren er længden af åbne hylder med papir, bøger o.l. divideret med rummets volumen.

Lyd og vibrationer

Lydforhold

Myndighedskrav og andre værdier vedrørende lyd er opdelt i fire forskellige grupper: støjniveau, efterklangstid, luftlydisolation og trinlydniveau.

Støjniveau

Tabellerne 3.5 og 3.6 indeholder myndighedskrav og vejledende værdier for støjniveau fra de eksterne og interne støjkluder udtrykt ved det *A*-vægtede, energiækvivalente lydtrykniveau, L_{Aeq} . Til de enkelte værdier hører en måletid (integrationstid). I nogle tilfælde gælder værdierne for støjbelastningen, L_p , som er L_{Aeq} -værdien med eventuelt tillæg på 5 dB for tydeligt hørbare toner eller impulser. Der forekommer også værdier for den maksimale støj, $L_{A,max}$, som måles med tidsvægtning "Fast". I forbindelse med flystøj anvendes DENL (Day Evening Night Level), som er et mål for støjbelastningen med indbyggede vægtningsfaktorer for aften- og natperioderne.

Myndighedskravene vedrørende støj må betragtes som maksimumsværdier, og som hovedregel bør værdierne ved projektering være 5 dB lavere. Støj med udpræget lavfrekvent indhold vil meget ofte give anledning til klager, selv om myndighedskravene overholdes.

Der findes ingen danske krav til infralyd i boliger og på arbejdspladser. Arbejdstilsynet anbefaler at følge nogle amerikanske retningslinier, hvor grænsen ved en daglig påvirkningstid på mere end 100 minutter er 99 dB i frekvensområdet 0,1-5 Hz, aftagende i frekvensområdet over 5 Hz til 82 dB ved 20 Hz. Denne grænse skulle stort set sikre, at infralyden ikke er mærkbar.

Efterklangstid

Myndighedskrav til og vejledende værdier for efterklangstid findes i tabel 3.7. Projekteringsværdierne bør være lidt lavere end de angivne værdier. I større lokaler, hvor det kan være et problem at bestemme efterklangstiden, udtrykkes kravene i stedet ved et mindste ækvivalent absorptionsareal sat i forhold til gulvarealet.

Luftlydisolation

Værdier for luftlydisolation findes i tabel 3.8, udtrykt ved det vægtede, tilsyneladende lydreduktionstal R'_{w} . Der er angivet tre forskellige værdier: Bygningsreglementernes minimumsværdier, lidt højere projekteringsværdier, samt ønskede værdier, der svarer til, at brugerne vil vurdere lydisolationen som tilfredsstillende. En lignende opdeling i tre lydklasser anvendes i Tyskland (3.10).

Tabel 3.5. Myndighedskrav og vejledende værdier for støjniveau fra eksterne støjkloder i og ved boliger.

Eksterne støjkloder		Udendørs, dB	Indendørs, dB	Måletid	Note
<i>Trafik:</i>					
Veje	L_{Aeq}	55	30	24 h	b, a
Jernbaner (hvis afstand > 50 m)	L_{Aeq} $L_{A,max}$	60 85	30	24 h	b, a b
Lufthavn	DENL*		55		(beregnet) b
Regional flyveplads	DENL*		50		(beregnet) b
Almindelig flyveplads	DENL*		45		(beregnet) b
<i>Virksomheder – dag: beliggende i</i>					
blandet bolig/erhverv	L_r	55	30	8 h	b, a
etageboligområde	L_r	50	30	8 h	b, a
åben, lav bebyggelse	L_r	45	30	8 h	b
<i>Virksomheder – aften samt lørdag eftermiddag og søndag: beliggende i</i>					
etageboligområder og blandet bolig/erhverv	L_r	45	30	1 h	b, a
åben, lav bebyggelse	L_r	40	30	1 h	b
<i>Virksomheder – nat: beliggende i</i>					
etageboligområder og blandet bolig/erhverv	L_r $L_{A,max}$	40 55	25 40	30 min –	b b
åben, lav bebyggelse	L_r $L_{A,max}$	35 50	25 40	30 min –	b b

Noter: a) Bygningsreglementerne (3.1), (3.2). b) Vejledning fra Miljøstyrelsen (3.5), (3.6) og (3.7). DENL* = Day-Evening-Night Level.

Tabel 3.6. Myndighedskrav og vejledende værdier for støjniveau fra interne kilder i boliger, undervisningsrum og arbejdslokaler.

Interne støjkloder		Udendørs dB	Indendørs		Måletid	Note
			Umøbleret, dB	Møbleret, dB		
<i>Boliger, etagehuse m.m.:</i>						
Tekniske installationer	L_r	40	30	27	2 min	b
<i>Boliger, småhuse:</i>						
Tekniske installationer	L_r	40	35	32	2 min	b
<i>Undervisningsrum:</i>						
Tekniske installationer	L_r			35	2 min	b
<i>Arbejdspladser:</i>						
Maks. tilladt	L_{Aeq}			85	8 h	a
<i>Vejledende grænser:</i>						
Produktionslokaler	L_{Aeq}			80	8 h	a
Alm. kontorlokaler	L_{Aeq}			70	8 h	d
Intellektuelt arbejde	L_{Aeq}			55	8 h	d
Møderum og kontorer	L_{Aeq}			30	8 h	d
Bygningstransmitteret støj fra virksomheder			Indendørs	Måletid	Note	
<i>Beboelsesrum (efterklangstid 0,5 s):</i>						
Dag og aften	L_r			30	8 h	c
Nat (kl. 22–07)	L_r			25	30 min	c
	$L_{A,max}$			40	–	c
<i>Kontorer (efterklangstid 0,8 s):</i>						
Dag og aften	L_r			40	8 h	c

Noter: a) Arbejdstilsynet (3.3). b) Bygningsreglementerne (3.1) og (3.2). c) Vejledning fra Miljøstyrelsen (3.5), (3.6) og (3.7). d) Vejledende grænse uden reference.

Tabel 3.7. Myndighedskrav og vejledende værdier for maks. efterklangstid T (sekund) og for min. ækvivalent absorptionsareal A (m^2).

Rumkategori	Gennemsnitsværdi, sekund	Frekvensområde, Hz	Note
<i>Boliger, skoler m.m.:</i>			
Trapperum	1,3	500–3150	b
Fælles gange	0,9	500–3150	b
Større fællesrum	0,5	125–2000	c
<i>Skoler:</i>			
Klasserum for særundervisning	0,6	125–2000	b
Klasserum (ikke sang og musik)	0,9		b
Gymnastiksale	1,6		b
Svømmehaller til undervisning	2,0		b
Undervisningsområder	$A \geq 0,9$ gulvareal*		b
<i>Daginstitutioner:</i>			
Opholdsrum	0,6	125–2000	b
<i>Kontorer:</i>			
Under 70 m^3	0,6	125–2000	c
70–300 m^3	$A \geq 0,8$ gulvareal*		a
Over 300 m^3	$A \geq 0,9$ gulvareal*		a
<i>Produktionslokaler:</i>			
Under 200 m^3	0,8	125–2000	a
200–359 m^3	0,9		a
360–519 m^3	1,0		a
520–679 m^3	1,1		a
680–839 m^3	1,2		a
840–1000 m^3	1,3		a
Over 1000 m^3			
Lofthøjde op til 5 m	$A \geq 0,6$ gulvareal*	125–2000	a
Lofthøjde over 5 m	$A \geq 0,7$ gulvareal*		a

Noter: a) Arbejdstilsynet (3.3). b) Bygningsreglementet (3.1). c) Vejledende værdi uden reference.
* Enhed i m^2 , se i øvrigt kapitlet "Lydberegning".

Tabel 3.8. Myndighedskrav, projekteringsværdier og ønskede værdier for mindste luftlydisolation, R'_w (dB).

Bygningstype	Bygningsreglementkrav, dB	Projekteringsværdi, dB	Ønsket værdi, dB
<i>Mellem boliger:</i>			
Etageboliger, vandret	52	55	60
Etageboliger, lodret	53	55	60
Enfamiliehuse, sammenbyggede	55	60	65
<i>Inden for bolig:</i>			
Soverum–opholdsrum, vandret	–	40	45
Soverum–opholdsrum, lodret	–	50	55
Mellem bolig og rum med støj fra erhverv eller fælles service	60	(Se støjkrav)	
Døre mellem bolig og fællesrum	32		
<i>Undervisningsbygninger:</i>			
Mellem undervisningsrum, vandret	48		
Mellem undervisningsrum, lodret	51		
Mellem undervisningsrum og rum til sløjd, sang og musik	60		
<i>Kontorbyggeri:</i>			
Mellem kontorer	–	44	
Mellem møderum	–	48	

Trinlyd

Tabel 3.9 indeholder værdier for trinlydniveau, $L'_{n,w}$. Der anvendes de samme tre klasser som for luftlydisolation; men bygningsreglementernes krav er i dette tilfælde maksimumsværdier.

I tilfælde af eksport til Tyskland skal man være opmærksom på, at de tyske lydkrav er væsentligt strengere end de danske; typisk 5 dB lavere for trinlydniveau.

Tabel 3.9. Myndighedskrav, projekteringsværdier og ønskede værdier for højeste trinlydniveau, $L'_{n,w}$ (dB).

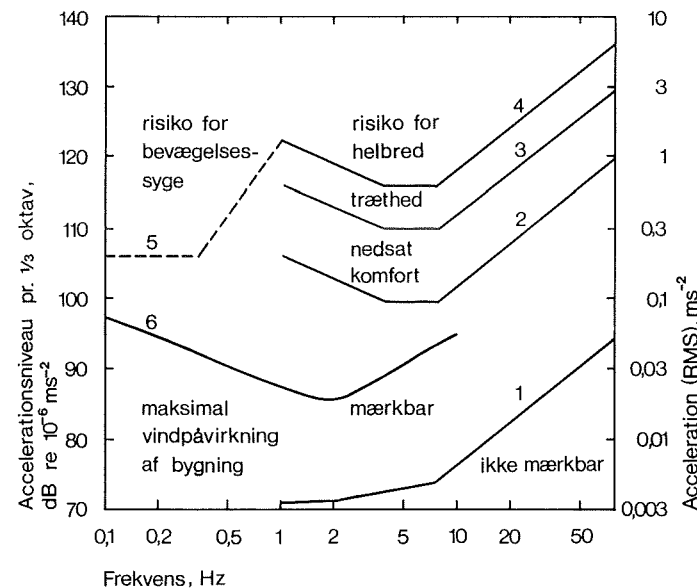
Bygningstype	Bygningsreglementkrav, dB	Projekteringsværdi, dB	Ønsket værdi, dB
<i>Mellem boliger, i opholdsrum:</i>			
Etageboliger, gulve, trapper m.m.	58	53	48
Etageboliger, gulve i baderum, altaner over 2,5 m ²	63		
<i>Sammenbyggede enfamiliehuse, gulve, trapper m.m.</i>			
Gulve i baderum, altaner over 2,5 m ²	58	48	43
<i>Inden for bolig, i soverum:</i>			
Gulve i opholdsrum	–	65	55
Gulve i rum med støj fra erhverv eller fælles service	48		
<i>Undervisningsbygninger:</i>			
Gulve i undervisningsrum, gange og trapper	63		
Gulve i rum til sløjd, sang og musik	53		
<i>Kontorbyggeri:</i>			
Mellem kontorer	–	63	
Fra fællesgange og trapper til kontorer og møderum	–	58	

Vibrationer

Typiske kilder til vibrationer i bygninger er tung trafik eller bygge- og anlægsarbejder. Undertiden kan også nærliggende industrianlæg eller forkert opstillede tekniske installationer i bygninger give problemer med generende vibrationer. Ofte er vibrationer ledsaget af lavfrekvent støj, og det er ikke ualmindeligt, at de generede personer har svært ved at skelne mellem de to forskellige påvirkninger. Det vigtigste frekvensområde for vibrationer i bygninger er 1-80 Hz. Vibrationer i bygninger måles på gulvet og udtrykkes ved det KB-vægtede accelerationsniveau $L_{a,w}$. Metoden er beskrevet i Nordtest metode NT ACOU 082 (3.9). Miljøstyrelsens vejledende værdier for boliger og erhvervsbebyggelse fremgår af tabel 3.10. Figur 3.1 viser tærskelværdier for vibrationer.

Tabel 3.10. Vejledende værdier for vibrationer, KB-vægtet accelerationsniveau, $L_{a,w}$ dB, relateret til niveauet ved 10^{-6} ms^{-2} .

Bygningstype	Accelerationsniveau
<i>Boliger:</i>	
i rene boligområder	75
ved jernbaner	75
i områder med blandet bolig/erhverv	80
<i>Erhvervsbebyggelse</i>	85
<i>Grænse for mærkbare vibrationer</i>	71



- Kurve 1: Strengeste krav for bygninger efter DIN 4150 (3.11).
 Kurve 2-4: Tærskelværdier baseret på 8 timers påvirkning pr. døgn efter ISO 2631 (3.12).
 Kurve 5: Formodet risikogrænse for bevægelsessyge efter 8 timers påvirkning.
 Kurve 6: Forslag til grænse for vandrette accelerationer ved vindpåvirkninger på bygninger, gældende for de værste 10 minutter under den værste storm over en typisk fem-års periode.

Figur 3.1. Tærskelværdier for vibrationer (3.13).

Lys og belysning

Kravene til belysning afhænger af, hvad lyset skal bruges til. I Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler, DS 700 (3.14), er der givet detaljerede retningslinier for de almindeligst forekommende synsopgaver med tilhørende belysningsstyrke samt grænser for den tilladelige blænding. I dette kapitel er derfor kun angivet visse overordnede krav.

Dagslys

Lokaler, der skal have dagslysadgang, bør have et vinduesareal på mindst 10 pct. af gulvarealet og mindst 7 pct. ved ovenlys. Det anbefales, at dagslystilførslen er så stor, at der på opholdspladser i rummene mindst er en dagslysfaktor på 2 pct. Det vil sige at belysningsniveauet bestemt af dagslyset er 2 pct. af det udendørs niveau målt på en vandret flade.

Af energimæssige årsager sætter Bygningsreglementet en øvre grænse for en bygnings vindues- og dørareal. Med konstruktioner, der netop opfylder mindste-

Tabel 3.11. Eksempler på belysningsstyrker ifølge DS 700 (3.14).

Arbejdsopgave	Belysningsstyrke på synsobjektet, lux
<i>Kontorarbejde</i>	
Vedvarende læsning, skrivning	500
Andet kontorarbejde	200
<i>Grafisk arbejde, tegning, syning</i>	
Daginstitution, undervisningsrum	200
Tavler	500
<i>Køkkener</i>	
Tilberedning, råprodukt	200
Koldt, varmt køkken	500
<i>Mødelokaler, kantiner</i>	
	200
<i>Rengøringsarbejde</i>	
Almindeligt	50
Krævende	200

kravene til isoleringsværdi (U-værdi), må arealet højst være 22 pct. af bygningens opvarmede areal. Anvendes bedre isoleringsværdi må arealet være større.

Belysningsstyrke

Tabel 3.11 viser eksempler på belysningsstyrker på de mest karakteristiske arbejdsopgaver.

Luminansfordeling

En flades luminans er et mål for den mængde lys, fladen udsender. Det sted, hvorpå øjnene skal se, bør have den største luminans. Luminansforholdene mellem arbejds- emne, det nærmeste område og omgivelserne bør være ca. 5:3:1. Overgangene skal forløbe jævnt.

Blænding

I DS 700 (3.14) angives grænser for ubehagsblænding fra almenbelysningen.

Termisk klima

Det termiske indeklima kan udtrykkes som den samlede virkning af strålingstemperatur, lufttemperatur, luftens hastighed og turbulensintensitet samt luftens relative fugtighed. For at opretholde komfortable forhold afhænger kravene til de enkelte parametre af personernes aktivitet, påklædning og individuelle fysiologiske behov. Der kan opstilles krav til den samlede virkning af parametrene og til lokale påvirkninger fra de enkelte parametre samt til ændringshastigheden af forholdene. Området er så godt undersøgt, at det er muligt ud fra en statistisk vurdering at forudsige, hvor mange der forventes at være tilfredse med det termiske klima ved givne termiske betingelser. Det forudsætter dog, at aktivitet og beklædning er kendt. I praksis er det vanskeligt at opnå mere end 80-90 pct., der er tilfredse i et kontor med flere personer. Af Norm for specifikation af termisk indeklima, DS 474 (3.15), fremgår de detaljerede sammenhænge. Krav til relativ fugtighed er styret af andre end de termiske forhold.

I tabel 3.12 angives dels de vejledende værdier fra DS 474 (3.15), dels en række projekteringsværdier, som sikrer mulighed for, med en vis tilpasning i påklædning, at opnå tilfredsstillende forhold ved udførelse af forskellige aktiviteter.

Tabel 3.12. Vejledende værdier og projekteringsværdier for termiske indeklimaparametre.

Termisk indeklimaparameter	Vejledende værdier ¹	Projekteringsværdier	Bemærkninger
<i>Operativ temperatur:</i>			
vinter	20–24 °C	21–23 °C	
sommer	23–26 °C	22–25 °C	Arbejdstilsynets krav ² 18–25 °C
<i>Luftens hastighed og turbulensintensitet</i>	Se kurve i DS 474	0,05–0,15 m/s	
<i>Asymmetrisk strålings-temperatur:</i>			
mod kolde flader	< 10 °C		Overholdes normalt i tilfælde, hvor krav i Bygningsreglementet er opfyldt og varmt loft er under 35 °C
mod varmt loft	< 5 °C		
<i>Temperaturforskel vertikal</i>	< 3 °C	< 2 °C	
Overfladetemperatur af gulv	19–26 °C		Højere temperatur ved gulve beregnet til bare fødder. Se gulvvarmeanlæg i kapitel 28: "Varme- og køleanlæg"
<i>Temperaturstigning:</i>			
i løbet af en dag		< 4 °C	
ændringshastighed	< 2 °C/time		

1. Norm for specifikation af termisk indeklima, DS 474 (3.15).

2. Arbejdstilsynet tillader overskridelse ved varmt udeklima.

Luftbårne forureninger

Støv

De eneste grænseværdier, der findes for støv, herunder mineraluldsfibre, gælder for det industrielle arbejdsmiljø og kan således ikke bruges til at fastsætte krav til indeklimaet. En undtagelse er dog faglokaler i skoler og produktionsrum i andre bygninger, hvor Arbejdstilsynets grænseværdier gælder (3.18). Det er således erfaringer, der er udgangspunktet for bedømmelse af støvkonzentrationen i indeluften - som det fremgår af tabel 3.3. Der vil meget ofte være støvkonzentrationer om-

kring 0,2-0,3 mg/m³ i skoler og børneinstitutioner, når der er aktivitet, medmindre at rengøringsstandarden er høj. I lokaler, hvor der ryges, kommer støvkonzentrationen ofte op på 0,5-1 mg/m³.

Da koncentrationen af totalstøvet i luften varierer meget, er det ofte et bedre mål at vurdere hvor rent, der er i lokalet, ved at se på hvor meget støv, der er på gulve og andre overflader, se tabel 3.3.

Mikroorganismer

Svampeporer, bakterier og virus er luftbårne forureninger og er således en del af støvet i luften. Ligesom koncentrationen af totalstøvet i indeluften varierer meget, så varierer også indholdet af svampe, bakterier og virus meget med tid og aktivitet. Der findes ingen myndighedskrav og vejledende værdier i form af acceptable koncentrationer. Lokalets indhold af mikroorganismer i gulvstøvet giver et godt udtryk for lokalets mikrobiologiske belastning. Synlig forekomst af mug er et udtryk for usunde forhold. I mangel af både myndighedskrav og vejledende værdier er det erfaringer, der er udgangspunktet for værdierne i tabel 3.3.

Gasser og dampe

Der findes mange tusinde stoffer i indeluften. En del af dem er gasser og dampe fra byggematerialer. Indtil videre har myndighederne kun fastsat grænser for nogle få stoffer, der har relation til indeklimaet, se tabel 3.13. Men for andre stoffers ved-

Tabel 3.13. Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier for stoffer i indeluften.

Forureningskomponent	Myndighedskrav og vejledende værdi, mg/m ³	Projekteringsværdi, mg/m ³
Formaldehyd	0,15 ^{1, 2} 0,10 ³	0,05
Kuldioxid	1800 ^{2, a)}	1440
Kulmonoxid	10 ³	< 0,5
Ozon	0,2 ^{2, b)} 0,12 ³	< 0,05
Nitrogendioxid	0,15 ³	< 0,1

1. Bygningsreglementerne (3.1) og (3.2).

2. Arbejdstilsynet (3.21). a): Vejledende værdi. b): Grænseværdi.

3. WHO, Air Quality Guidelines for Europe (3.22). (Værdierne bør kun anvendes efter nærmere studie af tilhørende tekst i Guidelines). Se tillige tabel 3.2.

kommende er der udarbejdet såkaldte indeklimaværdier, der udtrykker koncentrationen af en luftforurening, der anses for at være sundhedsmæssigt acceptabel. Dermed kan man vurdere mulige sundhedsmæssige konsekvenser af materialers afgasning til indeklimaet. Indtil videre er der dog kun få stoffer for hvilke, der er udarbejdet indeklimaværdier, se tabel 3.14. Metoden til beregning af indeklimaværdierne er angivet i DS/INF 90 (3.16). Metoden bygger på tre kriterier. Det første omhandler vurderingen af stoffers lugtgener. Det andet omhandler stoffer med en nedre grænse for, hvor der forekommer effekter. Det tredje omhandler stoffer, der ikke har en nedre grænse for en bestemt type effekt.

I (3.17) angives en anden metode, til vurdering af afgasning fra byggevarer, der tager udgangspunkt i Arbejdstilsynets grænseværdier.

Generelt kan det siges, at hvis et materiale er acceptabelt efter lugtkriteriet, vil materialet som regel også være acceptabelt ud fra de andre kriterier.

Tabel 3.14. Indeklimaværdier beregnet efter DS/INF 90 (3.16).

Forureningskomponent	Indeklimaværdi, V_p $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grundlag for værdi
Acetone	430	Irritation
Acetopheon	10	Lugt
Undecan	3500	Lugt
Toluen	300	Irritation
Styren	70	Lugt
α -methylstyren	100	Lugt
Inden	20	Lugt
1,3 diisopropylbenzen	30	Lugt
1,4 diisopropylbenzen	30	Lugt
4-vinyl-1-cyclohexen	1000	Skøn
Isododecen	5000	Skøn
Hexanal	40	Lugt
1,2 propandiol	5000	Skøn
2-butoxethanol	480	Lugt
Texanol	1000	Skøn
Formaldehyd	100	WHO Guidelines
Limonen	800	*

* Et resultat af en samlet vurdering af lugt, irritation og andre effekter.

Ventilation

Projektering af ventilation i form af tilførsel af udeluft og fjernelse af luft er en opgave, der kræver kendskab til antal personer, deres aktivitet, tobaksrygning, andre luftforurenende processer, afgasning fx fra materialer i rummet og fugttilførsel. Luften i et ventilationssystem kan endvidere have til opgave at fjerne varme og fugt og at opvarme eller befugte. I tabel 3.15 vises myndighedskrav og vejledende værdier for ventilationen i fire typiske bygningskategorier. I kapitel 12: "Ventilation og luftkvalitet" beskrives detaljeret baggrunden for kravene og betydningen af de forskellige forureningstypers indflydelse på ventilationens størrelse.

Tabel 3.15. Myndighedskrav og vejledende værdier for ventilation med hensyn til luftkvalitet. Minimumskrav er sundhedsmæssigt forsvarlige.

Bygningstype		l/s pr. person	l/s pr. m^2	Luftskifte pr. time	Bemærkninger
Boliger	minimum	4 ³	0,35	0,5 ¹	¹ Forudsætter udluftning og opfyldelse af krav om udsugning fra bad, køkken og toilet
Kontor	minimum	4 ³ 8 ² 7 ⁴	0,7 ⁴	0,5 ²	³ Min. 10 l/s pr. person ved tilladt tobaksrygning De to værdier sammenvejes efter formel angivet i efterfølgende tekst
Skole	Ved tilladt tobaksrygning minimum	20 ⁴ 5 ¹ 4 ³ 8 ²	0,4 ¹		De to værdier sammenvejes efter formel angivet i efterfølgende tekst
Børneinstitution	minimum barn voksen	4 ³ 3 ¹ 5 ¹ 8 ²	0,4 ¹ 0,4 ¹		De to værdier sammenvejes efter formel angivet i efterfølgende tekst

1. Bygningsreglementerne (3.1) og (3.2).

2. Arbejdstilsynet (3.21) (l/s person er beregnet fra Arbejdstilsynets vejledende værdier for CO₂ fra personers ånding på i alt 1800 mg/m³).

3. DS 447 (3.19).

4. NKB-skrift nr. 61 (3.20).

Sammenvejning af ventilationskrav i kontorer, skoler og dag- og døgninstitutioner

På baggrund af de vejledende værdier, der er vist i tabel 3.15, anvises i NKB-skrift nr. 61 (3.20) en formel for beregning af ventilation i et kontor. Formlen er:

$$q_v = 7 \cdot 0,5 \cdot N + 0,7 \cdot A \quad (q_v \text{ bør mindst være } 7 \text{ l/s pr. person})$$

hvor

q_v er udeluftstrømmen, l/s

A arealet, m²

N antal personer

Som følge af kravene, angivet i tabel 3.15, er formlen til beregning af ventilation i normalklasserum:

$$q_v = 5 \cdot N + 0,4 \cdot A$$

og i et opholdsrum i en dag- og døgninstitution:

$$q_v = 3 \cdot N_{\text{børn}} + 5 \cdot N_{\text{voksne}} + 0,4 \cdot A$$

Se i øvrigt kapitel 12: "Ventilation og luftkvalitet".

Rengøring

Det bedste mål for en objektiv rengøringskvalitet er støvniveauet på rengjorte overflader. Der findes dog ikke tilstrækkeligt grundlag for at fastsætte grænseværdier for støvniveauet på overfladerne med henblik på virkningen af støv på mennesker. Rengøringsbranchen har opstillet niveauer for rengøringskvalitet, baseret på særlige prøvningsmetoder, som kan ses i kapitel 6: "Aflevering, ibrugtagning og drift".

Støv på gulvbelægninger

Værdier for hvor meget støv der kan accepteres fra gulvbelægninger, findes kun som den mængde, der kan opsuges fra gulvene. Et sådant tal afhænger, især for tekstile gulvbelægninger, af støvsugerens effektivitet. Tallene i tabel 3.3 er derfor meget usikre og knyttet til en ikke særlig effektiv opsningsmetode. Opsuges mindre end 0,2 g støv pr. m² fra tekstile overflader, må de dog anses for tilfredsstillende rene.

Litteratur

Generelt

- (3.1) Bygningsreglement. Bygge- og Boligstyrelsen. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (3.2) Bygningsreglement for småhuse BR-S 85 + tillæg 1 og 2. Byggestyrelsen. København 1985-1987.

Lyd og vibrationer

- (3.3) Akustik i arbejdsrum. At-anvisning nr. 1.1.0.1. Arbejdstilsynet. København 1991.
- (3.4) Arbejdstilsynet informerer - Infralyd. Arbejdstilsynet. København 1984.
- (3.5) Ekstern støj fra virksomheder. Vejledning nr. 5/1984. Miljøstyrelsen. København 1984.
- (3.6) Støj og vibrationer fra jernbaner. Vejledning nr. 6/1985. Miljøstyrelsen. København 1985.
- (3.7) Flyvepladser og lufthavne. Vejledning nr. 2/1988. Miljøstyrelsen. København 1988.
- (3.8) Retningslinier for måling og vurdering af vibrationer i det eksterne miljø. Nyt fra Miljøstyrelsen NFM 2/1983. Miljøstyrelsen. København 1983.
- (3.9) Buildings: Vibration and shock, evaluation of annoyance. NT ACOU 082. Nordtest. Esbo 1991.
- (3.10) Shallshutz von Wohnungen. Kriterien für Planung und Beurteilung. VDI 4100. Entwurf 1989. Verein Deutscher Ingenieure. Berlin 1989.
- (3.11) Erschütterungen im Bauwesen. Grundsätze, Voremittlung und Messung von Schwingungsgrößen. DIN 4150. Teil 1. Deutsches Institut für Normung. Berlin 1975.
- (3.12) Guide for evaluation of human exposure to whole-body vibration. 2.udg. ISO 2631. International Organization for Standardization. Geneve 1978.
- (3.13) Rindel, J. H., Kristensen, J. og Petersen, J. Indeklima-lyd. Lyngby 1979.

Lys og belysning

- (3.14) Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler. 4. udg. Dansk Standard DS 700. Dansk Standardiseringsråd. København 1986.

Termiske forhold

- (3.15) Norm for specifikation af termisk indeklima. Dansk Standard DS 474. Dansk Standard. København 1993.

Luftforurening

- (3.16) Anvisning for bestemmelse og vurdering af afgangning fra byggevarer. DS/INF 90. Dansk Standard. København 1994.
- (3.17) Toksikologisk vurdering af indeklimateforureninger i jord. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1993.
- (3.18) Grænseværdier for stoffer og materialer. At-anvisning nr. 3.1.0.2. Arbejdstilsynet. København 1992.

Ventilation

- (3.19) Dansk ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg. Normstyrelsens publikationer NP-153-N. Dansk Standard DS 447. Dansk Ingeniørforening. København 1981.
- (3.20) Inomhusklima-luftkvalitet. NKB-skrift nr. 61. Nordiska komittén för byggbestämmelser. Esbo 1991.
- (3.21) Indeklima. At-meddelelse nr. 1.01.9. Arbejdstilsynet. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (3.22) Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications. European Series no. 23. København 1987.

Del 3

Planlægning, projektering, udførelse og drift

4. Planlægning

Planlægningsprocessen

Dette kapitel giver en oversigt over, hvordan det organisatorisk kan sikres, at hensynet til indeklimaet inddrages i beslutningsgrundlaget på lige fod med andre vigtige funktionskrav. I kapitlet gennemgås de enkelte faser af planlægningen, og der anvises metoder og redskaber til at inddrage hensynet til indeklimaet. Eksempelvis har beslutningerne om bygningens orientering og hoveddisposition, etagehøjde og rumdybder, vinduesudformning og rummenes proportioner vidtrækkende indflydelse på indeklimaet. Kapitlet er skrevet med henblik på planlægning af større byggerier.

Forberedelse og organisering

Ved den overordnede tilrettelæggelse af byggesagens forløb etableres en projektororganisation, deltagerne i processen udpeges, og der fastlægges en tidsplan. Den fastlagte fremgangsmåde bestemmer mere end noget andet samarbejdsformen i planlægningsforløbet.

Tilrettelæggelsen af byggesagen har betydning for, hvor højt indeklimahensyn vil kunne prioriteres, og hvor meget de vil kunne behandles som en helhed under processen. En vigtig opgave i den indledende fase er at udarbejde en arbejdsplan, hvor indeklimaprojekteringen er tydelig markeret i forløbet. Arbejdsplanen bør vise, hvad der skal udføres og rækkefølgen i planlægningsarbejdet. Den kan både for bygherre og rådgivere være et middel til at kontrollere, at hensynet til indeklimaet bevares i processen. Arbejdsplanen kan tydeliggøre:

- hvilken strategi, der bør benyttes, så indeklima behandles på lige fod med de øvrige forhold
- hvordan styringen gennem faserne bør være
- hvordan samarbejdet etableres på kryds og tværs
- hvor i organisationen de forskellige interesser afvejes.

Bygningsplanlægningens faser

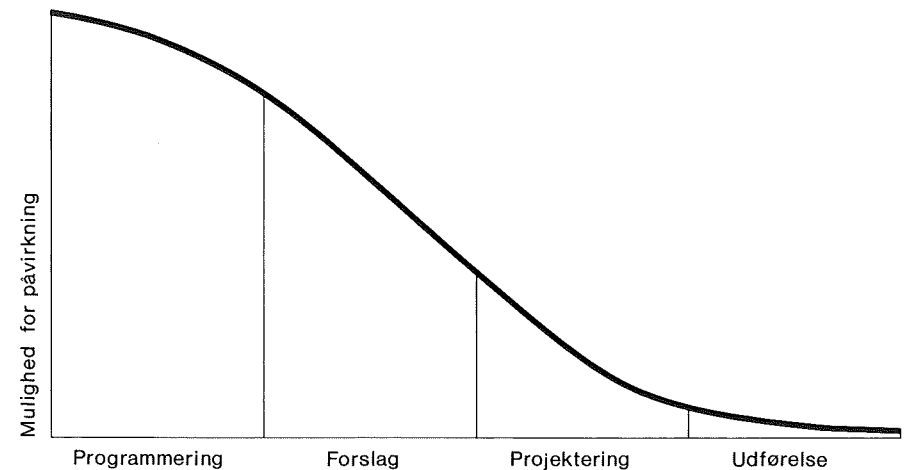
Bygningsplanlægningen foregår traditionelt i 3 hovedfaser:

- programmering, hvor byggeopgavens målsætninger formuleres
- forslag, hvor alternative løsningsprincipper fremlægges
- projektering, hvor byggeopgavens løsninger formuleres.

I større byggesager opdeles hovedfaserne ofte i delfaser. Se mere om bygningsplanlægning i (4.6).

Under programmeringen opstilles de indeklimakrav, der ønskes opfyldt i den færdige bygning under de givne generelle vilkår, og hermed tilvejebringes grundlaget for at udarbejde forslag til en eller flere indeklimaløsninger og siden for projektering af indeklimaet. Under de første overvejelser om byggeriet er løsningsmulighederne "uendelige", idet kun lovgivningen og bygherrens økonomi sætter begrænsninger. Meget hurtigt i processen, og hver gang, der træffes beslutninger om byggeriet, fremgangsmåden eller økonomien, indskrænkes løsningsmulighederne, se figur 4.1. Det er derfor vigtigt at ønsker og krav til indeklimaet medtages tidligt i planlægningsprocessen, således at de planlægges og fastlægges sammen med andre overordnede krav, og at kravene fastholdes gennem hele forløbet.

I de tilfælde, hvor bygherren har fastlagt en økonomisk ramme, får arkitekten ofte til opgave at skitsere et forslag til, hvordan byggeriet kan udformes og placeres på den udvalgte grund, dvs. at forslagsfasen starter før programmeringen. Der fastlægges hermed en række overordnede forhold, som er med til at bestemme indeklimaet i den færdige bygning. Det vil derfor være en fordel at vurdere relevante indeklimateforhold under skitseringen.



Figur 4.1. Model, som angiver muligheden for at påvirke planlægningsforløbet gennem faserne.

De implicerede parter rolle

Byggesagens projektorganisation omfatter bygherren og de tekniske rådgivere, dvs. arkitekt og ingeniører. Ved byggearbejdets iværksættelse vil udførende håndværksmestre eller entreprenører indgå i projektorganisationen. Ud over de traditionelle parter i byggesagen kan der også benyttes andre rådgivere, fx en indeklimarådgiver (4.7), som bidrager med rådgivning i samarbejde med de øvrige rådgivere.

Bygherre og brugere

Bygherren eller dennes repræsentant afgør de økonomiske og tidsmæssige rammer for byggeriet. Bygherren er således den, som beslutter, hvordan indeklimahensyn skal prioriteres og inddrages i processen. Ved større byggesager vil bygherren normalt nedsætte et byggeudvalg med repræsentanter for bygningens kommende brugere, der således inddrages i overvejelser og beslutninger om bygningens udformning, indretning og indeklimaforhold.

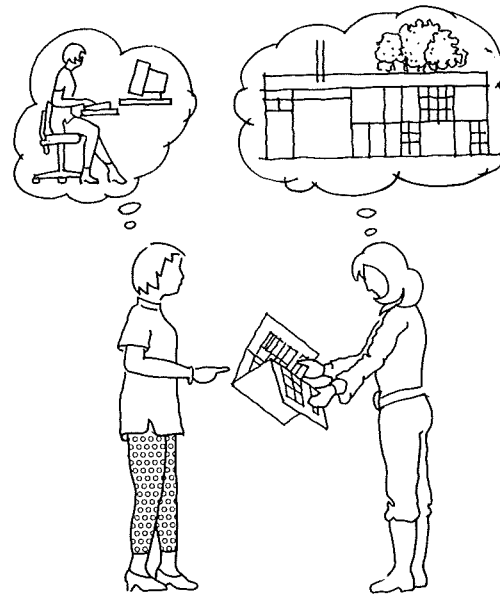
Ved sygehus- og skolebyggeri har der i mange år været tradition for, at brugerne deltager i planlægningsforløbet. Der er erfaring for, at brugerdeltagelsen kan have en gavnlig indflydelse på den færdige bygning i brug. Der kan tilføres væsentligt flere oplysninger om bygningens daglige brug og dermed om indeklimaønsker og -behov, end bygherren eller rådgiverne kan finde i faglitteraturen, checklister og egne erfaringer. Det er vigtigt at brugere og rådgivere etablerer et godt samarbejde og anvender planlægningsredskaber, som illustrerer en række nuancerede løsningsforslag. Redskaberne skal give brugere og rådgivere mulighed for åbent at diskutere muligheder og konsekvenser for indeklimaet.

De fleste virksomheder og institutioner har en sikkerhedsorganisation (SIO), hvis opgaver er nærmere beskrevet i Arbejdstilsynets anvisninger (4.1) og (4.2). En af SIO's opgaver er at deltage i planlægningen af sikkerheds- og sundhedsarbejdet, og det indebærer blandt andet, at SIO skal inddrages ved nybyggeri, udvidelser, ombygninger o.l. (4.3).

I planlægningsprocesser, hvor bygherren er uerfaren både med hensyn til at indgå i en planlægningsproces og til at inddrage indeklimahensyn, er der et stort behov for en gennemgående indeklimainsats og vejledning fra de rådgivende. En professionel bygherre derimod vil efterhånden opsamle viden og erfaring med planlægning af indeklimaforhold i sin egen organisation. Bygherren kan således indgå i en dialog på lige fod med de rådgivende og sikre, at indeklimahensyn inddrages på den rigtige måde.

De tekniske rådgivere

For at få den bedste indeklimaløsning, stilles der store krav til samarbejdet og dialogen mellem de forskellige parter, figur 4.2. Det æstetiske, det rumlige og til



Figur 4.2. Dialog mellem helhed og detalje.

dels det funktionelle behandles ofte af den samme rådgiver som en helhed gennem processen. Det er denne rådgivers opgave, allerede under de første skitser, at tage hensyn til opstillede indeklimakrav i bygge- og rumprogram, og få dem integreret som en helhed i bygningsudformningen. Indeklimakrav må således indgå på lige fod med krav til æstetiske, rumlige og materialemæssige forhold.

Ifølge arbejdsmiljølovgivningen påhviler der projekterende og rådgivere en pligt til at tage hensyn til sikkerhed og sundhed, herunder indeklimaforhold, samt sikre at arbejdsmiljølovgivningen overholdes ved projektets udformning. Dette kan blandt andet betyde, at der skal foretages beregninger, hvis der er usikkerhed om, hvorvidt kravene til indeklimaet kan overholdes, (4.4) og (4.5).

De udførende

Det bør sikres gennem en omhyggelig projektering, at metoder og materialer anvendt under udførelsen er godt beskrevet, og at de udførende sikrer, at indeklimahensyn fastholdes under bygningens opførelse, de anviste metoder følges, og at de anviste materialer anvendes. Det bør i udbudsmaterialet gøres klart for de udførende, at hvis de under byggearbejdets forløb ønsker at anvende andre materialer eller udførelser end projekteret, må de klimatekniske konsekvenser være klarlagt, når ønsket forelægges for de projekterende.

Programmering

Under programmeringen defineres hvilke egenskaber, der er væsentlige for det færdige byggeri. Programmeringen af indeklimaet består i:

- at bygherren gør sig bygningens indeklimamålsætning bevidst
- at byggeriets forudsætninger vedrørende anvendelsen klargøres
- at målsætningen gøres operationel ved at beskrive den som indeklimakrav og -ønsker.

Under programmeringen fastlægges den økonomiske ramme for det kommende byggeri. Der udarbejdes en funktionsbeskrivelse, der angiver de væsentligste aktiviteter og funktioner, som byggeriet skal rumme. En samlet funktionsanalyse har stor betydning for de krav, der skal stilles til indeklimaet.

I programfasen fastlægges overordnede og kvalitative krav til bygningens ydre miljø og til indeklimaet. Der skal tænkes i helheder og perspektiver mere end i detaljer. For eksempel har valg af rumstørrelser, reflektanser, vinduesudformning og møblering alle indflydelse på belysningens kvalitet og energiforbrug, dagslysfald i rummene og reguleringsmuligheder for den kunstige belysning. Ligesom krav til regulering og styring af kunstlyset har indflydelse på el-installationen.

Resultatet af programmeringen udmøntes i byggeprogrammet med tilhørende bilag i form af fx rumprogram, planudkast og eventuelt afprøvning i modeller, der i tekst, diagrammer og eventuelt skitser danner grundlag for de efterfølgende faser.

Eksempel på et rumprogram med krav, der kan stilles til bygningsudformningen så tidligt i processen, at skitseringen ikke er begyndt, kan ses af figur 4.3.

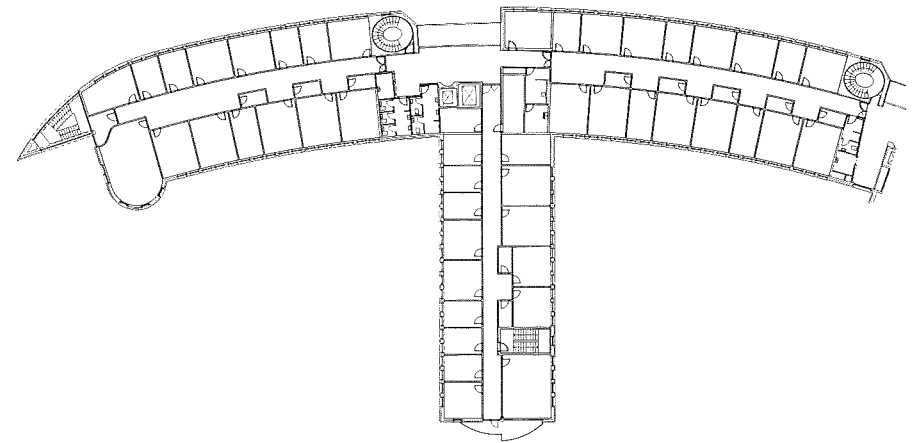
Krav og ønsker vil danne et billede af hvilke rumtyper, rumdybder og ventilationsprincipper, der både ud fra funktion og indeklima er optimale.

Placering af mange kontormaskiner, fotokopimaskiner, laserprintere og faxer stiller specielle krav til bygningsudformningen. Fotokopimaskiner og laserprintere bør af hensyn til varme-, støj- og ozonudvikling placeres i særskilte og velventilerede rum i rimelig gangafstand fra kontorarbejdspladserne og nærmest ved de arbejdspladser, som anvender funktionerne mest, fx sekretærerne, se figur 4.4. Allerede tidligt i processen bør tal for varme- og ozonudvikling og støjniveauer foreligge, så de projekterende kan tage hensyn til forholdene under skitsering af principper for rumudformning, væg- og lofttyper, ventilation, køling og føringsveje. Detaljerede krav til kopirum kan findes i kapitel 20: "Rumkategorier og indeklimakrav".

Bygherrens og brugernes krav og ønsker:

- 1-, 2- og 3-personskontorer
- Cad-arbejdspladser integreres i kontorerne
- arbejde ved skriveborde ønskes placeret ved vinduesfacaden
- arbejdet ved pc-skærme ønskes placeret længere inde i rummet med skærmene placeret parallelt med vinduerne af hensyn til korrekt dagslystilgang
- arbejdet med cad skal have 12-15 m² pr. arbejdsplads
- sagsbehandling med arbejdsbord og skærmarbejdsplads skal have 10-12 m²
- der skal være plads til en reolsektion bag den enkelte arbejdsplads
- kontorinddelingen skal være fleksibel med et modul, der kan opfylde de opstillede krav både til 1-, 2- og 3-personskontorer
- printere og andre forurenende maskiner (gasser, støj og varme) ønskes placeret i tilknytning til arbejdsfunktionerne, men uden for rummet
- temperaturen skal holdes inden for 20-23 °C.

Figur 4.3. Eksempel på rumprogram med krav og ønsker til bygningsudformning i programmeringsfasen.



Figur 4.4. Kontoretage indrettet med kontorer i 2 rumdybder 4,5 og 5,5 m med plads til 1, 2 og 3 personer, og som opfylder kravene i figur 4.3. I gangene er der placeret små ventilerede rum til printere.

Hensyn til drift

Byggeprogrammet bør også indeholde oplysninger og krav vedrørende bygningens drift, fx krav om løsninger, som er "vedligeholdelsesfrie" eller baseret på vedligeholdelsesmetoder og -midler, som ikke influerer negativt på indeklimaet. For eksempel skal overflader, som kræver behandling (maling, olie, polish mv.) vurderes ud fra hyppighed af behandling, brug af opløsningsmidler og slid. På samme måde bør der stilles krav til rengøringsvenlige løsninger og materialer.

Forslag

I forslagsfasen kvantificeres og bearbejdes de opstillede indeklimakrav til arealer, rumforløb, installationsprincipper og bygningsudformning. Herefter opstilles et eller flere koordinerede løsningsforslag, som i grove træk viser bygningens placering, størrelse og udformning svarende til byggeprogrammet.

Med godkendelsen af et af disse forslag bør forudsætningerne for arbejdet i projekteringsfasen ideelt set være så nøje afklarede, at de enkelte rådgivere videre frem vil kunne arbejde mere uafhængigt af hinanden inden for de forudsætninger, der er opstillet. Følgelig skal der i forslagsfasen være stillet kontrollerbare krav til indeklimaet og truffet principbeslutninger om eksempelvis bygningsdele, materialevalg, installationer, inventar, udbudsform og drift.

Projektering

Under projekteringen foretages en række valg af materialer, produkter, byggekomponenter og udførelsesmetoder under hensyn til de indeklimatiske egenskaber og de krav og principper, der tidligere er formuleret under programmeringen. Eksempelvis omsættes en principbeslutning om at vælge glatte, rengøringsvenlige overflader og materialer med mindst mulig afgivelse af fibre og gasser til valg af konkrete produkter, fx et bestemt vægmateriale eller en fugemasse, lim eller maling. En eventuel teknisk undersøgelse af fx afgangning bør foregå på dette tidspunkt, hvis der ikke allerede foreligger en tilstrækkelig dokumentation. I Del 4 "Projekteringsværktøjer" gennemgås forskellige metoder til materialevalg, og der angives beregningsmodeller til lys, lyd og termisk klima.

I projekteringsfasen fastlåses og specificeres valgene i væsentligt omfang som konkrete løsninger for at blive en del af udbudsgrundlaget. Typisk vil det være sidste mulighed for reelle ændringer og da kun efter nøje overvejelse for mulige afledte gener. Ønsker man fx at ændre gulvbelægningen fra tæpper til en hård belægning, kan de afledte ulemper for lydforhold og rengøring betyde omprojektering af dæk, øvrig akustisk regulering og indgangspartier.

Under projekteringen vil det være hensigtsmæssigt at indlægge en eller flere

runder med projektgranskning af indeklimaet. Projektgranskningen kan give en vurdering af projektets evne til at opfylde de specificerede indeklimakrav og identificere, hvor der alligevel kan være opstået problemer. Projektgranskning er beskrevet senere i kapitlet.

Projekteringsfasen afsluttes med et hovedprojekt bestående af beregninger og de produktionstegninger og beskrivelser, der skal være de udførendes arbejdsgrundlag. I bygningsdelsbeskrivelserne er det vigtigt at indeklimakrav til bygningsdelen er kvantificeret og konkretiseret med hensyn til, hvad den skal kunne yde for at opfylde et tilfredsstillende indeklima (funktionsbeskrivelse), se eksemplet i figur 4.5. Udbudsbetingelserne for indeklimaforholdene bør udformes sådan, at det er muligt at kontrollere om betingelserne er opfyldt.

Sparerunder

Under projekteringen vil løsningsudformningen ofte overskride det fastlagte budget, og der igangsættes en eller flere sparerunder. Der vil blive foreslået billigere materialer, andre belysningsarmaturer eller at kølingen på ventilationsanlægget spares væk. Indeklimaforholdene skal under sparerunderne tages op til vurdering, og konsekvenserne for den fremtidige brug af bygningen skal vurderes, før det endelige valg træffes.

Hensyn til drift

Under projekteringen bør alle informationer om de egenskaber, der vedrører rengøring og vedligehold og deres eventuelle indeklimapåvirkning fremskaffes og vurderes for den enkelte løsning og bygningsdel. Der bør desuden fremskaffes eller udarbejdes materiale, som skal danne baggrund for den kommende driftplan og renhold. Følgende driftsanvisninger bør udarbejdes:

- rengøringsmetoder og -midler til bygningens enkelte dele, specielt overflader og tekniske installationer
- vedligeholdelsesmetoder og -hyppigheder for bygningens enkelte dele
- anvisning ved de- og remontering af flytbare bygningsdele, specielle forholdsregler mod fx fiberspredning, støv og opløsningsmidler
- anvisning vedrørende hensigtsmæssig udnyttelse af bygningen som helhed og dens enkelte dele, dvs. anvisninger, forbrugere og driftspersonale om fx regulering af varme, ventilation, udluftning, placering og brug af maskiner og apparater og andre forhold, der har betydning for indeklimaet.

Hensyn til udførelse

I de projekterendes kontrolplan bør de forhold, der har betydning for indeklimaet, indgå på lige fod med de forhold, der har betydning for statik, holdbarhed og ud-

Funktionsbeskrivelse - solafskærmning

Formålet med automatisk styring af persienne er:

at undgå opvarmning af rummene på grund af solindfald i sommerhalvåret, så der kan opretholdes et godt indeklima
at undgå generende sollys i rummene i forbindelse med skærmarbejdspladser.

Fuld automatik - solafskærmningen skal:

automatisk køre ned/op og stille lamellerne i forhold til solhøjde
køre ned når solen skinner ind i rummet
mindst have 6 grundindstillinger svarende til årets skiftende solhøjder
udformes med indstillingsmulighed for lamellernes grundindstilling fra rummet
have valgfrie driftperioder
have flere lysfølere svarende til drift forår/sommer/efterår/vinter
have justeringsmulighed for automatikkens lysfølsomhed
køre op ved brand, fare for frost eller ved stærk blæst.

Brugerstyring - solafskærmningen skal:

kunne aktiveres ned/op af brugerne uafhængig af automatikken
kunne stoppes og lameller vippes i alle stillinger efter brugers behov.

Placering af betjeningskontakt:

i panel sammen med el- og edb-kontakter
fri af møblering.

Andre krav:

støjniveau fra motorer må maks. være 35 dB(A) inde i rummet
persiennen udføres i lyse, matte og robuste materialer.

Modelforsøg:

Der skal udføres modelforsøg, inden entreprisekontrakten udføres. Ved forsøget skal det eftervises, at funktionsbeskrivelsens krav er opfyldt.

Uddannelse:

Inden aflevering skal driftspersonale undervises i betjening og regulering.

Aflevering:

Ved aflevering skal eftervises, at alle de stillede krav er opfyldt.

Service:

Service eller udskiftning af motorer og rengøring af lameller skal kunne ske inde fra bygningen uden brug af kran. Fremgangsmåden skal være godkendt af Arbejdstilsynet.

Figur 4.5. Uddrag af en funktionsbeskrivelse til en automatisk styret solafskærmning.

seende. For eksempel bør der ske en kontrol af vægbeklædninger og vægbehandlinger, gulvbelægninger samt lime, primere, undergulve, loftmaterialer, fugemasser, samlingsdetaljer og lign., som kan påvirke rengøringsvenligheden og indeklimaet i brugsfasen.

Planlægningsværktøjer til inddragelse af indeklimahensyn

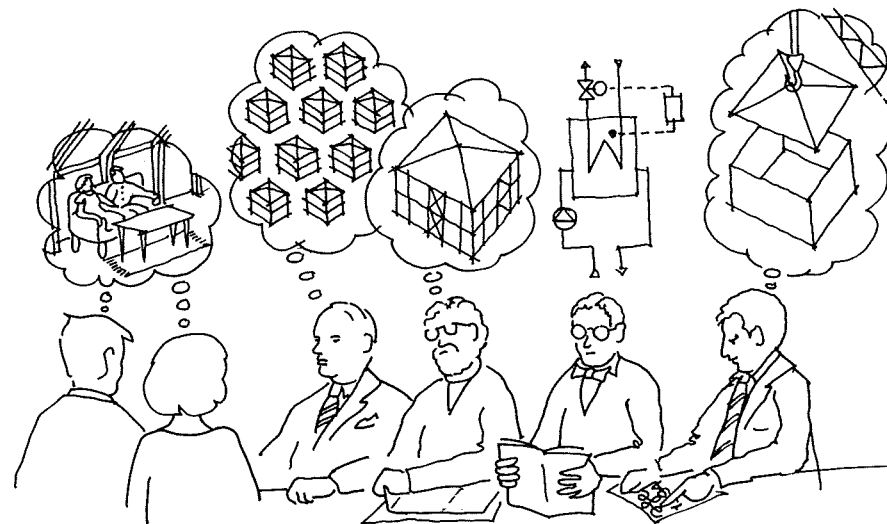
Afsnittet fokuserer på nogle af de planlægningsværktøjer, som kan bruges ved inddragelse af indeklimaforhold under byggesagens forløb. Værktøjerne skal ses som et supplement til de traditionelle værktøjer, som anvendes under planlægningen. Værktøjerne er forskellige, afhængig af hvad bygningen skal bruges til, situation, tid og deltagere i processen.

Erfaringstilbageføring og kravformulering

Erfaringer som inspiration

Erfaringer om bygningers indretning, tekniske anlæg og drift, og det deraf afledte indeklima vil være til stor gavn og inspiration i planlægningsforløbet for både bygherre, brugere og rådgivere, se figur 4.6.

Ved inddragelse af brugernes erfaringer og forventninger fås ofte upåagtede og væsentlige oplysninger om problemer og mangler. Det er vigtigt, at både negative



Figur 4.6. Projekteringsmøde med bruger, bygherre, arkitekt, ingeniør og entreprenør.

og positive erfaringer systematiseres. De positive erfaringer kan anvise velkendte og afprøvede løsninger, som ikke giver gener med indeklimaet. De negative kan udpege områder, som skal have en ekstra grundig analyse for at sikre, at der opnås et godt indeklima.

Det er mest hensigtsmæssigt at begynde med en analyse af den nære situation og de aktiviteter, der skal foregå i bygningen, fx arbejdsfunktion, opholdsmulighed, legemulighed og serviceydelser. Herfra arbejdes hen mod de overordnede bygningsmæssige forhold, fx rumdybder og rumhøjder, rumforløb og bygningsudformning.

Erfaringer med indeklimaforhold og bygningsudformning kan også indhentes fra litteraturstudier, byggeprojekter, bygninger i brug samt interview med bygherrer, brugere og driftspersonale.

Formulering af krav

Der bør i det væsentlige arbejdes med:

- overordnede og kvalitative indeklimakrav og ønsker i programfasen
- kvantitative krav og alternative løsningsprincipper i forslagsfasen, og
- indeklimaløsninger i projekteringsfasen.

Kravene bør i starten formuleres kvalitativt og fortrinsvis som funktionskrav. Hvis der meget tidligt i processen opstilles kvantitative løsninger, vil der være en fare for, at man binder sig fast til én endegyldig løsning, der i sig selv kan være udmærket, men som ikke passer sammen med de øvrige løsninger, og som ikke giver det ønskede resultat. Længere henne i processen vil kravene blive udbygget både kvalitativt og kvantitativt.

Af hensyn til kontrollerbarheden af byggeriets indeklima, når det færdige hus afleveres, bør så mange krav som muligt udtrykkes kvantitativt. Skitser, tegninger og fotografier kan anvendes til at formidle de planlagte løsninger.

Rumprogrammer og rumskemaer

Rumprogrammer og rumskemaer er et vigtigt værktøj i samarbejdet mellem rådgivere, bygherre og brugere. Rumprogrammer giver bygherren et godt overblik over de fremtidige lokaler og deres anvendelse, installationer, driftsøkonomi og indeklimaforhold. Og brugerne kan ofte bedre orientere sig om indretningen, installationerne og deres betjening, materialerne og indeklimaforholdene i et rumskema, end i andre af byggesagens mange dokumenter. I rumskemaerne samles og formidles de mange oplysninger om hvert enkelt rums forhold, se figur 4.7. Samtidig vil rumprogrammer og rumskemaer typisk være vigtige aftaledokumenter. Rumprogrammer og rumskemaer indeholder oplysninger samt krav og ønsker vedrørende:

- anvendelse af bygningen og dens rum
- aktiviteter, personbelastning og brugeradfærd
- rumstørrelser og mål
- nærhed til andre rum
- installationer
- inventar og udstyr
- indeklima
- materialer/rengøring

og de vil typisk være opdelt i oplysninger

- fælles for hele bygningen
- fælles for rumtyper som køkkener, klasserum, kontorer, toiletter etc.
- specielle for det pågældende rum, fx lokal udsugning, lydregulering og lydisolations.

Rumprogrammer og rumskemaer bør introduceres tidligt i bygningsplanlægningen og ajourføres og videreudvikles undervejs i processen. Gennem hele forløbet skal de væsentligste indeklimaforhold fastholdes, samtidig med at udtryksformen må skifte gennem faserne. Der er ingen faste regler for udformningen eller indholdet af rumskemaerne. De udarbejdes til den aktuelle byggesag på basis af rådgiverens og eventuelt bygherrens erfaringer. En skitse til et rumskema er vist i figur 4.7. Se i øvrigt (4.8).

Programfasen

Rumprogrammer og rumskemaer bør udarbejdes første gang tidligt i programfasen, typisk af de rådgivende teknikere, på grundlag af oplysninger, der indsamles i bygherrens organisation. Et af de væsentligste umiddelbare formål vil være bestemmelsen af bygningens størrelse samt fordelingen af rumtyper, tidlige overslag over byggeomkostninger og i nogle tilfælde også valg af byggegrunden. Det betyder, at væsentlige forudsætninger for indeklimaet, for bygningens funktion og for brugernes velvære fastlægges.

Kvalitative krav kan for eksempel formuleres som ønsker om, hvordan *indeklimaet opleves*:

- gode dagslysforhold
- orientering af opholdsrum efter rummenes funktion
- orientering af arbejdsrum med størst mulig dagslysadgang og mindst mulig varmepåvirkning fra solindfald
- videst muligt udsyn uden indbliksgener
- luftskifte og udluftning skal foregå ved naturlig ventilation

Sag:	Sign.:	Dato:
Rumbetegnelse:		
<i>Funktion og anvendelse</i> Hoved- og bifunktion: Antal personer, gæster: Aktivitetsniveau: Brugstimer, overarbejde, ugedage: Ferie, fridage:		
<i>Særlige forhold</i> Rygere, mad, planter, arkivering etc.: Adfærd og egenindflydelse: Forbilleder:		
<i>Indeklimaoplevelse</i> Oplevelse generelt: Visuelt: Akustisk: Luft: Termisk: Rengøring: Andet:		
<i>Inventar og udstyr</i> Møbler og udstyr: Elstik, service, sug etc.:		
Bemærkninger:		

Figur 4.7. Skitse til rumskema for programfasen.

- bygningens placering skal tillade brug af vinduesudluftning
- rummene skal kunne tilpasses de funktioner, der skal være i bygningen
- bygningen opdeles i zoner afhængig af de enkelte funktioners krav til indeklimate, fx skal dagslys frem for kunstlys samt udsyn på udearealer prioriteres højt for rum beregnet til længerevarende ophold.

Som eksempler på væsentlige, kvalitative oplysninger og krav under *indeklimate generelt* kan nævnes:

- indeklimateforhold skal være lovlige og kunne godkendes af arbejdstilsyn, embedslæge m.fl.
- indeklimateforhold skal tage hensyn til vekslende individuelle behov, muliggøre komfort og egenindflydelse og være forberedt for særligt følsomme og udsatte personer
- indeklimateforhold bør tilbyde positive stimulerende påvirkninger, velvære, oplevelse og variation.

Som eksempler på væsentlige, kvalitative oplysninger og krav for en kontorbygning under de *specifikke indeklimateforhold* kan nævnes:

- udsyn og dagslysadgang ved alle faste arbejdspladser
- ikke-rygere skal sikres røgfrie miljøer
- forurenende processer adskilles fra rene processer eller indrettes med individuel ventilation
- standardkontorerne skal kunne benyttes til en kombination af skrivebords- og skærmarbejde
- arealer fastlægges ud fra funktionsanalyser af den enkelte arbejdsfunktionens behov for plads
- belysningsanlæg udformes og tilpasses arbejdsfunktionerne i bygningen
- materialer og løsningsdetaljer udformes med glatte og afrundede flader, så rengøringsmuligheder optimeres.

Det anbefales at lade rumprogrammer og rumskemaer være suppleret og illustreret af principtegninger, fx planudkast, håndperspektiver, samt i større byggesager også at illustrere opbygningen af enkelte rum i en mock-up.

Forslagsfasen

Som eksempler på væsentlige, kvantitative krav, der kan stilles til indeklimate i forslagsfasen kan nævnes:

- efterklangstid, lydisolationsmod naborum, støj fra rummets anvendelse og installationer, principløsning for akustisk regulering

- rumtemperaturer på almindelige dage og på varme dage
- principløsninger af radiatorer, solafskærmning, ventilation
- brugerindflydelse og brugerstyring af lys, temperatur og ventilation
- belysningsstyrke, luminansforhold, blændingstal
- principper for belysning og armaturtyper
- rengøringsniveauer og -intervaller, brug af rengøringsmidler og -metoder
- installationer til rengøring, depotrum, plads til maskiner.

Projekteringsfasen

Rumprogram og rumskemaer bør være ordnet i en database, der giver mulighed for nemt at indføre nye forudsætninger, fx et ændret materialevalg og dets konsekvenser i de tilfælde, hvor man har fået ny viden eller i en sparerunde har fundet en billigere løsning. En database kan også benyttes til lokalisering af visse typer af risici, gode og mindre gode løsninger, fx hvad angår materialevalg, afgangning og drys, akustisk regulering, varmekapacitet, solindfald og maskinvarme. Forslag til database beskrives indgående i (4.11), se i øvrigt figur 4.8.

Udførelsesfasen

Rumprogrammer og rumskemaer vil hen gennem forslagsstillelse, projektering og udbud efterhånden blive en del af aftalegrundlaget for entreprenørerne. Det kræver som nævnt en oversættelse af de bløde data til "hårde data", som i udbudsfasen kan danne grundlag for tilbud, og efter ibrugtagningen anvendes til at "måle og veje", om det præsterede svarer til det aftalte.

Brugsfasen

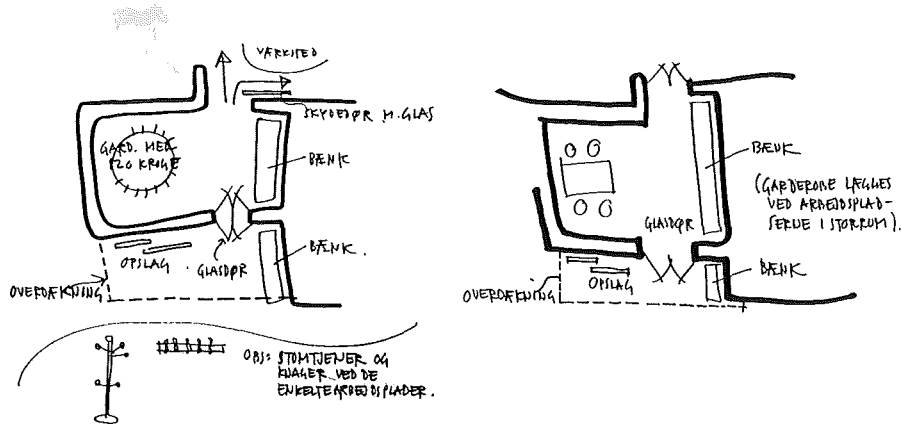
I brugsfasen kan et Facilities Management (FM) system anvendes til at holde styr på rummenes anvendelse, møblering, drift rutiner for rengøring, tilstandsvurdering m.m. og også sikre, at indeklimakrav og -niveauer opretholdes. Rumskemaerne er et godt grundlag for opbygning af et FM-system.

Planudkast

For at sikre at der tages hensyn til indeklimaet både under detaljeringen og i helhedsudformningen, må krav og ønsker til bygningsdele, bygningsdelssamlinger og byggeproces ses i sammenhæng med rummene og bygningsudformningen, som allerede beskrevet under rumprogrammer. Der kan derfor i takt med programmering og forslagsfasen udarbejdes håndskitser, som i tekst og tegning dels udtrykker erfaringer, problemer og krav, dels skitserer et løsningsprincip. Skitse og beskrivelse samles på et A4-ark, som kan anvendes som supplement til rumprogrammet,

Bygningsdel	Areal m ²	Mængde m ² /m ² gulv	Isolering W/m ² °C	Varme- kapacitet W/m ² · °C	Lyd- absorptions- koefficient	Lys- reflektion pct.	Tekstur glans	Emission mg/m ² · h	Indeklima- relevant tids- værdi, mdr.
Gulv:									
Loft:									
Sidevægge:									
Bagvæg:									
Ydervæg:									
Installationer:									
Rummet:									
Gennemsnit									
Sum									
Klassificering									

Figur 4.8. Bearbejdet uddrag af et rumskema i form af et data- og regneark med nøgletal for vurdering af indeklimaets kvalitet og for advarsel om risici.



Figur 4.9. Eksempler på planudkast.

se figur 4.9. Eksemplerne giver deltagerne i processen bedre mulighed for at diskutere problemer og muligheder. Fremgangsmåden tvinger desuden deltagerne til systematisk at overveje og begrunde deres forslag til løsning. Vedrørende planudkast og andre planlægningsredskaber se (4.9).

Mock-up - model 1:1

Det redskab, som mest autentisk viser løsningsprincipper i deres helhed, er en mock-up. Ved fuldskalaforsøg bliver studier og vurderinger mere realistiske. Mock-up'en giver mulighed for at deltagerne kan opholde sig i modellen og opleve konsekvenserne af de løsninger, som de har valgt.

Mock-up'en kan indgå på flere niveauer i programfasen:

- under funktionsanalysen - til at udvikle og illustrere indretning, møblering, pladsforhold, rumstørrelser, kontormoduler mv.
- under udvikling og valg af principløsninger for materialer, belysning, ventilation, vinduesudformning, akustisk regulering etc.

En mock-up bør have følgende egenskaber:

- afprøvning af nye forsøg og indretninger skal være hurtig, effektiv og billig
- forandringer skal kunne udføres på stedet
- mock-up'en skal opstilles i velegnede lokaler, som bedst mulig simulerer den tænkte situation, fx med dagslysadgang og udsyn til det fri
- den skal kunne illustrere forskellige størrelser på rum med indretning til både én og flere personer.

Modelværkstedet på Kunstakademiets Arkitektskole har udviklet et elementsystem til opbygning af mock-up. Elementerne kan tilpasses ethvert rummål med en afvigelse på mindre end 5 cm, og de kan beklædes med forskellige overfladematerialer.

Ved vurdering af forskellige ventilationsprincipper og udformning af indblæsnings- og udsugningsarmaturer vil det være nødvendigt at anvende laboratoriefaciliteter, som er udstyret med specialudstyr. Nogle fabrikanter og leverandører af ventilationsudstyr har sådanne faciliteter.

Cad- og edb-modeller

Ved hjælp af tredimensionale cad-modeller er det muligt at optegne rumlige modeller af de bygningsudformninger og rum, der arbejdes med under planlægningen. Fordelen er, at hver gang et nyt forslag kommer på bordet, får bygherre og brugere et visuelt grundlag for at vurdere ændringen.

Ved indeklimaprojektering vil det være en stor fordel, hvis rumlige programmer og beregningsprogrammer til termiske forhold, belysning, dagslysindfald, akustik mv. kan kobles sammen. Hermed kan nye forslag beregnes og samtidig "besigtiges" rumligt.

Der er igangsat både internationale og nationale projekter, og der kommer flere edb-programmer, som kan integrere cad-modeller og beregningsprogrammer, for eksempel foreligger en prototype på et program, hvor bygningsdata fra cad kan formateres over i tsbi3's dataformat. Suppleret med oplysninger om klimadata vil den tegnede bygningsmodel kunne simuleres i tsbi3 (4.10).

Indeklimagranskning

For at sikre byggeriets indeklimakvalitet gennem planlægningsprocessen vil det være en fordel at udføre en indeklimagranskning efter hver afsluttet fase. Indeklimagranskning er et supplement til en planlægningsproces, hvor der arbejdes aktivt med at inddrage indeklimahensyn. Ved granskningen undersøges indeklimaets kvalitet for et givet rum på et givet tidspunkt i projekteringsforløbet, og den er især vigtig når det samlede hovedprojekt foreligger, det vil sige i projektets slutfase. Der arbejdes med 12 granskningsområder, der er opstillet efter SfB-systemet, og der granskes ud fra de 7 grupper af indeklimapåvirkninger, der er vist i figur 4.10, se endvidere (4.12).

Granskning af indeklima

SfB nr.	Granskningsområde	Dato
(35) (45)	Loft, incl. beklædning, overflader og ovenlys	91-04-24
		Side 10
Påvirkning	Undersøgelse	
<i>Afgasningstid</i>	<i>Er afgasningsforløbet fra byggematerialer acceptabel. Er eventuel anvendelse af præ-afgassede loftmaterialer incl. samlingsdetaljer planlagt. Ved vurdering tages såvel tiden fra etablering til ibrugtagning i betragtning som mulighederne for f.eks. forceret bortventilering af gasser og dampe.</i>	
5. VENTILATION		
<i>Infiltration</i>	<i>Er vindstandsede lag, fuger og tætningslister ved loftsisolering mod det fri og kolde tagrum tilstrækkelig tætte. Den opblandede infiltrationsluft må ikke give anledning til trækgener i opholdszonen.</i>	
<i>Udluftning</i>	<i>Kan fornøden udluftning via aftræksventiler eller ovenlys ske uden trækgener. Udluftningen bør altid kunne reguleres individuelt.</i>	
6. ELEKTRISK BELYSNING		
<i>Reflektans</i>	<i>Medvirker loftets overflader til en passende lysfordeling. Loftet bør mindst reflektere 70% af lyset.</i>	
<i>Blænding og kontrast</i>	<i>Er der risiko for blænding fra særlig lyse flader eller spejling i blanke overflader. Subjektiv vurdering af store reflektansværdier af loftsoverflader ved ovenlysvinduer, overfor dagslys, i kombination med kontrastforhold overfor nattemørke.</i>	
7. STØJ OG LAVFREKVENT LYD		
<i>Ekstern støj</i>	<p>a) <i>Har tagloftskonstruktionen incl. ovenlys m.m. tilstrækkelig lufttydisolation over for trafikstøj i henhold til BR-82, kap. 9 samt overfor ekstern støj fra virksomheder i henhold til Miljøstyrelsens vejledning nr. 5, 1984.</i></p> <p>b) <i>Har ovenlys - tætningslister, hængsler og lukkeanordninger - fuger og stopninger m.m. med tilstrækkelig lufttydisolation</i></p>	
<i>Nabostøj</i>	<p>a) <i>Har loftkonstruktionen tilstrækkelig lufttydisolation mod naborum.</i></p> <p>b) <i>Har loftkonstruktionens samlinger med indervægge og ydervægge en tilstrækkelig lufttydisolation.</i></p>	

Figur 4.10. Eksempler på granskning af loft inklusive beklædning, overflader og ovenlys. Uddrag af (4.12).

Udbud

Når et byggeri udbydes til produktion og udførelse blandt interesserede entreprenører, vil det være et udtryk for, at bygherren nu har formuleret byggeopgavens målsætninger tilstrækkelig præcist. Dette indebærer dels, at der er taget hensyn til alle bindende forudsætninger, dels at bygherrens og brugernes krav og ønsker er så afklarede, at deres videre medvirken i planlægningens beslutningsproces burde være unødvendig.

Ved udbud i totalentreprise stilles store krav til dokumentationen i programmeringsfasen. Under programmeringen skal det være muligt at vurdere og præcisere kravene til indeklimaet samt udvikle og afprøve løsninger. Det er nødvendigt, at programmets indeklimakrav og principløsninger er så entydige, at entreprenørens valg af løsning og produktion ikke forringer indeklimaet. Da det kan være vanskeligt at specificere indeklimakrav tilstrækkeligt i et byggeprogram, vil der ved totalentrepriseformen fortsat skulle være en dialog mellem bygherre og totalentreprenør for at sikre, at indeklimakravene specificeres og omsættes til hensigtsmæssige løsninger (4.12).

Litteratur

- (4.1) Virksomheders sikkerheds- og sundhedsarbejde. At-anvisning nr. 6.1.0.1. Arbejdstilsynet. København 1989.
- (4.2) Opbygning af sikkerhedsorganisationen inden for det offentlige. At-anvisning nr. 6.1.0.2. Arbejdstilsynet. København 1990.
- (4.3) Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 392 af 10. august 1978 om virksomhedernes sikkerheds- og sundhedsarbejde. København 1978.
- (4.4) Lov nr. 681 af 23. december 1975 om arbejdsmiljø med senere ændring og tilføjelser. Arbejdsministeriet. København 1975.
- (4.5) Projekterendes og rådgiveres pligter mv. efter lov om arbejdsmiljø. Bekendtgørelse nr. 501 af 5. oktober 1978. Arbejdsministeriet. København 1978.
- (4.6) Cronberg, T. et al. Bygningsplanlægning. Programmering. SBI-rapport 131. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1981.
- (4.7) Laustsen, S. Kontormiljø. Arbejdsmiljøhensyn ved planlægning af kontorbyggeri med ny teknologi. ATV Erhvervsforskerrapport EF216. COWIcon-sult og Danmarks Tekniske Højskole. Institut for Arbejdsmiljø. Lyngby 1990.
- (4.8) Renhold og indeklima begynder på tegnebordet. ISS Indeklima service. København 1991-.

- (4.9) Jensen, S. E. Bygningsplanlægning med brugerdeltagelse. Metoder og redskaber. SBI-anvisning 151. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1986.
- (4.10) Traberg-Borup, S. Integration af edb-værktøjer til energi-, indeklimatekniske beregninger. Byggeindustrien nr. 4. 1993.
- (4.11) Andersen, B., Dahl, T. og Sørensen, P. Materialer og indeklimateknik. Kunsthøgskolens Arkitektskole. Institut for Byggeteknik. København 1991.
- (4.12) Jørgensen, E. K. Kvalitetsstyring i byggeriet. Granskning af indeklimateknik. Byggeriets Udviklingsråd. København 1991.

5. Udførelse

Anvendelse af byggevarer, der er fremstillet på fabrik, vil normalt indebære fordele for indeklimaet i den færdige bygning, fordi fremstillingsprocessen langt bedre kan styres og kontrolleres på fabrikken, end på byggepladsen. Desuden kan eventuel afgasning af stoffer anvendt ved fremstillingen ske inden montagen i bygningen.

Fremstilling på fabrik

Byggevarer fremstillet på fabrik spænder fra færdige, rumstore bygningsdele, fx færdigmonterede badeværelser, til mindre komponenter, fx loftplader eller gulvbrædder. For fabriksfremstillede byggevarer har producenten valgt sammensætning og overfladebehandling. Der må stilles krav til leverandøren om, at byggevarer skal opfylde de ønskede indeklimategenskaber. Det kan fx ske ved at forlange byggevarer og materialer indeklimatekniske.

Afgasning

Hærdnings- og tørringsprocesserne samt lagringsforhold og lagringstid bør være tilrettelagt, så det fabriksfremstillede produkt har "afgasset", inden det indbygges. En eventuel nødvendig tid til afgasning efter levering og montage bør indgå i tidsplanlægningen som en lige så vigtig del som produktion og montage. Jo senere i byggeprocessen produkterne indbygges, jo vigtigere er dette.

Fugt og skader ved oplagring

De færdige byggevarer skal beskyttes mod støv, malingspletter, fugt og andre nedbrydende påvirkninger. Tidspunktet for byggevarernes ankomst til byggepladsen bør derfor planlægges, og der skal sikres en passende opbevaring. Eksempelvis er det vigtigt, at ventilationskanaler leveres afdækkede i enderne og først åbnes umiddelbart før montage.

Produktion på stedet

Fugt i bygningen

Det er af største betydning at hindre regnvand i at komme ind i bygningen så tidligt som muligt i byggeprocessen for at undgå ophobning af fugt. Det gøres normalt

bedst ved, at bygningen lukkes med de permanente bygningsdele, dvs. vinduer, døre og tæt tag med tætte inddækninger. Kan fugt i bygningen og dens hulrum ikke undgås under byggeriet, må der sikres en udtørring, inden hulrum lukkes, eller der indbygges andre elementer, fx inden pålægning af gulvbelægning eller montage af skabe mod betonelementvægge.

Udtørring

Uanset de nævnte forholdsregler er der normalt behov for en udtørring af fugt samt gasser og dampe fra materialerne før ibrugtagning. Udtørringen kan accelereres ved at opvarme bygningen samtidig med kraftig udluftning, også gerne ved at bruge eventuelle ventilationsanlæg. Undlades kraftig udluftning, kan der ske det modsatte af, hvad der er formålet. En kraftig opvarmning uden kraftig ventilation kan bevirke, at fugt og forureninger sætter sig i andre materialer eller drives længere ind i materialerne. Udtørringen bør ske inden møbler og inventar flyttes ind i bygningen.

Renhold

Det er vigtigt, at der ikke indbygges støv og snavs, der senere kan danne grobund for mikroorganismer. Ved processer, hvor der bores, slibes, hugges eller saves, skal støvet opsamles i forbindelse med processen. Hvor dette ikke kan lade sig gøre bør det opsamles umiddelbart efter. Bearbejdning af materialer, fx tilskæring af mineraluldsbatts, bør ske i et særligt lokale - helst uden for bygningen.

Bygningen bør rengøres et antal gange, mindst hver gang nye hovedaktiviteter begynder, for at forhindre at der bliver lukket støv inde. Flere af disse rengøringer vil være en naturlig og nødvendig del af byggeprocessen, fx rengøring før der lægges gulvbelægning, medens andre skal gennemføres alene af hensyn til indeklimaet. Det gælder fx rengøring af kabelbakker, rørinstallationer samt ventilationskanaler (både ind- og udvendigt) inden de nedhængte lofter monteres. Loftskinner til nedhængte lofter, monteret længe før loftpladerne lægges op, bør rengøres før oplægningen.

Byggepladsforholdene har på flere områder indflydelse på indeklimaet i den færdige bygning. Adgangsvejene til bygningen skal kunne holdes rene og give mulighed for, at det værste snavs kan tørres af fodbeklædningen. Der kan fx være faste belægninger (fx de permanente asfalt- eller flisebelægninger) kombineret med skraberiste og børstearrangementer ved indgangene.

Slutrengringen inden indflytning er beskrevet nærmere i kapitel 6: "Afl levering, ibrugtagning og drift". Ud over den traditionelle støvsugning, gulvvask og vinduespolering indeholder den en kontrol af ventilationskanalernes renhed, udskiftning af ventilationssystemets filtre, hvis det har været i brug, samt en støvsugning af lofterne.

Rengøringsmidler

I forbindelse med slutrengringen kan det ske, at der er behov for skrappe midler, fx alkaliske eller stærke organiske opløsningsmidler. Hvis rengøringen ikke kan gennemføres med indeklimavenlige midler, må man i det mindste sørge for, at midlerne ikke suges ind i materialerne for senere at blive afgivet over en lang periode. For eksempel er det vigtigt ved afsyring af murværk, at der både forvandes og eftervandes, så syrerester ikke forbliver i murværket. Under og lige efter rengøringen bør der ventileres kraftigt.

Generelt bør afdækninger/emballeringer anbefales til beskyttelse af byggevarerne mod påvirkninger under byggeprocessen. Malingsklatter og afmærkningsstreger, som senere skal fjernes med opløsningsmidler, bør undgås.

Andre forhold

Tætning mod støj

Lydisolationen i den færdige bygning afhænger meget af arbejdets udførelse. Det er især vigtigt med tætning af rørgennemføringer, fugning af samlinger mellem skillevægge og omliggende komponenter og korrekt placering af udsparinger i skillevægge, fx til skjulte elektriske kabler, rør og elektriske afbrydere. Foranstaltningerne bør foreskrives detaljeret i projektmaterialet og udføres som foreskrevet.

Indbygning af motorer

Montage af motorer til fx solafskærmning, gardiner, lærreder, nedhængte lamper og ventilationsmotorer bør i projektet være beskrevet detaljeret af hensyn til deres støjafgivelse og eventuel lydtransmission. Overlades placeringen til de udførende, som det ofte er sket, viser erfaringen, at der kan blive problemer.

Ændring af foreskrevne materialer eller produkter

Der skal anvendes de materialer og byggevarer, der er foreskrevet i projektmaterialet. Hvis der ønskes ændringer, skal de godkendes af den projekterende, idet en ændring kan influere på det resulterende indeklima.

Prøverum

Prøverum i eller uden for bygningen med prøver af gulve, vægoverflader, lofter, installationer og samlingsdetaljer giver mulighed for at afprøve og indøve udførelsesmetoder, kontrollere lyd gennemgang gennem vægge og etageadskillelser samt måle gasser og dampe fra de anvendte byggevarer.

6. Aflevering, ibrugtagning og drift

Aflevering

Aflevering af et byggearbejde (en entreprise) sker ved en afleveringsforretning, som er en formaliseret bekræftelse på, at det arbejde, som bygherren har bestilt, er afsluttet med en tilfredsstillende kvalitet.

Planlægning og gennemførelse af en afleveringsforretning er beskrevet i BPS-publikation nr. 50: "Afleveringsprotokol" (6.1).

Efter afleveringsforretningen har bygherren ansvaret for bygningens drift. Det er derfor nødvendigt, at bygherren ved afleveringen får overdraget et materiale, som kan sikre en forsvarlig drift.

Luftkvalitet og termiske forhold er især afhængige af ventilationsanlæggenes og varmeanlæggenes rette funktion. Det er derfor meget væsentligt ved afleveringen at konstatere, om anlæggene virker efter hensigten, blandt andet hvad angår ydelser og regulering.

Der bør foretages en kontrol af det termiske indeklima og støjniveauet fra installationerne.

Akustiske forhold som efterklangstid og lydisolation samt belysningsstekniske forhold som belysningsstyrke fra almen belysning og luminansforhold bør også kontrolleres. Endelig kan der tænkes gennemført en bedømmelse af luftkvaliteten.

Afprøvningsmetoderne og de ønskede ydelser skal være specificerede i projektet.

Ventilationsanlæg

For ventilationsanlæg gælder, ifølge Bygningsreglementet (6.2), at mekaniske udsugningsanlæg og anlæg, der er forsynet med både mekanisk udsugning og mekanisk indblæsning, skal opfylde bestemmelserne i Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg, DS 447 (6.3). I denne står blandt andet følgende:

Afprøvning ved aflevering

Ventilationsanlæg skal leveres i driftsklar og rengjort stand.

I forbindelse med afleveringen skal det eftervises, at anlægget er udført og fungerer i overensstemmelse med det projekt, der er gældende på afleveringstidspunktet.

I forbindelse med afprøvningen udfærdiges en afprøvningsrapport.

Afprøvningen bør ikke iværksættes, før anlægget er fuldt funktionsdygtigt. Der bør foreligge afprøvning af anlæggets tæthed inden den følgende afprøvning finder sted. Ud over en visuel kontrol bør der udføres undersøgelser, der kan give grundlag for en vurdering af, om funktioner og ydelser er som aftalt.

Afprøvningen bør mindst omfatte en måling af hovedvolumenstrømmen, stikprøvekontrol af indregulering og måling af den minimale og maksimale udelufttilførsel. Der bør tillige udføres funktionskontrol af det automatiske reguleringssystem samt en stikprøveundersøgelse af systemets reguleringstekniske egenskaber. Ventilationsanlæggenes lydniveau måles, og anlæggene efterses for tilsmudsning.

Vedrørende funktionskontrol mv. af det automatiske reguleringssystem henvises til Dansk Ingeniørforenings norm for automatiske reguleringssystemer til VVS-tekniske anlæg, DS 468 (6.4), samt til SBI-anvisning 105 "Afcheckning af ventilationsautomatik" (6.5).

Afprøvningsrapporten bør indeholde de målte værdier med angivelse af målemetoder, måleinstrumenter og den sandsynlige målefejl.

Varmeanlæg

For varmeanlæg indeholder Bygningsreglementet følgende af betydning for afleveringen:

Ved installation af centralvarmeanlæg med tilhørende reguleringsudstyr skal anlæg og udstyr indreguleres og afprøves. Prøveresultater, relevante tegninger og angivelse af forindstillinger skal indgå i en drifts- og vedligeholdelsesinstruks. Instruksen skal desuden indeholde anvisninger for energiøkonomisk drift og vedligeholdelse.

Dansk Ingeniørforenings norm for varmeanlæg med vand som varmebærende medium, DS 469 (6.6), indeholder blandt andet krav til kontrol og indregulering samt regulering.

Kontrol af indregulering

Indregulering af varmeanlægs, forsyningsanlægs og delanlægs vandstrøm kontrolleres.

Regulering

Automatiske reguleringsanlæg kontrolleres med hensyn til fremløbstemperatur, tidstyring og trykstyring. Radiatortermostaters funktion med hensyn til følerplacering afprøves.

Vedrørende funktionskontrol mv. af det automatiske reguleringssystem henvises til DS 468 (6.4), samt til SBI-anvisning 124 "Afcheckning af varmeautomatik" (6.7).

Afprøvning af indeklimate

Termisk indeklimate

Norm for specifikation af termisk indeklimate, DS 474 (6.11), indeholder følgende krav vedrørende dokumentation af det termiske indeklimate:

Ved måling af termisk indeklimate i den færdige bygning skal det kunne eftervises, at kravene til det termiske indeklimate er opfyldt. Ved projekteringen skal det angives, hvad der skal måles og under hvilke omstændigheder. Målingerne skal udføres så de dækker de mest kritiske forhold og typiske forhold.

Der bør foretages en kontrol af temperaturforløbet i en periode, hvor ventilationsanlægget og/eller varmeanlægget er i funktion. Temperaturforløbet kan i øvrigt simuleres med beregningsprogrammet tsbi3 (6.16).

Hvor der er mekanisk udsugningsanlæg og anlæg, der er forsynet med både mekanisk udsugning og mekanisk indblæsning, bør luftstrømningsmønstret kortlægges, specielt skal indblæsningsluftens hastighed måles under forskellige indblæsningsforhold.

Det er normalt ikke nødvendigt at foretage kontrolmålinger af strålingstemperatur i bygninger bygget efter isoleringskravene i Bygningsreglementet, se yderligere herom i DS 474 (6.11), og SBI-anvisning 130: "Måling af termisk indeklimate" (6.8).

Lydforhold

Før rummene tages i brug, skal der foretages en lydmåling for at kontrollere, at det tilladelige lydniveau ikke er overskredet. Hvis andet ikke er anført i projektmaterialet, skal lydniveauet måles i rummidte. I beboelsesrum og undervisningsrum, hvor støjilden (radiatorer, ventilationsåbninger og individuelle installationer) er placeret i rummene, måles lydniveauet desuden 1,0 m fra væg eller installation og fra 1,2 m til 1,5 m over gulv for hver støjkilde. Støjniveauet i beboelsesrum måles normalt i umøblerede, indflytningsfærdige rum. Måles der i møblerede beboelsesrum, skal de målte værdier være mindst 3 dB mindre end de tilladelige lydniveauer.

Støj fra ventilationsanlæg kan have flere årsager, heriblandt nogle som har med anlæggets indregulering at gøre.

Støj i indblæsnings- og udsugningsarmaturer opstår meget let ved blot mindre

afvigelse i armaturets indstilling. Det er derfor vigtigt at afprøve alle armaturer med hensyn til støj.

Belysning

Belysningsniveauet fra almen belysningen måles i et punkt under et armatur L_u og et punkt mellem to armaturer L_m . Den gennemsnitlige belysning beregnes efter formlen $(L_u + 3L_m):4$. Luminansen måles i møblerede lokaler på og omkring arbejdspladser. Vedrørende fortolkning af måleresultatet henvises til kapitel 3: "Myn-dighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier". Der kan forekomme andre specifikke krav i projektet.

Luftkvalitet

Ved afleveringen efterses, om kanaler er rene for støv og beskyttelsesmidler indvendig. Filtre skal være udskiftede til nye.

Det kan endvidere afprøves om den resulterende luftkvalitet svarer til det projekterede med hensyn til specifikke afgangninger, fx formaldehyd og til luftkvalitet bedømt af et panel af personer, se kapitel 12: "Ventilationskrav og luftkvalitet".

Indflytning

Rengøring inden indflytning

Før indflytningen skal der i bygningen være foretaget en grundig rengøring, der omfatter:

- indervægge, gulve, lofter
- varme- og ventilationsudstyr i rummene
- sanitet og afløb
- teknikrum og ventilationsanlæggets komponenter (nye filtre monteres)
- fast inventar, udvendig og indvendig.

Denne rengøring skal foretages med maksimal ventilation enten med anlæg i drift eller med kraftig udluftning, se også kapitel 5: "Udførelse". Inventar, bøger og apparater skal rengøres inden indflytningen.

Indflytningstidspunkt

En ny eller nylig renoveret bygning vil i den første tid afgive flere forureninger end senere, selv om der er valgt materialer med lille forureningsafgivelse. Enkelte forsøg har vist, at koncentrationen af forureninger har kunnet reduceres 20 pct. ved en ekstraordinær opvarmning med kraftig ventilation i nogle dage. Herved reduceres også byggefugten.

Det tilrådes derfor at

- vente med indflytningen til senest mulige tidspunkt
- forcere eventuel afgang og affugtning ved at ventilere kraftigt og opvarme, idet temperaturen skal tage skyldigt hensyn til materialerne, normalt maksimum 35 °C
- vente med at møblere og flytte materialer ind til efter forceret afgang og/eller affugtning for at møbler og papir ikke skal optage de stoffer, der skal fjernes.

Vejledning af driftspersonale og brugere

Når en ny bygning tages i brug skal driftspersonale og brugere orienteres om bygningens drift og brug.

Driftspersonale

Driftspersonalet skal have en driftsvejledning med tegninger, funktionsdiagrammer og driftsstrategier præsenteret og udleveret. Personalet skal være instrueret i anlæggenes opbygning og funktion, fx ved at deltage i afleveringsforretningen. Der skal i driftsstrategien være angivet, om der skal ventileres særligt i en nærmere angiven periode, eventuelt med bygningens indvendige døre åbne. Driftspersonalet skal kunne forklare brugerne om sammenhængen mellem installationernes funktion og indeklimaet. Se de følgende afsnit om styring, kontrol, overvågning samt vedligehold.

Brugerne

Brugerne skal kende princippet i funktionen af bygningen og installationer især med vægt på konkret brug, og de begrænsninger der eventuelt er. En enkel udformet brugervejledning skal foreligge, og der skal ligeledes gives forklaring på særlige forhold ved bygningens ibrugtagning. Brugervejledningen er nødvendig både for boliger og øvrige bygningskategorier. Den skal være udformet individuelt, men typisk med følgende overordnede indhold:

- betjening af varme anlæg
- betjening af ventilationsanlæg
- behov for og vejledning i udluftning af bygningen og de enkelte rum
- betydning af og behov for rengøring og orden
- betydningen af placering og brug af apparater og kontormaskiner
- brugervanernes betydning, fx tøj tørning, med hensyn til fugtafgivelsen
- betjening af solafskærmning
- hvem der kan hjælpe med at løse eventuelle indeklimaproblemer.

Se i øvrigt DS 447 (6.3) og DS 469 (6.6).

Drift, generelt

Bekendtgørelse om bygningsdrift med tilhørende vejledning (6.9) fastlægger Bygge- og Boligstyrelsens overordnede krav til planlægningen af gennemførelsen af bygningers drift.

Bekendtgørelsen er kun bindende for nybyggeri, der hører under Byggeskade-fonden, dvs. almennyttigt boligbyggeri, men det er Bygge- og Boligstyrelsens ønske, at kravene vil få afsmittende virkning på det øvrige byggeri.

Bygningsdrift omfatter vedligehold, renhold, forsyning, pasning og overvågning. Bekendtgørelsens hovedkrav er, at bygningsejeren skal udarbejde og følge en plan for driften af byggeriet, og at projektmateriale, dokumentation for udførelsen, driftsinstruks, brugsanvisninger og lignende, der danner grundlag for planen, til enhver tid skal findes i ajourført form hos bygningsejeren.

Driftsplanen skal omhandle:

- de nødvendige driftsaktiviteter, herunder driftsrutiner
- tidspunkter for vedligeholdsarbejdets udførelse under angivne forudsætninger, hvilken vedligeholdstilstand byggeriet skal have, og hvornår bygningsdele og installationer påregnes udskiftet
- de økonomiske ressourcer, der er nødvendige for at efterleve planen.

Endvidere kræves det, at driften dokumenteres således, at der fremkommer en systematisk oversigt over planens gennemførelse.

Drift af ventilationsanlæg og varme anlæg

Ventilationsanlæg

Ventilationsanlæg kan medvirke til et dårligt indeklima, hvis de ikke fungerer efter hensigten. Det skyldes ofte forkert drift.

Grundlag for driftsplan for ventilationsanlæg kan blandt andet uddrages af DS 447 (6.3). Der er tre normkrav, der vedrører driften:

Generelt

Alle komponenter, der kræver pasning og vedligeholdelse, skal være let tilgængelige og skal monteres sådan, at arbejdet kan foretages på en hensigtsmæssig og sikkerhedsmæssigt forsvarlig måde.

Aggregater skal mærkes sådan, at betjeningsmåde og funktion er umiddelbart forståelig.

Drift- og vedligeholdelsesinstruktion

Der skal foreligge en fyldestgørende drifts- og vedligeholdelsesinstruktion samt et sæt hovedtegninger med alle måle- og kontrolpunkter anført.

Driftskontrol

Ventilationsanlæg skal forsynes med måleudtag, komponenter eller instrumenter, der muliggør en kontrol af, at de ønskede ydelser er til stede.

Anvisninger og anbefalinger vedrørende drift af ventilationsanlæg kan læses i Bygge- og Boligstyrelsens "Vejledning om drift af ventilationsanlæg" (6.10), se i øvrigt figur 6.1.

Varmeanlæg

For varmeanlæg skal der udarbejdes vejledninger for brug, drift og vedligehold på dansk efter Brugervejledninger for installationskomponenter og -udstyr i byggeriet, DS 1021 (6.17). Vejledningerne skal foreligge ved ibrugtagning af det færdige anlæg. DS 469 (6.6), indeholder en detaljeret beskrivelse af drift og vedligehold.

Brugervejledning

Der skal udarbejdes brugervejledning for styring og regulering af det termiske indeklima. En vejledning bør indeholde anvisninger om indstilling og regulering af de faktorer, der påvirker det termiske indeklima i de enkelte rum samt eventuelle anvisninger om udluftning.

Driftsvejledning

Der skal udarbejdes en vejledning i drift af anlægget. En driftsvejledning bør blandt andet indeholde ajourførte tegninger over varmeanlægget og en udførlig beskrivelse af anlæggets funktion, samt af de driftsparametre der er forudsat for normal drift.

Vedligeholdelsesvejledning

Der skal udarbejdes en vejledning i vedligeholdelse af anlægget, herunder i fejlfinding, rengøringsanvisninger, fx for radiatorer samt øvrige vedligeholdelses- og reparationsrutiner.

Driftsplan for ventilationsanlæg*Anlægsoversigt:**Drifts- og tilstandskontrol*

Oversigt over kontrolfrekvenser

Checklister for drifts- og tilstandskontrol

Vejledning til checklister.

Renholds- og vedligeholdsplan

Oversigt over skønnede renholds- og vedligeholdelsesfrekvenser.

Budget

Grundlag for budget vedrørende renhold og vedligehold.

Driftsinstruktionen for det enkelte ventilationsanlæg skal omfatte:

Beskrivelse

Identifikation, lokalisering

Opbygning, funktion

Vigtige data, henvisninger.

Betjening

Normaldrift, indstillingsværdier, driftstider

Alarmer, nøddrift

Driftskontrol.

Vedligehold

Vedligeholdelsesanvisninger

Vedligeholdelsesfrekvenser

Data vedrørende materialer og komponenter.

Renhold

Rengøringsanvisninger og rengøringsfrekvenser

Data vedrørende materialer og komponenter.

Figur 6.1. Indhold af driftsplan for ventilationsanlæg - i overskrifter.

Renhold af bygning og lokaler

Driftsudgifterne for en bygning udgør en væsentlig omkostning, som der skal tages hensyn til ved vurdering af et projekt - både ved nybyggeri og større renoveringer.

Driftsudgifterne (af størrelsesordenen 400 kr. pr. m² i 1992) for en typisk ny kontorbygning fordeler sig som følgende:

Vedligehold	ca. 25 pct.
Forsyning	- 15 -
Renhold	- 35 -
Overvågning og fællesdrift	- 25 -

Omkostningerne vil være afhængige af bygningstypen, fx om det er en skole eller et plejehjem. Udgifterne til renhold og vedligehold udgør ofte mere end 50 pct. af bygningens totale driftudgifter og må derfor tillægges stor opmærksomhed under planlægningen og projekteringen, specielt med henblik på valg af rengøringsvenlige materialer og rengøringsvenlig indretning af bygningen.

Formål med rengøring

Renhold af bygninger og lokaler tjener en række formål: hygiejniske, sikkerhedsmæssige, produktionsfremmende, vedligholdsmæssige og æstetiske - afhængig af bygningens anvendelse. Rengøringen skal tilpasses den enkelte bygningskategori.

Ved rengøringsprocessen fjernes en række skadelige forureninger (støv) fra indemiljøet. Almindeligt husstøv kan indeholde flere hundrede forskellige stoffer, herunder mikroorganismer, pollen, hudskæl, hår, tekstilfibre, mineraluldsfibre, plastmaling, metal, beton og forskellige kemiske stoffer, der er bundet på partiklerne.

I rum med mangelfuld rengøring ophobes støv, som hvirvles op, når rummet bruges. Støvet kan give anledning til slimhindeirritation i næse, svælg og øjne samt hudirritation hos en del af personerne, der færdes i rummene. En undersøgelse (6.14) har vist, at der er sammenhæng mellem rengøring og øjengener: jo dårligere rengøring, jo flere øjengener. Hvor rengøringsprogrammet var tilrettelagt, så rengøringen holdt trit med smudsbelastningen, forekom færrest øjengener.

Valget af rengøringsmetode spiller en vigtig rolle for indeklimakvaliteten. Eksempelvis fjernes ved fugtige metoder mere støv fra hårde og halvhårde gulvbelægninger end ved tørre metoder, afhængig af besmudsningsgrad, art samt af overfladens beskaffenhed.

Service Branchens Arbejdsgiverforening har fastsat tre niveauer for rengøringskvaliteten ud fra, hvor meget støv der efter rengøring efterlades på forskellige overflader (6.18), se tabel 6.1.

Tabel 6.1. Service Branchens Arbejdsgiverforenings niveauer for rengøringskvalitet (6.18).

Rengøringskvalitet (støvniveau)	1	2	3
	pct.	pct.	pct.
<i>Inventar:</i>			
Personnære flader	0-1	1-2	2-4
Almindeligt tilgængelige flader	0-1,5	1,5-3	3-6
Andre flader	0-5	5-10	10-15
<i>Gulve (tæppebelagte):</i>			
Gangzoner	0-5	5-10	10-20
Andre zoner	0-8	8-15	15-30
<i>Gulve (hårde gulve):</i>			
Gangzoner	0-3	3-7	7-12
Andre zoner	0-5	5-10	10-18

1: Indemiljøkvalitet: Det bedst opnåelige støvniveau, hvor man med rimelig sikkerhed kan forvente en meget ringe påvirkning af indeklimaet fra områder, som rengøringen har indflydelse på.

2: Acceptabel kvalitet: Et tilfredsstillende støvniveau, hvor der i almindelighed ikke forventes væsentlige indeklimaproblemer fra områder, som rengøringen har indflydelse på.

3: Basiskvalitet: Et støvniveau, der ikke primært tager hensyn til støvets indflydelse på indeklimaets kvalitet.

Smudsbelastning

Smudsbelastningen i en bygning afhænger blandt andet af antallet af kvadratmeter pr. person, og af hvor mange personer der kommer og går i løbet af dagen. Også arbejdsprocessen har indflydelse på smudsbelastningen, fx giver håndtering af meget papir en øget belastning.

De udendørs arealers udformning har betydning for mængden af snavs, der kommer ind i en bygning. Det er især belægningen af parkerings- og ankomstarealer, der er vigtige, fordi det er her, man skal nå at tørre hovedparten af snavs af, så det ikke bæres ind i bygningen.

Indgang og vindfang

Ved indgang og vindfang er det vigtigt at opfange mest muligt af snavset. Dette kan blandt andet gøres ved, at der ved alle indgange og vindfang er måtter, riste eller lignende i en længde, så mindst fire skridt foretages indendørs på disse, samt ved at holde indgangspartiet tørt, eventuelt ved overdækning, se kapitel 17: "Bygningen i terrænet" og (6.12).

Foyer

Foyerer hører til de stærkt trafikbelastede områder. Der bør derfor anvendes holdbare materialer, som kan rengøres med våde metoder. Linoleum og oliebehandlede trægulve er normalt ikke egnede som gulvbelægning i foyerer, da de i våd tilstand bliver meget glatte.

Gange og korridorer

Gange og korridorer er blandt de mest trafikbelastede arealer i en bygning. Det er derfor vigtigt, at især gulvbelægningen er holdbar og nem at renholde, og at overgangen fra gulv til vægge er rengøringsvenlig.

Rengøringsprogrammer

Fastlæggelse af frekvenser og metoder bør ske ud fra en række faktorer, som varierer for de enkelte rumkategorier. Af betydning for rengøringshyppigheden er især:

- brugsintensitet
- besmudsningshastighed
- møbleringsgrad
- tilgængelighed for rengøring
- arealet af loddent materiale (tæpper og tekstiler)
- hvor meget papir der er i rummet
- ønsket kvalitetsniveau.

Inden for det enkelte rum vil der typisk være varierende behov for hyppighed af rengøring på de enkelte objekter, se figur 6.2 med eksempel på rengøringsprogram for skoler.

Rengøringsmidler

Der findes i dag et stort udbud af rengøringsmidler. De indeholder meget forskellige aktive stoffer, hvoraf nogle kan være sundhedsskadelige. Rester af overfladeaktive stoffer fra rengørings- og plejemidler kan medføre indeklimaproblemer og må derfor kun anvendes i de absolut nødvendige mængder.

Desuden kan midlerne forårsage nedbrydning af overfladen, hvis de anvendes i

en forkert sammenhæng eller forkert dosering. Mange rengøringsmidler indeholder parfumer og farvestoffer, som er helt unødvendige for effekten af det pågældende middel. Både parfumer og farvestoffer kan være allergifremkaldende. Rengøringsmidler skal vælges ud fra blandt andet følgende forhold:

- overfladens beskaffenhed
- besmudsningstypen
- det ønskede kvalitetsniveau
- beskyttelse af det eksterne miljø
- arbejdsmiljøkrav
- afgang til indeklimaet
- rengøringsmetoden.

Rengøringsmetoder

Valg af rengøringsmetode er mindst lige så vigtig som valget af rengøringsmiddel. En fejlagtig udført rengøring kan fremkalde massive indeklimaproblemer.

Rengøringsmetode skal vælges ud fra blandt andet følgende forhold:

- møbleringsgrad
- besmudsningstypen
- tilgængelighed
- arbejdsmiljøkrav
- det ønskede kvalitetsniveau.

Rengøringsvenligt materialevalg

For at opnå det bedste indeklima, og mindske ren- og vedligeholdelsesomkostningerne, bør man under hensyntagen til rummenes karakter og anvendelse generelt vælge de materialer, som er:

- mest smudsafvisende og mindst støvskjulende, dvs. overflader, der er mindst porøse og med en lukket overflade
- mest rengøringsvenlige, dvs. hårde og glatte overflader. Dog kan meget blanke og spejlende overflader, herunder glas, kræve særlig intensivt renhold
- tilpasset den aktuelle besmudsning, så farver og mønstre ikke skjuler større mængder smuds.

I (6.12) findes skemaer, der kan være en hjælp ved valg af rengøringsvenlige materialer.

Indvendige vægoverflader

Renhold af indervægsoverfladerne er normalt kun en lille del af de samlede renholdsaktiviteter. Indervægge med ru eller lodne overflader skal alt efter besmuds-

Eksempel på indeklimarigtig rengøring på skoler

SfB nr.	Rengøringsemner	Profil 1 Toilet Bad Omklaedning Garderober	Profil 2 Vindfang Køkken Formning	Profil 3 Klasser Trappe/gang Kontorer Gymnastiks.	Profil 4 Depot Arkiv
42	Vægge Gelændere aftørres	Daglig	Daglig	1 x ugl.	1 x mdl.
42	Dørgreb og pletter omkring disse aftørres	Daglig	Daglig	1 x ugl.	1 x mdl.
42	Vindueskarmer afstøves/aftørres	3 x ugl.	3 x ugl.	1 x ugl.	1 x mdl.
42	Lavthængende lamper afstøves/aftørres	3 x ugl.	3 x ugl.	1 x ugl.	1 x mdl.
42	Pletter på glas i væg/dør aftørres	Daglig	3 x ugl.	1 x ugl.	
42	Paneler ved gulv, karmer og kontakter afstøves/aftørres	1 x ugl.	1 x mdl.	1 x mdl.	4 x årligt
42	Stole, billedrammer og tavlekanten afstøves/aftørres	1 x ugl.	1 x mdl.	1 x mdl.	4 x årligt
42	Dørflader afstøves/aftørres	1 x ugl.	1 x mdl.	1 x mdl.	4 x årligt
42	Spindelvæv nedfejes (max. 3 m højde).	1 x mdl.	4 x årligt	4 x årligt	4 x årligt
42	Vægge renholdes	Successivt	Successivt	Successivt	
43/44	Hårde gulve Mopning	Daglig	Daglig	Daglig	1 x mdl.
43/44	Vask	Daglig	Daglig	3 x ugl.	1 x mdl.
43	Tæppebelagte gulve Let støvsugning			4 x ugl.	
43	Grundig støvsugning med børstemundstykke		Daglig	1 x ugl.	1 x mdl.
43	Tæpperens - dybderens		2 x årligt	1 x årligt	1 x årligt
43	Pletrens af tæpper		Success.	Success.	Success.
43	Gymnastiksalgulv Fugtig overtørring			4 x ugl.	
43	Vask			1 x ugl.	
43	Måtter Rystes/ støvsuges			Daglig	

Figur 6.2. Eksempel på rengøringsprogram for skoler (6.12).

Eksempel på indeklimarigtig rengøring på skoler

SfB nr.	Rengøringsemner	Profil 1 Toilet Bad Omklaedning Garderober	Profil 2 Vindfang Køkken Formning	Profil 3 Klasser Trappe/gang Kontorer Gymnastiks.	Profil 4 Depot Arkiv
45	Lofter Lofter støvsuges		1 x årligt	1 x årligt	1 x årligt
45	Lofter afvaskes	1 x årligt	hver 2. år	hver 2. år	hver 2. år
51	Affald Askebægre og askeurner tømmes og rengøres	Daglig	Daglig	Daglig	1 x ugl.
51	Papirkurve og affaldsbeholdere tømmes og evt. plastposer samt hygiejneposer udskiftes	Daglig	Daglig	Daglig	1 x ugl.
52	Sanitet Baderum skumrengøres - desinficeres	1 x mdl.			
52	WC-kummer, urinaler, brusenicher, køkkenvaske, vaskerender samt håndvaske m/tilhørende spejl, hylde samt fliser rengøres	Daglig	Daglig	Daglig	
56	Varme Radiatorer afstøves/aftørres	1 x mdl.	4 x årligt	4 x årligt	4 x årligt
57	Ventilation Ventilationsriste afstøves/aftørres	1 x mdl.	4 x årligt	4 x årligt	4 x årligt
63	Belysning Højtsiddende lamper afstøves/aftørres	1 x ugl.	1 x mdl.	1 x mdl.	4 x årligt
79	Inventar Gardiner renses/vaskes		1 x årligt	1 x årligt	1 x årligt
79	Polstrede stole inkl. puder støvsuges		1 x mdl.	1 x mdl.	4 x årligt
79	Skriveborde m/tilbehør, skoleborde og andre borde aftørres		Daglig	Daglig	1 x ugl.
79	Frie hylde, spejle, reoler, skaber (udvendig), brandsæt og knagerækker afstøves	2 x ugl.	2 x mdl.	2 x mdl.	1 x mdl.
79	Tavler inkl. kridtrende aftørres/afvaskes		Daglig	Daglig	

- God
- ⊗ Middel
- Dårlig

MATERIALE	INDERVÆGSOVERFLADER																			
	Blank murværk, tilbageliggende fuger	Blank murværk, sten, glat fuger	Blank murværk, hulsten	-, finpuds/spartling, akrylmalet	-, finpuds/spartling, plastmalet	-, finpuds, silikatmalet	-, finp./spart.glasvæv/filt, akrylmalet	-, finp./spart.strukturpapir, plastmalet	-, finpuds/spartling, tapet	-, finpuds/spartling, vinyltapet	-, finpuds/spartling, hessian	-, finpuds/spartling, glas.fiser./klinker	-, finpuds/spartling, uglas.fiser./klinker	-, finpuds/spartling, marmorfliser	-, strukturpuds, akrylplastmalet	-, grovpudset, akrylplastmalet	-, brædder, høvlet, plastmalet	-, brædder, uhøvlet, plastmalet	-, træbeton	-, træpaneler, ædle træsorter
Syreresistent	○	○	○	●	⊗	○	⊗	○	○	⊗	○	○	○	○	⊗	⊗	⊗	⊗	○	○
Alkaliresistent	●	●	●	⊗	⊗	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Rengøringsvenlighed	○	⊗	○	●	⊗	⊗	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Vedligeholdelsesbehov	●	●	●	●	⊗	⊗	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Levetid	●	●	●	●	⊗	⊗	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
RENGØRING																				
Støvsugning	●	●	⊗	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●
Aftørring	⊗	⊗	⊗	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Afvaskning	○	○	○	⊗	⊗	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Douchening	○	○	○	⊗	⊗	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Højtryksspuling	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Skumrengøring	○	○	○	⊗	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Figur 6.3. Skema fra (6.12) til hjælp ved valg af rengøringsvenlige indvendige vægoverflader.

ningen renholdes med faste frekvenser, fx 2 gange årligt. Glasvægge kræver særlig renhold af æstetiske årsager, hvilket kan være belastende for rengøringsbudgettet. Figur 6.3 gengiver et skema til hjælp ved valg af rengøringsvenlige indvendige vægoverflader.

Gulvoverflader

Gulvoverflader skal vælges ud fra rummets anvendelse og smudsbelastning. Hårde og halvhårde gulve kan renholdes med både våde og tørre metoder og dermed gøres bedre rene, medens tæpper kun kan støvsuges eller renses. Der vil altid være smudsrester tilbage i bunden af tæpper.

Trappeoverflader

På trapper findes ofte store mængder løst og fast snavs, som hurtigt spredes til resten af bygningen. Derfor er renhold af trapper særlig vigtig og bør foretages hyppigt. Af denne grund bør trapper udformes, så de er lette at gøre rene.

Loftoverflader

Mange akustiklofter kan støvsuges med specielt udstyr, og nogle kan rengøres med våde eller kemiske metoder. Hulrum over nedhængte lofter bør indgå i rengøringsprogrammet.

Ventilationsanlæg

Ventilationsanlægget, navnlig kanalerne, bør holdes rene. Indblæsningskanalerne bør sikres mod tilsmudsning ved hjælp af filtre, men i praksis viser det sig, at disse undertiden ikke vedligeholdes. Der bør med nogle års mellemrum foretages kontrol af kanalernes tilsmudsning, og af at filterne er vedligeholdt.

Vinduer og glasfacader

Vinduespudsning har væsentlig indflydelse på totaløkonomien, hvis bygningen ikke er udformet, så arbejdet kan udføres rationelt.

Rengøringsrum

Tidligt i projekteringsfasen skal der tages hensyn til, at rengøring kræver plads til personale, udstyr, rengøringsmidler og -udstyr samt affald.

Der vil i større bygninger være behov for minimum ét rengøringsrum pr. etage, eller for hver 800-1000 m² etageareal. Størrelsen af rengøringsrummet bør være minimum 4-6 m². Ligeledes i større bygninger vil der være behov for et centralt lager af rengøringsmidler og -udstyr til ca. en måneds forbrug. Størrelsen af lageret bør være 50-100 m².

Litteratur

- (6.1) Afleveringsprotokol. BPS-publikation nr. 50. BPS-centret. Hørsholm 1987.
- (6.2) Bygningsreglement. Bygge- og Boligstyrelsen. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (6.3) Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg. Normstyrelsens publikationer NP-153-N. Dansk Standard DS 447. Dansk Ingeniørforening. København 1981.

- (6.4) Dansk Ingeniørforenings norm for automatiske reguleringssystemer til VVS-tekniske anlæg. Normstyrelsens publikationer NP-201-N. Dansk Standard DS 468. Dansk Ingeniørforening. København 1990.
- (6.5) Nielsen, O. Afcheckning af ventilationsautomatik. Vejledning til check- og indstillingsliste. 2. udg. SBI-anvisning 105. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1983.
- (6.6) Dansk Ingeniørforenings norm for varmeanlæg med vand som varmebærende medium. Normstyrelsens publikationer NP-205-N. Dansk Standard DS 469. Dansk Ingeniørforening. København 1991.
- (6.7) Nielsen, O. Afcheckning af varmeautomatik. Vejledning til check- og indstillingsliste. SBI-anvisning 124. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1980.
- (6.8) Valbjørn, O. Måling af termisk indeklime. SBI-anvisning 130. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1983.
- (6.9) Bekendtgørelse om bygningsdrift med tilhørende vejledning. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1990.
- (6.10) Vejledning om drift af ventilationsanlæg. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1992. (Sammenhørende brochure: God ventilation i din lejlighed eller dit hus.)
- (6.11) Norm for specifikation af termisk indeklime. Dansk Standard DS 474. Dansk Standard. København 1993.
- (6.12) Renhold og indeklime begynder på tegnebordet. ISS Indeklima Service. København 1991.
- (6.13) Aggerholm, S. og Reinhold, C. Afprøvning af programmerbar varme- og ventilationsautomatik. SBI-anvisning 161. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1989.
- (6.14) Rengøringsprogrammer, kvalitet og indeklime. Rapport. Albertslund Kommune og COWIconsult. Albertslund 1992.
- (6.15) Rengøringsårbogen 1993. RT-INFO. Taastrup 1993.
- (6.16) Johnsen, K., Grau, K. og Christensen, J. E. tsbi3. Edb-program til termisk simulering af bygninger og installationer. Brugervejledning. Version B. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1993.
- (6.17) Brugervejledninger for installationskomponenter og -udstyr i byggeriet. Dansk Standard DS 1021. Dansk Standardiseringsråd. København 1987.
- (6.18) Schneider, T., Nielsen, S. K. og Petersen, O. H.: Quality of Cleaning Quantified. Building and Environment, Vol 29, 1994.

7. Renovering

Myndighedskrav

Bygningsreglementet.

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 660 af 24. september 1986 om asbest, som ændret ved bekendtgørelse nr. 984 af 11. december 1992.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimateet".

Tilstandsvurdering

Det kan være af særdeles stor betydning at have kendskab til ejendommens historie og brug for at vide, om bygningen eller grunden kan have været udsat for særlige forureninger i tidens løb.

De renoveringsmodne ejendomme er typisk opført i perioden 1860-1950. Karakteristisk for traditionelt etageboligbyggeri fra den tid er blankt murværk mod gaden og pudsede gårdfacader - begge med mange, forholdsvis store vinduesåbninger. Vinduer og døre er af træ, dog findes der endnu stålvinduer med spinkle rammer og karme fra en periode i 30'erne.

Registreringsmetoder og paradigmer for checklister fremgår af BPS-publikationerne for "Renovering af etageejendomme" (7.1)-(7.5).

Den første fase i et renoveringsprojekt indledes typisk med en opmåling og en tilstandsvurdering. Det er væsentligt at være i besiddelse af generel byggeteknisk viden for at kunne udarbejde en brugbar tilstandsvurdering, som skal danne grundlag for beskrivelsen af, hvordan manglerne skal afhjælpes. Det gælder både for konstruktionsfejl, dårlige materialer, naturlig nedslidning samt ændrede forhold, fx fejlagtigt udført efterisolering. Følgende forhold er vigtige ved renovering af ældre ejendomme: opfyldelse af myndighedskrav, anvendelse af egnede materialer, svampundersøgelse og bygningens fremtidige vedligeholdelsesmæssige stand (7.1).

Forurenede byggematerialer

I bygningen kan der have været opmagasinering eller tappet væsker, som de omgivende bygningsdele har absorberet. Eksempelvis kan renovering og ombygning af tidligere hestestalde give problemer med gulves og vægges absorption af urin-stoffer, der efterfølgende har forårsaget lugtgener og misfarvninger.

Asbestholdige materialer

Indvendige trapper, hoved- eller bitrætter kan være udført med magnesit på reposer og trin (magnesit er en asbestholdig belægning). Installationer i form af senere udført varmeinstallation er ofte isoleret med asbest. Ved renovering skal gældende forskrifter respekteres.

Pladebeklædninger med ulovligt fibermateriale, fx asbest skal fjernes eller indkapsles omhyggeligt efterfulgt af en grundig rengøring og støvsugning.

Ændrede fugt- og varmekonforhold

Ved tilstandsvurderingen bør man være opmærksom på, hvilket termisk klima råhusets dele hidtil har fungeret i, og hvordan dette vil blive ændret. Det gælder primært for tagkonstruktioner og indbyggede dele af træ (bindingsværk). Ydervægge kan være tjeret/asfalteret på den udvendige side, hvilket før renoveringen ikke har givet gener, men med ændrede indendørs funktioner (højere varme/fugt) kan der opstå uheldige fugtphobninger og nedbrydning af materialer.

Råd- og svampeangreb

En nøje tilstandsvurdering af trækonstruktionernes sundhedstilstand er særdeles vigtig, ikke alene de visuelt konstaterbare fugtnedbrudte områder, men især udsatte trædele, som efter en renovering kan risikere at blive "pakket ind".

Konstateres der råd- og svampeangreb skal disse bekæmpes og udbedres efter de kendte retningslinier. Det er ikke kun partielle angrebne områder man skal behandle med omhu, også transport fra og til de behandlede områder er vigtig. En spredning af sporer i et "åbent" hus, der er under renovering, er særdeles uheldigt, fordi der er risiko for indbygning af sporerne.

Ikke-tilgængelige hulrum, såsom skunke, nedforskallede lofter og rum under trapper bør blotlægges eller gøres tilgængelige, således at bygningen som helhed kan inspiceres efter endt renovering.

Terræn og basis

Særlig opmærksomhed må rettes mod terrænet. Forurening af jorden kan ikke alene stamme fra nedsvivning fra overfladen, men i allerhøjeste grad også fra nedgravede gruber og tanke. Se i øvrigt kapitel 14: "Grund og terræn".

Tidligere afproppede afløbssystemer og nuværende fungerende afløbssystemer kan være så utætte, at de har medvirket til en langsom, men betragtelig forurening. Desværre er det ikke kun almindeligt husspildevand, som er blevet ledt igennem afløbssystemet, men også kemisk spildevand.

Hvis terrænet er forurenet, er der stor sandsynlighed for, at fundamenter (støbte

og murede) og kældergulve samt indvendige vægge i kælderen, har suget forureningen til sig. Omfangs- og indskudsdræn kan også være potentielle ledere eller fordelere af forurening.

Kældre

Fugt

Kælderydervægge udført af grundmuret murværk uden fugtstandsede membraner kan være i meget ringe tilstand på grund af fugtens skadelige indvirkning over en lang årrække. Foruden af grundfugten belastes ydervæggene af fugt fra overfladevand og terræn, utætte tagnedløb, lyskasser og kloakinstallationer samt kondensdannelser på grund af manglende udluftning og opvarmning. Efter 1889 satte bygge- og lovsbestemmelserne grænser for kælderbeboelse. Der skulle være 2½ alen over fortov, og der skulle udføres dræn under gulv med afløb til kloak. Disse dræn bør kontrolleres, da de i mange tilfælde ikke længere er funktionsdygtige - og kan være til større gene end gavn.

Murede fundamenter blev efter 1890 mere eller mindre erstattet med beton. I Københavns bygge- og lovsbestemmelser af 1889 blev det forlangt, at kældergulve blev udført *tætte mod "uddunstninger"*. Det betød i praksis støbte betongulve. Gulvet i kælderen består ofte af et pudslag, der er udført senere. De oprindelige gulve er udført af ringe beton og støbt i flere omgange. De er ofte i en meget dårlig stand, ujævne, knækkede eller helt manglende, hvilket medfører yderligere fugtphobning i kælderrummene.

Skillevægge i kælderen, opmuret uden fugtstandsede membran over gulvet, er ofte beskadiget på samme måde som de grundmurede ydervægge. Træværket i skillevæggene, dørplanker, indvendigt træværk, døre og indfatninger indeholder ofte tilsvarende fugtskader.

Før nye beklædninger og belægninger udføres, skal årsager til fugt fjernes. Materialet skal renses, og de angrebne steder skal fjernes eller eventuelt forsegles for at hindre lugtgener, og at der dannes grobund for mikroorganismer.

Lyskasser med murede vanger og bund uden afløb, eventuelt et hul til en sump er almindeligvis meget medtagne og deformerede på grund af jordtrykket. Dette er ligeledes medvirkende til skadelige fugtforhold i bygningsdelene.

Manglende ventilation

I en række tilfælde, fx i forbindelse med erhvervslejemål, er vinduerne blevet muret til, så der mangler udluftning af kælderen. Rum under trapper kan være blevet lukkede som en misforstået del af brandsikring. Den manglende ventilation kan være årsag til fugt/svampekader.

Ydervægge

De massive mure er fugt- og varmeisoleringsmæssigt uheldige. Fugtskader kan ofte konstateres, blandet andet fordi dårligt fyldte studs fuger lader regnen løbe ind i murværket. Den nederste del af ydervæggen er især udsat på grund af utætte nedløbsrør, stænk fra det omgivende terræn samt grundvand og overfladevand, der på grund af manglende fugtstandsede lag mellem fundament eller kælderydervæg og ydervæg suges op i konstruktionen.

Fugtsamlinger, som stammer fra fortætning af fugtig luft i den kolde ydervæg, og skimmelsvampangrebne områder, ses oftest på indersiden af tynde ydervægsdele. Det gælder fx 1-stens uisolerede vinduesbrystninger og på gavlmure opmuret med fyldninger. Der vil i alle ydervægge være tale om en konstant fugtvandring, som i mange tilfælde har resulteret i nedbrydning af mørtlens bindemiddel. Ved efterisolering skal disse forhold først udbedres og udtørres. Fugtskadede mineraluld bør udskiftes.

Vinduer og døre

Ældre vinduer har oftest kun ét lag glas, hvilket ikke tilfredsstillende nutidige krav til varme- og lydisolering. Heller ikke ældre døre opfylder kravene til isolering.

Utætheder over for vind er særlig mærkbart ved rammernes anslag mod karmen og mellem karm og murværk (7.3).

Kondensationer forekommer oftest ved vinduer med ét lag glas, på indersiden af den yderste rude ved vinduer med påkoblede rammer og forsatsrammer, i vindueslysninger og vinduesbrystninger samt ved vinduets overlukning.

Udvendigt træværk angribes af flere forskellige svampearter. Vækstbetingelserne er fugt og varme. De mest udsatte konstruktioner er indmurede træoverligger, indmurede karme eller klodser til fastgørelse af karme, vindues- og dørkarme (specielt vinduets bundkarm med sålbænk), vinduers bundrammer samt lysnings- og brystningspaneler.

Etageadskillelsen

De "tunge" indskudsmaterialer har lydisolationsmæssigt fungeret særdeles tilfredsstillende, og det kan absolut ikke tilrådes at erstatte dette lag med lettere varmeisoleringsmaterialer. Supplerende af varmeisoleringen kan være aktuel, men da denne bygningsdel oftest befinder sig imellem opvarmede rum, vil det sjældent være påkrævet.

Hvis det er muligt, bør hulrummene over og under indskudslaget inspiceres, ikke sjældent kan de rumme affaldsdepoter. Øvrige hulrum, så som nedforskallede lofter, bør ligeledes kontrolleres for rester af bygningsaffald og støvdepoter, både af indeklima- og brandmæssige årsager.

Fugtpåvirkning fra utætte tage

Taget er den mest udsatte del af klimaskærmen. Den primære problemvolder er fugt fra vejrligets påvirkning, der sammen med luftforurening nedbryder tagets materialer og forårsager skader på de underliggende konstruktioner og bygningsdele.

Nedbrydningerne og følgeskaderne konstateres desværre sjældent før fugtskjoldene viser sig på loftet og væggene. På dette tidspunkt kan beboerne og de omgivende bygningsdele have været udsat for fugt og dermed skimmelsvampe gennem en lang periode.

Fugtskader i tagkonstruktioner og tagetager skyldes normalt udefra indtrængende vand, men kan også skyldes indefra opståede kondensationer på grund af manglende ventilation, utætte membraner i isolerede konstruktioner eller ukorrekt udførte isoleringsarbejder. Fugtpåvirkede trækonstruktioner i tagetager kan angribes af flere trænedbrydende svampearter.

Ventilations- og udluftningskanaler

Bygningsmæssige ventilationskanaler skal inden fornyet anvendelse undersøges for utætheder, tilnavnsning og fugtindtrængning samt om der er materialer med asbest. Generelt bør kanalerne renses og bygningsmæssige kanaler om nødvendigt erstattes af pladekanaler.

Delvis renovering

I de fleste bygningers liv foretages delvise renoveringer på grund af nedslidning, for at spare energi, eller på grund af ændrede krav til bygningens udformning eller til installationernes ydelse. Det kan dreje sig om nye gulvbelægnings, afhjælpning af vandskader, ændring af belysningsanlæg eller ventilationsanlæg. Disse ændringer foretages i princippet ud fra samme kriterier som ved nyprojektering. Det er dog vigtigt at tage vide hensyn, hvis bygningen er i brug, mens renoveringen gennemføres. Støv fra nedrivning samt gasser og dampe fra lim og maling skal hindres i at sprede sig under arbejdet. Udbedring af fugtskadede materialer, hvor mug og skimmel har udviklet sig, bør ske så svampesporerne ikke breder sig til områder i brug, fx ved at benytte samme forholdsregler som ved asbestrenovering.

Litteratur

- (7.1) Renovering af etageejendomme - fundamenter og kældre. BPS-publikation 100. BPS-centret. Hørsholm 1991.
- (7.2) Renovering af etageejendomme - ydervægge. BPS-publikation 101. BPS-centret. Hørsholm 1991.

- (7.3) Renovering af etageejendomme - vinduer og udvendigt træværk. BPS-publikation 102. BPS-centret. Hørsholm 1991.
- (7.4) Renovering af etageejendomme - tage. BPS-publikation 103. BPS-centret. Hørsholm 1992.
- (7.5) Renovering af etageejendomme - generelle forhold for klimaskærme. BPS-publikation 104. BPS-centret. Hørsholm 1992.

8. Kortlægning af indeklimaproblemer

Metode til kortlægning af indeklimaproblemer

Når der, på baggrund af klager over et dårligt indeklima, skal udføres en undersøgelse af de faktorer, der bestemmer indeklimaet, anbefales det at bruge en trinvis fremgangsmåde for at undgå, at der bruges ressourcer til målinger eller ændringer, som ikke har nogen sammenhæng med de reelle problemer.

Trinvis fremgangsmåde

Princippet i den trinvis fremgangsmåde er vist i tabel 8.1. De umiddelbare og kendte indeklimaproblemer, der er fundet ved en systematisk gennemgang af bygningen, eller problemer der er påpeget gennem en repræsentativ spørgeskemaundersøgelse, undersøges først. Derefter foretages mere komplicerede undersøgelser eller undersøgelser, der er en svagere argumentation for at udføre. Den angivne rækkefølge i trinnene kan godt varieres. Det kan være praktisk at foretage undersøgelser svarende til flere trin på samme tid. Trinnene kan tilsammen betragtes som en oversigt over elementer i en indeklimaundersøgelse.

Spørgeskemaet bør omfatte spørgsmål om forekomsten og hyppigheden af gener fra specifikke indeklimatefaktorer og af symptomer. Det kan endvidere indeholde spørgsmål om de psykologiske forhold.

Der udføres en teknisk beskrivelse med oplysninger om de faktiske bygningsmæssige forhold indhentet gennem et spørgeskema til de bygningsansvarlige (teknisk undersøgelse). Beskrivelsen skal danne grundlag for at udpege særlige kritiske områder i bygningen eller forhold ved bygningen, der eventuelt skal undersøges nærmere, fordi de kan være medvirkende årsag til det dårlige indeklima.

Når spørgeskemaundersøgelsens resultater, vedrørende de ansattes gener og symptomer, er vurderet, og den tekniske beskrivelse samt besigtigelsen er udført, er beslutningsgrundlaget dannet for det videre arbejde med kortlægning af indeklimaproblemerne. På dette tidspunkt vil det være hensigtsmæssigt at udarbejde en handlingsplan for det videre forløb og for den senere afhjælpning.

Målinger udføres, så resultaterne kan bruges til videre handling. Måleresultaterne kan være indikatorer på, om et forhold skal undersøges nærmere og til at afgøre, hvad der skal ændres, for at forbedre forholdene, fx kan en kuldioxidmåling vise, om der er kritiske ventilationsforhold, men den kan ikke vise, hvor meget ventilation, der er.

Tabel 8.1. Elementer i en trinvis undersøgelse af bygninger med indeklimaproblemer.

Trin	Undersøgelse	Resultat	Udføres af
1	Driftskontrol	Afsløre driftsfejl	Driftsansvarlig og sikkerhedsorganisation
2	Spørgeskema- eller interviewundersøgelse	Vise problemets art, omfang og sted. Pege på forhold til nærmere undersøgelse	Sikkerhedsorganisation eller bedriftssundhedstjeneste
3	Teknisk beskrivelse	Vise kritiske forhold ved bygningens materialer, installationer, indretning og brug	Driftsansvarlig, eventuelt rådgivende ingeniør i samarbejde med sikkerhedsorganisationen
4	Besigtigelse	Illustrere overensstemmelse med teknisk beskrivelse, kvalificere indretning og brug	Sikkerhedsorganisation og driftsansvarlig
5	Handlingsplan	Udgangspunkt for afhjælpning af problemerne	Sikkerhedsorganisation
6	Måle indikatorværdier	Afsløre om visse overordnede og vigtige forhold er overtrådt	Sikkerhedsorganisation og driftsansvarlig
7	Måle ventilationens størrelse og anlæggenes funktion	Anvise ændringer i ventilationens størrelse og i driftsstrategi	Ventilationsteknikere og måleteknikere
8	Måle og vurdere indeklimapåvirkninger og deres kilder	Vurdere betydningen af problemernes opståen og anvise ændringer	Indeklimateknikere og måleteknikere i samarbejde med sikkerhedsorganisationen
9	Specifik undersøgelse af personer og påvirkninger	Finde særlige kombinationer af personer og påvirkninger, der kræver individuel tilpasning, eller ukendte påvirkninger og effekter	Arbejdsmedicinsk klinik i samarbejde med sikkerhedsorganisationen og særligt uddannede indeklima-hygienikere og -teknikere

Afhjælpning

De afhjælpningsmuligheder, der kan blive tale om, er ændringer i:

- bygningens materialer eller indretning
- ventilationens størrelse, driftsstrategi, herunder temperaturniveau, og indstillingsværdier
- installationernes indretning, fx belysningens udformning
- aktiviteterne
- rengøringen.

Resultatet

Det er hensigtsmæssigt at vurdere resultatet af afhjælpningsforanstaltningerne ved at foretage en ny spørgeskemaundersøgelse, eventuelt i afkortet form, fx ved kun at spørge om gener fra de fysiske påvirkninger. Spørgeskemaundersøgelsen bør afvikles på et tidspunkt, hvor resultatet kan sammenlignes med resultatet fra den første undersøgelse.

Trin 1. Driftskontrol

Det første der bør ske, når der forekommer klager over indeklimaet, er at undersøge, om de personer, der har klaget, er bekendt med muligheden for selv at tilpasse klimaforholdene, fx gennem regulering af temperaturen eller ved udluftning, samt individuelt at klæde sig efter temperatur, der er tilpasset flertallet i lokalet.

Hvis dette ikke hjælper på forekomsten af gener eller symptomer, er det næste skridt at lade den driftsansvarlige kontrollere, om driftsforholdene er normale, fx om ventilationen fungerer med den projekterede ydelse, når bygningen er i brug, om indstillingsværdierne er rigtige og eventuelt checke fordelingen af volumenstrømme.

Hvis der findes fejl, der vurderes at have væsentlig betydning for klagerne, rettes disse, før der foretages videre undersøgelser. De personer, der har klaget, orienteres om denne beslutning.

Trin 2. Spørgeskema- eller interviewundersøgelse

Hvis klagerne ikke har sammenhæng med unormale driftsforhold, bør der udføres en spørgeskemaundersøgelse for derved at kunne bestemme arten og omfanget af problemerne. I mindre personalegrupper kan en systematisk interviewrunde erstatte denne. Undersøgelsen danner desuden grundlag for at vurdere, om man i undersøgelsesproceduren udelukkende skal betragte problemerne ud fra en teknisk synsvinkel, eller man skal indhente hygiejnisk eller psykologisk eksperthjælp. Undersøgelsen kan normalt udføres af sikkerhedsorganisationen eller af bedriftssundhedstjenesten.

Der udsendes et spørgeskema til alle ansatte, eller til et repræsentativt udsnit, med spørgsmål vedrørende specifikke gener eller symptomer, der kan henføres til indeklimaets påvirkninger. Spørgeskemaerne skal behandles fortroligt, men personerne og deres placering skal kunne identificeres for at kunne udføre detaljerede undersøgelser. Spørgsmål om arbejdspsykologiske og psykosociale forhold bør indgå, men der skal sikres en faglig viden til at bearbejde disse svar.

I (8.1) findes et spørgeskema, som det anbefales at anvende i Norden og EU. Skemaet er evalueret gennem talrige undersøgelser. Eventuelt anvendes Arbejdstilsynets spørgeskema, (8.2)

Vurdering af spørgeskemaet

Gene- og symptomfrekvenser beregnes samlet eller fordeles på etager, kontortyper eller aktiviteter. Dette giver et billede af, hvilken type eller typer af gener og symptomer, der er almindeligt forekommende. Ved at sammenholde resultatet af spørgeskemaundersøgelsen med den tekniske beskrivelse af bygningen, kan man i mange tilfælde finde sandsynlige problemkilder til nærmere analyse. Hvis forekomsten af slimhindeirritation eller af almensymptomer, som hovedpine, tunghedsfølelse i hovedet, træthed og koncentrationsbesvær, overstiger 15-20 pct. af en større gruppe mennesker, eller hvis frekvenserne er radikalt forhøjede for bestemte kategorier eller en bestemt type lokaler, er der grund til at gå videre med undersøgelse af hele bygningen eller de områder, hvor der er problemer. Tallet for hyppigheden af slimhindeirritation opgøres som det antal personer, der lider af mindst ét af symptomerne: irritation i øjne, næse eller svælg. Almensymptomer opgøres som det antal personer, der har mindst et af symptomerne hovedpine, tunghedsfølelse i hovedet, træthed, og koncentrationsbesvær. Tilsvarende behandles hudirritation.

Ved bedømmelsen af svarene skal man være opmærksom på, at også andet end indeklimaet kan bidrage til eller give symptomer, fx ergonomiske forhold og stress. Endvidere kan en række forhold uden for arbejdspladsen (sygdom, boligforhold m.m.) have betydning for den enkeltes problemer. Der kan også være forskel på personernes følsomhed over for påvirkningerne. Hvis den undersøgte gruppe mennesker ikke er ret stor, er det derfor svært at afgøre, om en høj forekomst af symptomer er en statistisk tilfældighed. Her er interview en mere anvendelig og overkommelig metode.

Klager over træk, varme, indelukket luft, bør betragtes som generelle, karakteristiske problemer for bygningen, hvis flere end ca. 20 pct. af de udspurgte klager. Klager over støj eller dårlig belysning er generelle, hvis flere end ca. 10 pct. klager.

Hvis problemerne kun gælder en mindre gruppe eller enkelte personer, vil det være en god ide at undersøge forholdene i deres omgivelser nærmere, fx med de oplyste punkter fra trin 4 og 5, samt spørge om personerne har allergi eller anden overfølsomhed. Personer med alvorlige symptomer bør henvises til læge.

Trin 3. Teknisk beskrivelse

Der udarbejdes en teknisk beskrivelse af bygningen og dens installationer. Oplysningerne indsamles i samarbejde mellem sikkerhedsudvalg med bistand af driftspersonalet og de projekterende arkitekter og ingeniører. Den tekniske beskrivelse giver et grundlag for at bedømme eventuelle forhold, der er indbygget i bygningen eller ved dens drift og brug. Forholdene kan bevirke, at der opstår problemer ved mindre afvigelser fra de forudsætninger, der er gjort ved den oprindelige projektering.

Beskrivelsen danner grundlag for en besigtigelse og de senere målinger, der eventuelt skal finde sted.

Vurdering af disse forhold kan i nogen grad udføres på basis af tabellerne 3.2 - 3.4 i kapitel 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier".

Den tekniske beskrivelse indeholder følgende emner:

- Renovering, omfang og tidspunkt
- Antal personer, antal pr. rum
- Areal, rumvolumen, ventilation med udeluft pr. person
- Ventilation med udeluft pr. areal og volumen
- Materialer for alle overflader
- Varmeanlæg, type og regulering
- Ventilationsanlæg, type, luftbehandlingsudstyr, placering af udeluftindtag
- Driftsstrategi
- Belysningsanlæg og lysadgang
- Støjgivende udstyr
- Rengøringsmetoder og terminer
- Oplysninger om tidligere målinger eller fejl, fx vandskader.

Trin 4. Besigtigelse

Sikkerhedsorganisationen foretager en besigtigelse af, hvordan lokalerne anvendes i forhold til planlagt anvendelse og vurderer visuelt, om der er kilder til forureninger. Følgende bør iagttages og vurderes:

Bygningens indretning og brug

- Tobaksrygning: Hvor? Hvor meget?
- Er rummene tilsluttet ventilationsanlæg med returluft?
- Støj fra ventilationsanlæg?
- Kopimaskinens og laserprinterens placering med hensyn til forurening og støj?
- Er der megen papirhåndtering og tilførsel af nytrykt papir?
- Findes der store grønne planter? Anvendes kemikalier til behandling af planterne?
- Er belysningen generelt tilfredsstillende med hensyn til styrke, blanding og kontraster?
- Er der blanding, refleksion, stor kontrastdannelse eller støj ved skærmtminer?

Rengøring

- Rengøringsniveau: Er der støv på gulve, tæpper, boghylder, radiatorer og lignende?

- Gør rumindretning eller bygningsmaterialer, herunder tæpper, rengøringen vanskelig?
- Er der snavsaflejringer i ventilationsåbninger?

Fugt

- Er der fugtskader, eller synlig mug?

Bygningens ydre udformning

- Placering af luftindtag: Afstand fra parkering, luftafkast og køletårne?
- Er der garage, laboratorier, værksteder, restauranter og lignende forureningsgivende aktivitet, som giver risiko for overførsel af forureninger, fx gennem bygningen eller via luftindtag?
- Er der støj fra andre aktiviteter i bygningen eller udefra?
- Bygningens vedligeholdelsestilstand.

Lugt

- Dårlig lugt: Forsøg at karakterisere lugten og identificere kilden.

Trin 5. Handlingsplan

Sikkerhedsorganisationen udarbejder handlingsplan for det videre forløb og for den senere afhjælpning. Handlingsplanen kan bruges til at forklare de ansatte om baggrunden for og formålet med den trinvis fremgangsmåde, og den kan bruges til at begrunde og forudse kommende omkostninger i forbindelse med afhjælpningen. Derudover kan handlingsplanen danne grundlag for en forhandling med Arbejdstilsynet.

Trin 6. Måling af indikatorværdier

Det er sjældent muligt at udpege enkelte indeklimatefaktorer eller luftforureninger som "skyldige" i de opståede problemer. Det kan derfor normalt ikke betale sig på et tidligt tidspunkt i en undersøgelse at foretage målinger for at finde enkelte stoffer, medmindre der er en stærk mistanke om, at et bestemt stof er årsag til problemerne. Det samme gælder for en indgående kemisk kortlægning af luften, fordi der generelt mangler tilstrækkelig viden, når det drejer sig om at vurdere resultaterne.

Derimod kan en måling eller vurdering af visse faktorer ofte være værdifulde som indikatorer for indeklimaet. Det er således ikke faktoren i sig selv, der umiddelbart er interessant, men forekomsten og størrelsesordenen giver væsentlige informationer om funktionen af installationerne eller graden af de bestemte forurenings typer. Temperaturen anses for både at være en direkte virkende faktor, og en indikator for om den samlede termiske udformning eller styringen er tilfredsstillende.

Kuldioxidkoncentrationen er en indikator, der er udtryk for ventilationens størrelse i forhold til antallet af personer og den tid, personerne har opholdt sig i lokalet. På tilsvarende måde kan faktorer som fx lugt, fugtpletter og høj temperatur virke som indikatorer.

Stikprøvevis gennemføres målinger af indikatorværdier i rum med og uden problemer.

- Lufttemperaturen måles.
- Med røg kontrolleres luftbevægelserne. Luftens strømningsretning mellem rum kan være interessant af hensyn til forureningsspredning. Strømningen studeres gennem hele døråbningen (både oppe og nede). Det undersøges fx om luftstrømmen går fra garage til trappegang eller fra trappegang til lokaler, om forurenede luft kommer fra rygerum, værksteder, laboratorier og andre rum, der er specielt forureningsbelastede.
- Kuldioxidindholdet kan måles stikprøvevis på de tider, lokalerne kan forventes mest forurenede, fx lige før frokost eller efter 3-4 lektioner i en skoleklasse.
- Graden af recirkulation bedømmes ved hjælp af en temperaturmåling af udeluft, recirkuleret luft og blandingen af de to.
- Kuldioxid- (og kulmonoxid)indhold bestemmes endvidere i indblæsnings- og udsugningsluften og ved udeluftindtag.

Der henvises til skemaerne over risikofaktorerne i tabellerne 3.2-3.4 i kapitel 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier" og til (8.1). Sidstnævnte publikation indeholder blandt andet vejledning i, hvordan målingen gribes an for at opnå de mest repræsentative værdier.

Trin 7. Måling af ventilationens størrelse og anlæggets funktion

På dette trin udføres en nøje analyse af ventilationens funktion:

- Installationerne besigtiges blandt andet med hensyn til mekaniske mangler, tilsnavsning i filtre, varmeplader, varmevekslere og befugtere (visuel bedømmelse) og indstilling af spjæld.
- Indblæsnings- og udsugningsvolumenstrømme og deres temperaturer måles i en udstrækning, så det er muligt at bedømme behovet for justering.
- Luftsiftet måles, hvis volumenstrømsmålinger ikke giver et godt billede af forholdene. Ventilationseffektiviteten måles i "typiske rum", hvis udelufttilførslen er nær den nedre grænse.
- Luftstrømning i rum og imellem rum undersøges stikprøvevis ved hjælp af røg.
- Returluftandelen måles.
- Styrings- og reguleringsfunktionen for varme- og ventilationsanlæg kontrolleres.
- Drifts- og vedligeholdelsesprocedurer gennemgås.

Desuden bedømmes

- om udeluften ved luftindtaget har en tilfredsstillende kvalitet
- om der er tilstrækkelig udelufttilførsel til rummene
- om ventilationseffektiviteten er tilfredsstillende, dvs. at der ikke finder "kortslutning" sted fra indblæsningsåbning til udsugningssåbning.

Trin 8. Måling og vurdering af risikofaktorer

Følgende målinger kan være aktuelle:

- Ved mistanke om forekomst af gasser eller dampe samt lugte, der ikke kan identificeres med hensyn til kilde, måles totalindholdet af organiske gasser og dampe og eventuelt formaldehyd samt totalindholdet af aldehyder. Eventuelt identificeres enkeltstoffer.
- Ved indvendig loftsbeklædning af fx mineraluld, der er ubeskyttet og beskadiget, kan luftens indhold af mineraluldsfibre måles, men normalt anbefales blot udskiftning og grundig rengøring.
- Ved mistanke om manglende rengøring, eller ved megen papirhåndtering, kan støvindholdet i luften bestemmes, og gulvbelægningens støvindhold, herunder den mikrobielle og organiske del af støvet, måles.
- Hvis der fremføres specifikke klager over støj, eller der er kilder til støj, kontrolleres lydforholdene i "typiske rum". Vigtige forhold er lydtrykniveau, lavfrekvent lyd, rene toner og efterklangstid og eventuelt vibrationer, men det er vigtigst at finde kilderne.
- Hvis der fremføres specifikke klager over dårlig belysning, eller der er mistanke om dårlig belysning, kontrolleres lysforholdene i "typiske rum". Vigtige forhold er dagslysadgang, individuel, indstillelig belysning, almen belysningsstyrke, blanding, spejlinger og kontraster.
- Ved klager over statisk elektricitet måles personopladninger på et antal personer ved gang på gulvbelægninger, eller når de sidder på deres plads.
- Hvis tidligere udførte undersøgelser eller bygningsforholdene giver mistanke om specifik termisk belastning, udføres supplerende målinger af strålingsasymmetri, varmestråling fra loft, lufthastighed eller temperaturgradient.

I (8.1) vejledes i, hvordan ovennævnte målinger kan udføres.

Trin 9. Specifikke undersøgelser af personer og påvirkninger

Afhængigt af hvor mange personer, der arbejder i lokalerne, anmodes alle eller et udsnit om at deltage i en medicinsk undersøgelse. Undersøgelsen skal udføres på en klinik med erfaring fra lignende undersøgelser. I denne forbindelse kan eventuelt gennemføres en uddybende spørgeskemaundersøgelse.

Baseret på den medicinske undersøgelse udføres derefter supplerende arbejds-hygieniske undersøgelser. Sådanne undersøgelser bør udføres på grundlag af en hypotese om årsagssammenhæng.

Det vil kræve medicinsk, psykologisk, hygiejnisk og teknisk sagkundskab for at vurdere de indkomne undersøgelsesresultater.

Litteratur

- (8.1) Indeklimaproblemer. Undersøgelse og afhjælpning. SBI-rapport 246 Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (8.2) Vurdering af indeklimaproblemer i arbejdsmiljøet. Arbejdstilsynet. København 1986.

Del 4

Projekteringsværktøjer

9. Beregning af termisk indeklima

Dette kapitel beskriver metoder til opstilling af varmebalancen og beregning af indetemperaturen i et rum udsat for kendte varmelastninger. Først beskrives simple *håndberegningemetoder*, som kan anvendes til at vurdere indetemperaturens forløb på varme sommerdage, og dernæst beskrives *detaljerede, dynamiske metoder*, som anvendes i edb-programmer, her eksemplificeret ved den metode der anvendes i edb-programmet *tsbi3* (9.1).

Beregninger af bygningers termiske indeklima og energiforbrug er i stor udstrækning baseret på de samme varmebalanceligninger, og de udføres derfor ofte i samme beregningsskema. For meget lange perioder, fx en måned eller et år, kan man gå ud fra, at summen af tilført varme er lig med summen af tabt varme. Ved vurdering af kortere perioder, fx nogle få døgn eller timer, må der tages hensyn til rummets varmeakkumulering, og varmebalancen for rumluften kan da udtrykkes:

tilført varme = tabt varme + akkumuleret varme

For en enkelt dag med en stor varmelastning, fx et stort solindfald, spiller rummets akkumuleringsevne en stor rolle for den resulterende døgnmiddeltemperatur og for den maksimale temperatur, der optræder i løbet af dagen.

Det første skridt til at vurdere rumtemperaturen i en varm periode vil ofte være at beregne, hvor meget rumtemperaturens døgnmiddel overstiger udetemperaturens døgnmiddel. Hvis forskellen mellem disse temperaturer ser ud til at ville give en kritisk høj maksimalværdi af rumtemperaturen, bør maksimalværdien beregnes.

Simpel metode til beregning af døgnmiddeltemperaturen

Når der optræder flere dage efter hinanden med stort solindfald, vil døgnmiddeltemperaturen stige dag for dag, indtil der efter 5-6 dage er opnået en balancetilstand (periode-stationær tilstand). I denne tilstand er den solvarme, der akkumuleres i bygningsmassen om dagen, lig med den varme, der afgives fra bygningsmassen om natten. Middelværdien af døgntemperaturen er derfor uafhængig af rummets varmekapacitet og vil alene være bestemt af tilført varme og afgivet varme til omgivelserne. Disse størrelser kan let beregnes, og balancen for rumtemperaturen kan derfor udtrykkes ved følgende ligning:

$$\theta_i = \frac{H_T \cdot \theta_u + \sum (H_{na} \cdot \theta_{na}) + H_V \cdot \theta_V + \frac{Q_i + Q_s}{24}}{H_T + H_a + H_V} \quad (1)$$

hvor

θ_i er døgnmiddelværdien af rumlufttemperaturen, °C

H_T det specifikke varmetab ved transmission til udeluften, W/°C

θ_u døgnmiddelværdien af udelufttemperaturen, °C

H_{na} det specifikke varmetab til et naborum med anden temperatur, W/°C

θ_{na} døgnmiddelværdien af naborummets temperatur, °C

H_V det specifikke varmetab ved ventilation, W/°C

θ_V døgnmiddelværdien af ventilationsluftens indblæsningstemperatur, °C

Q_i den samlede varmeafgivelse over døgnet fra interne kilder, Wh/døgn

Q_s den samlede varmelastning over døgnet fra solindfald, Wh/døgn

H_T beregnes for alle konstruktioner, som vender mod udeluften, som arealet gange U-værdien:

$$H_T = \sum A \cdot U \quad (2)$$

H_V er summen af bidrag til det specifikke varmetab ved infiltration, naturlig ventilation samt mekanisk ventilation. Hvert bidrag beregnes ud fra:

$$H_V = \rho \cdot c_p \cdot n \cdot V \quad (3)$$

hvor

ρ er luftens densitet, kg/m³

c_p den specifikke varmekapacitet for luften, J/(kg · K)

n luftskiftet ved den pågældende form for ventilation, s⁻¹

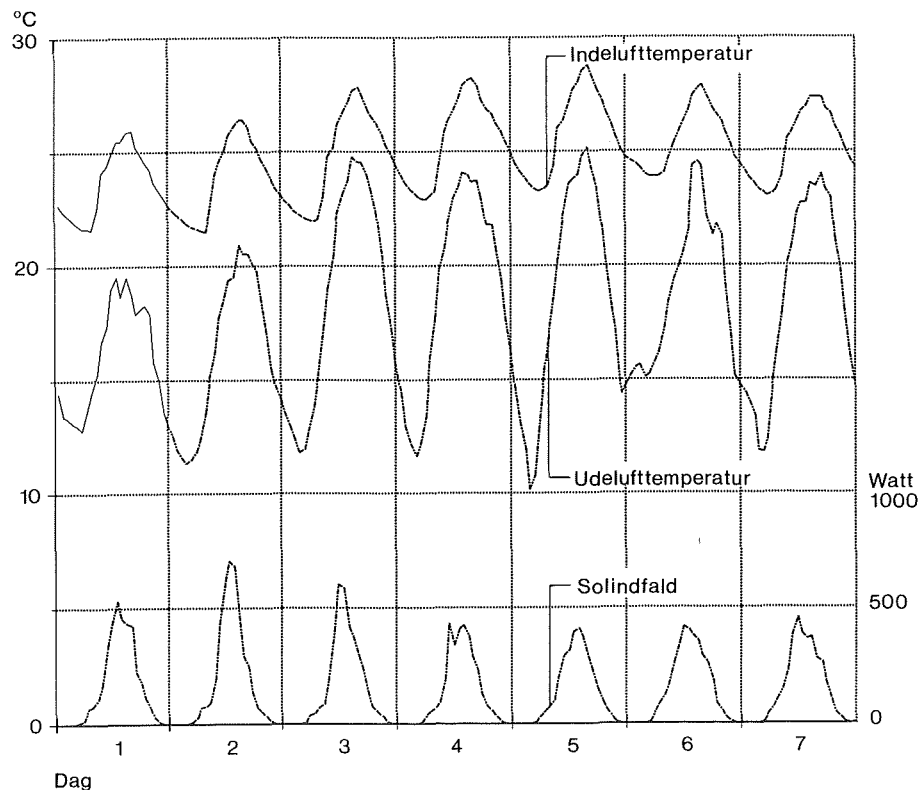
V volumenet af rummet, m³

Under normale forhold kan formelen tilnærmes til:

$$H_V = 0,34 \cdot \phi \quad (4)$$

hvor

ϕ er ventilationsluftstrømmen, m³/h.



Figur 9.1 Eksempel på forløbet af indelufttemperaturen i en længerevarende varm og solrig periode (periode-stationær tilstand).

Figur 9.1 viser et typisk forløb af rumtemperaturen i en periode med flere varme, solrige dage. Den periode-stationære tilstand i rummet ser ud til at blive opnået efter 5-6 ensartede dage.

Hvis der ikke tages hensyn til varmeudveksling med naborum, og hvis ventilationen udelukkende sker med udeluft, kan formel (1) forenkles til formel (5). Denne formel udtrykker, at i længerevarende varme perioder vil lokalets døgnmiddeltemperatur overstige udeluftens døgnmiddeltemperatur med forholdet mellem det samlede varmetilskud i døgnet (Wh) og det specifikke varmetab for hele døgnet (Wh/°C). Indflydelsen af de vigtigste parametre kan således umiddelbart vurderes ud fra formelen, idet det er muligt at beregne virkningen af en reduktion af solindfaldet (fx opnået ved bedre solafskærmning) eller en reduktion af de interne varme-

tilskud. Det specifikke varmetab er således også et udtryk for bygningens evne til at skaffe sig af med overskudsvarmen.

$$\theta_i \approx \theta_u + \frac{Q_i + Q_s}{24 \cdot (H_T + H_V)} \quad (5)$$

hvor

θ_i er døgnmiddelværdien af rumlufttemperaturen, °C

θ_u døgnmiddelværdien af udelufttemperaturen, °C

Q_i den totale varmebelastning over døgnet fra interne varmekilder, Wh/døgn

Q_s den samlede varmebelastning over døgnet fra solindfald, Wh/døgn

H_T det specifikke varmetab ved transmission til udeluften, W/°C

H_V det specifikke varmetab ved ventilation, W/°C

Ved de overslagsmæssige vurderinger af temperaturforholdene skal det bemærkes, at forskellen mellem inde- og udetemperatur normalt er væsentligt større om natten end i dagtimerne, og at ventilationen derfor kan fjerne betydeligt større varmemængder om natten.

I formlerne (1) og (5) indregnes påvirkningerne som døgnmiddelværdier, hvilket blandt andet forudsætter, at det pågældende lokale ventileres med en konstant luftmængde (summen af mekanisk ventilation, infiltration og udluftning) i alle 24 timer af døgnet.

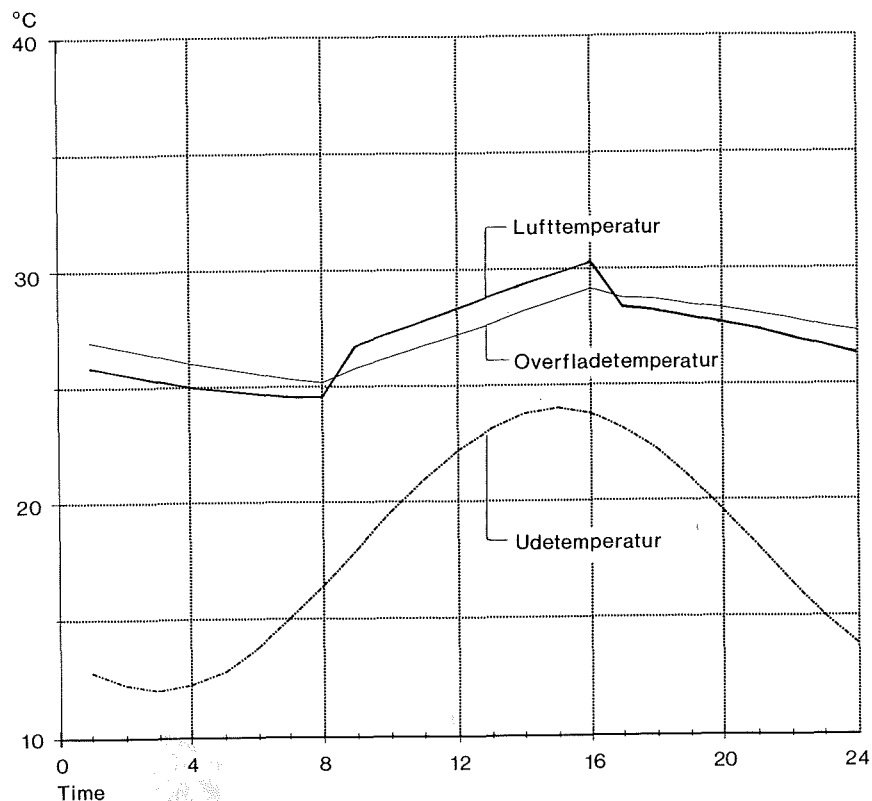
Figur 9.2 viser et typisk forløb af indelufttemperaturen og en overfladetemperatur i et rum på en varm sommerdag i en døgn-stationær tilstand. Indelufttemperaturen svinger væsentligt mindre end udetemperaturen, men mere end overfladetemperaturerne.

Ved vurdering af temperaturforholdene i rum med en væsentligt større eller mindre varmebelastning end de omliggende rum bør det også bemærkes, at netop for et sådant rum vil varmeudveksling med naborum ved transmission og ved luftoverføring ofte have stor betydning, både for middel- og maksimumtemperaturen.

Ved edb-beregningerne, som beskrives senere, er det muligt at tage hensyn til alle belastningsvariationer time for time samt alle ændringer af klimaregulerende udstyr, fx åbning af vinduer og regulering af solafskærmning.

Data for fastlæggelse af udetemperatur og solindfald

Til fastlæggelse af de klimamæssige påvirkninger, som skal benyttes i den forenkede metode til beregning af døgnmiddeltemperaturen, kan tabel 9.1 anvendes. For



Figur 9.2. Typisk døgnforløb af indelufttemperaturen og en overfladetemperatur i et tungt rum på en varm sommerdag.

hver måned angiver tabellen maksimale døgnmiddelværdier af solindfaldet gennem vinduer i forskellige retninger samt maksimal døgnmiddelværdi og middelværdi af udetemperaturen.

Tabellen viser, at for et sydvendt vindue er solindfaldet størst forår og efterår, mens det for øst/vest-vendte samt vandrette vinduer er størst om sommeren. For lodrette vinduer er maksimalværdien om sommeren ca. 3000 Wh/m² pr. døgn for et vindue mod syd og ca. 3600 Wh/m² pr. døgn for et vindue mod øst eller vest.

Udetemperaturen vil på de varmeste dage af sommeren typisk variere med ca. 6 grader omkring middeldøgntemperaturen, fx for juli måned med tabellens værdier: 21,0 ± 6 °C, dvs. mellem 15 og 27 °C.

Tabel 9.1. Maksimale værdier af døgnsum for solindfald gennem normal 2-lags rude beregnet med edb-programmet tsbi3 ud fra Referenceårets vejrdata (9.8) samt værdier for maksimale døgnmiddel og typiske døgnvariationer af udetemperaturen på klare dage i de enkelte måneder ud fra 15 års vejrdata (9.8).

Måned	Solindfald på en klar dag, Wh/m ²				Udetemperatur, °C	
	Døgnsum for vindue med orientering:				Maks. døgn-middel	Typisk variation
	syd	øst/vest	nord	vandret		
Januar	2880	410	180	430	3,9	5,0
Februar	4150	1390	510	1420	4,2	6,0
Marts	4320	1990	710	2590	6,3	7,5
April	3840	3430	1210	4800	11,2	9,0
Maj	3140	3720	1530	5450	15,9	11,5
Juni	3020	3580	1730	5780	20,0	12,0
Juli	2760	3650	1610	5540	21,0	12,0
August	3500	2780	1110	3790	20,5	11,0
September	3410	1990	770	2930	16,9	9,0
Oktober	3740	1340	520	1610	13,7	7,0
November	3050	700	260	700	10,0	5,0
December	2160	280	130	310	6,0	5,0

Data for fastlæggelse af interne varmebelastninger

Ved fastlæggelsen af de interne varmebelastninger skelnes der normalt mellem varmeafgivelse fra personer, belysning og udstyr.

Varmeafgivelse fra personer

Ved overslagsmæssige beregninger kan varmeafgivelsen sættes til 100 W pr. person i den tid, personen er til stede i lokalet. Er der tale om store lokaler med mange personer, kan der være grund til at skelne mellem, om det er voksne personer eller børn, samt tage hensyn til det aktuelle aktivitetsniveau. En detaljeret oversigt over personers varmeafgivelse samt vejledende tal for persontætheden i forskellige bygningsskategorier findes i (9.7).

Varmeafgivelse fra belysning

På de fleste arbejdspladser, fx i kontor- og erhvervsbyggeri, er belysningsanlægget normalt indrettet således, at kun en del af det elektriske lys behøver være tændt, når

der tilføres dagslys gennem vinduerne. Den installerede belysningseffekt afhænger primært af de krav, der stilles til belysningsniveauet i lokalet, mens effekten af det lys, der på et givet tidspunkt er tændt, især afhænger af den øjeblikkelige arbejds-situation. Der findes normalt både en arbejdspladsbelysning og en almen loftsbelysning. I store, dybe lokaler vil loftsbelysningen ofte være sektioneret således, at der kan være slukket i områder nær vinduerne, mens der er tændt bagest i lokalet.

Ved beregning af varmeafgivelsen fra belysning i varme sommerperioder, er det vigtigt at vurdere, hvor stor en del af belysningen, der må forventes at være tændt samtidig med, at der regnes med et stort solindfald gennem vinduerne. Ofte vil det kun være den lokale arbejdspladsbelysning, der er tændt, men ved særligt belysningskrævende opgaver kan det være nødvendigt at have flere lyskilder tændt samtidig.

Oversigt over krav til belysningsstyrke i karakteristiske rum samt lysudbytte, belysningsstyrker og afgivne varmeeffekter findes i (9.7). Se endvidere vejledende værdier i kapitel 32: "Belysning".

Varmeafgivelse fra udstyr og apparater

Den største varmemængde, der afgives fra el-apparater svarer normalt til den optagne effekt, som er påstemplet apparatet. Ved beregningen af den aktuelle varmeafgivelse i en given situation må der tages hensyn til både en samtidighedsfaktor og en belastningsfaktor.

Der findes forskellige oversigter over, hvor store el-effekter der optages (og afgives som varme) fra forskellige typer af apparater og udstyr, se fx (9.7) og (9.9). Sådanne oversigter bliver imidlertid hurtigt forældede, især pga. den hurtige udvikling inden for elektronikken. I de seneste år har lavenergi-udstyr gradvist vundet større indpas, både inden for husholdningsapparater og inden for kontormaskiner og -udstyr. Der kan derfor være meget store forskelle i varmeafgivelsen fra to maskiner eller apparater af samme type.

Ved beregninger på kontorer vil det ofte være varmeafgivelsen fra edb-udstyr, der er dominerende, og her kan der som en håndregel regnes med at en pc afgiver mellem 80 og 130 W, når den er tændt.

Eksempel 1: Beregning af døgnmiddeltemperatur

For et sydvendt kontor på 15,4 m² ønskes døgnmiddeltemperaturen beregnet i en længerevarende varm periode i juni måned.

Der er 3 vinduer med et totalt glasareal på 2,4 m², og lyse gardiner som solafskærmning med en afskærmningsfaktor på 0,40. I kontoret arbejder normalt 2 personer med hver sin pc, og de interne varmebelastninger er opgjort time for time som vist i tabel 9.2.

Tabel 9.2. Timeværdier af varmebelastninger i kontoret for et solrigt døgn i juni måned.

Time	Udstyr	Personer	Lys
1	50	0	0
2	50	0	0
3	50	0	0
4	50	0	0
5	50	0	0
6	50	0	0
7	50	0	0
8	50	0	0
9	200	200	250
10	200	200	130
11	200	200	130
12	200	200	130
13	200	200	130
14	200	200	130
15	200	200	130
16	200	200	130
17	50	0	250
18	50	0	0
19	50	0	0
20	50	0	0
21	50	0	0
22	50	0	0
23	50	0	0
24	50	0	0
Døgnet	2400	1600	1410

Summen af interne varmetilskud er: $Q_{udstyr} + Q_{pers} + Q_{lys} = 5410$ Wh/døgn.

Det specifikke varmetab ved transmission beregnes for alle bygningsdele, der vender mod det fri som produktet af areal gang U-værdi, jf. formel (2). I dette tilfælde udgør facadens vægareal 5,8 m² med en U-værdi på 0,35 W/m² K, samt et vinduesareal på 3,2 m² med en U-værdi på 3,25 W/m² K, således at det specifikke varmetab ved transmission kan beregnes til:

$$H_T = \Sigma A \cdot U = A_{væg} \cdot U_{væg} + A_{vin} \cdot U_{vin} \\ = 5,8 \cdot 0,35 + 3,2 \cdot 3,25 = 2,0 + 10,4 = 12,4 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

hvor

$A_{væg}$ er arealet af facadens vægflade, m^2

$U_{væg}$ U-værdien for facadekonstruktionen, $\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

A_{vin} arealet af vinduerne i facaden, m^2

U_{vin} U-værdien for vinduerne, $\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Kontoret er mekanisk ventileret med en luftstrøm på 30 l/s svarende til 108 m^3/h , hvilket giver et specifikt varmetab ved ventilation, beregnet ved hjælp af formel (4):

$$H_V = \Sigma A \cdot U = 0,34 \cdot \phi = 0,34 \cdot 108 = 36,7 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Udetemperaturen og solindfaldet kan fastlægges ud fra tabel 9.1. Her aflæses den maksimale døgnsum af solindfaldet til 3020 Wh/m^2 og den maksimale døgnmiddeltemperatur til 21,0 $^\circ\text{C}$.

Ved fastlæggelse af en realistisk varmebelastning fra solstråling er det nødvendigt at tage hensyn til, at der normalt anvendes en solafskærmning for at reducere solindfaldet. Glasarealet er i alt 2,4 m^2 og det må forventes, at solafskærmningen er trukket helt for i det aktuelle døgn. I dette tilfælde anvendes en afskærmning med en afskærmningsfaktor på 0,40, dvs. at kun 40 pct. af det solindfald, der ville passere uden afskærmning vil passere i den aktuelle situation med afskærmning. Solindfaldet kan derfor beregnes til:

$$Q_{sol} = 3020 \cdot 2,4 \cdot 0,4 = 2900 \text{ Wh/døgn}$$

Den resulterende døgnmiddelværdi af indetemperaturen kan herefter beregnes ud fra formel (5):

$$\theta_i \approx 21,0 + \frac{2900 + 5410}{24 \cdot (12,4 + 36,7)} = 21,0 + 7,1 = 28,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

Beregning af daglig maksimaltemperatur

Den balance, der udtrykkes i formel (1) eller formel (5), siger ikke noget om, hvor store udsving, der er i indetemperaturen over døgnnet. Temperaturvariationerne dæmpes dels af rummets evne til at borttransportere varme, dels af evnen til at

akkumulere varme og endelig af hvor store variationer, der er i varmepåvirkningerne over døgnnet.

Forskellen mellem den maksimale og den minimale indetemperatur kan udtrykkes ved formel (6):

$$\Delta\theta_i = \theta_{i,max} - \theta_{i,min} = \frac{\Delta Q_c}{H_T + H_V + H_{akk}} \quad (6)$$

hvor

$\Delta\theta_i$ er forskellen mellem maksimal og minimal indelufttemperatur, $^\circ\text{C}$

ΔQ_c forskel mellem største og mindste konvektive varmebelastning, W

H_T specifikt varmetab ved transmission til udeluften, $\text{W/}^\circ\text{C}$

H_V specifikt varmetab ved ventilation, $\text{W/}^\circ\text{C}$

H_{akk} rummets "varmeakkumuleringsevne", $\text{W/}^\circ\text{C}$

Variation i påvirkning fra konvektiv varmeafgivelse og varmepåvirkning

Variation i varmetilskud fra interne belastninger og solindfald

I bygninger, som kun er i brug i dagtimerne, er der i mange tilfælde ingen varmebelastning om natten, og "variationen" vil derfor være lig med den maksimale sum af varmebelastninger, som optræder i løbet af dagen. For kontor- og erhvervsbyggeri vil de interne varmetilskud således være koncentreret inden for 8-12 timer af dagen, og den maksimale belastning vil optræde samtidig med, at solindfaldet er størst.

I beregningerne antages det, at kun den konvektive varmeafgivelse vil influere på indelufttemperaturen. Den strålingsmæssige varmeafgivelse vil i løbet af 4-5 dage opvarme bygningskonstruktionerne, således at strålingstemperaturen i den døgn-stationære tilstand i middel over døgnnet har nogenlunde samme værdi som lufttemperaturen. Principielt kan solvarmen kun tilføres som (kortbølget) stråling, men en del af strålingen tilføres lette og/eller tynde materialer, der hurtigt varmes op og afgiver størstedelen af varmen konvektivt til luften.

Som en håndregel kan det antages, at ca. 2/3 af den tilførte varmemængde tilføres rumluften ved konvektion, mens resten tilføres rummets overflader som stråling. Ved fastlæggelse af det maksimalt forekommende solindfald i et konkret tilfælde må der tages hensyn de faktiske forhold, som kan reducere solindfaldet, fx skyggende omgivelser og anvendelse af solafskærmning.

Med disse forudsætninger kan der opstilles følgende formel for variationen i (konvektive) varmepåvirkninger:

$$\Delta Q_{c,i-s} = \frac{2}{3} [(Q_i + f_s \cdot Q_{sol})_{\max} - Q_{i,\min}] \quad (7)$$

hvor

$\Delta Q_{c,i+s}$ er forskellen over døgnet mellem største og mindste konvektive varmebelastning fra interne kilder og solindfald, W

$(Q_i + f \cdot Q_s)_{\max}$ den største sum af varmebelastning over døgnet fra interne varmebelastninger plus solindfald korrigeret for afskærmning, W

$Q_{i,\min}$ mindste varmebelastning over døgnet fra interne varmebelastninger, W

f_s reduktionsfaktor på solindfaldet for skygge og afskærmning for vinduet i det aktuelle tilfælde.

Tabel 9.3 angiver for hver måned og for forskellige orienteringer det maksimale solindfald gennem en normal 2-lags rude på 1 m² uden nogen form for skygge eller afskærmning.

Tabel 9.3. Maksimale timeværdier af solindfald gennem normal 2-lags rude og maksimal udetemperatur. Beregnet med edb-programmet tsbi3 fra Referenceårets vejrdata (9.8). Ved benyttelse af talværdierne er det vigtigt at tage hensyn til eventuelle skyggeforhold samt solafskærmning i det aktuelle tilfælde.

Måned	Syd Maks. W/m ²	Vest/øst Maks. W/m ²	Nord Maks. W/m ²	Vandret Maks. W/m ²	Temp. Maks. °C
Januar	750	170	40	100	5,5
Februar	740	450	90	270	6,5
Marts	650	500	100	400	9,5
April	610	620	120	590	20,8
Maj	510	610	150	660	24,8
Juni	440	580	170	650	25,2
Juli	460	560	180	640	27,4
August	540	510	140	570	28,8
September	560	410	110	440	21,4
Oktober	650	400	70	320	19,0
November	600	280	50	150	10,2
December	620	120	30	70	7,5

Variation i varmepåvirkning på grund af svingninger i udetemperaturen

Udetemperaturens variation over døgnet influerer på den konvektive belastningsvariation med et bidrag, der kan beregnes efter formel (8):

$$\Delta Q_{c,\theta_e} = \Delta \theta_e (H_{T,\text{vin}} + H_V) \quad (8)$$

hvor

$\Delta Q_{c,\theta_e}$ er variationen i den konvektive varmepåvirkning, som skyldes variationer i udetemperaturen

$\Delta \theta_e$ forskellen mellem maksimal og minimal udetemperatur, °C

$H_{T,\text{vin}}$ det specifikke transmissionstab gennem vinduerne, W/°C

H_V det specifikke transmissionstab ved ventilation, W/°C

Det bemærkes, at der i det specifikke transmissionvarmetab kun medtages den del, som går gennem vinduerne, idet denne del af varmetabet tilnærmet regnes at ske direkte fra indeluft til udeluft.

Rummets varmeakkumuleringsevne

Akkumuleringsevnen for et lokale beregnes som den samlede varmekapacitet af inventar samt de inderste lag af alle bygningsdele, som vender ind mod rummet. Flere undersøgelser, fx (9.2) og (9.3) har vist, at kun en vis del af de inderste konstruktionslag virker som "aktiv" varmekapacitet, og ved simple beregninger kan et rums akkumuleringsskapacitet udtrykkes ved tallene i tabel 9.4.

Tabel 9.4. Overslagsmæssige værdier for et rums varmeakkumuleringsevne udtrykt i W/°C pr. m² gulvareal. Forudsætning: maksimalt 12 timers belastning pr. døgnet.

Rumbetegnelser	Beskrivelse	Akkumuleringsevne W/m ² pr. m ² gulv
Ekstra let	Rum med lette skille vægge, fx skelet med beklædningsplader, og helt uden tunge konstruktionsdele	5- 6
Middel let	Rum med indvendige vægge af letbeton og kun uvæsentlige tunge konstruktionsdele	7- 9
Middel tungt	Rum med én tung, dominerende konstruktion, fx betonloft eller 2-3 konstruktioner af tegl	10-12
Ekstra tungt	Rum med flere frie, tunge konstruktioner, fx betondæk og -loft samt skille vægge af tegl eller letbeton	13-15

Eksempel 2: Beregning af maksimal indetemperatur

For kontoret beskrevet i eksempel 1 ønskes den maksimale indelufttemperatur beregnet. Rummet har et betongulv, som er dækket med et tæppe, og et betonloft, som er dækket af et nedhængt loft. De indvendige vægge er gips på skelet-konstruktion.

Ved vurdering af *døgnmiddeltemperaturen* er det døgnsummer og døgnmiddel-værdier, der anvendes. I forbindelse med beregning af den *maksimale indetemperatur* er det derimod variationerne i varmepåvirkningerne, dvs. forskellen mellem største og mindste påvirkning, der har interesse.

Variation i interne varmebelastninger og solindfald

Opgørelsen over timeværdier for de interne varmebelastninger i tabel 9.2 viser, at den maksimale belastning optræder i den første time af brugstiden om morgenen og den sidste om eftermiddagen, idet det antages, at der er mere lys tændt i disse timer end midt på dagen. Her er det imidlertid den *største samlede* varmebelastning, der skal findes, og det skønnes at belastningen er størst omkring klokken 12, hvor solindfaldet vil være størst. Da den interne varmebelastning er ens i alle timerne fra 10 til 15, benyttes summen for en af disse timer, dvs.

$$Q_{i,max} = 530 \text{ W}$$

Den mindste værdi af de interne varmetilskud fremgår ligeledes af tabel 9.2, der angiver at belastningen om natten er 50 W.

Det maksimale solindfald kan aflæses af tabel 9.3, der for juni måned angiver det maksimale solindfald gennem 1 m² rude mod syd til 440 W. I det aktuelle tilfælde er der et samlet glasareal på 2,4 m², og der regnes med en solafskærmning på 0,40, så det aktuelle, maksimale solindfald kan beregnes til:

$$Q_{sol,max} = 440 \cdot 2,4 \cdot 0,4 = 422 \text{ W}$$

Ifølge formel (7) regnes kun 2/3 af varmebelastningerne fra interne kilder og fra solindfald at blive tilført konvektivt, og den samlede variation, dvs. forskellen mellem største og mindste belastning kan derfor beregnes til:

$$\Delta Q_{c,i+s} = 2/3 \cdot (530 + 422 - 50) = 600 \text{ W}$$

Variation i varmepåvirkninger på grund af svingninger i udetemperaturen

Ifølge tabel 9.1 kan der i juni måned regnes med en forskel mellem højeste og

laveste temperatur i døgnet på 12,0 °C. Summen af de specifikke varmetab ved transmission *gennem vinduer* og ved ventilation er ifølge eksempel 1:

$$H_{T,vin} + H_V = 10,4 + 36,7 = 47,1 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

således at bidraget til variationen i varmepåvirkning bliver:

$$\Delta Q_{\theta_e} = \Delta \theta_e \cdot (H_{T,vin} + H_V) = 12,0 \cdot 47,1 = 565 \text{ W}$$

Rummets evne til at borttransportere og akkumulere overskudsvarme

Rummets evne til at borttransportere varmen udtrykkes ved det specifikke varmetab, der i eksempel 1 er beregnet til:

$$H_T + H_V = 12,4 + 36,7 = 49,1 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Den akkumulerende evne for de tunge gulv- og loftkonstruktioner kan ikke udnyttes fuldt ud, fordi der ikke er direkte adgang fra rumluften til de tunge konstruktioner. Ifølge (9.2) reduceres akkumuleringssevnen skønsmæssigt, så gulvet kommer til at svare til fx en teglkonstruktion, mens loftet kommer til at svare til fx en letbetonkonstruktion.

Ved sammenligning med klassificeringen af rum efter akkumuleringssevne i tabel 9.4 skønnes rummet at svare til et middel-let rum, på grænsen til det middeltunge rum, altså med en varmeakkumuleringssevne på ca. 9 W/°C pr. m² gulv. Rummet er på 15,4 m², og den samlede akkumuleringssevne er derfor:

$$H_{akk} = 15,4 \cdot 9 = 138,6 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Variation i indetemperaturer

Temperatursvingningen (amplituden) af indetemperaturen kan herefter beregnes som forholdet amplituden af den konvektive varmepåvirkning og summen af transportevne plus varmeakkumuleringssevne:

$$\Delta \theta_i = \frac{\Delta Q_c}{H_T + H_V + H_{akk}} = \frac{\Delta Q_{c,i-s} + \Delta Q_{\theta_e}}{H_T + H_V + H_{akk}} = \frac{600 + 565}{49,1 + 138,6} = 6,2$$

Efter denne beregningsmetode skulle forskellen mellem den højeste og laveste indetemperatur være 6,2 °C, svarende til at temperaturen svinger med ca. 3,1 °C omkring middelværdien. Den højeste temperatur vil da være

$$\theta_{max} = 28,1 + 3,1 = 31,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

konstruktionstype, lagdeling. Der findes ca. 80 forskellige menuer, men selv for en detaljeret bygningsmodel vil det sjældent være nødvendigt at læse data ind i mere end 40-50 forskellige menuer. Programmet giver online brugerhjælp for alle indlæsningsfelter og har mulighed for interaktiv datakontrol med oversigter over indlæste data, og eventuelle mangler eller fejl i disse.

Biblioteker

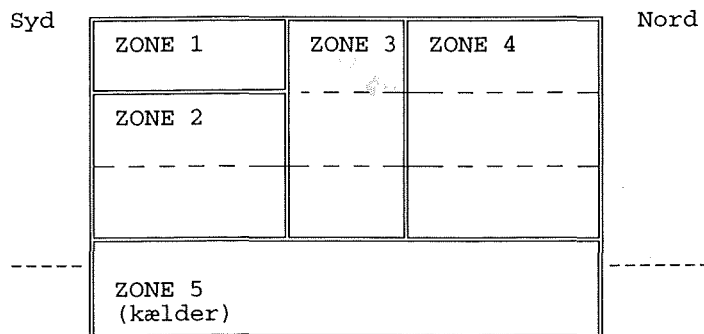
For at lette indlæsningen af data mest muligt, følger der med programmet en række biblioteker med data for materialer, komponenter, tidsdefinitioner, fx:

- materialer
- konstruktionstyper
- rudetyper
- vindueskarmtyper
- tidsangivelser
- døgnprofiler for belastninger
- persontyper.

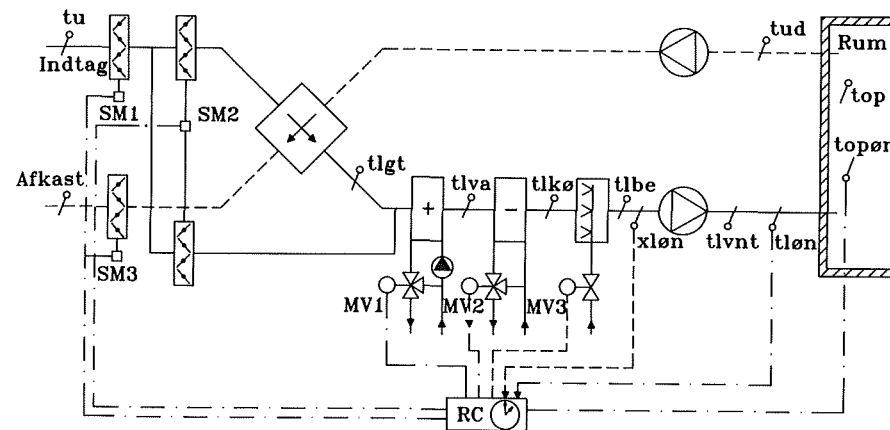
Selv om der skal beskrives mange detaljer i bygningsmodellen, kan data hurtigt indlæses ved at referere til eller kopiere fra elementer i bibliotekerne. Brugeren kan ligeledes opbygge sine egne biblioteker, således at komponenter, der benyttes ofte, er defineret på forhånd.

Zoneinddeling af en bygning

Bygningen, der skal bygges en model op for, kan deles op i så mange zoner, som skønnes nødvendigt for den aktuelle simulering. Zonerne kan være identiske med bygningens faktiske rum, eller der kan zoneinddeles efter områder, som i termisk henseende er ensartede, se figur 9.5.



Figur 9.5. Eksempel på zoneopdeling af 3-etages kontorbygning.



Figur 9.6. Principopbygning af modellen for ventilationsanlæg i tsbi3.

Modeller for systemer

Til en bygningsmodel skal defineres alle de installationer, belastninger og systemer m.m., som har indflydelse på det termiske indeklime.

Til beskrivelse af de ventilationsmæssige forhold er der både "systemer", der beskriver ventilering af bygninger ved naturlig ventilation og ved infiltration. Endelig kan der defineres to typer af ventilationsanlæg i bygningsmodellen, jf. figur 9.6, dels centrale anlæg, der kan forbehandle luften til flere zoner, og dels lokale anlæg som kun (efter-)behandler luften til én zone. Der kan defineres 5 forskellige reguleringstyper for et ventilationsanlæg, herunder natkøling og variabel luftsstrøm (VAV).

Dagslysberegninger i tsbi3

Programmet kan udføre beregninger af dagslysniveauer i almindelige lokaler, dvs. lokaler der ikke er komplicerede i lysteknisk henseende. Beregningerne er baseret på anvendelse af sollysfaktorer for vinduer, som angiver forholdet mellem belysningsstyrken i et punkt i et vandret plan i rummet og den samtidige belysningsstyrke udendørs på facadens plan (uden skygger fra omgivelserne), se kapitel 11: "Belysnings- og dagslysberegninger".

Litteratur

- (9.1) Johnsen, K., Grau K. og Christensen, J. E. tsbi3. Edb-program til termisk simulering af bygninger og installationer. Version B. Brugervejledning. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1993.

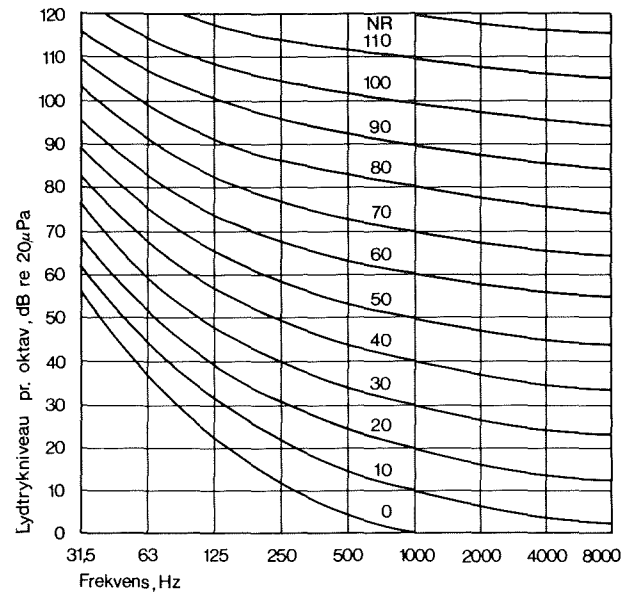
- (9.2) Brown, G. og Partheen, K. Värmelagring och temperatur i väggar och bjälklag vid rumstemperatursvängningar. Teknisk rapport SP-rapp 1980:13. Statens Provningsanstalt. Borås 1980.
- (9.3) Petersen, E. og Engelund Thomsen, K. Analyse af varmeakkumuleringsevnen for boliger. Meddelelse nr. 229. Dansk Teknologisk Institut. Energiteknologi og Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varmeisolering. Lyngby 1992.
- (9.4) Passiv solvarme - projekteringsvejledning. Energiministeriets Solvarmeprogram, Rapport nr. 30. Teknologisk Institut og Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varmeisolering. Taastrup 1985.
- (9.5) Thermal Performance of Buildings. Calculation of Energy Use for Heating, - Residential Buildings. European Standard, Draft prEN 832:1992. CEN. Udsendt til kritik som preliminær europæisk norm, kritikfrist 15.2.1993.
- (9.6) Hansen, H. E. (red.), Kjerulf-Jensen P. (red.), Stampe O. B. (red). Varme- og klimateknik. Grundbog. Danvak. København 1988.
- (9.7) Hørup Sørensen, H. (red.). Ventilation ståbi. København 1988.
- (9.8) Andersen, B. et al. Vejrdata for VVS og energi. Dansk referenceår TRY. SBI-rapport 135. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1982.
- (9.9) Johnsen, K. og Nielsen, A. Beregning af energiforbrug i småhuse. SBI-rapport 148. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1984.

10. Lydberegning

Dette kapitel omhandler beregningsmetoder for lyd i bygninger, ventilationsanlæg og vandinstallationer. Støj er et område, hvor der er et omfattende grundlag for beregning og endvidere detaljerede myndighedskrav og projekteringsværdier. Se herom i kapitel 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier".

Definitioner

Efterklangstid, T (s)	Udtryk for rummets akustiske egenskaber, defineret som den tid, det tager for lydniveauet at falde 60 dB fra sin stationære værdi, når lydkilden afbrydes.
Lydeffektniveau, L_w (dB)	Logaritmisk udtryk, der angiver en lydkildes udsendte akustiske effekt i forhold til en referenceeffekt (normalt 10^{-12} W). Lydeffektniveauet afhænger udelukkende af lydkildens art, størrelse og driftsbetingelser.
Lydniveau, vægtet (dB)	Det totale lydtrykniveau, der kan aflæses på et måleinstrument, når der mellem mikrofon og måleudstyr er indskudt et filter. Filtrene er standardiserede, og de vægtede lydniveauer betegnes L_A , L_B eller L_C afhængig af filtertypen. A-filtret er tilpasset ørets frekvensfølsomhed, og L_A -værdien kan derfor anvendes til angivelse af støjens genevirkning. Det gælder dog ikke, hvis der forekommer kraftig lavfrekvent støj.
Lydtrykniveau, L_p (dB)	Logaritmisk udtryk for den akustiske påvirkning som fx et øre eller en mikrofon udsættes for. Lydtrykniveauet udtrykkes i forhold til et referencetryk (normalt $20\mu\text{Pa}$). Lydtrykniveauet frembragt af én eller flere lydkilder kan kun angives, hvis rumdæmpningen ΔL_R er kendt.
NR-værdi	Noise Rating. Metode til at karakterisere en lyd ved hjælp af en enkelt talværdi og samtidig tage hensyn til lydets frekvensfordeling.



Figur 10.1. NR-kurver (10.10)

Lydens NR-værdi bestemmes af den NR-kurve, der netop tangerer lydens frekvensspektrum angivet i oktavværdier.

Oktavbånd
(Hz)

Afgrænset område af de hørbare frekvenser, der er karakteriseret ved, at nederste grænsefrekvens er halvt så stor som øverste grænsefrekvens. Oktavbåndene betegnes ved den geometriske middelværdi af grænsefrekvenserne.

Rumdæmpning, ΔL_R
(dB)

Den samlede virkning af blandt andet lydkildens placering, afstanden til modtageren, rummets absorption og antallet af personer i rummet.

Støjniveau
Ækvivalent, L_{eq}
(dB)

Det konstante lydtrykniveau, der kan frembringes af den energimængde, som er frembragt af den aktuelle varierende lyd i det betragtede tidsrum.

Lydberegning i bygninger

Håndberegninger

Projektering og beregning af lyd og lydisolering i bygninger fremgår af SBI-anvisning 172, Bygningers lydisolering (10.1). Omhyggelig projektering og korrekt

udførelse af lydisolering er meget vigtig, da det kan være uhyre vanskeligt at ændre færdige konstruktioner.

Efterklangstid

Den klassiske beregning af et rums efterklangstid kan foretages ved hjælp af Sabin's formel:

$$T = \frac{0,16 \cdot V}{A} = \frac{0,16 \cdot V}{\sum \alpha_i \cdot S_i + n_p \cdot A_p + 4 \cdot m \cdot V}$$

hvor

T er efterklangstiden i sekunder, s

V rummets volumen, m^3

A rummets ækvivalente absorptionsareal, m^2

α_i absorptionsfaktor for overflade, i

S_i areal af overflade, m^2

n_p antal personer (stole el. lign.)

A_p ækvivalent absorptionsareal for én person (stol el. lign.), m^2

m dæmpningskoefficient for lydabsorption i luft, m^{-1}

Absorptionskoefficienter for almindelige bygningsmaterialer og inventar findes i tabel 10.1 og i (10.2). Luftens bidrag til absorptionen er uden praktisk betydning i rum med volumen under ca. 1000 m^3 . Beregningen udføres normalt for seks oktavbånd fra 125 Hz til 4000 Hz.

Rumdæmpning

Rumdæmpningen er forskellen mellem lydeffektniveauet og lydtrykniveauet. Det er vanskeligt at angive eksakte værdier for rumdæmpningen. Tabel 10.2 angiver værdier, der kan anvendes med rimelig nøjagtighed.

Lydisolation mellem rum

Den nødvendige lydisolation i et konkret tilfælde afhænger især af følgende størrelser:

- lydkildens styrke og frekvensspektrum, fx tale, musik eller maskinstøj
- areal af den adskillende bygningsdel
- volumen og efterklangstid i modtagerrummet
- baggrundsstøj i modtagerrummet, fx udefra kommende trafikstøj
- den ønskede grad af uforstyrrelighed.

Tabel 10.1. Oversigt over absorptionskoefficienter.

Materiale	Absorptionskoefficient ved frekvens, Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Glat beton, umalet	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Glat beton, malet	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Blank mur, tilbageliggende fuger af grov bakkegrusmørtel, fugedybde 12 mm, munkeforbandt	0,08	0,08	0,14	0,18	0,20	0,35
Blank mur, vandfaldsfuge af fin strandsandsmørtel, munkeforbandt	0,05	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09
Blank mur, vandfaldsfuge af fin strandsandsmørtel, med kunstgummimaling (ca. 400 g/m ²)	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
55 mm mangelhulsten med 33 huller (23 pct. perforation), 70 mm hulrum, 50 mm mineraluld	0,45	0,99	0,80	0,49	0,70	0,55
Glat puds på beton eller mur, umalet	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04
Let skillevej, 2 × 13 mm gipsplader, stålskelet, hulrum, 50 mm mineraluld, malet overflade	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
Vindue med termorude opbygget af 3-4 mm glas	0,10	0,07	0,05	0,05	0,02	0,02
Massiv trædør	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
Lakeret trægulv på strøer	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Parketgulv i asfalt på beton	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Linoleum eller vinyl klæbet på beton	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
5 mm nålefilt på beton	0,03	0,04	0,07	0,19	0,40	0,47
25 × 100 mm ru brædder, spalteaftand 5 mm, 50 mm hulrum med hessian og mineraluld	0,33	0,70	0,45	0,23	0,15	0,23
25 × 100 mm ru pløjede brædder, 50 mm hulrum med aluminiumkraftpapir og mineraluld	0,40	0,18	0,11	0,10	0,07	0,05
4 mm krydsfiner, 75 mm hulrum, 25 mm mineraluld	0,58	0,28	0,08	0,04	0,05	0,01
4 mm krydsfiner med Ø 4 mm huller med centerafstand 10 mm, 75 mm hulrum, 25 mm mineraluld	0,21	0,44	0,65	0,64	0,54	0,47
25 mm mineraluldsbatts (70 kg/m ³) klæbet på beton	0,03	0,28	0,69	0,85	0,87	0,86
Bomuldsgardin (500 g/m ²) draperet til 3/4 areal og ophængt 130 mm fra væg	0,30	0,45	0,65	0,56	0,59	0,71
Gulvflade med stofbetrukne polstrede stole	0,49	0,66	0,80	0,88	0,82	0,70
Gulvflade med publikum, orkester og kor, inklusive smalle gange	0,60	0,74	0,88	0,96	0,93	0,85

Absorption i stole, bænke, personer og luft

Genstand	Absorptionskoefficient ved frekvens, Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Træstol med sæde og ryg af finer	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05
Kirkebænk med 50 mm stofbetrukne sæde- og ryghynder, pr. plads	0,10	0,25	0,42	0,53	0,55	0,57
Person på træstol	0,15	0,30	0,44	0,45	0,46	0,46
Luftabsorption (4 mV) pr. 1000 m ³ volumen ved:						
25 pct. relativ fugtighed	-	-	2,0	5,2	14,0	46,0
50 pct. relativ fugtighed	-	-	1,6	4,0	9,6	24,4

Tabel 10.2. Eksempler på rumdæmpninger.

Rumtype	Rumdæmpning ΔL_R	Beskrivelse
Normalkontor	4 dB(A)	Tæppe over hele gulvet
Kontorlandskab	12 dB(A)	Tæppe og lydabsorberende loft
Konferencerum	10 dB(A)	Tæppe og lydabsorberende loft
Skolelokale	7 dB(A)	Absorberende loft og 2 vægge med opslagstavler
Sengerum	4 dB(A)	

Den sidstnævnte størrelse kan være meget vanskelig at kvantificere. Bedst kan det gøres, hvis det drejer sig om taleforståelighed og den ønskede grad af fortrolighed. I det følgende beskrives en sådan beregningsmetode med reference til en lignende tysk metode, VDI 4100 (10.3).

Når det drejer sig om almindeligt møblerede opholdsrum (efterklangstid ca. 0,5 s og loftshøjde ca. 2,5 m) kan følgende formel bruges til at bestemme den nødvendige lydisolations:

$$R'_w = L_{W_A} + 8 - L_{BA} + \Delta L + 10 \log \left(\frac{S}{S_1 \cdot S_2} \right) + K$$

hvor

R'_w er nødvendigt vægtes, tilsyneladende lydreduktionstal i dB (dvs. inklusive eventuel flanketransmission), dB

L_{W_A} A-vægtet lydeffektniveau af lydkilde, dB

L_{BA} A-vægtet baggrundsstøjniveau i modtagerummet, dB

ΔL niveaudifferens mellem baggrundsstøj og den transmitterede lyd (fortrolighedskriterium), dB

S areal af skilleflade, m²

S_1 gulvareal i senderum, m²

S_2 gulvareal i modtagerum, m²

K korrektion for lydildespektrum, dB

Typiske værdier for L_{W_A} , L_{BA} , ΔL , K og S er anført i tabellerne 10.3 - 10.7.

Når forudsætningerne om rumhøjde og efterklangstid ikke er opfyldt, fås yderligere følgende tillæg til det nødvendige lydisolationsstal:

$$\Delta R'_w = 10 \log \frac{T_1}{0,5} + 10 \log \frac{T_2}{0,5} - 10 \log \frac{h_1}{2,5} - 10 \log \frac{h_2}{2,5}$$

hvor T_1 og T_2 er efterklangstid (s) i henholdsvis senderum og modtagerum, og h_1 og h_2 er rumhøjde i senderum og modtagerum. I rum, hvor loftet ikke er vandret, bestemmes rumhøjden som volumen divideret med gulvareal.

Tabel 10.3. Lydeffektniveau L_{wA} (A-vægtet) for tale efter VDI 4100 (10.3).

Lydkilde	L_{wA} i dB
Dæmpet tale	58–63
Almindelig tale	63–73
Tale med hævet stemme	68–78
Selskab i løftet stemning	80
Meget kraftig samtale	90

Tabel 10.4. Baggrundsstøj L_{BA} i boliger, typiske værdier om aftenen med lukkede vinduer, efter VDI 4100 (10.3).

Boligområde	L_{BA} i dB
Fritliggende landlig bolig	15
Stille boligområde	20
Boliger nær veje med nogen trafik	25
Boliger ved stærkt trafikerede veje	30

Tabel 10.5. Forståelighed af tale ΔL ved forskellige niveaudifferenser mellem baggrundsstøj og transmitteret tale (fortrolighedskriterium) efter VDI 4100 (10.3).

Forståelighed af transmitteret tale	ΔL , dB
Forståelig uden vanskelighed	-10
Akkurat forståelig	0
Hørbar, men normalt ikke forståelig	3
Knapt hørbar, ikke forståelig	10
Ikke hørbar	15

Tabel 10.6. Korrektion for frekvensspektrum af lydkilde K, efter VDI 4100 (10.3).

Lydkilde	K dB
Kvindestemme	0–5
Mandsstemme	4–7
Almindelig blandet støj fra bolig	5
Musikinstrument eller musikanlæg med kraftig bas	10

Tabel 10.7. Typiske gennemsnitsværdier af skillevægsareal (S) og gulvareal (S_1 , S_2), efter VDI 4100 (10.3).

Rumtype	Vægareal, m ²	Gulvareal, m ²
Dagligstue	13	22
Soveværelse	11	14
Børneværelse	10	12

Som eksempel på anvendelse af den beskrevne beregningsmetode betragtes den situation, at tale med hævet stemme, som fx telefonering med dårlig forbindelse, ikke skal kunne forstås i naboeligheden. For en mandlig taler og forholdsvis lav baggrundsstøj aflæses følgende værdier af tabellerne:

- L_{wA} er 74 dB som lydkildens lydeffektniveau
- K 5 dB som korrektion for lydkildens spektrum
- L_{BA} 20 dB som baggrundsstøjniveau
- ΔL 3 dB som kritisk værdi af fortrolighedskriteriet
- S 11 m² som skillevægsareal
- S_1 22 m² som gulvareal i en stue
- S_2 14 m² som gulvareal i et soveværelse

Indsættelse i ligningen for R'_w fører til en nødvendig luftlydisolation på:

$$R'_w = 74 + 8 - 20 + 3 + 10 \log \left(\frac{11}{22 \cdot 14} \right) + 5 = 56 \text{ dB}$$

Resultatet svarer meget godt til den anbefalede projekteringsværdi på 55 dB for etageboliger, jf. tabel 3.8 i kapitel 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og

projekteringsværdier". Inden for egen bolig kan det være rimeligt at bruge et lignende fortrolighedskriterium, men for normal eller dæmpet stemmeføring. Dette fører til en nødvendig lydisolation, som er 8-10 dB lavere end mellem lejligheder.

Føres eksemplet i stedet over på rækkehuse, hvor forventningerne til lydisolationen er højere, og hvor det teknisk er langt lettere at realisere, vil det være rimeligt at ændre fortrolighedskriteriet til 10 dB. Det betyder, at tale med hævet stemme er knapt hørbar og ikke forståelig i nabohuset. Den nødvendige luftlydisolation bør i så fald være ca. 7 dB højere end mellem lejligheder.

Lydisolation af vinduer og facader

En bygnings lydisolation over for eksternt støj afhænger især af følgende størrelser:

- støjens styrke ved facaden og støjens frekvensspektrum, fx vejtrafikstøj, togstøj, flystøj, industristøj
- areal af den eller de adskillende bygningsdele
- lydreduktionstal af den eller de adskillende bygningsdele
- volumen og efterklangstid i modtagerummet.

Lydens indfaldsvinkel kan også spille en rolle, men som regel kan dette lades ude af betragtning.

Vinduerne er normalt den vigtigste transmissionsvej for lyden, men det vil typisk være nødvendigt at tage hensyn til flere transmissionsveje. I det følgende beskrives en enkel metode til beregning af det A-vægtede lydtrykniveau inde. Resultatet kan fx sammenholdes med bygningsreglementernes krav på 30 dB, jf. tabel 3.5 i kapitel 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier".

Støjens A-vægtede lydtrykniveau ved facaden er den værdi, der kan måles 0,5-2 m foran facaden. Hvis den eksterne støj beregnes, er der normalt forudsat frit felt, og der skal i så fald lægges 3 dB til på grund af refleksion fra facaden.

Oplysninger om lydreduktionstal for vinduer og facadens øvrige dele findes i datasamlinger (10.4), som hovedsagelig er baseret på laboratoriemålinger af lydreduktionstallet. For ventilationsåbninger bruges dog et særligt mål, enhedsisolationen $D_{n,e}$, som er et lydreduktionstal med et fast referenceareal på 10 m². Det har den store fordel, at det faktiske åbningsareal, som kan være vanskeligt at definere, ikke indgår i beregningerne.

Til at karakterisere lydisolationen af en bygningsdel med et enkelt tal bruges en frekvensvægtning efter ISO 717 (10.5), og resultatet betegnes R_w eller $D_{n,e,w}$. Imidlertid er der ikke nogen simpel sammenhæng mellem dette tal og den pågældende bygningsdels dæmpning af det A-vægtede lydtrykniveau; heri indgår lydisolationens frekvensfunktion og spektret af den aktuelle støj. Derfor vil der i en kommende

revideret udgave af ISO 717 blive indført en spektral korrektion for trafikstøj, C_{tr} , som i fremtiden vil blive oplyst sammen med den vægtede værdi. Typiske værdier for C_{tr} er omkring -5 dB.

Når modtagerummet er et almindeligt møbleret opholdsrum (efterklangstid ca. 0,5 s og lofthøjde ca. 2,5 m) kan følgende formel bruges til at bestemme det A-vægtede lydtrykniveau ved lydtransmission gennem én facadedel (index j):

$$L_{A2j} = L_{A1} - \left(R_w + C_{tr} + 10 \log \frac{0.8 \cdot S_2}{S} \right)_j$$

hvor

L_{A2j} er A-vægtet lydtrykniveau i modtagerum for transmissionsvej j alene, i dB

L_{A1} A-vægtet lydtrykniveau af støjen ved facaden i dB (værdien i frit felt + 3 dB)

R_w vægtet lydreduktionstal i dB for transmissionsvej j (erstattes af $D_{n,e,w}$ for ventilationsåbning), dB

C_{tr} spektral korrektion for trafikstøj vedrørende transmissionsvej j ,

S areal af bygningsdel hørende til transmissionsvej j (10 m² for ventilationsåbning), m²

S_2 gulvareal i modtagerum, m²

Med i alt N transmissionsveje findes det totale A-vægtede lydtrykniveau i modtagerummet, L_{A2} :

$$L_{A2} = 10 \log \left(\sum_{j=1}^N 10^{L_{A2j}/10} \right) \text{ (dB)}$$

Denne sammenlægning kan også foretages ved hjælp af tabel 10.8. Hvis der er flere end to bidrag, begynderes med de to mindste, resultatet sammenlægges med det tredjemindste osv.

Tabel 10.8. Sammenlægning af to bidrag til lydtrykniveau.

Differens mellem bidrag	(dB)	0-1	2-3	4-9	> 9
Tillæg til største bidrag	(dB)	3	2	1	0

I specielle tilfælde, hvor forudsætningerne om rumhøjde og efterklangstid ikke er opfyldt, fås yderligere følgende tillæg til indendørs støjniveau:

$$\Delta L_{A2} = 10 \log \frac{T_2}{0,5} - 10 \log \frac{h_2}{2,5}$$

hvor T_2 er efterklangstid (s) og h_2 er rumhøjde i modtagerrummet (m). I rum, hvor loftet ikke er vandret, bestemmes rumhøjden som volumen divideret med gulvareal.

Eksempel på beregning af støjisolering

Som eksempel på en støjberegning betragtes et beboelsesrum på 20 m², loftshøjde 2,5 m og efterklangstid 0,8 s. Facaden består af fire dele, og de tilhørende arealer og isolationsværdier ses i tabel 10.9. Den udendørs støj skyldes vejtrafik, og niveauet ved facaden er 65 dB. Som vist i tabellen bliver det indendørs støjniveau 40 dB. For at nedsætte dette, vil det være nødvendigt at vælge komponenter med højere lydisolationsværdier. Det kan her være nyttigt at se på delbidragene L_{A2} . Ventilationsåbningen er således det svageste led, efterfulgt af vinduet.

Tabel 10.9. Beregningsseksempel for lydisolationsværdier af facade.

		Bygningsdel (j)				
		Vindue	Ydervæg	Brystning	Ventil	I alt
Areal S_2	m ²	3,0	16,5	2,5	1	
$R_w (D_{n,e,w})$	(dB)	31	40	35	20	
C_{tr}	(dB)	-4	-5	-5	-2	
$10 \log (0,8S_2/S)$, $S_2 = 20 \text{ m}^2$	(dB)	7	0	8	12	
Sum (delisolationsværdier)	(dB)	34	35	38	30	
L_{A2} (idet $L_{A1} = 65 \text{ dB}$)	(dB)	31	30	27	35	38
Korrektioner vedr. rum:						
Efterklangstid 0,8 s	(dB)					2
Rumhøjde 2,5 m	(dB)					0
L_{A2} i alt	(dB)					40

Vibrationsisolering

Overførelsen af vibrationer fra maskiner m.m. til bygning kan effektivt begrænses ved en hensigtsmæssig opstilling på elastisk underlag, fjedrende maskinsko eller lignende. Forudsætningerne er:

- den underliggende konstruktion skal have tilstrækkelig masse og stivhed til at kunne optage de dynamiske kræfter
- den elastiske opstilling skal være dimensioneret efter frekvensindholdet i maskinens påvirkning
- det elastiske materiale skal kunne tåle belastningen.

Den første forudsætning betyder, at tunge maskiner med fordel kan placeres i nærheden af fundamenter eller bærende vægge. Ved placering på et etagedæk af beton, kan vejledende minimumstykkelser findes i tabel 10.10.

Tabel 10.10. Maksimal masse af maskine ved forskellige tykkelser af betondæk.

Tykkelse af dæk	mm	150	200	300	400	600
Masse af maskine	kg	1.000	2.000	5.000	8.000	18.000

En tommelfingerregel i forbindelse med massive etageadskillelser siger, at massen af etageadskillelsen skal for et areal = 4 × aggregatarealet være mindst 5 × maskinmassen inklusive fundamentet over isolatorene. I henhold til denne tommelfingerregel vil større aggregater ofte fordrer en etageadskillelse på 25-30 cm. Denne tykke adskillelse kan undgås, hvis der anbringes en ekstra masse under svingningsisolatorerne i form af et fundament. Fundamentmassen skal mindst være lig med aggregatmassen. Eventuelt kan det være nødvendigt lokalt at understøtte med søjler under maskinen.

Ventilatorer og andre roterende aggregater, der er anbragt på svingningsisolatorer, skal altid forsynes med elastiske forbindelser.

Den anden forudsætning kan overslagsmæssigt regnes opfyldt, hvis resonansfrekvensen f_o af den elastiske opstilling er:

$$f_o \approx \frac{f}{3}$$

hvor f er den laveste påvirkningsfrekvens fra maskinen. Er det en roterende maskine med omdrejningstallet n (antal omdrejninger pr. minut), er $f = n \cdot 60$ (Hz).

Ved elastisk opstilling af vibrationskilder er det helt afgørende, at der ikke forekommer påvirkninger med frekvenser i nærheden af resonansfrekvensen, da reso-

nansen i så fald kan medføre en betydelig forstærkning af svingningerne. Frekvenser mellem $0,5 f_0$ og $1,4 f_0$ skal undgås.

Selv den mest omhyggelige afbalancering af en ventilator vil efterlade en restubalance, der under drift frembringer vibrationer, der kan give anledning til gener, hvis de overføres til bygningskonstruktioner.

En svingningsisolator fungerer ved, at den gives en passende sammentrykning s , hvorved den forstyrrende kraft absorberes. I ventilationsanlæg vil det som regel være tilstrækkeligt at anvende gummisvingningsisolatorer, og de skal dimensioneres på basis af ventilatorens omdrejningstal n efter følgende regel:

for $n > 800$ o/min vælges en sammentrykning $3 < s < 6$ mm

for $450 < n < 800$ o/min vælges en sammentrykning $6 < s < 8$ mm

for $n < 450$ o/min vælges en sammentrykning $2 < s < 3$ mm.

Edb-programmer

CADBA - beregning af lydisolations i bygninger Version 2.0 1989

Resultater: Vægtet luftlydisolation og trinlydniveau, R'_{w} og $L'_{n,w}$ efter Akustik. Vurdering af lydisolations. Del 1, 2 og 3, DS 2186 (10.11). Delresultater pr. 1/3 oktav fra 100 Hz til 3150 Hz for alle transmissionsveje via flankerende konstruktioner. Resultater præsenteres både i tabelform og grafisk.

Inddata: Materialer og dimensioner for bygningsdele, såvel adskillende konstruktion som flankerende konstruktioner. Endvidere angives type af samling mellem konstruktionerne, fx sammenhængende, adskilt eller elastisk forbundet.

Maskinkrav: Pc med 640 KB RAM. Farveskærm anbefales.

Regnetid: Mindre end 30 s for en beregning.

Manual: Med programmet følger 60 siders manual, som blandt andet indeholder to gennemregnede eksempler.

ODEON - beregning af efterklangstid m.m. i rum Version 2.0 1992

Resultater: Efterklangstid beregnes efter flere forskellige metoder. Der kan beregnes et meget hurtigt estimat af den gennemsnitlige efterklangstid i et rum. I et valgt modtagepunkt kan foretages en detaljeret beregning af efterklangskurven (som integreret impulsvar), og heraf bestemmes ikke alene efterklangstid, men også stationært lydtrykniveau og en række mere specielle rumakustiske parametre. Alle beregninger foregår parallelt i oktavbånd fra 125 Hz til 4000 Hz. Refleksioner i et

modtagepunkt kan analyseres interaktivt ud fra et reflektogram; refleksionsveje kan vises i 3D-model af rummet, hvilket blandt andet giver mulighed for at identificere ekkoproblemer. Beregninger kan udføres i op til 800 modtagepunkter jævnt fordelt over tilhørerflader, hvorefter lydfordelingen i rummet kan illustreres for seks akustiske parametre i seks frekvensbånd.

Inddata: Rummets geometri beskrives ved hjælp af plane flader defineret ved hjørnepunkter i et koordinatsystem. Alle flader tildeles materialeegenskaber i form af absorptionsfaktor, som hentes fra et tilhørende materialebibliotek. En eller flere lyd-kilder defineres med position, lydeffekt, retningskarakteristik og eventuelt tidsforsinkelse. Det er muligt at overføre de rumgeometriske data fra AutoCAD.

Maskinkrav: Pc med 640 KB RAM og 20 MB harddisk. Farveskærm og coprocessor anbefales.

Regnetid: Typiske værdier for en 25 MHz 80386/387 pc. Estimat af efterklangstid (og volumen): ca. 1 min. Detaljeret beregning fra et kildepunkt til et modtagepunkt: ca. 15 min. Genberegning i andre modtagepunkter: ca. 5 min. Kortlægning af lydfordeling i rum (400 modtagepunkter): ca. 24 h.

Brugerkrav: Meningsfuld brug af programmet kræver akustisk indsigt hos brugeren.

Manual: Med programmet følger 90 siders manual, som blandt andet indeholder en beskrivelse af de anvendte beregningsprincipper og en introduktion med gennemregnede eksempler.

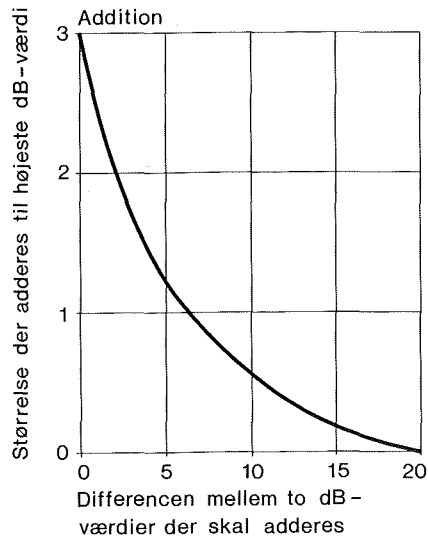
Lydberegning for ventilationsanlæg

Armaturstøj

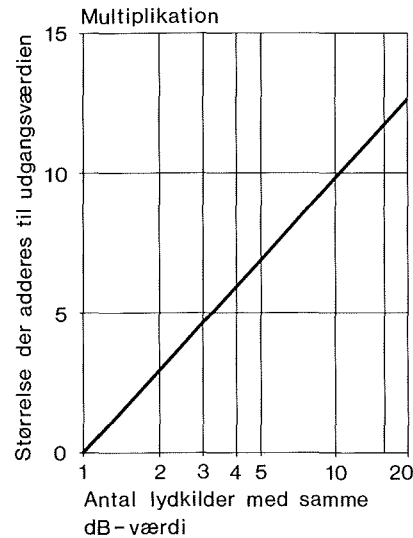
Når luft strømmer gennem et armatur frembringes et lydeffektniveau, der først og fremmest er afhængig af armaturets art og størrelse, åbningsgrad og volumenstrømmen.

Udgangspunktet for dimensionering på basis af lydberegninger er de tilladelige lydniveauer. I den forbindelse kan henvises til bygningsreglementerne (10.6) og (10.9) eller til værdierne angivet i kapitel 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier".

Lyd påvirkningen afhænger af armaturantallet og størrelsen, og det tilladelige lydniveau skal derfor reduceres med de værdier, der kan aflæses i figurerne 10.2 og 10.3.



Figur 10.2. Addition af forskellige lydkilder.



Figur 10.3. Addition af flere ens lydkilder.

Fem ens armaturer vil fx give et tilladeligt lydniveau, der er 7 dB(A) lavere.

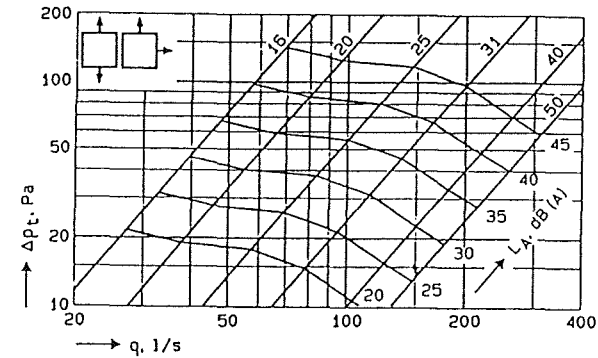
Er der både mekanisk indblæsning og udsugning i rummet, skal det tilladelige lydniveau endvidere reduceres med endnu 3 dB(A), når det antages, at lydniveauerne fra de to anlæg er lige store.

Endelig reduceres det tilladelige lydniveau med yderligere 3 dB(A), når det antages, at halvdelen af lyden kommer fra armaturet og halvdelen kommer fra ventilatoren igennem kanalsystemet.

Figur 10.4 viser, hvordan armaturfabrikanterne ofte angiver armaturets lydniveau udtrykt ved en L_A -værdi ved en given rumdæmpning (fx 4 dB(A) ved mindre lokaler og 16 dB(A) for meget store industrilokaler). Det tilladte lydniveau skal derfor til slut korrigeres i overensstemmelse med den aktuelle rumdæmpning efter tabel 10.2. Den derved beregnede L_A^* -værdi, der anvendes både ved dimensionering af armaturet og ved dimensionering af en eventuel lyddæmper, bliver større, jo større rumdæmpningen ΔL_R er.

Dimensionering af lyddæmpere i ventilationsanlæg

En detaljeret lydberegning af et ventilationsanlæg er en opgave, der kræver specialviden. Lydberegning indgår som en integreret del i flere fabrikanter dimensioneringsprogrammer. På nuværende tidspunkt kan disse edb-programmer dog ikke klare denne opgave hurtigere og mere nøjagtigt end en almindelig håndregning.



Armaturets størrelse nr.	Korrektion, K_{okt} af lyddata i dB ved frekvenserne (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
16	-5	2	3	1	1	-7	-15	-30
20	0	5	4	2	1	-9	-20	-28
25	-1	6	4	1	1	-8	-18	-31
31	5	8	3	1	1	-8	-22	-32
40	3	8	3	1	1	-8	-23	-28
50	5	12	6	0	-1	-9	-19	-29

Figur 10.4. Eksempel på katalogopgivelser med lyddata for indblæsningsarmatur. Lydeffektniveauet i de enkelte oktaver bestemmes af $L_{w-okt} = L_A + K_{okt}$.

Erfaringerne viser, at ventilatorstøjen er tilstrækkeligt dæmpet, hvis den er dæmpet tilstrækkeligt i 125- og 250-oktavbåndene. Den efterfølgende beregningsmetode er derfor baseret på denne antagelse, og den er anvendelig i forbindelse med praktisk taget alle lavtryksanlæg. For at kunne bestemme en eventuel lyddæmpers størrelse kræves kendskab til:

- ventilatorens lydeffektniveau L_{w-vent} , dB
- tilladeligt lydeffektniveau L_{w-arm} i armaturet, dB
- dæmpningen i armaturet ΔL_{arm} , dB
- dæmpning i kanalsystemet ΔL_{kan} , dB

Ventilatorens lydeffektniveau L_{w-vent} bestemmes først og fremmest på basis af fabrikantopgivelserne. I mangel af katalogopgivelser kan lydeffektniveauet anslås på basis af:

$$LW_{-vent} = LW^* + 10 \log q_V + 20 \log p_t + LW_s \text{ dB}$$

hvor

LW^* er specifikt lydeffektniveau bestemt efter tabel 10.11, dB

q_V volumenstrømmen gennem ventilatoren, m³/s

Δp_t ventilatorens totale trykdelse, Pa

LW_s tillæg fra skovlfrekvensen, der kun tillægges i det oktavbånd, hvori den optræder, dB

125-oktavbånd: ca. 90-180 Hz

250-oktavbånd: ca. 180-355 Hz

Skovlfrekvensen f_s bestemmes af:

$$f_s = n \cdot s \cdot 60, \text{ Hz}$$

hvor

n er ventilatorens omløbstal, min⁻¹

s antal af skovle på ventilatorhjulet, stk.

Tabel 10.11. Bestemmelse af specifikt lydeffektniveau LW^* og LW_s (dB).

	LW^*		LW_s
	125 Hz	250 Hz	
Radialventilator, B-hjul	25	22	5
Radialventilator, F-hjul	27	24	3
Aksialventilator	30	32	7

Fabrikanten angiver normalt armaturenes lydeffektniveau indirekte. Lydeffektniveauet bestemmes ved at addere en frekvensafhængig korrektionsværdi K_{okt} , der er anført i forbindelse med armaturet til den anførte L_A -værdi. I denne forbindelse skal det bemærkes, at korrektionsværdierne er afhængig af, om armaturet er forsynet med en tilslutningsboks eller ej.

Det tilladelige lydeffektniveau LW_{-arm} i armaturet bestemmes ved at lægge korrektionsværdien K_{okt} til den korrigerede L_A^* -værdi, der blev lagt til grund for dimensionering af armaturet.

Dæmpningen ΔL_{arm} i armaturet opgives af fabrikanterne. Dæmpningen kan blive betydelig, ikke mindst når armaturet forsynes med en tilslutningsboks.

Dæmpningen ΔL_{kan} er meget vanskelig at beregne nøjagtig, og for at være på den sikre side antages, at lyddæmpningen i lige kanaler og bøjninger er ubetydelige. Antages ligeledes, at lydenergien fordeles stort set i samme forhold som tværsnitsarealerne i afgreningerne, kan ΔL_{kan} bestemmes af tabel 10.12.

Tabel 10.12. Bestemmelse af kanaldæmpningen L_{kan} .

q_{V-arm}/q_{V-tot}	Pct.	2	4	8	16	32	64
L_{kan}	dB	17	14	11	8	5	2

hvor

q_{V-arm} er volumenstrømmen gennem de betragtede armatur, m³/s

q_{V-tot} volumenstrømmen gennem ventilatoren, m³/s

Den nødvendige dæmpning ΔL_{nod} i eventuelle lyddæmpere bestemmes i 125- og 250-oktavbåndene af:

$$\Delta L_{nod} = LW_{-vent} - LW_{-arm} - \Delta L_{arm} - \Delta L_{kan}$$

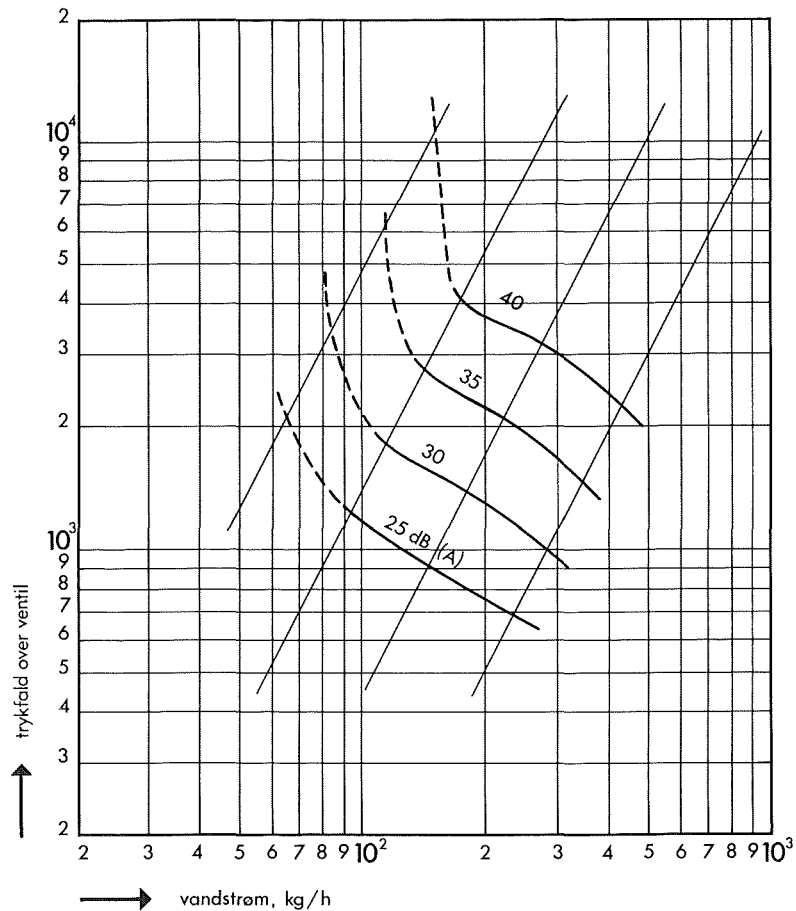
Lydberegning for vandinstallationer

Støj fra radiatoranlæg

Genererede støj i vandvarmeanlæg opstår primært i radiatorventilerne og udstråles gennem radiatorernes sider. Radiatorernes type og størrelse er derfor vigtige faktorer ved bestemmelse af støjniveauet i de betjente lokaler.

Der findes ikke nogle standardiserede målemetoder for bestemmelse af ventilstøjen, og kun meget få af fabrikanterne opgiver lyddata. Data fra målinger på forskellige radiatorventiler (10.8), gengivet i figur 10.5, kan anvendes i mangel af mere eksakte oplysninger. De støjopgivelser, der er anført i figur 10.5, korrigeres:

- for rummets volumen V (m³) ved, at der til de aflæste værdier tillægges $L = 10 \log(30/V)$ dB
- for antallet af radiatorer, jf. figur 10.3
- for radiatorstype og -størrelse.



RADIATORTYPE	REDUKTIONSAKTOR FOR UDSTRÅLET LYDENERGI, Δ dB
PANELRADIATORER	0
PANELRADIATORER, højde < 300 mm	3-5
SØJLERADIATORER, pladejern	7-10
SØJLERADIATORER, støbejern	10
PLAN- og BØLGERADIATORER	10

Figur 10.5. Overslagsværdier for støj fra radiatorventiler (10.8).

De relative reduktionstal er angivet i forhold til en panelradiator med ikke ekstremt forhold mellem højde og bredde. De anførte værdier vil for de bedre ventilfabrikaters vedkommende være i overkant.

Cirkulationspumper, der anvendes i vandvarmeanlæg er normalt meget lydsvage, og de giver ikke direkte anledning til støj, hvis de er monteret korrekt.

Støjen opstår, hvis pumperne yder for højt tryk, enten fordi de er overdimensionerede, eller fordi radiatorventilerne udsættes for meget store trykdifferenser, når vandstrømmen ved stigende udetemperatur skal nedsættes. Støjproblemerne undgås ved at forsyne pumperne med hastighedsregulering, enten manuelt eller automatisk, så pumpetrykket svarer til den ønskede kapacitet.

Metoderne til at opnå et lavt støjniveau fra vandvarmeanlæg kan kort beskrives således:

- vælg støjsvage radiatorventiler og dimensionér dem korrekt
- vælg radiatorer med lav lydudstråling
- dimensionér anlægget og vælg en pumpe, der ikke er overdimensioneret - til små anlæg vælges pumper med flere eller med variabel hastighed - til større anlæg vælges pumper med variabel hastighed eller flere pumper, der arbejder parallelt
- ved større anlæg monteres pumpen på lydisolierende underlag eller på svingningsdæmpere - anvendes svingningsdæmpere skal pumpen forbindes til rørsystemet med elastiske forbindelser
- hvis det er muligt vælges en varmforsyning med lavt støjniveau, fx fjernvarme eller gas
- indregulér anlægget.

Støj fra vandinstallationer

De væsentligste støjkilder i en vandinstallation er aftapningsarmaturerne, og deres støjmæssige forhold er rimelig godt undersøgt i forbindelse med VA-godkendelsen. Armatureernes støjforhold kan aflæses på VA-godkendelsesbladene, se figur 10.6.

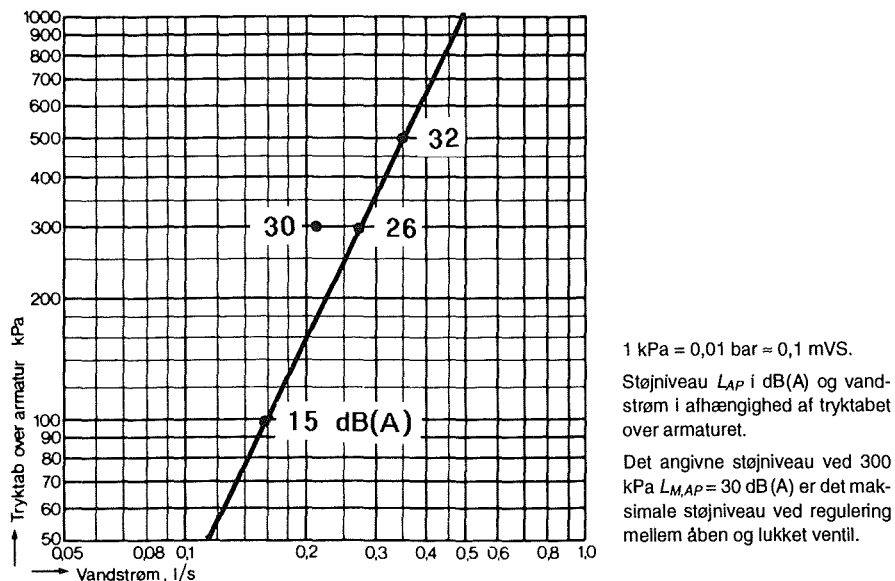
Støjmålingerne er udført ved at man i en måleopstilling har bestemt armaturets differensniveau D_s , hvilket er differencen mellem støjniveauet L_s frembragt af en standardiseret installationsstøjkilde (støjnormalen) og støjniveauet L forårsaget af armaturet:

$$D_s = L_s - L.$$

Armaturets normstøjniveau L_{Ap} er defineret ved følgende udtryk:

$$L_{Ap} = L_{SR} - D_s,$$

hvor L_{SR} er det støjniveau, støjnormalen forårsager i nærmeste naboelighed, når den monteres på armaturets plads og gennemstrømmes af en vandstrøm svarende



Figur 10.6. Gengivelse af armaturs støjdata fra VA-godkendelsesbladet. På kurven er indtegnede punkter, hvor støjniveauet er målt.

til et trykfald på 300 kPa. L_{SR} afhænger af de bygningsmæssige forhold, og målinger har vist, at den kan fastsættes til en gennemsnitsværdi på 45 dB - primært gældende for tunge bygninger. Der kan dog være ret store afvigelser fra denne gennemsnitsværdi, så der bør vises forsigtighed, hvis byggeriet på en eller anden måde afviger fra det traditionelle.

Med udgangspunkt i $L_{SR} = 45$ dB har VA-godkendelsessekretariatet foretaget følgende vejledende opdeling i tre støjgrupper:

Støjgruppe 1: Normalt ingen betingelser for anvendelsen. Det foreslås at der $D_s \geq 25$ dB generelt anvendes armaturer af gruppe 1 i bygninger, der rummer $L_{AP} \leq 20$ dB flere boliger.

Støjgruppe 2: Kan normalt anvendes i bygninger, hvor vandinstallationen, bygningskonstruktionen og planløsningen har en udformning, der sikrer, at støjgener ikke opstår, eller hvor der er sikkerhed for, at vandtrykket foran armaturet ikke vil overstige 300 kPa.

Støjgruppe 3: Kan normalt anvendes i installationer, hvor vandtrykket foran $D_s < 15$ dB armaturet ikke vil overstige den værdi, der svarer til et L_{AP} -niveau på ca. 30 dB(A).

Hvis støjniveauet i en mellemstilling er mere end 3 dB(A) højere end ved åben stilling, anvendes mellemstillingens støjniveau ved indplaceringen i støjgrupperne. Dette støjniveau betegnes i VA-godkendelsesbladene for $L_{M,AP}$.

Metoderne til at opnå et lavt støvniveau fra vandinstallationerne kan kort beskrives således:

- vælg støjsvage armaturer og dimensionér dem på basis af det højest forekommende tryk før tapstedet
- dimensionér med et sikkerhedstillæg på L_{AP} -værdien. Sikkerhedstillægget sættes maksimalt til 15 dB(A), men det kan aftrappes, hvis bygning og rørinstallationen har en god udformning i støjmæssig henseende
- begræns eventuel vandstrømmen i tapstederne med en støjsvag modstand, fx en luftblander
- anvend bløde bøjninger
- fastgør ikke rørinstallationer uden på lette vægge eller på tunge vægge, der afgrænser soverum eller lignende.

Litteratur

- (10.1) Kristensen, J. Bygningers lydisolering. Nyere bygninger. SBI-anvisning 172. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1992.
- (10.2) Kristensen, J. Lydabsorptionskoefficienter. Måling, vurdering, anvendelse. SBI-meddelelse 45. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1984.
- (10.3) Schallschutz von Wohnungen. Kriterien für Planung und Beurteilung. VDI 4100 Entwurf. Verein Deutscher Ingenieure. Berlin 1989.
- (10.4) Støjprojektet Lydisolering. Tekniske løsninger. Udført for DSB af Rådgivende Ingeniørfirma Johs. Jørgensen A/S. København 1987.
- (10.5) Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation in buildings and of interior building elements. ISO 717-1. International Organization for Standardization. Geneve 1982. (Under revision. Seneste forslag TC 43/SC 2 N 499, sept. 1992).
- (10.6) Bygningsreglement. Bygge- og Boligstyrelsen. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (10.7) Kristensen, J. og Rindel, J.H. Bygningsakustik. Teori og praksis. SBI-anvisning 166. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1989.

- (10.8) Kristensen, J. og Ovesen, K. Støj fra installationer. SBI-anvisning 79. Statens Byggeforskningsinstitut. København 1970.
- (10.9) Bygningsreglement for småhuse BR-S 85 + tillæg 1-2. Byggestyrelsen. København 1985-1987.
- (10.10) Akustik. Måling og beskrivelse af ekstern støj. Grundlæggende størrelser og fremgangsmåder. Dansk Standard DS/ISO R 1996-1. Dansk Standardiseringsråd. København 1983.
- (10.11) Akustik. Vurdering af lydisolation. Dansk Standard. Del 1, 2 og 3. DS 2186. Dansk Standard. København 1982.

11. Belysnings- og dagslysberegninger

Dette kapitel gennemgår hvordan kunstlys og dagslys kan beregnes med standardiserede håndberegninger eller ved hjælp af edb-programmer. Der udbydes stadig nye programmer til lysberegning, og derfor bringes sidst i kapitlet en vejledning i vurdering og valg af edb-programmer. Projektering af belysningsanlæg er yderligere behandlet i kapitel 32: "Belysning", og dagslysforhold er behandlet i kapitlerne 18: "Bygningens udformning og disponering" og 25: "Vinduer og solafskærmning".

Håndberegningsmetoder

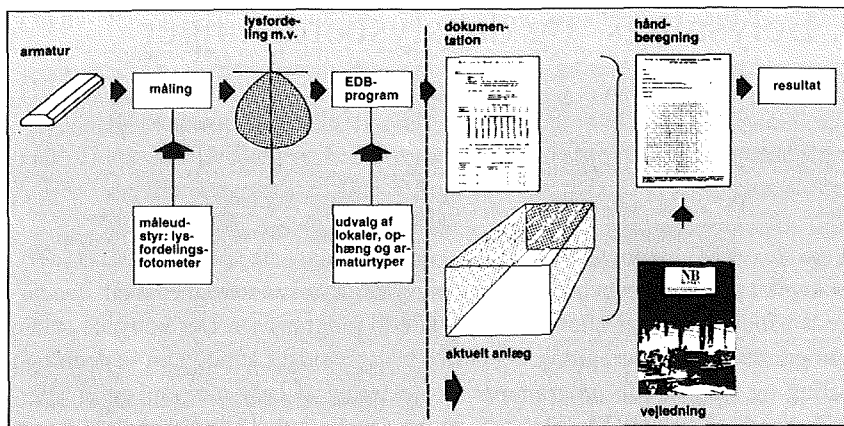
De vigtigste håndberegningsmetoder er NB-metoden (11.2) til beregning af indendørs almenbelysning og BRS Daylight Protractor-metoden (11.8) til beregning af dagslysfaktorer. En ny metode til blændingsberegning UGR-metoden (11.4) er under udvikling og forventes indarbejdet i kommende rapporter fra Den internationale belysningskommission (CIE) og standarder fra Den Europæiske Standardiseringskommission (CEN). UGR-metoden (Unified Glare Rating) ligger tæt op ad NB-metoden, hvad angår grundlag, beregningsresultater og armaturdokumentation.

NB-metoden til beregning af indendørs almen belysning

NB-metoden eller Nordisk Belysningsberegningmetode er udviklet af Lys & Optik i et samarbejde med en fællesnordisk arbejdsgruppe. Den omfatter beregning af middelbelysningsstyrke og ubehagsblænding samt vurdering af belysningens regelmæssighed ud fra oplysninger om lokalet, belysningsanlæg og lyskilder samt armaturdokumentationen for de anvendte armaturer. Til brug ved beregninger findes et beregningsskema, som trin for trin leder brugeren gennem de lystekniske beregninger, se figur 11.1.

Middelbelysningsstyrke

Til beregning af middelbelysningsstyrke kræves der kendskab til lokalets og belysningsanlæggets geometri og lokalets reflektanser. Ud fra disse oplysninger kan belysningsvirkningsgraden findes i armaturdokumentationen. Når belysningsvirk-



Figur 11.1. De forskellige trin i fremgangsmåden ved NB-metoden. Dokumentationen indeholder "mellemløstresultater", som ved en efterfølgende håndberegning fører til det egentlige resultat.

ningsgraden er kendt, og man desuden kender lyskildelysstrømmen og en vedligeholdelsesfaktor (normalt ca. 0,7), kan middelbelysningsstyrken beregnes af formelen:

$$E_{mid} = \Phi \cdot N \cdot \eta_B \cdot v/A$$

hvor

- E_{mid} er middelbelysningsstyrken, lux
 Φ lyskildelysstrøm pr. armatur, lumen
 N antallet af armaturer
 A arbejdsplanets areal, m²
 η_B belysningens virkningsgrad, decimalbrøk
 v vedligeholdelsesfaktoren

Ved praktisk projektering er situationen dog typisk den omvendte: ud fra et krav til middelbelysningsstyrken skal man bestemme det nødvendige antal armaturer.

Regelmæssighed i belysningen

Armaturdokumentationens oplysninger giver mulighed for at vurdere regelmæssigheden i et belysningsanlæg og for at dimensionere anlægget, så en minimumsregelmæssighed opnås. Regelmæssigheden er angivet i procent i armaturdokumentationen og er beregnet for den direkte belysning i det centrale område af et belysnings-

anlæg på 4 × 4 punkter, dvs. der bliver set bort fra området langs lokalets vægge, hvor belysningsstyrken oftest er noget lavere. Når lysets interrefleksion medtages bliver regelmæssigheden i praksis ofte bedre end den regelmæssighed armaturdokumentationen angiver. Standardoplysningerne i NB-dokumentationen gør det muligt at sikre en regelmæssighed på mindst 70 pct. i de centrale dele af belysningsanlægget.

Ubehagsblending

NB-metodens beregning af ubehagsblending fra almenbelysningen er baseret på Hopkinsons formel. Der kan beregnes to middelblendingstal, et for hver af synsretningerne, på tværs og på langs af armaturerne. Jo større blendingstallene er, jo større er fornemmelsen af ubehagsblending. Man regner normalt med, at der skal være en forskel på 3 i blendingstal for at give en tydelig forskel i fornemmelsen af ubehagsblending. Middelblendingstallene gælder for en "standard-observatør" placeret med ryggen mod en væg og udsyn til hele belysningsanlægget, og som ser vandret ud i lokalet i en øjenhøjde af 1,2 m over gulvet.

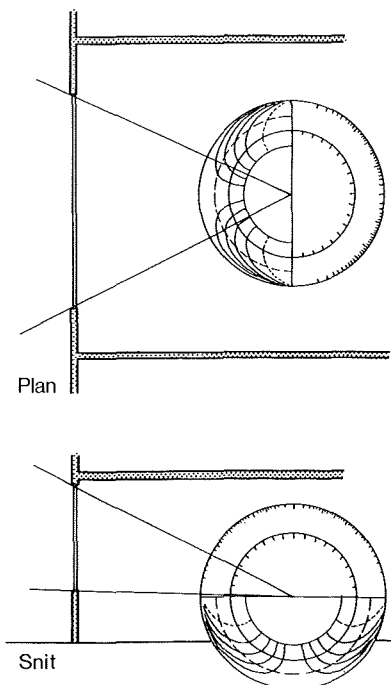
Hvert af middelblendingstallene beregnes som en sum af et grundblendingstal, et individuelt armaturkorrektionsstal, som begge fremgår af armaturets dokumentation samt tre generelle korrektionsstal, som tager hensyn til den aktuelle baggrundsluminans i lokalet, armaturernes ophængningshøjde over øjenhøjde og den installerede lysstrøm pr. armatur.

Middelblendingstallene er, som nævnt ovenfor, gennemsnitsværdier for blendingen svarende til, at observatøren indtager en række forskellige positioner i forhold til de nærmeste armaturer. Variationen omkring disse gennemsnitsværdier er opgivet i armaturdokumentationerne, således at man har mulighed for at beregne de maksimale og minimale blendingstal for de to synsretninger.

BRS Daylight Protractor-metoden til beregning af dagslysfaktorer

Den mest bekvemme håndberegningss metode til bestemmelse af dagslysfaktoren i et lokale er BRS Daylight Protractor-metoden, se figur 11.2. Med denne metode kan man beregne dagslysfaktoren i ethvert punkt i rummet på et vandret eller lodret plan, for enhver placering af vinduer i facaden. Metoden kan også benyttes til ovenlysvinduer.

Princippet i beregningssmetoden er, at man med en såkaldt protractor (skabelon) bestemmer *dagslyshidraget* fra himlen (himmelkomponenten, SC). Skabelonen er en transparent plade, hvor der er tegnet en vinkeldeling og en kurveskare i et cirkulært felt. Skabelonen lægges oven på en tegning af rummet to gange. Først bestemmes en faktor ud fra vindueshøjden. Denne gælder for et uendelig langt vindue. Derefter bestemmes en reduktionsfaktor, som tager hensyn til vinduesbredden. Da



Figur 11.2. Principskitse over brugen af BRS Daylight Protractor-metoden.

metoden forudsætter rektangulære vinduer, må man omregne andre vinduesformer til rektangulære, eventuelt med gentagne beregninger.

Bidraget fra genstande uden for vinduet, den *udvendigt reflekterede komponent*, ERC, beregnes på tilsvarende måde, idet man reducerer med en faktor, der er lig med forholdet mellem den ydre flades luminans og himlens luminans.

Det tredje bidrag, den *indvendigt reflekterede komponent*, IRC, kan beregnes ved hjælp af BRS nomogrammer eller ved hjælp af en formel.

Ved beregningen af dagslysfaktoren korrigerer man til sidst for de reduktioner, der måtte være, fordi vinduesglasset har en lavere transmittans, eller der er sprusser, snavs og andet, som nedsætter transmissionen gennem vinduet.

Beregningsmetoden kan også anvendes for ovenlys og skrå vinduesflader, idet der er skabeloner, som gælder for vandrette glasflader og med hældninger på 30° og 60°. Ved beregninger anvendes den udgave af BRS Daylight Protractor-metoden, der er baseret på en jævn himmelluminans.

Edb-beregninger

De vigtigste edb-programmer til brug ved projektering af indendørs belysning er Prolight til projektering af vilkårlig kunstig belysning med flere forskellige armaturtyper kombineret med dagslys fra vinduer og ovenlys, Rumlyspc og NBlys til projektering af belysningsanlæg i kasseformede rum med én armaturtype i et regelmæssigt ophæng og Elspar til beregning af besparelser ved regulering af kunstlyset efter dagslysets variation. Desuden kan edb-programmet tsbi3 udføre dagslysberegninger i lokaler, der ikke er lysteknisk komplicerede, se kapitel 9: "Beregning af termisk indeklimate".

Prolight

Prolight er et fleksibelt, brugervenligt edb-program til nøjagtige og hurtige beregninger af både mere avancerede og helt enkle belysningsanlæg. Med programmet kan der foretages beregninger af anlæg med forskellige armaturtyper. Armaturerne kan placeres frit samt hældes, drejes og roteres. Der kan foretages en hurtig og nøjagtig beregning af indirekte belysning. Endvidere kan foretages standard dagslysberegninger ud fra anbefalingerne i Indeklima-lys (11.1). I programmet kan dagslys og kunstlys kombineres ved beregning af dæmpning og muligheder for energibesparelser. Prolight beregner vilkårlige kombinationer af kunstlys samt dagslys fra vinduer og ovenlys på både lodrette og vandrette beregningsnet. Der regnes både hurtigt og nøjagtigt inklusive det interreflekterede bidrag. Prolight har søgeprocedure for Foreningen af Fabrikanter og Importører af Elektriske Belysningsarmaturers, FABA's KLDATA database, som pt. indeholder data for ca. 1800 armaturer. Egne armaturer kan oprettes i en intern database i programmet og forudsætter alene, at lysfordelingen for armaturet findes på diskette.

Resultater kan præsenteres med nøgletal, luxtabeller, isoluxdiagrammer samt 3D-grafik. Belysningsbidragene fra anlæggets forskellige dele og dagslyset kan kombineres vilkårligt.

Rumlyspc

Rumlyspc er et hurtigt og nøjagtigt edb-program til projektering af almenbelysningsanlæg i kasseformede rum med én armaturtype i et regelmæssigt ophæng. Programmet har søgeprocedure for FABA's KLDATA database med data for ca. 1800 armaturer samt indeholder en intern database for oprettelse af egne armaturer. I programmet gives indledningsvis forslag til armaturantal, hvorefter belysningsfor-

deling, blændingstal, regelmæssighed, dækningsgrad for regelmæssighed og energinøgletal kan beregnes.

Rumlyspc giver mulighed for sammenligning af tre forskellige belysningsanlæg. Resultaterne inkl. interreflekteret bidrag kan umiddelbart vurderes på isolux-diagrammer med armaturerne indtegnet. Rumlyspc er velegnet ved beregningsbehov svarende til almindelige almenbelysningsanlæg.

NBlys

NBlys er et edb-program udviklet på grundlag af NB-metoden (Nordisk Belysningsberegningss metode). Ligesom ved den tidligere beskrevne håndberegning baseret på lysstrømmetoden projekteres belysningsanlægget på grundlag af regelmæssighed i belysning og middelbelysningsstyrke.

De nødvendige armaturdata findes i armaturleverandørernes NB-tabeller. NBlys har en intern database for oprettelse af armaturer. Efter indlæsning af data leverer NBlys flere forslag til belysningsanlæg. Forslagene er bestemt dels ud fra et krav om mindst 70 pct. regelmæssighed i belysningen, og dels af et selvvalgt krav til middelbelysningsstyrke. NBlys beregner herefter blændingstal. Resultaterne udskrives i en standardudskrift.

Programmet ventes videreudviklet, så det kan anvende KLDAPA eller tilsvarende databaser.

Elspar

Programmet anvendes til at beregne de besparelser, der kan opnås ved automatisk regulering af kunstlys efter dagslysets variation i Danmark. Dagslysadgangen til lokalet angives ved dagslysfaktoren, som er det procentvise forhold mellem dagslysets belysningsstyrke i kontrolpunktet inde, og den samtidige belysningsstyrke på en vandret flade i det fri. Der ses bort fra direkte solstråling. Dagslysfaktoren kan forholdsvis simpelt måles eller beregnes fx ved hjælp af programmet Prolight. Grundlaget for dagslysets variation er det meteorologiske referenceår for Danmark (af 1980), som indeholder vejr- og strålingsdata for typiske måneder i en 30-årig periode.

Indtastes daglig benyttelsestid, ønsket belysningsstyrke og dagslysfaktoren beregner programmet besparelserne ved forskellige reguleringsformer ved et enkelt tastetryk, og resultaterne vises som varighedskurver for kunstlys/dagslys ved on/off regulering, kontinuert regulering og trinvis regulering efter brugerens valg. Besparelserne angives endvidere i procent af det uregulerede belysningsanlægs lux-time-

forbrug, dvs. i procent af det lux-time-forbrug anlægget ville have haft, hvis det var tændt i hele brugstiden. Det svarer nogenlunde til el-besparelsen for de fleste anlægs vedkommende.

Valg af edb-program

De voksende krav om bedre og mere energivenlig belysningsanlæg har medført, at behovet for edb-baserede værktøjer til brug ved projektering af indendørs belysning er øget betydeligt. Programmer til lystekniske beregninger er imidlertid meget forskellige.

Nogle programmer prioriterer beregningshurtighed, andre beregningsnøjagtigheden, mens andre igen prioriterer beregningsmulighederne.

I en anskaffelsessituation kan det være vanskeligt at formulere de relevante krav til beregningsprogrammet, ligesom det kan være vanskeligt at vurdere alternative programmets egenskaber, beregningsmuligheder, indbyggede fejlcheck og enkelhed i programbetjeningen. Før man anskaffer et nyt program, er det derfor en god idé at undersøge de forskellige programmets egenskaber, herunder de tilnærmelser, der benyttes i beregningsprocedurerne, og sammenholde egenskaberne med de aktuelle behov.

Som hjælp i anskaffelsessituationen, ved formulering af brugerkrav til et lystekniske beregningsprogram, er der udarbejdet et notat med titlen "Brugerkrav til og afprøvning af programmer til projektering af indendørs belysning" (11.6). Notatet indeholder blandt andet den checkliste som er vist i tabel 11.1. Herudover indeholder notatet også en række forholdsvis enkle testeksempler til afprøvning af et lystekniske beregningsprogrammes egenskaber med hensyn til beregningsmuligheder, beregningshastighed og nøjagtighed.

Med notatet følger en diskette med fire armaturlysfordelinger til brug ved udførelsen af disse tests.

Forklaring til programvalg: Et 1-tal under programvalg i tabel 11.1 angiver, at beregningsbehovet kan klares med et program, der regner efter NB-metoden, dvs. som benytter lysstrømmetoden, fx programmet NBlys. Med et 2-tal kan beregningerne kun udføres ved hjælp af mere avancerede programmer, der beregner ved hjælp af punktmetoder, og som udgangspunkt benytter armaturets fuldstændige lysfordeling, som fx Rumlyspc og Prolight. Et 3-tal angiver, at det rigtige valg vil være et program, der også udfører detaljerede og dermed mere tidskrævende beregninger af interrefleksion, som fx Prolight.

Tabel 11.1. Checkliste, der kan anvendes som inspirationskilde til at opstille en "ønskeliste" for et beregningsprogram.

Beregningsbehov		Programvalg	
Lokaler	Facon	Kasseformede	1
		Retvinklede begrænsningsflader (fx L-formede)	3
		Vilkårlig facon	3
	Afskærmning	Ingen	1
		Vandrette, lodrette, vilkårlige flader	2
			3
	Reflektanser	Løft, vægge, arbejdsplan	1
		Fladevis	2
		Detaljeret	3
	Armatortyper	Symmetrier	Rotations-
Dobbelt-			1
Enkelt (asymmetrisk)			2
Ingen symmetri			2
Armaturplacering	Antal typer	En	1
		Flere	2
	Armaturantal	Ubegrænset	-
		Begrænset	-
	Ophæng	Kun nedhængt fra eller på loftet	1
		Frit	2
		Regelmæssigt	1
		Uregelmæssigt	2
			2
	Rotationer	Drejning i 90° spring	1
		Vilkårlig drejning	3
		Hældning og kipning	3
	Dagslys	Ovenlys	2
Vinduer		Mat eller klart glas	3
		Frit udsyn	3
		Hensyntagen til omgivelser	3
		Inklusive direkte sollys	3
Beregningsflader	Orientering	Vandret	1
		Lodret	3
		Vilkårlig	3
	Opdeling	Kun middelværdi på flade	1
		Fordeling på flade(r)	2
	Resultater	Middelværdi	1
		Fordeling af:	
belysningsstyrke		2	
hel-, halvrumlige belysningsstyrker		3	
Præsentation	dagslysfaktorer	3	
	Middelværdi	1	
	Tabeller, Isoluxdiagrammer	2	
	Bjerglandskaber	2	

Litteratur

- (11.1) Indeklima-lys. Rapport fra en arbejdsgruppe under ATV's indeklimaundersøgelse. Akademiet for de Tekniske Videnskaber. København 1975.
- (11.2) NB-metoden. Beregning af indendørs almenbelysning. Lysteknisk Selskab. Herlev 1986.
- (11.3) Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler. 4. udg. Dansk Standard DS 700. Dansk Standardiseringsråd. København 1986.
- (11.4) UGR-metoden. Notat nr. 13. Lys & Optik. Lyngby 1991.
- (11.5) Computer Program for Interior Lighting - Fast integration method for direct illuminance, Fast and complete method for indirect illuminance, General requirements to a user interface, Use in the Prolight program. Notat nr. 25. Lys & Optik. Lyngby 1992.
- (11.6) Brugerkrav til og afprøvning af programmer til projektering af indendørs belysning. Notat nr. 20. Lys & Optik. Lyngby 1992 (inkl. diskette).
- (11.7) Diverse brochuremateriale om NBlys, Rumlyspc, Prolight og Elspar.
- (11.8) Longmore, J. BRS Daylight Protractors. Building Research Station. Ministry of Public Buildings and Works. London 1967.

12. Ventilation og luftkvalitet

Ventilationen må være afpasset efter de aktiviteter, der foregår i bygningen, og efter forureningen fra byggevarer. Mennesker har normalt en betydelig lavere tolerance over for afgangninger fra byggevarer end over for bioeffluenter fra andre mennesker. Det er derfor af stor betydning at vælge byggevarer, der har lavest mulig afgivelse af forureninger. Traditionelt er det forskellige faggrupper, som vælger byggevarer, og som fastlægger den nødvendige ventilation. Det er derfor nødvendigt at samarbejde for at sikre et optimalt valg af byggevarer og af ventilationsprincip og -ydelse.

I dette kapitel gennemgås først de gældende myndighedskrav til ventilation, der må betragtes som minimumskrav. Derefter følger en gennemgang af anbefalinger fra Nordiska komittén for byggbestämmelser og Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings udarbejdet af en arbejdsgruppe nedsat af EU-kommisionen. Luftkvalitet er imidlertid vanskelig at kvantificere. Kapitlet slutter derfor med at gennemgå metoder til bedømmelse af luftkvalitet, beregning af indendørs forureningskoncentration, og brug af klimakammermålinger af afgangninger fra byggevarer som grundlag for beregning af de forureningskoncentrationer, der vil optræde i praksis.

Myndighedskrav

Bygningsreglementerne

I Bygningsreglementet (12.1) og BR-S 85 (12.14) er ventilationskravene beskrevet. Heri står blandt andet, at der i boligenheder skal være et samlet luftskifte på 0,5 gange i timen. For småhuse er det dog formuleret således, at der skal kunne opnås et luftskifte på 0,5 gange i timen. Kravet anses for at være opfyldt, hvis der er en åbning til det fri på 30 cm² i hvert beboelsesrum kombineret med mekanisk udsugning eller naturligt aftræk fra de våde rum. Et andet krav er, at alle opholdsrum skal have oplukkelige vinduer. Derudover er formuleret krav til aftræk eller udsugning fra køkkener, ildsteder, toilet og baderum, samt komfurer og vandvarmere til gasafbrænding. Endvidere er anført, at luftoverføring mellem rum altid kun må ske fra mindre forurenede rum til mere forurenede.

De samme krav gælder for rum, der kan sidestilles med beboelsesrum. Det gæl-

der for eksempel visse kontorer. Åbningsarealet på 30 cm² i hvert rum er ikke altid tilstrækkeligt til at opretholde et tilfredsstillende luftskifte i disse kontorer. Der må suppleres med vinduesudluftning. Brugeradfæren er derfor afgørende for den faktiske ventilationstilstand.

Rum i dag- og døgninstitutioner og normalklasserum i skoler skal ifølge Bygningsreglementet altid have mekanisk ventilation med indblæsning og udsugning. Ventilationen skal have en udelufttilførsel på mindst 3 l/s pr. barn, 5 l/s pr. voksen samt 0,4 l/s pr. m² gulvareal i dag- og døgninstitutioner. I normalklasserum skal den mindst være 5 l/s pr. person samt 0,4 l/s pr. m² gulvareal. For eksempel skal et klasserum på 60 m² med 20 personer have en udelufttilførsel på $5 \cdot 20 + 0,4 \cdot 60 = 124$ l/s svarende til 6,2 l/s pr. person. Ved særlige byggetekniske udformninger, så som større rumvolumen pr. person, brug af flere udluftningsmuligheder, herunder muligheder for tværv ventilation, kan kravet om mekanisk ventilation fraviges under forudsætning af, at der kan opretholdes et sundhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima.

Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg, DS 447

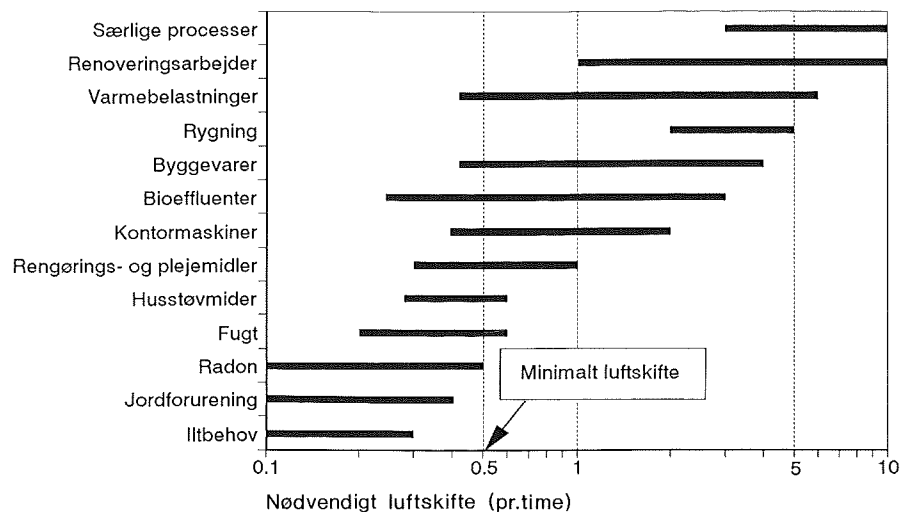
De vejledende værdier til luftskifte i Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg, DS 447 (12.2) angiver lave ventilationsrater. Afhængigt af det aktuelle rumvolumen anbefales fra 4-10 l/s pr. person i rum, hvor tobaksrygning ikke er tilladt, og 10 l/s pr. person, hvor tobaksrygning er tilladt. I nyere kontorbyggeri installeres i praksis anlæg med langt større kapacitet end normens anbefalinger, oftest på grund af behov for at fjerne varme.

Arbejdstilsynet

I Arbejdstilsynets regler om ventilation på faste arbejdspladser (12.13) er der i højere grad lagt op til løbende opdateringer af fortolkningen af den bredt formulerede tekst. Det væsentligste krav er, at der skal være tilstrækkelig tilførsel af frisk luft uden træk. Hvis det ikke kan opnås forsvarligt ved naturlig ventilation, skal der indrettes mekanisk ventilation. Derudover gælder det generelle krav, at der ikke må forekomme unødigt forurening i arbejdslokalet. Dermed skal alle væsentligt forurenende processer afskærmes fra arbejderne, eller der skal etableres udsugning. I lokaler, der ikke omfatter industrielle arbejdspladser, gælder disse krav således for kopimaskiner og ved indretning af kontorer.

Fastlæggelse af ventilationsbehovet

I praksis beregnes ventilationsbehovet sjældent på baggrund af alle tænkelige forureningskilder. Med et luftskifte på 0,5 gange i timen, som det kræves i bygnings-



Figur 12.1. Forureningsbelastninger der normalt er dimensionerende for luftskiftet.

reglementerne, er det muligt at fortynde en række af forureningskilderne tilstrækkeligt. I figur 12.1 vises de forureningskilder, der normalt har betydning for størrelsen af det nødvendige luftskifte med udeluft.

Af figuren ses, at det er bioeffluenterne fra mennesker, tobaksrygning og emissionerne fra byggevarer, der især bør tages hensyn til ved beregning af ventilationsbehovet. Det ses også, at hvis forureningerne begrænses effektivt ved kilden, så kan det luftskifte, der kræves i bygningsreglementerne, være tilstrækkeligt. Indvendige overflader med stor evne til at adsorbere forurening, og dermed virke som depot for forurening, har betydning for luftkvaliteten, hvor luftskiftet eller afgangningen fra forureningskilderne varierer.

Aktiviteter og varmebelastninger kan således være afgørende for luftskiftet eller mængden af behandlet luft i et ventilationsanlæg. Varmebelastningernes betydning behandles i kapitel 9: "Beregning af termisk indeklima".

Nordiska komittén for byggbestämmelser

Nordiska komittén for byggbestämmelser, NKB-skrift nr. 61 (12.3) udarbejder materiale der forventes at kunne danne baggrund for regelarbejdet i de nordiske lande. I skriftet gennemgås en række forhold ved bygningers drift og indretning, som man skal være særligt opmærksom på for at sikre en acceptabel luftkvalitet. Det drejer sig blandt andet om:

- udeluftens kvalitet og placeringen af luftindtag

- indtrængning af forurening fra grunden
- spredning af forurening inden for bygninger
- uheldige påvirkninger af byggevarer, fx opfugtning af spånplade
- byggevarer med kraftige emissioner
- rengøringsmuligheder i både rum og ventilationsanlæg
- øget driftstid for ventilationsanlæg i nye bygninger.

I skriftet anbefales at udelufttilførslen mindst skal være 0,7 liter pr. sekund pr. m² for at fortynde andre forureninger end forureninger fra personer. For at fortynde forureningen fra personer skal udelufttilførslen yderligere være mindst 3,5 liter pr. sekund pr. person. Den totale udelufttilførsel må ikke være mindre end 7 liter pr. sekund pr. person. Den beregnes ved at sammenlægge den arealafhængige og den personafhængige lufttilførsel på følgende måde:

$$q_v = 0,7 \cdot A + 3,5 N$$

hvor

q_v er udelufttilførsel, l/s

A arealet, m²

N antal personer

For et rum på 20 m² og 2 personer fås således:

$$q_v = 0,7 \cdot 20 + 3,5 \cdot 2 = 21 \text{ l/s}$$

Dette forudsætter, at der ikke findes andre særlige forureningskilder, og at byggevarernes bidrag er lavt. I rum, hvor der ryges jævnlige, anbefales mindst 20 l/s person.

I boliger vil der undertiden være mindre end 0,7 l/s m² beregnet efter ventilationskravene. Det regnes for at være acceptabelt, fordi beboerne har mulighed for at ventilere yderligere ved at åbne vinduer.

Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings

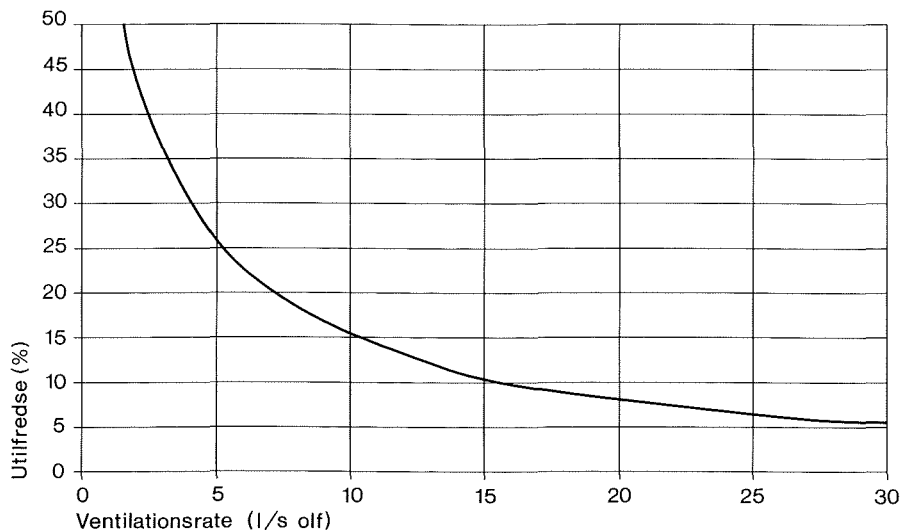
Disse retningslinier er udarbejdet af en arbejdsgruppe nedsat af EF-kommisionen (12.4). En del af rapporten behandler risikoen for at få alvorlige sygdomme eller slimhindeirritation ved eksponering for indeluft, en anden del behandler oplevelsen af luftkvaliteten.

Der omtales radon, giftige stoffer deponeret i grunden, tobaksrygning, formaldehyd og organiske forbindelser fra byggevarer og mikroorganismer.

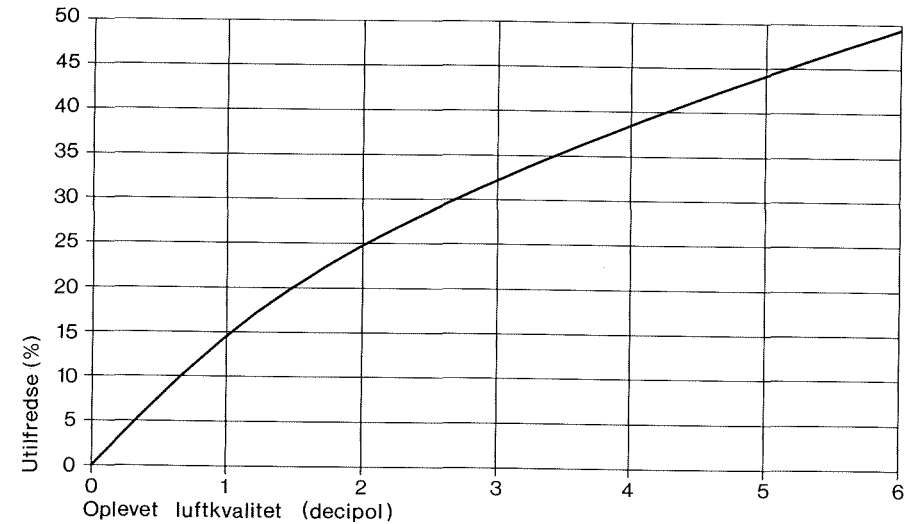
På baggrund af den oplevede luftkvalitet er der opstillet ligninger til bestemmelse af ventilationsbehovet og til addition af de forskellige forureningskilder. Det har vist sig, at det næsten altid i praksis er den oplevede luftkvalitet, der er dimensionerende for ventilationens størrelse. Anvendes de følgende retningslinier, er det dog altid nødvendigt at sikre sig, at der ikke samtidig er fare for, at luftkvaliteten giver anledning til alvorlige sygdomme. Forurening med kulmonoxid, der er en lugtløs giftig gas, er et eksempel der naturligvis ikke kan håndteres på baggrund af den oplevede luftkvalitet og sensoriske indtryk.

Emissionsraten fra de fleste forureningskilder inden døre er udtrykt i person-ækvivalenter (olf), det vil sige at forureningen sidestilles med bioeffluenter fra mennesker på grundlag af sammenlignende vurderingen foretaget af et stort antal "luftkvalitetsdommere". På baggrund af forsøg med mange både almindelige brugere og trænede luftkvalitetsdommere er sammenhængen mellem ventilationsraten pr. olf og andelen af utilfredse fundet som vist i figur 12.2. Vurderingen af luftkvaliteten er foretaget umiddelbart efter udsættelsen for luften (det initiale indtryk).

Koncentrationen af olf i luften angives i decipol, hvor 1 decipol er forureningskoncentrationen forårsaget af en forureningskilde med emissionsraten 1 olf ventileret med 10 l/s ren udeluft. Decipol er altså et praktisk mål for den oplevede luftforurening. Med sammenhængen vist i figur 12.2, bliver relationen mellem forureningskoncentrationen i decipol og andelen utilfredse, som vist i figur 12.3.



Figur 12.2. Utilfredsheden blandt personer der, bedømmer luftens acceptabilitet umiddelbart efter indtræden i et forurennet rum.



Figur 12.3. Relationen mellem den oplevede luftkvalitet udtrykt i procent utilfredse og i decipol.

For at kunne beregne den totale forureningsbelastning i et rum anbefaler rapporten som en første tilnærmelse at addere de enkelte forureningskilders bidrag. Denne addition adskiller sig fra den, der er beskrevet i NKB-skrift nr. 61 (12.3), hvor det principielt er ventilationsstørrelserne for de enkelte kilder, der adderes.

Tages der hensyn til, at udeluften kan være forurennet, og at ventilationseffektiviteten kan variere, fås følgende formel for den nødvendige ventilation:

$$q_k = 10 \cdot G / (c_i - c_0) \cdot \epsilon_v$$

hvor

- q_k er nødvendig ventilation for komfort, l/s
- G emissionsraten kvantificeret sensorisk, olf
- c_i ønsket oplevet luftkvalitet, decipol
- c_0 den oplevede luftkvalitet ved luftindtaget, decipol
- ϵ_v ventilationseffektiviteten, $\epsilon_v = c_e / c_i$
- c_e den oplevede luftkvalitet ved udsugning, decipol

I rapporten foreslås det at arbejde med tre niveauer for den oplevede luftkvalitet, som vist i tabel 12.1. Tabellen er baseret på det initiale indtryk. I visse tilfælde kan det tillades at medtage den ofte betydningsfulde tilvænnning til luftens kvalitet, der

Tabel 12.1. Tre niveauer for den oplevede luftkvalitet. Tabellen er baseret på ren ventilationsluft og fuld opblanding af ventilationsluften.

Oplevet luftkvalitet ved indtræden fra udeluften		Nødvendig udeluftstrøm
pct. utilfredse	decipol	l/(s · olf)
10	0,6	16
20	1,4	7
30	2,5	4

sker i løbet af de første minutters ophold i et forurenede lokale. Dette gælder særligt for forurening fra personer, i mindre grad for forurening fra tobaksrygning og stort set slet ikke for forurening fra byggevarer.

Erfaringstal fra en række undersøgelser i bygninger for ikke industriel anvendelse er også indeholdt i rapporten. Hovedtallene er vist i tabel 12.2. Det synes i praksis at være vanskeligt at opnå, at mindre end 20 pct. af et panel vil være utilfredse.

En væsentlig forudsætning for at kunne anvende formlen til at forudsige ventilationsbehovet er, at accepten (decipol/antal utilfredse) af forskellige kilders forurening følger samme kurver ved ændringer i ventilationens størrelse. Denne forudsætning har vist sig ikke at kunne holde. I en given situation vil en forøgelse af ventilationen bedre fjerne lugte fra bioeffluenter end lugte fra materialer. Der arbejdes på forskningsniveau med at klarlægge disse forhold bedre, så beregninger i fremtiden kan være mere sikre.

Tabel 12.2. Den totale forureningsbelastning inklusive forurening fra bygning, apering, inventar og ventilationssystemer for eksisterende bygninger (12.5).

Bygningstype	Forureningsbelastningen kvantificeret sensorisk, olf/m ²	
	Middel	Variationsinterval
Kontorer	0,3	0,02–0,95
Klasseværelser i skoler	0,3	0,12–0,54
Børnehaver	0,4	0,20–0,74
Forsamlingslokaler	0,5	0,13–1,32

Af tabel 12.2 ses, at der forekommer en betydelig variation mellem de enkelte bygninger. Det er naturligvis en god idé at søge at holde forureningsbelastningen så langt nede som muligt. I bygninger uden tobaksrygning, hvor der er lavemitterede materialer og god rengøring, og hvor der er taget hensyn til at rengøringsmidler ikke må lugte, bør man kunne regne med et niveau på højst 0,1 olf/m² fra bygningen alene.

Med samme beregningseksempel som i afsnittet om NKB-skrift nr. 61, dvs. et rum på 20 m² med 2 personer og en ventilation på 21 liter/sekund, kan den arealafhængige forurening omregnes til minimum 2 olf, og dertil kommer 2 olf fra personerne. Der ventileres altså med 5,25 liter/sekund pr. olf, hvilket svarer til 1,9 decipol. Det indebærer ifølge figur 12.3, at omkring 25 pct. af brugerne vil finde luftkvaliteten utilfredsstillende.

Bedømmelse af luftkvalitet

Metoder til sensorisk bedømmelse

Menneskers sensoriske bedømmelse af luftforurening er præget af store individuelle forskelle. Derfor må man altid anvende 10-30 personer i et panel ved sensoriske bedømmelser. Der anvendes flest personer, når de indgår i et utrænede panel. Der sker på forskningsniveau en udvikling i anvendelsen af paneler til bedømmelse af forureninger, idet dette er en væsentlig del af mærkningsordningen for materialer, se kapitel 13: "Vurdering af materialers betydning".

Paneldeltagerne kan eksponeres for forureningen ved at træde helt ind i et rum, der indeholder den aktuelle forurening. Denne metode er nødvendig for at kvantificere forureningen efter et tilvænningsforløb. Ved delvis eksponering af paneldeltagerne, hovedsageligt deres næser, er det muligt at bedømme et umiddelbart udtryk for forureningen. Ved delvis eksponering placeres paneldeltagerne i en strøm af ventilationsluft fra lokalet. Det er vigtigt at sikre, at paneldeltageres vejtrækning ikke influerer væsentligt på forureningskoncentrationen. En luftstrøm på 0,5-1 l/s vil normalt være tilstrækkelig.

Der findes en række metoder til kvantificering af luftforurening på baggrund af sensorisk bedømmelse. De væsentligste er:

- et trænet panel, der udtrykker den oplevede luftkvalitet i decipol (12.6)
- et utrænede panel, der angiver oplevelsen af luftkvaliteten ved markeringer på kontinuert skala for accept (12.7)
- et utrænede panel, der angiver oplevelsen af luften ved besvarelse af ja/nej-spørgsmål om accept af luftens kvalitet (12.8)
- bestemmelse af den forureningskoncentration, der netop giver anledning til, at 50 pct. af et panel kan detektere forureningens tilstedeværelse (12.9).

Beregning af indendørs forureningskoncentration

Fortyndingsligningen

Koncentrationen af forurening til en bestemt tid efter at forureningen er begyndt, bestemmes af ligningen

$$c_t = c_i + \frac{Q_s}{V \cdot n} (1 - e^{-nt})$$

hvor

- c_t er koncentrationen til tiden t
 c_i koncentrationen i ventilationsluften
 Q_s tilført forurening i rummet pr. time
 V rummets volumen, m^3
 n rummets luftskifte, antal gange pr. time

Ligevægtskoncentrationen (99,9 pct.) ved konstant ventilation og forureningstilførsel nås efter en tid, der svarer til $6,9/n$, fx ca. 3,5 timer ved et luftskifte på 2 gange pr. time.

Forløbet af udluftninger af et rum fås af ligningen

$$c = c_o \cdot e^{-nt}$$

hvor

- c_o er koncentrationen ved udluftningens begyndelse

Se nærmere om fortyndingsligningen i (12.10).

Materialerelevant indeklimakoncentration ifølge DS/INF 90

Ifølge Anvisning for bestemmelse og vurdering af afgangning fra byggevarer, DS/INF 90 (12.11), kan emissionen fra materialer og aktiviteter bestemmes ved klimakammerforsøg, og de fundne værdier kan danne grundlag for en sundhedsmæssig vurdering. Der redegøres for, hvordan den målte afgangning omregnes til koncentrationer i indeklimaet. Der redegøres tillige for, hvordan afgangningen fra flere kilder skal indgå i en samlet vurdering. Endelig giver den et eksempel på, hvordan man teknisk kan vurdere afgangning fra materialer, uden præcist at kende deres omfang i bygningen.

Model for omregning af klimakammerprøvning til koncentrationer i indeklimaet
 Med den nuværende viden om matematiske modeller til omregning fra klimakammerundersøgelser til indeklima anbefales det at benytte en simpel massebalanceligning og forudsætte, at der anvendes klimakamre, der giver fuldstændig ensartede koncentrationsforhold, og at man kan se bort fra forhold ud over ventilationen som fx adsorption, som fjerner forurening.

Modellen er:

$$C_m = \frac{R_s \cdot A}{V \cdot n}$$

hvor

- C_m er den beregnede ligevægtskoncentration i indeklimaet, mg/m^3
 n luftskiftet, antal gange pr. time
 V volumenet af det aktuelle rum, m^3
 R_s den specifikke afgangningshastighed, $mg/(m^2 \cdot h)$, bestemt ved klimakammerforsøg (R_s er ofte knyttet til en bestemt tid efter materialets fremstilling eller påføring)
 A emnets areal i det aktuelle rum.

Den resulterende koncentration fra flere kilder til samme stoftype fås ved at addere koncentrationerne, C_m -værdierne, fundet for hver af dem. En sammenvejning af koncentrationerne fra flere stof typer fås normalt ved anvendelse af additionsformlen (12.11).

I den udstrækning, der er kendskab til lufttemperaturens, luftfugtighedens og andre faktorerers indflydelse på afgangningen og dermed på koncentrationen, bør denne indflydelse inddrages i den tekniske vurdering.

Parametre til konkrete og generelle vurderinger af indeklimakoncentrationer

I de tilfælde, hvor et konkret byggeri skal vurderes, indsættes de aktuelle værdier i den matematiske model. Når de omgivelser og sammenhænge, et materiale skal anvendes i, ikke kendes, eller hvor der ønskes en mere generel vurdering af et materiale, kan udgangspunktet tages i et standardrum. Her anbefales Nordtests standardrum (12.15). Dette rum har et gulvareal på $2,2 \cdot 3,3 m^2$ og en højde på 2,4 m. Rumfanget er således $17,42 m^3$. Der regnes for dette standardrum med et luftskifte på 0,5 gange i timen, en temperatur på $23 \text{ }^\circ\text{C}$ og en relativ fugtighed på 50 pct.

Antages det, at forureninger fra bygningens materialer højst må udgøre 50 pct. af den samlede forurening og at de enkelte materialer tillades lige stor afgasning pr. m^2 , bliver fordelingen af de enkelte materials bidrag i standardrummet som angivet i tabel 12.3. Et gulv må fx kun bidrage med 8 pct. til den acceptable indeklimaværdi V_v , mens væggene må bidrage med 27 pct.

Ligevægtskoncentrationen forårsaget af $1 m^2$ materiale bliver i standardrummet:

$$c_m = 0,115 \cdot R_s \text{ mg/m}^3 \quad (R_s, \text{ den specifikke afgasningshastighed, indsættes i mg/m}^2 \cdot \text{h})$$

Tabel 12.3. Overfladearealer og tilladt, procentuel afgasning fra et rums overfladematerialer, forudsat samme afgasning pr. m^2 materiale.

Materiale	Overfladeareal i standardrummet m^2	Procent af samlet areal i standardrummet	Tilladt afgasning fra materialerne ved en forureningsbelastning på 50 pct. af den acceptable værdi, pct.
Gulvmateriale	7,14	15,8	8,0
Loftmateriale	7,14	15,8	8,0
Vægbeklædning	24,39	54,0	27,0
Døroverflade	1,92	4,3	2,0
Vinduesramme	0,21	0,5	0,2
Fugemasse	0,21	0,5	0,2
Øvrigt nagelfast	4,10	9,1	4,6
I alt	45,11	100,0	50,0

Under de samme forudsætninger gælder, at de enkelte materials bidrag til koncentrationen i rummet kun må bidrage med 1,1 pct. af den samlede acceptable koncentration, indeklimaværdien V_v , pr. m^2 overflademateriale. Det svarer til, at materialernes specifikke afgasningshastighed (emission) R_s i standardrummet højst bør have en værdi i $\text{mg/m}^2 \cdot \text{h}$, der svarer til indeklimaværdien V_v i mg/m^3 divideret med 10,5.

Denne værdi kan anvendes til at sammenligne de forskellige materialer med hensyn til deres afgivelse af enkelte stoffer. Den projekterende kan vælge materialer efter dette, og producenten kan bruge værdierne til at minimere uhensigtsmæssige stoffer i materialerne.

I DS/INF 90 (12.11) foreslås at beregne den "materierelaterede indeklimakon-

centration" I_m til brug for en vurdering af koncentrationen ud fra en sundhedsmæssig betragtning. For standardrummet beregnes den således:

$$I_m = 10,5 \cdot R_s \text{ mg/m}^3 \quad (R_s \text{ indsættes i mg/m}^2 \cdot \text{h})$$

Hvis alle materialer har en værdi for I_m , der er under den acceptable indeklimaværdi V_v , vil den resulterende koncentration i rummet også have det, idet der er taget hensyn forureninger fra andet end materialer. Det er dette grundlag, som indeklimamærkningsordningen er baseret på, se kapitel 13: "Vurdering af materials betydning".

Detaljerede beregningsforudsætninger og eksempler fremgår af DS/INF 90 (12.11). Heraf fremgår også, hvordan koncentrationer af forskellige stoffer sammenvejes for at kunne udføre en samlet afvejning af de anvendte materialer i et rum.

Eksempel

Indeklimaværdien for toluen er ifølge DS/INF 90, eller ifølge tabel 3.14, $0,300 \text{ mg/m}^3$. Et materiale må derfor under standardrummets forudsætninger højst bidrage til 1,1 pct. af $0,300 \text{ mg/m}^3$ svarende til $0,0033 \text{ mg/m}^3$ toluen pr. m^2 . For standardrummet betyder det, at afgasningen af toluen fra dette materiale højst må være $0,300/10,5 = 0,029 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{h}$.

For et materiale med den netop acceptable afgasning bliver den materierelaterede indeklimakoncentration I_m for dette materiale $0,029 \cdot 10,5 = 0,300 \text{ mg/m}^3$, hvilket netop svarer til indeklimaværdien V_v .

Den projekterende kan vælge at tillade en større afgasningshastighed fra et materiale, fx fordi det har nogle bestemte ønskelige egenskaber, men så til gengæld reducere afgasningshastigheden fra andre materialer. I sådan et tilfælde anvendes beregningsmodellen.

Ikke-stationære tilstande

I praksis er forholdene i bygninger i brug stærkt varierende. Når ventilationsanlæg startes og slukkes i forbindelse med gængse energibesparende foranstaltninger, kan det forværre konsekvenserne af byggevarernes afgasning af luftforurening. Hvis der i lokalerne er materialer med stort sorptionspotentiale, vil en natstandsning af den mekaniske ventilation kunne betyde, at ventilationsbehovet om dagen forøges væsentligt.

Byggevarerne udsættes i praksis for belastninger, der kan forøge deres afgasning

kraftigt i kortere eller længere perioder. Dette gælder for eksempel i forbindelse med opvarmning, når solen skinner på materialerne eller ved rengøring og ved-
ligeholdelsesarbejder.

Ved høje luftskifter nås nye stationære tilstande hurtigt, når belastningerne ændrer sig. Ved lave luftskifter sker ændringerne langsommere og ændringerne bliver større. Ved luftskifter omkring 0,5 gange i timen tager det 5-6 timer, før ændrede belastninger resulterer i den stationære tilstand for luftkvaliteten. I praksis er alle kontorlokaler ikke bemandet i mere end 4-6 timer om dagen efterfulgt af lange perioder uden aktivitet. Dermed nås sjældent stationære tilstande i brugstiden, og beregnes ventilationen på baggrund af stationære tilstande, vil behovet blive overvurderet.

I bygninger, hvor nogle person- eller aktivitetsbelastede rum står i forbindelse med andre rum, fx kontorer med åbne døre til andre rum, kan ventilationen af de tilliggende rum være af stor betydning. Luftudskiftningen mellem 2 rum kan svare til et luftskifte på flere gange i timen. Korridorer og atrier kan således indregnes som buffere for forureninger fra kontorer (12.12).

Litteratur

- (12.1) Bygningsreglement. Bygge- og Boligstyrelsen. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994)
- (12.2) Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg. Normstyrelsens publikationer NP-153-N. Dansk Standard DS 447. Dansk Ingeniørforening. København 1981.
- (12.3) Inomhusklima - luftkvalitet. NKB-skrift nr. 61. Nordiska komittén for byggbestämmelser. Esbo 1991.
- (12.4) Guidelines for ventilation requirements in buildings. European concerted action, Indoor air quality and its impact on man. Environment and quality of life. Report 11. Commission of the European Communities. Luxembourg 1992.
- (12.5) Fanger, P. O. Introduction of the olf and the decipol unit to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors. Energy and Building, vol. 12, nr. 1, 1988. s. 1-6.
- (12.6) Gunnarsen, L. Ventilationsbehov og adaptation til indeluft. Carl Bro as og Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varme- og Klimateknik. Glostrup 1989.
- (12.7) Fanger, P. O. et al. Air pollution sources in offices and assembly halls, quantified by the olf unit. Energy and Building, vol. 12, nr. 1, 1988. s. 7-19.
- (12.8) Begrænsning af lugtgener fra virksomheder. Vejledning nr. 4/1985. Miljøstyrelsen. København 1985.
- (12.9) Fanger, P. O. New principles for a future ventilation standard. Indoor Air '90. Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Toronto, 29 July - 3 August 1990. Vol. 5. Ottawa 1990.
- (12.10) Hansen, H. E. (red.), Kjerulf-Jensen, P. (red.) og Stampe, O. B. (red.). Varme- og klimateknik. Grundbog. Danvak. København 1988.
- (12.11) Anvisning for bestemmelse og vurdering af afgasning fra byggevarer. DS/INF 90. Dansk Standard. København 1994.
- (12.12) Valbjørn, O. et al. Ventilation og luftkvalitet i kontorbygninger. SBI-rapport 240. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1994.
- (12.13) Ventilation på faste arbejdssteder. At-meddelelse nr. 1.01.8. Arbejdstilsynet. København 1993.
- (12.14) Bygningsreglement for småhuse BR-S 85 + tillæg 1-2. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1985-1987.
- (12.15) Building Materials: Emission of volatile compounds. NT BUILD 358. Nordtest. Esbo 1989.

13. Vurdering af materialers betydning

Materialers indflydelse

For at kunne karakterisere og bedømme materialers indflydelse på luftkvaliteten er det nødvendigt at have kendskab til:

- materialernes indhold af fri (ubundne) forureninger, der umiddelbart kan afgives til indeklimaet
- materialernes indhold af bundne forureninger, dvs. stoffer som kan frigives, hvis materialerne udsættes for visse påvirkninger
- materialernes evne til at opsamle eller akkumulere forureninger, som senere kan afgives til indeklimaet.

Ud over disse forhold er det vigtigt også at tage hensyn til, om anvendelsen af et materiale medfører brug af andre materialer, som fx lime, rengørings- og plejemidler, som kan afgive stoffer til indeklimaet.

Fri (ubundne) forureninger

Eksempler på forureninger i denne gruppe er formaldehyd fra ureaformaldehydlimede spånplader og organiske opløsningsmidler fra maling. Disse materialer vil især bidrage til en dårlig luftkvalitet i den første periode af en bygnings driftstid.

For at lette fremstillingen anvendes ofte organiske opløsningsmidler i produktionen, og derfor indeholder mange materialer rester af organiske opløsningsmidler. Ved fremstillingen af produkter, hvor der indgår en kemisk reaktion mellem to eller flere stoffer, anvendes ofte et overskud af et af stofferne for at få reaktionen til at forløbe så fuldstændigt eller så hurtigt som muligt for at opnå kort produktionstid. Et eksempel er ureaformaldehydlimede spånplader, hvor der anvendes et overskud af formaldehyd. Størstedelen af formaldehydoverskudet forlader spånpladerne på produktionsstedet, mens resten bliver i de færdige plader og afgives først på brugsstedet.

Bundne forureninger

Eksempler på forureninger fra denne gruppe er også formaldehyd fra urea-formaldehydlimede spånplader og mineraluldsfibre fra loftplader.

Materialer med et indhold af stoffer, der kan nedbrydes eller omdannes, kan afgive forureninger til rumluften i hele bygningens levetid. Afgivelsen af forureninger kan være bestemt af flere forskellige processer, fx slid, nedbrydning, opløsning, henfald og ældning. Det sker, fordi materialerne ikke kan tåle de påvirkninger, de udsættes for i bygningen.

Limen i ureaformaldehydlimede spånplader kan nedbrydes, især under påvirkning af fugt og varme, så det ikke blot er den fri formaldehyd, men også den bundne formaldehyd der frigøres fra limen og afgives fra pladerne. Afgivelsen af formaldehyd afhænger blandt andet af temperaturen. I området 14-35 °C fordobles afspaltningen for hver 7 °C temperaturstigning. Formaldehydafspaltningen fordobles ligeledes, hvis den relative fugtighed øges fra 30 pct. til 70 pct. ved 22 °C. Det er derfor af stor betydning, at ureaformaldehydlimede spånplader anvendes under korrekte indeklimaforhold.

Lampematninger af carbamidplast er et andet eksempel på, at der kan opstå indeklimaproblemer på grund af formaldehyd. Hvis lampematningen sidder over den elektriske pære, kan den blive så varm, at materialet dekomponerer, og der afgives en meget ubehagelig lugt. Det har vist sig, at det kan være svært at lokalisere, hvor lugten kommer fra, idet den som oftest præger hele lokalet.

Et tredje eksempel er ubehandlede mineraluldsfiberholdige loftplader, der er limede med en ikke fugtbestandig lim (stivelse). I tilfælde af vandskade kan der frigøres mineraluldsfibre.

Materialers evne til at opsamle eller akkumulere forureninger

Formaldehyd, lugtstoffer, irriteranter, støv, snavs og mineraluldsfibre er eksempler på luftforureninger, som kan opsamles af materialerne. Materialers evne til at opsamle og eventuelt akkumulere forureninger er kendt af de fleste mennesker, fx fra lugte, der hænger i tøjet. Effekten er blandt andet kendt fra formaldehydsaneringer. Kort efter at formaldehydkilderne er fjernet, har formaldehydkoncentrationen været næsten lige så høj som før saneringen, og først efter flere uger er formaldehydkoncentrationen faldet til et acceptabelt niveau.

Det er især materialer med stor specifik overflade, dvs. lodne eller porøse materialer, der opsamler forureninger. Tæpper, der får lov at samle støv, er en kendt problemskabende faktor. De praktiske konsekvenser for indeklimaet af akkumuleringen af luftforureninger er endnu ikke fuldt klarlagt. Dog vides det, at en tidlig ibrugtagning, dvs. møblering med polstrerede møbler, gardiner, tæpper m.m. kan forlænge den periode, hvor der er indeklimaproblemer på grund af afgang fra andre materialer.

Afgivelsen af akkumulerede forureninger er ofte bestemt af et kompleks af udløsende faktorer, der kan omfatte processerne adsorption, absorption, diffusion og

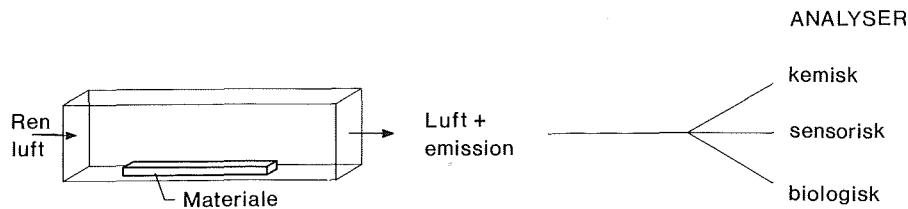
opløsning samt fysisk aktivitet. Blandt andet kan temperaturændringer influere på disse processer.

Evnen til at akkumulere og afgive forureninger kan variere meget for forskellige fabrikater af et materiale. Derfor kan der ikke umiddelbart konkluderes noget om afgangningen fra et produkt til et andet. Det er nødvendigt at teste hvert enkelt produkt.

Prøvning af afgangningen fra materialer

Der findes flere prøvningsmetoder til at bestemme og vurdere afgangningen fra materialer. Valget af metode afhænger af de oplysninger, man ønsker at få ud af afprøvningen, fx om man blot ønsker at få at vide hvilke stoffer, der afgives fra et materiale, eller om man også ønsker at få oplysninger om, med hvilken hastighed forureningen afgives fra materialet. Valget af prøvningsmetode afhænger også af, hvordan afgangningen kvantificeres ved kemiske og sensoriske analyser samt ved biologiske tests.

Princippet i prøvning af afgangning fra materialer er vist i figur 13.1. Metoder til prøvning af afgangning fra materialer er nærmere beskrevet i (13.1), (13.3), (13.6) og (13.7) samt introduceret i kapitel 12: "Ventilation og luftkvalitet".



Figur 13.1. Princippet i prøvning af afgangningen fra materialer.

Indeklimamærkning

Indeklimamærkningsordningens formål er at medvirke til at forbedre indeklimaet ved at kontrollere afgangningen fra de byggevarer, der er omfattet af ordningen. Ordningen er baseret på materialernes primære afgivelse af fri organiske gasser og dampe. Ordningen vil dog kunne udvides til også at omfatte uorganiske gasser og dampe, partikler, ioniserende stråling samt andre forhold, der har betydning for indeklimaet, (13.2), (13.3) og (13.4). Indeklimamærkningsordningen, Dansk Indeklima Mærkning, administreres af Byggeteknisk Institut ved Dansk Teknologisk Institut.

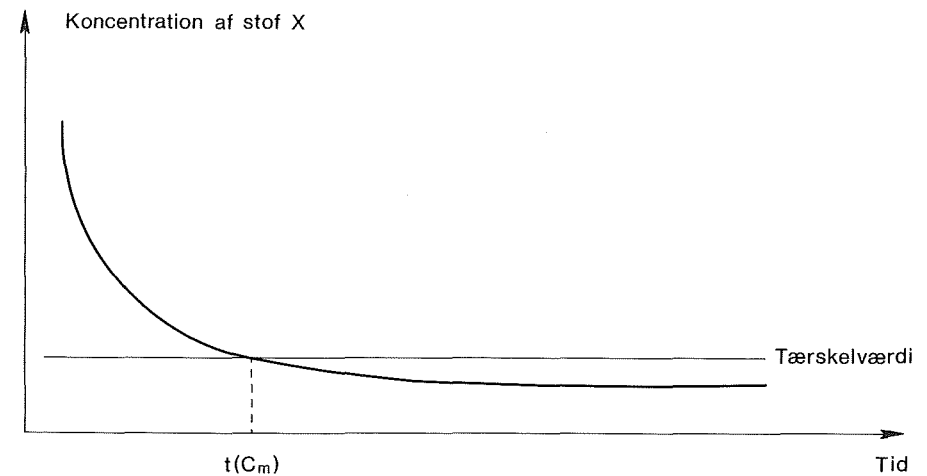
Indeklimarelevant tidsværdi

Ordningen er baseret på at bestemme *den indeklimarelevante tidsværdi*. Det vil sige den tid et materiales afgivelse af forureninger til luften i et standardrum er om at nå ned under en fastsat værdi for lugt, irritation eller andre sundhedsskadelige effekter for hvert af de afgivne stoffer samt for det sensoriske indtryk af afgangningen, se figurerne 13.2 og 13.3.

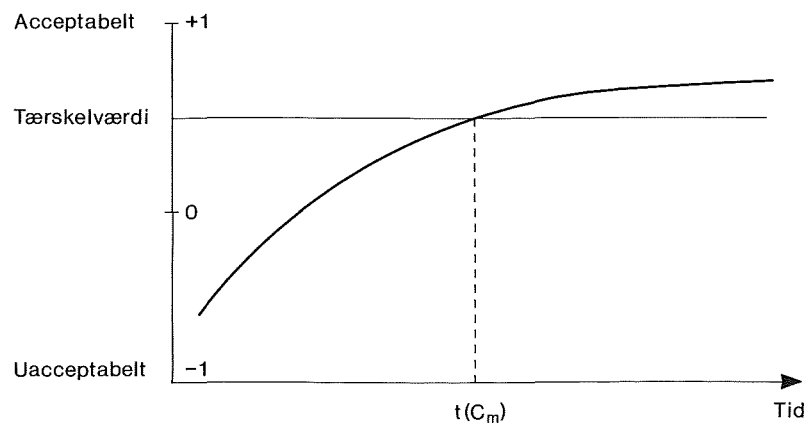
Den indeklimarelevante tidsværdi vil blive angivet som et enkelt tal. Fås forskellige tidsværdier for lugt, irritation eller andre sundhedsskadelige effekter, angives den største. På denne måde får de projekterende og brugerne af byggevarer oplysning om, hvor længe der kan forventes at optræde indeklimaproblemer på grund af anvendelsen af en given byggevarer. De har så mulighed for at træffe de fornødne forholdsregler.

De projekterende og brugere får endvidere oplysninger om en byggevarers anvendelsesområde samt oplysning om, hvordan byggevareren skal bruges og behandles, så eventuel afgangning og afgivelse af partikler ved forkert anvendelse og behandling kan undgås.

Der findes andre mærkningsordninger, fx har Gulvbranchens Samarbejds- og Oplysningsråd (GSO) ordninger for gulvmaterialer. Indeklimamærkningsordningen



Figur 13.2. Koncentrationen af et stof x afgasset fra materiale A i standardrummet som funktion af tiden. Tiden $t(C_m)$ er den indeklimarelevante tidsværdi, som det tager for koncentration af det pågældende stof at komme under den tærskelværdi for stoffet, der er fastlagt i mærkningsordningen.



Figur 13.3. Acceptabiliteten af afgangning fra materiale A som funktion af tiden. Tiden $t(C_m)$ er den indeklimatelevante tidsværdi, som det tager koncentrationen af det pågældende stof at komme over den tærskelværdi for acceptabilitet, der er fastlagt i mærkningsordningen.

er udviklet, så den kan være et supplement til andre ordninger, og den er tilrettelagt således, at den kan indgå som et modul, eller som en del af et modul i en livscyklusanalyse.

Produktudvikling

Afgasningen fra byggematerialerne bestemmes både sensorisk, dvs. ved at lugte til dem, og kemisk på enkeltstofniveau. Dermed får producenten at vide, hvilke stoffer, der er de mest betænkelige for indeklimaet i de fremstillede produkter. Det giver producenten en metode til at kontrollere, om en ændring i råvaresammensætningen eller i produktionsforholdene kan bevirke en forbedring af byggevaren. Desuden kan denne viden udnyttes i den daglige produktionskontrol, idet man får et større kendskab til, hvilke stoffer der er kritiske for produktets kvalitet i indeklimasammenhæng. Ud fra kendskab til produktionen kan dette eventuelt udnyttes til at udvælge en eller flere vikarierende egenskaber, der løbende kan kontrolleres.

Producenten kan eventuelt selv stå for afgangningsmålingerne, da udstyret er relativt billigt og enkelt at betjene.

Visse indeklimatiske tærskelværdier er allerede foreslået. De er angivet i kapitel 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier". Ordningen vil kunne udvikles efterhånden, som der etableres mere viden, især hvad angår de sundhedsmæssige forhold.

Relevante byggevarer

Ved udviklingen af indeklimatelevante mærkningsordningen er der lagt vægt på, at den kan omfatte alle byggevarer, der har betydning for indeklimaet. Det betyder, at fx både vægmaling og indvendige trapper - hvis de opfylder de fastlagte acceptkriterier - kan få et indeklimatelevant mærke. Dette betyder igen, at selve prøvningsforskrifterne vil være forskellige fra byggevare til byggevare, men afprøvnings-, vurderings- og acceptkriterierne vil være baseret på de samme principper. Eksempler på byggevarer, der kan indeklimatelevant mærkes:

Gulv

Gulvlak

Gulvlim

Gulvspartelmasse

Gummi

Halvhårde gulvbelægninger, linoleum, vinyl, kork

Tekstile gulvbelægninger

Vægge

Fugemasser til indendørs brug

Maling for indvendigt træværk

Tapeter

Væglim

Vægmaling

Lofter

Akustiklofter

Loftmaling

Trapper

Døre

Vinduer

Køkkenelementer

Myndighedskrav

Indeklimamærkningsordningen vil uden videre kunne relateres til de gældende myndighedskrav, og de krav som forventes i fremtiden. En byggevare vil ikke kunne få et indeklimatelevant mærke, hvis den ikke opfylder de myndighedskrav, der falder

inden for indeklimalmærkningsordningen. For eksempel vil en træbaseret plade, der er limet med formaldehydholdig lim ikke kunne få et indeklimalmærke, hvis den ikke opfylder bygningsreglementernes grænser for afgivelse af formaldehyd.

Ydeevneprincipper

EF's byggevedirektiv, se kapitel 2: "Myndighederne og indeklimalmet", forudsætter, at de tilhørende tekniske dokumenter udformes efter ydeevneprincipper. Dette vil kort betyde, at det skal udtrykkes, hvad en byggevarer skal kunne, og ikke hvad den skal være fremstillet af, eller hvordan den er fremstillet. Indeklimamærkningsordningen er baseret på ydeevneprincipper.

Frivillig ordning

Det er frivilligt om producenter, importører og forhandlere vil tilslutte sig indeklimalmærkningsordningen. Den skal ses som et tilbud, dels som en hjælp til at producere og markedsføre indeklimalmæssigt gode materialer, dels som en dokumentation for, at produkterne opfylder de ønsker og krav, som stilles af bygherrer, projekterende og brugere.

Checkliste

- hvad skal materialet bruges til, hvilke påvirkninger udsættes det for, er det foreneligt med de tilgrænsende materialer og er det egnet til de påtænkte/eksisterende byggetekniske løsninger?
- har materialet en god holdbarhed, dér hvor det tænkes anvendt, så det får en lang levetid? - jo længere levetid, jo længere bliver der mellem vedligeholdelser, der kan føre til ny afgangning og afdrysning
- materialer beregnet til udendørs brug, bør ikke uden nærmere undersøgelse anvendes inde i en bygning
- er materialet indeklimalmærket?
- hvis ikke materialet er indeklimalmærket, er det så undersøgt, hvilke stoffer der afgasses, om afgangningshastigheden er lille, og om indholdet af flygtige stoffer er lille?
- er der udført sensorisk bedømmelse af materialet? - og hvordan var bedømmelsen?
- er der udført en sundhedsmæssig bedømmelse af afgangningen? - og hvordan var bedømmelsen?
- indeholder materialet tungmetaller, biocider, asbestfibre eller radioaktive stoffer?
- er de brugsbetingede egenskaber, herunder de lyd-mæssige, de lys-mæssige, de rengørings-tekniske mv. tilfredsstillende?

Litteratur

- (13.1) Anvisning for bestemmelse og vurdering af afgangning fra byggevarer. DSF INF/90. Dansk Standard. København 1994.
- (13.2) Nielsen, P. A. og Wolkoff, P. Indeklimamærkning af byggevarer. Del 1: Beskrivelse af en prototypeordning. SBI-rapport 232. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1993.
- (13.3) Wolkoff P. og Nielsen, P. A. Indeklimamærkning af byggevarer. Del 2: Faglig og teknisk dokumentation af en prototypeordning. SBI-rapport 233. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1993.
- (13.4) Indeklimamærkning af byggevarer. Del 3: Organisering af en prototype af Dansk Indeklimamærkning. Dansk Teknologisk Institut. Taastrup 1993.
- (13.5) Kjær, U. og Nielsen, P. A. Låddenfaktorens virkningsmekanisme. SBI-meddelelse 89. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1991.
- (13.6) Building materials: Emission of volatile compounds. NT BUILD 358. Nordtest. Esbo 1990.
- (13.7) Ceiling boards, mineral fibres: Emission. NT BUILD 347. Nordtest. Esbo 1989.
- (13.8) Rapport fra 1. nordiske seminar om "Byggematerialer og Luftkvalitet", 25.-26. november 1992. Nordisk Emissionsgruppe. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1993.

Del 5

Det ydre miljøes betydning

14. Grund og terræn

Grundforurening

Myndighedskrav

Grundforurening kan være naturskabt som fx radon eller menneskeskabt som forureninger fra lossepladser og industrigrunde. Problemkomplekset med byggeri på forurenede grunde hører under flere forskellige myndigheder:

Under *Bygge- og Boligstyrelsen* og de *kommunale bygningsmyndigheder* hører byggeloven med tilhørende bekendtgørelser, hvis overordnede formål er at sikre, at bebyggelse udføres og indrettes, så den frembyder tilfredsstillende tryghed i brand-, sikkerheds- og sundhedsmæssig henseende.

Under *Miljøstyrelsen* og de *amtskommunale* samt *kommunale miljømyndigheder* hører miljøbeskyttelsesloven med tilhørende bekendtgørelser og lov om affaldsdepoter, hvis overordnede formål er at sikre, at grundforureningen ikke medfører forurening af omgivelserne eller indebærer risiko herfor.

Arbejdstilsynet administrerer arbejdsmiljøloven med tilhørende bekendtgørelser, hvis overordnede formål er at sikre et sundt arbejdsmiljø.

De *lokale brandmyndigheder* sikrer, at eventuel akut eksplosions- og antændelsesfare afværges.

Arbejdsministeriet og Boligministeriet har truffet den afgrænsningsaftale, at det såkaldt ukomplicerede erhvervsbyggeri skal byggesagsbehandles af de kommunale bygningsmyndigheder uden medvirken af Arbejdstilsynet. Arbejdstilsynet vil for det erhvervsbyggeri, der også byggesagsbehandles af Arbejdstilsynet, normalt ikke stille yderligere krav til byggeri på forurenede grunde, end hvad der fremgår af byggeloven. Det betyder, at krav om byggetekniske foranstaltninger for at sikre et sundheds- og sikkerhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima fortrinsvis skal stilles med hjemmel i byggeloven.

Sikringen mod indeklimaproblemer, der skyldes forureninger i jorden under bygningerne, afhænger af, om der er tale om nybyggeri eller eksisterende byggeri.

Ved nybyggeri

Der er indført en specifik regulering med krav i bygningsreglementerne vedrørende radon. Kravet er en lufttæt bygningskonstruktion mod undergrunden.

Ved opførelse af nybyggeri på grunde med en kendt anden forurening skal der

i henhold til Miljøstyrelsens branchevejledning for forurenede grunde (14.8) foretages en oprensning af grunden inden byggeriet påbegyndes.

Hvis en grund, der er registreret i henhold til affaldsdepotloven, oprensnes totalt, kan den blive afmeldt i registreringen. Herefter gælder byggelovgivningen på sædvanlig måde som ved nybyggeri på grunde, der ikke har været forurenede.

Når grunden ikke er oprenset totalt, men i en sådan udstrækning, at grunden i henhold til affaldsdepotloven er frigivet til det aktuelle byggeri, skal byggeri udføres efter nye krav i bygningsreglementerne. Det drejer sig om krav til en såvel lufttæt som diffusionstæt bygningskonstruktion mod undergrunden, fx i henhold til vejledning om Radon og nybyggeri (14.4) og med en betonkvalitet svarende til moderat miljøklasse med indhold af op til 5 pct. porøse partikler i henhold til Dansk Ingeniørforenings norm for betonkonstruktioner, DS 411 (14.11).

Ved eksisterende byggeri

Ved eksisterende byggeri på forurenede grund må man vurdere, om forureningen påvirker indeklimaet på en måde, som kan give akutte sygdomme, langtidseffekter eller gener som slimhindeirritation, lugtgener, lette påvirkninger på centralnervesystemet og nedsat generel komfort. Vurderingen bør tage udgangspunkt i resultater fra egentlige indeklimaundersøgelser (14.6).

En påvirkning, der kan udgøre en alvorlig sikkerhedsrisiko, er methan (lossepladsgas). Når koncentrationen af methan i luften udgør mellem 5 pct. og 15 procent, kan blandingen antænde ved en gnist. Hvis der er akut eksplosions- og antændelsesrisiko rømmes og afspærres bygningen, og de lokale brandmyndigheder tilkaldes.

Mange af de stoffer, der stammer fra forureningerne i jorden, kan også komme fra andre kilder. Udeluften, byggematerialer, inventar og møbler samt almindelige forbrugsprodukter kan afgive nogle af de samme stoffer, som kan komme fra undergrunden. Det er derfor vigtigt at få fastlagt de aktuelle kilder og deres indbyrdes størrelse.

Findes indeklimaet i bygningen at være sundheds- og sikkerhedsmæssigt uforvarsomt som følge af gasser og dampe fra den forurenede grund, må der ud fra en konkret vurdering af de bygningskonstruktive forhold inklusive ventilationsforholdene og grundforureningens omfang og placering tages stilling til om, og i givet fald i hvilket omfang, der bør gennemføres byggetekniske afværgeforanstaltninger. Relevante foranstaltninger kan være:

- tætning af bygningskonstruktionen mod grunden
- tætning af kloaksystemet
- forøgelse af ventilationen i krybekælder, kælderrum, opholdsrum eller drænlæg
- montering af et automatisk gasdetekteringsanlæg.

Da det på forhånd kan være vanskeligt at vurdere effekten af påtænkte afværgeforanstaltninger, kan det efterfølgende blive nødvendigt at foretage kontrolmålinger for at konstatere, om den tilsluttede effekt er nået.

Metoder til undersøgelse af grundforurening

Metoderne er relevante primært for andre jordforureninger end radon. Det første trin i en undersøgelse er at indhente oplysninger hos amtet, kommunen, tinglysningskontoret, tidligere og nuværende ejere, naboer mv.

Oplysningerne bør omfatte:

- grundens aktuelle og tidligere anvendelse(r)
- bygningens alder
- gennemførte renoveringer
- geotekniske undersøgelser
- eventuelt kendskab til deponeringer på eller ved grunden
- bygningens aktuelle og tidligere anvendelse(r), produktion mv.
- kemiske stoffer, der kan være anvendt på grunden og i bygningen
- biprodukter, der kan være opstået i forbindelse med produktionen
- hjælpestoffer, der kan være anvendt i forbindelse med produktionen
- hvor i bygningen eller hvor på grunden stofferne har været anvendt
- hvornår og i hvor lang tid de enkelte stoffer har været anvendt
- måleresultater fra tidligere målinger på grunden eller i bygningen
- erfaringer med tilsvarende emissioner fra byggevarer
- ledningsplaner
- grundens overfladebelægning.

Ud fra de indsamlede oplysninger udarbejdes en liste over de stoffer eller stof typer, der har eller kan have været anvendt i bygningen eller på grunden. Listen kan for hvert stof forsynes med oplysninger om den forventede betydning for indeklimaet. Herunder kan medtages forureningsgraden, stoffernes transportegenskaber og betydningen for indeklimaet. Vurderingen kan ske med følgende benævnelser: ekstrem høj, høj, middel, lav, meget lav. Alle stoffer bør forsynes med CAS nr. (det internationale kemiske kodenummer), oplysninger om flygtighed, damptryk for vandig opløsning og giftighed. Desuden angives, hvor på grunden stofferne kan forventes at forekomme.

Hvis de nødvendige oplysninger ikke allerede foreligger, undersøges forholdene i jorden ved bygningen. Der udtages prøver af jorden eller af poreluften på de steder omkring bygningen, hvor der kan forekomme forureninger, i overensstemmelse med Miljøstyrelsens branchevejledninger (14.8). Der analyseres for de stof-

fer, der kan forventes i henhold til den liste, der er angivet. Der foretages en geoteknisk undersøgelse indeholdende jordens porøsitet og vandindhold for at kunne vurdere transportegenskaberne for de fundne stoffer.

Resultatet af undersøgelserne er afgørende for det videre forløb. Kun de stoffer, der er fundet ved analyserne, indgår i det videre forløb. Er der ikke ved analyserne fundet nogen stoffer, der kan forurene indeklimaet, afbrydes det videre målearbejde her. Vurderes det, at de fundne stoffer ikke kan transporteres ind i bygningerne, ved de aktuelle geo- og byggetekniske forhold, kan det videre målearbejde også afbrydes.

Metoder til undersøgelse af forureninger i indeklimaet fra grunden

Besigtigelse

Der foretages en besigtigelse af bygningen og dens omgivelser med følgende indhold:

- undersøge om bygningens udformning (åben kælder, bygget på søjler mv.) umuliggør indtrængning af forurening fra jorden
- undersøge om der er overensstemmelse mellem bygningstegninger og bygningsbeskrivelse af konstruktionerne mod jorden og de aktuelle forhold. I modsat fald foretages en registrering af de aktuelle forhold med særlig vægt på tætheden mod jorden
- undersøge om detaljer fx rørgennemføringer i dæk mod jorden er tætte, se (14.5)
- undersøge ventilationsforholdene, herunder om den anvendte ventilationsform kan skabe et væsentligt (> 15 Pa) undertryk i bygningens nederste etage
- undersøge driftsforholdene for ventilation, fyr, emhætter mv., herunder om de kan medføre tidsmæssige variationer af trykforholdene i bygningen
- registrere om bygningen selv, dens inventar og aktiviteterne i bygningen eller om oplagring i bygningen kan medføre forureninger af samme type, som kan forekomme som jordforurening under bygningen
- undersøge om der i bygningens omgivelser er kilder til samme forureninger, som findes under bygningen
- vurdere om fugtforholdene kan tyde på indsivning af fugt (og af andre stoffer) fra grunden. Vær opmærksom på, at en fugt- eller dampspærre godt kan være gennemtrængelig for organiske gasser og dampe, også selv om den er tæt over for fugt
- vurdere om lugtforholdene i bygningen indikerer indtrængning af stoffer fra grunden
- eventuelt lækagesøgning med direkte visende instrument. Findes lækager, vil det altid være relevant at tætte dem (14.5), før der gennemføres flere målinger.

Måleplan

Den viden, der er opnået i de tidligere trin i undersøgelsen, sammenstilles, og på basis heraf udarbejdes en måleplan. Måleplanen omfatter mindst 4 målesteder:

- *Worst case:*

Det sted i bygningen, hvor den største forureningskoncentration fra jorden kan forventes at forekomme. Målingen tilrettelægges, så den kommer til at foregå på et tidspunkt, hvor koncentrationen af jordforurening kan forventes at være størst. Målingen gennemføres, så der ikke på et senere tidspunkt opstår tvivl om, at det er de maksimale koncentrationer, der er målt. Hvis en sådan måling ikke kan gennemføres, må der opstilles en beregning af, hvad de maksimale koncentrationer kan forventes at være, og med angivelse af under hvilke omstændigheder den vil forekomme.

- *Referenceværdi inde:*

Det sted i bygningen, hvor der er mindst risiko for, at der findes forureninger i indeluften fra jorden. Dette sted skal foruden at være et opholdsrum også være repræsentativt med hensyn til luftkvaliteten i øvrigt og i forhold til resten af bygningen.

- *Referenceværdi ude:*

Denne måling afhænger blandt andet af forureningen fra industri og trafik. Den skal planlægges under hensyntagen hertil, så værdierne bliver repræsentative for de øvrige målinger.

- *En måling på poreluften under bygningen.*

Ved små bygninger gennemføres 1-3 målinger. Ved store, sektionerede fundamenter kan det være nødvendigt med langt flere.

Grundlag for den detaljerede måleplan fremgår af (14.6).

Terrænuformning og afvanding

Myndighedskrav

Ifølge bygningsreglementerne kræves det, at terrænet skal gives tilstrækkeligt fald bort fra bygningen, eller der skal træffes andre foranstaltninger til bortledning af overfladevand. Der skal i nødvendigt omfang drænes under og omkring bygninger, jf. Norm for dræning af bygværker, DS 436 (14.13). Man skal være opmærksom på bestemmelsen i bygningsreglementerne om anvendelse af flyveaske og slagger fra kulfyring som underlag for byggeri. Bestemmelsen skal sikre mod forøgelse af gammastråling indendørs.

Overgang mellem bygning og terræn

Det er vigtigt at bygningens ydre flader mod det omgivende terræn udformes af personer med kendskab til jordtekniske forhold. Adskillige fugtskader og fugtophobninger har deres udspring i udformningen af overgangen mellem bygning og terræn. En bedre koordination mellem de enkelte faggrupper og en skærpet kvalitetskontrol i udførelsesfasen, når udgravninger tilfyldes og før muldpålægning, vil kunne betyde færre problemer senere.

Bortledning af overfladevand

En tør beliggenhed er blandt andet afgørende for en sund bolig. Derfor skal overfladevand ledes bort fra bygningen, og terrænet bør have et fald på mindst 1:50. Der skal udføres omfangsdræn, og ved skrånende terræn skal afskærende dræn anbringes i den højeste side af terrænet i forhold til bygningen. Det er ligeledes en fordel, at det nære terræn beskyttes mod overfladevand fx i form af befæstelser og store tagudhæng.

Komprimering af jord

Komprimering af jorden, den såkaldte traktose, kan ikke undgås i byggeperioden. Jorden bør derfor harves grundigt før muldpåfyldning, ellers kan der under muldlaget opstå "skjult" fald mod bygningen.

Drift

Drænledningerne og spulebrønde skal, lige som øvrige brønde, der modtager overfladevand, være tilgængelige for rensning og inspektion.

Litteratur

- (14.1) Lov om affaldsdepoter. Lov nr. 420 af 13. juni 1990. Miljøministeriet. København 1990.
- (14.2) Lov om miljøbeskyttelse. Lov nr. 358 af 6. juni 1991 som ændret ved lov nr. 936 af 27. december 1991, ved lov nr. 447 af 30. juni 1993 og ved lov nr. 1112 af 22. december 1993. Miljøministeriet. København 1991-1993.
- (14.3) Bygningsreglement. Bygge- og Boligstyrelsen. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (14.4) Vejledning om radon og nybyggeri. 2. udg. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1993.
- (14.5) Undersøgelse af lufttæthed i bygningskonstruktioner mod jord og gennemførelse af tætningsforanstaltninger. Vejledning. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1993.

- (14.6) Måling af stoffer i indeluften fra forurening i jorden. Vejledning. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1994.
- (14.7) Bygningsreglement for småhuse BR-S 85 + tillæg 1-2. Byggestyrelsen. København 1985-1987.
- (14.8) Generel branchevejledning for forurenede grunde. Vejledning nr. 3/ 1992. Miljøstyrelsen. København 1992.
- (14.9) Indeklima i bygninger på forurenede grunde. Måleresultater og afværgeforanstaltninger. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1992.
- (14.10) Toksikologisk vurdering af indeklimaforureninger. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1993.
- (14.11) Dansk Ingeniørforenings norm for betonkonstruktioner. 3. udg. Normstyrelsens publikationer NP-169-N. Dansk Standard DS 411. Dansk Ingeniørforening. København 1984.
- (14.12) Diffusionsforsøg. Betongulve. Rapport. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1992.
- (14.13) Dansk Ingeniørforenings norm for dræning af bygværker. Normstyrelsens publikationer NP-125-N. Dansk Standard DS 436. Dansk Ingeniørforening. København 1976.

15. Luftforurening

Grænseværdier og acceptable koncentrationer i udeluften

Miljøstyrelsen har i en vejledning (15.8) for en lang række stoffer anført, hvilke maksimale koncentrationer en enkelt given emission må give anledning til i udeluften (immissionskoncentrationsbidrag). Mere relevant er dog grænseværdier for hvilke koncentrationer, der må være i luften. Der er i Danmark kun fastsat grænseværdier for få stoffer; svovldioxid og svævestøv (15.15) samt nitrogendioxid (15.16). Grænseværdierne er angivet i tabel 15.1. WHO har for nogle stoffer givet anbefalinger af de højste acceptable koncentrationer i udeluft (15.9). Der er ingen grænseværdi for summen af kulbrinter i udeluften. Miljøstyrelsens immissionskoncentrationsbidrag ligger for de enkelte kulbrinter på op til 1 mg/m³ (ethanol dog 5 mg/m³).

Tabel 15.1. Grænseværdier for udvalgte stoffer i udeluften. Måleperiode er et år.

Forurening	Koncentration, µg/m ³	Midlingstid (timer)	Fraktil, pct.*	Reference til litteraturliste
Svovldioxid	80	24	50	(15.15)
	250	24	98	(15.15)
Svævestøv	150	24	årsmiddelværdi	(15.15)
	300	24	95	(15.15)
Nitrogendioxid	50	1	50	(15.16)
	200	1	98	(15.16)

* Fraktilen er den procentdel af tiden i et år, hvor de målte koncentrationer (målt som gennemsnit i midlingstiden) skal være under den angivne grænse.

Generelt

Ved planlægning og projektering af en bygning er det vigtigt at kende udeluftens indhold af forureninger og stille præcise krav til hvilke forureningskoncentrationer, der kan accepteres i indeluften af de tilsvarende stoffer.

Typer af forureninger i udeluft

Forureninger i udeluften kan deles op i typer efter deres kilder:

- forbrændingsprodukter fra stationære anlæg (el-værker, oliefyr etc.)
- forbrændingsprodukter fra biler og andre transportmidler
- forureninger fra industrien, fx organiske forbindelser, herunder stærkt lugtende gasser/dampe og støv
- partikler fra jorderosion, havsalt og andre naturlige og uorganiske stoffer
- partikler fra trafik, fx gummi og asfalt
- pollen og bakterier
- gasformige, naturlige stoffer, fx fra forrådnelse og anden omsætning i naturen, fx methan, svovlbrinte, mercaptaner og ammoniak.

Forbrændingsprodukterne kan være gasformige (kulmonoxid, svovldioxid, nitrogenoxider m.fl.), eller partikulære (røg og sod, dvs. ufuldstændigt forbrændte kulbrinter).

Udendørs *gasformige* forureninger ved bebyggelser giver normalt ikke anledning til symptomer eller sygdomme indendørs. Dog kan lugtstoffer, som kan forekomme fra industriel aktivitet (blandt andet levnedsmiddelproduktion), dårlige og ufuldstændige forbrændinger samt fra naturen (fx ajle) give anledning til gener.

De udendørs *partikulære* forureninger vil kunne forurene indeluften, og de skal normalt fjernes før luften tilføres bygningen. Det drejer sig både om de naturlige (allergener, bakterier og jordpartikler) og om sod og andre menneskeskabte partikulære forureninger.

Partiklernes størrelse har betydning for forureningernes generende og sundhedsskadelige effekter. De små partikler (mindre end ca. 5 µm i aerodynamisk diameter) vil være respirable, dvs. de kan nå ned i luftvejene, og de mindste helt ned i lungerne. De fleste naturligt forekommende partikler er ikke respirable (pollen, bakterier og jord). De menneskeskabte partikler vil være såvel ikke-respirable (fx mekanisk findelt materiale), som respirable (fx forbrændingsprodukter).

Forureningsniveauer i udeluft

I København og i provinsbyer er koncentrationen af svævestøv, svovldioxid og nitrogendioxid målt over en årrække; resultaterne er resumeret i tabel 15.2.

Der er målt lidt lavere støvkoncentrationer i de større provinsbyer end i København (15.11) og (15.13). Støvkoncentrationer på tilsvarende eller lidt lavere niveau (25-50 µg/m³) er refereret i en undersøgelse fra en mindre by i USA i 1986 (15.2),

Tabel 15.2. Koncentrationen af udvalgte forureninger i udeluften.

Forurening	Sted	Bemærkninger	Koncentration µg/m ³	Reference til litteraturliste
Svovldioxid	København	Årsværdier, 50 pct. fraktil; 1989	16-20	(15.11)
	Provinsbyer	Årsværdier, 50 pct. fraktil; 1989	5-11	(15.11)
Svævestøv	København	Årsmiddelværdi 1990	36-80	(15.14)
Nitrogendioxid	København	Årsmiddelværdi 1990	36-68	(15.14)
	Skovbo	Årsmiddelværdi 1990	18	(15.14)

og i nordisk litteratur (5-30 µg/m³) (15.3). Støvkoncentrationen i industrikvarterer med støvforurenende virksomheder, samt andre steder med naturlige støvkilder, kan være væsentligt højere, specielt ved blæst og tørt vejr.

Koncentrationen af sod i byerne er generelt mindre end halvdelen af støvkoncentrationen. Sodkoncentrationen var i 1990 kun 1/4 af koncentrationen i 1967 (15.14).

Kulmonoxidkoncentrationen (CO) vil ved stærkt trafikerede veje kunne være større end 7 mg/m³ (15.4). Det er tæt på de 10 mg/m³, som ifølge WHO (15.9), ikke bør overskrides - målt som glidende middelværdi over 8 timer.

Organiske gasser og dampe vil normalt forekomme i koncentrationer på 10-40 µg/m³ (15.3). Nær industrielle virksomheder og fx nær lufthavne, tankstationer, autolakeringsværksteder, vil koncentrationerne kunne blive meget højere.

Normalt er koncentrationen af organiske gasser og damper indendørs 2-10 gange højere end koncentrationen udendørs, (15.3).

Forureninger i indblæsningsluften

Luftindtag skal udformes og placeres hensigtsmæssigt, således at den indblæste luft er renest muligt. Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg, DS 447 (15.1) giver følgende vejledning:

Luftindtag bør placeres mindst 0,15 m over terræn samt fortrinsvis mod bygningens mindst trafikerede side og helst på nordsiden. I tæt trafikerede områder bør luftindtaget placeres 5 m eller højere over gadeniveau.

Luftindtag bør ikke placeres i den fremherskende vindretning efter afkastningsåbninger og skorstene eller i husets læside, hvis der er risiko for kortslutning fra luftafkast.

Udeluft (og returluft) skal filtreres for støvpartikler (15.18 og 15.19). De filtre der kan anvendes til minimering af støvindholdet i den indblæste luft er grundfiltre (G), finfiltre (F) og mikrofiltre (M). Anvendelsen af mikrofiltre vil oftest kun være relevant, hvis der er specielle krav forårsaget af udstyr (elektronik) eller hygiejne (levnedsmiddelproduktion). I (15.3) anbefales, at der i mekanisk ventilationssystemer anvendes filtre af mindst EU7 (F85), se kapitel 30: "Ventilationssystemer og -anlæg". Ved naturlig ventilation, og hvor der kun er mekanisk ventilation med udsugning, bør udeluften tilføres direkte til opholdszonen gennem udeluftventiler, som også bør forsynes med filtre.

Litteratur

- (15.1) Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg. Normstyrelsens publikationer NP-153-N. Dansk Standard DS 447. Dansk Ingeniørforening. København 1981.
- (15.2) Nagda, N. L. (ed.) og Harper, P. J. (ed.). Design and protocol for monitoring indoor air quality. Special Technical Publication STP 102. ASTM. Philadelphia (PA) 1989.
- (15.3) Inomhusklimat - luftkvalitet. NKB-skrift nr. 61. Nordiska komittén för byggbestämmelser. Esbo 1991.
- (15.4) Københavns Miljøstatistik 1992. Miljøkontrollen. København 1992.
- (15.5) Hørup Sørensen, H. (red.). Ventilation ståbi. København 1988.
- (15.6) Hansen, H. E. (red.), Kjerulf-Jensen, P. (red.) og Stampe, O. B. (red.). Varme- og klimateknik. Grundbog. Danvak. København 1988.
- (15.7) Turiel, I. Indoor air quality and human health. Stanford 1985.
- (15.8) Begrænsning af luftforurening fra virksomheder. Vejledning nr. 6/1990. Miljøstyrelsen. København 1990.
- (15.9) Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications. European Series No. 23. København 1987.
- (15.10) Wadden, R. A. og Scheff, P. A. Indoor air pollution. Characterization, prediction and control. New York 1983.

- (15.11) Palmgren Jensen, F., Kemp, K. og Manscher, O. H. Det landsdækkende luftkvalitets måleprogram 1987-1989. Faglig rapport fra DMU nr. 14. Miljøministeriet. Danmarks Miljøundersøgelser. København 1990.
- (15.12) Luftovervågning i hovedstadsregionen 1967-86. Hovedstadsregionens Luftovervågenhed, Stormgade 20, 1555 København V.
- (15.13) Palmgren Jensen, F. og Kemp, K. Det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram. Årsrapport 1985. MST luft A 113. Miljøstyrelsens Luftforureningslaboratorium. Roskilde 1987.
- (15.14) Luftkvalitet i hovedstadsregionen 1990. Hovedstadsregionens Luftovervågningsenhed. Miljøkontrollen. København 1992.
- (15.15) Bekendtgørelse om grænseværdier for luftens indhold af svovldioxid og svævestøv. Bekendtgørelse nr. 836 af 10. december 1986. Miljøministeriet. København 1986.
- (15.16) Bekendtgørelse om grænseværdi for luftens indhold af nitrogendioxid. Bekendtgørelse nr. 119 af 12. marts 1987. Miljøministeriet. København 1987.
- (15.17) Valbjørn, O. Ventilation i industrien. 2. udg. SBI-anvisning 106. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1983.
- (15.18) Bygningsreglement. Bygge- og Boligstyrelsen. København. (Under udarbejdelse, nov. 1994).
- (15.19) Bekendtgørelse om faste arbejdssteders indretning. Bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992. Arbejdsministeriet. København 1992.

16. Ekstern støj

Myndighedskrav

Der findes en række myndighedskrav og vejledende værdier til støjniveauet i og ved boliger, når støjkilden er virksomheder, vejtrafik, jernbaner og flytrafik, se kapitel 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier". Herudover findes en række vejledende værdier vedrørende mere specifikke støjkilder, som skydebaner (16.7) og knallertbaner (16.6). For trafikstøj gælder værdierne ved selve bygningsfacaden, mens støj fra virksomheder skal overholde værdierne ved skel.

Miljøstyrelsens vejledende værdier vedrørende udendørs støj gælder i frit felt, dvs. uden hensyn til den refleksion, der skyldes eventuelle bygninger. Dette forenkler beregningerne og kortlægningen af støj. Men når der udføres målinger i nærheden af en bygning, skal der korrigeres for refleksionen. Korrektionen er -3 dB ved afstande omkring 0,5 m til 2 m, og 6 dB når mikrofonen er helt tæt på en facade (16.9)-(16.13).

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992 om faste arbejdssteders indretning stiller krav om isolering mod udefra kommende støj.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Kilder til kortlægning af støj

Kortlægning af støj kan udføres på grundlag af målinger, beregninger eller en kombination heraf. Målinger er langt det vanskeligste at udføre, og de er mere upræcise end beregninger, der er udført efter anerkendte beregningsmetoder. Dette skyldes, at ved målinger er der ud over selve måleusikkerheden, en usikkerhed om støjkildens driftsbetingelser under målingen og en usikkerhed om de aktuelle udbredelsesforhold, idet lyden afbøjes af vindgradienter og temperaturgradienter.

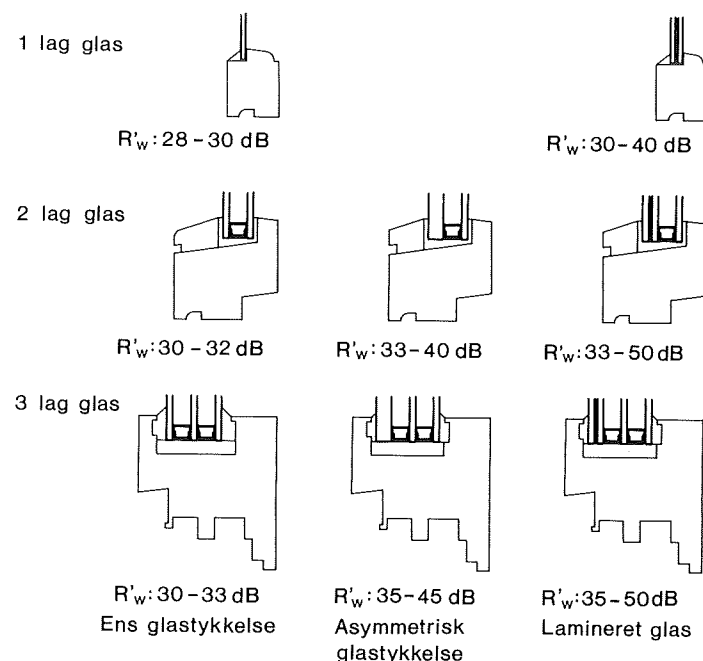
De beregningsmodeller, der anvendes for ekstern støj, er udviklet som fælles nordiske metoder, men anvendes også i andre lande, fordi disse metoder nyder international anerkendelse. Den mest generelle af metoderne er beregningsmodellen for ekstern støj fra virksomheder, hvor der kan arbejdes med vilkårlige typer og placeringer af støjkluder. Mere specielle er modellerne for vejtrafikstøj, jernbanestøj og flystøj.

Til brug for planlægning kan beregningsmodellerne for de forskellige kategorier af støj bruges med data fra prognoser for forventede trafik- og driftsforhold. Retningslinier for kortlægning af støj, brug af signaturer for støjzoner mv. findes i en vejledning fra Miljøstyrelsen (16.1).

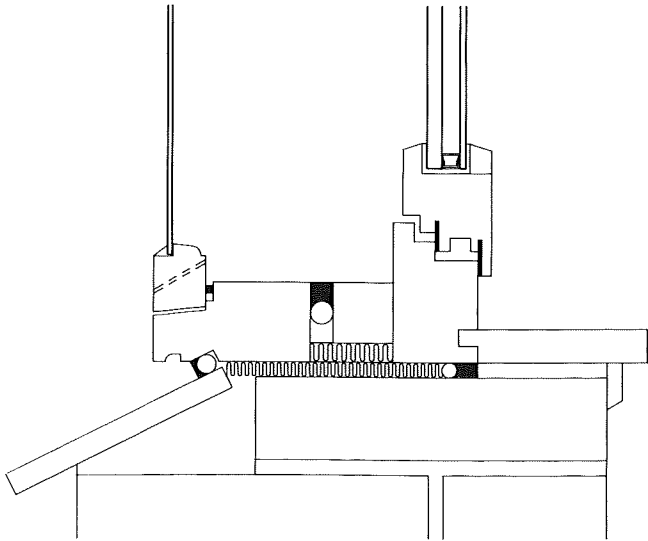
Lydisolerede vinduer, facader og udeluftventiler

Hvis den udendørs støj overstiger et niveau på 55 dB, vil der være behov for særligt lydisolerede vinduer. Det kan også være nødvendigt at vurdere, om lydisolationen af facader, tagkonstruktioner og udeluftventiler er tilstrækkelig; men vinduerne er klart den vigtigste del af en bygnings lydisolation i forhold til ekstern støj. Den nyeste samlede oversigt med data for såvel lydisolation som U-værdier for alle klimaskærmens dele er udgivet i forbindelse med et DSB-støjprojekt (16.17). Indholdet i projektet er generelt anvendelig for alle typer ekstern støj.

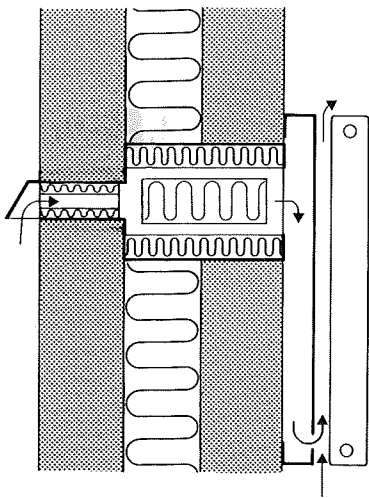
Vinduer med høj lydisolation kan enten udføres som en særlig lydrude, typisk med tre lag glas i en asymmetrisk opbygning eller eventuelt med lamineret glas. Nogle eksempler ses i figur 16.1.



Figur 16.1. Eksempler på vinduesruder og deres lydisolation (16.17).



Figur 16.2. Eksempel på vindue med forsatsvindue i separat karm, lydisolations ca. 45 dB.



Figur 16.3. Eksempel på udeluftventil med og uden lydabsorberende beklædning i murgennemføringen (16.20).

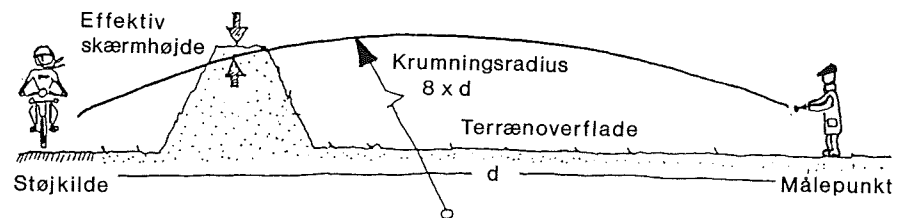
En anden mulighed er at opbygge vinduet med to adskilte rammer, hvilket kan være at foretrække, når ældre bygninger skal forbedres. Et eksempel på en sådan løsning ses i figur 16.2. For at forebygge dannelse af kondensvand på indersiden af den yderste rude er det vigtigt, at den inderste vinduesramme er helt tæt, og at mellemrummet er ventileret udefra, eventuelt med små ventilationshuller i den udvendige vinduesramme.

Udeluftventiler er et særligt problem i forhold til ekstern støj, idet bygningsreglementernes krav til maksimalt støjniveau i beboelsesrum skal være opfyldt med åbne ventiler. Det kan derfor være nødvendigt at indbygge en lydæmper, fx ved at murgennemføringen beklædes med lydabsorberende materiale, se figur 16.3. Hvis materialet er mineraluld, skal det have en overflade, som forhindrer afgivelse af fibre ligesom i andre ventilationskanaler. Se øvrige funktionelle krav til udeluftventiler i kapitel 30: "Ventilationssystemer og -anlæg".

Støjvolde, støjskærme og beplantning

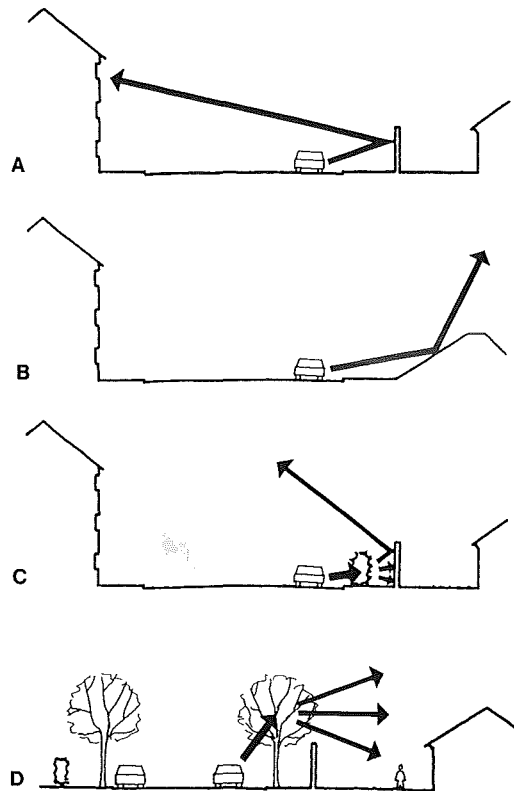
Støjens udbredelse udendørs afhænger stærkt af de meteorologiske forhold, især om der er medvind eller modvind. I modvind krummer lydbanerne opad, og i større afstand fra kilden kan støjen være dæmpet betydeligt. Omvendt krummer lydbanerne nedad i medvind, og det er i den situation, støjbelastningen skal vurderes eller måles.

Den støjdæmpende virkning af en skærm afhænger af den effektive skærmhøjde, som er det stykke, skærmen rager op over lydbanen uden skærm, se figur 16.4. Hvis den effektive skærmhøjde er et par meter, kan støjdæmpningen blive 5-10 dB. Virkningen af en støjskærm er størst, når den er tæt på lydkilden eller tæt på modtageren. Det er vigtigt, at støjskærmen er helt tæt, og at den er tilstrækkelig lang til at forhindre lyden i at passere rundt om skærmens ender.



Figur 16.4. Den effektive skærmhøjde, idet lydbanens krumning på grund af medvind kan sættes til otte gange afstanden mellem kilde og modtager (16.6).

Støjskærme kan have nogle bivirkninger på grund af lydets refleksion fra skærmens forside, se figur 16.5. Den støjdempende virkning af beplantninger er meget begrænset. For en tæt, uigennemsigtig beplantning kan man regne med en støjdemping på 1 dB. For et sammenhængende, bredt plantebælte kan man regne med en støjdemping på 1 dB for hver 50 m, dog højst 4-5 dB. Den psykologiske virkning af en beplantning, som visuelt skjuler støjilden, skal dog ikke undervurderes. Som illustreret i figur 16.5 D er det ikke godt at kombinere en høj beplantning med en støjskærm, fordi lyden reflekteres og spredes om bag skærmen af beplantningen.



Figur 16.5. Lydrefleksioner i forbindelse med støjskærme. A: En støjskærm kan øge støjgenerne for genboerne. B: En skrå skærm kaster lyden opad. C: Et plantebælte kan sprede lyden før og efter refleksionen. D: Høj beplantning kan formindske støjskærmens virkning (16.14).

Litteratur

Beregning af ekstern støj

- (16.1) Støjkortlægning. Vejledning og signaturer. Miljøstyrelsen. København 1983.
- (16.2) Beregningsmodel for vejtrafikstøj. Revideret 1989. Rapport 93. Vejdatalaboratoriet og Planstyrelsen. København 1991.
- (16.3) Overslagsmetode til beregning af vejtrafikstøj. Vejdatalaboratoriet og Miljøstyrelsen. København 1982.
- (16.4) Beregning af støj fra jernbaner. Fælles nordisk beregningsmetode. Vejledning nr. 5/1985. Miljøstyrelsen. København 1985.
- (16.5) Beregning af støj omkring flyvepladser. Vejledning nr. 5/1982. Miljøstyrelsen. København 1982.
- (16.6) Støj fra motorsportsbaner. Vejledning nr. 7/1984. Miljøstyrelsen. København 1984.
- (16.7) Støj fra skydebaner. Vejledning nr. 2/1979. Miljøstyrelsen. København 1979.
- (16.8) Beregning af ekstern støj fra virksomheder. Fælles nordisk beregningsmetode. Udkast til ekstern høring. Miljøstyrelsen 1988.

Måling af ekstern støj

- (16.9) Måling af vejtrafikstøj. Vejdatalaboratoriet og Miljøstyrelsen. København 1982.
- (16.10) Air traffic: Noise immission, residential areas. NT ACOU 075. Nordtest. Esbo 1989.
- (16.11) Måling af ekstern støj fra virksomheder. Vejledning nr. 6/1984. Miljøstyrelsen. København 1984.
- (16.12) Noise emission from industry. Measurement and prediction of environmental noise from industrial plants. Report No. 105. Lydteknisk Institut. Lyngby 1983.
- (16.13) Ny meteorologisk ramme for måling af ekstern støj fra virksomheder. Rapport nr. 148. Lydteknisk Institut. Lyngby 1991.

Støjdempende foranstaltninger

- (16.14) Afskærmning og isolering mod vejstøj. Nyt fra Miljøstyrelsen NFM 12/1977. Miljøstyrelsen. København 1977.
- (16.15) Noise barriers - A catalogue of ideas. Vejdatalaboratoriet. Herlev 1991.
- (16.16) Støjdemping gennem bebyggelse og bevoksning. Rapport 34. Vejdatalaboratoriet. Herlev 1983.

- (16.17) Støjprojektet Lydisolering. Tekniske løsninger. Udført for DSB af Rådgivende Ingeniørfirma Johs. Jørgensen A/S. København 1987.
- (16.18) Rindel, J. H. Bygningers lydisolation overfor ekstern støj. En metode til projektering af vinduer og facadelementer. Publikation nr. 12. Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Akustik. Lyngby 1980.
- (16.19) Homb, A. og Hveem, S. Isolering mot utendørs støy. Beregningsmetode og datasamling. Håndbok 39. Norges Byggforskningsinstitutt. Oslo 1988.
- (16.20) Bergsøe, N. C. Udeluftventiler. Placering og funktion i etageboliger med mekanisk ventilation. SBI-rapport 196. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1989.

17. Bygningen i terrænet

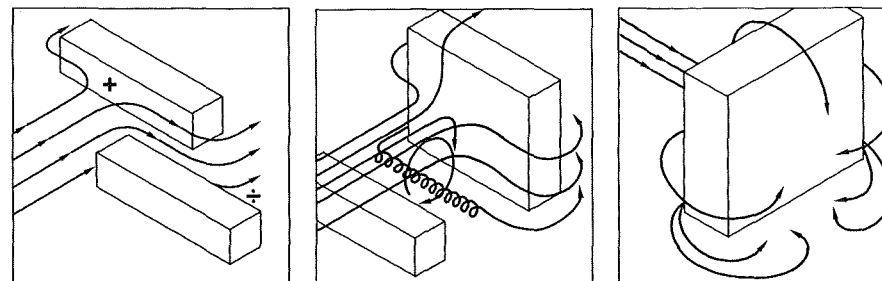
Bygningens placering og orientering

Grundens udformning og beliggenhed samt bygningens placering på grunden kan påvirke klimaet umiddelbart omkring bygningen og hermed påvirke indeklimaet inde i bygningen. Der skal således tages hensyn til terrænforhold, læ, solindfald, mulighed for udsyn, støjgener mv. når grunden vælges og bygningen placeres.

Vind omkring bygninger

Vindforholdene omkring bygningen kan påvirke temperatur og luftskiftet inde i bygningen via utætheder og udeluftventiler og er desuden afgørende for, om det er muligt at etablere udeophold i tilknytning til bygningen. Især for høje bygninger kan der blive tale om meget store forøgelser af vindhastigheden. For en bygning, der er ca. 4 gange så høj som de omkringliggende bygninger, vil vindhastigheden på arealet omkring bygningen blive forøget til det dobbelte, se figur 17.1. Står det høje hus på søjler, vil vindhastigheden på tværs under huset blive ca. 3 gange den frie vindhastighed.

En uheldig indbyrdes placering af lavere bygninger, fx så de danner en tragtform eller lige rækker omkring en gade i den fremherskende vindretning, kan fremkalde meget generende vindforhold (17.1). Gårdbegyggelser, atrier og sammenbyggede



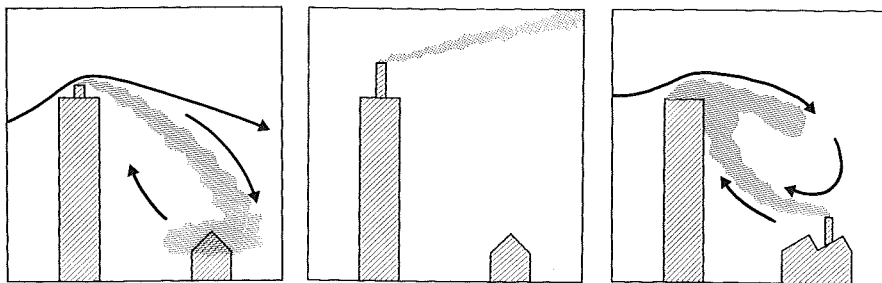
Figur 17.1. Luftstrømme omkring et højhus og mellem to høje huse, hvor vindhastigheden kan blive forøget 30-50 pct. i åbningen.

længer giver gode muligheder for læpladser og solkroge. Ved blokbebyggelse med store frie arealer mellem husene stilles langt større krav til beplantningen for at skaffe læ.

Indflydelse på luftkvaliteten

En lav skorsten på en høj bygning kan ved forkert placering i forhold til vinden give røggener for den omkringliggende bebyggelse. Røggenerne kan undgås med en højere skorsten, der når op over undertryksområdet, se figur 17.2.

Røg fra lav bebyggelse kan blive fanget ind af turbulensen omkring et højhus og blive suget op, hvor der er indtag for ventilationsanlæg.



Figur 17.2. Placering af skorstene kan give røgproblemer for omkringliggende bebyggelse.

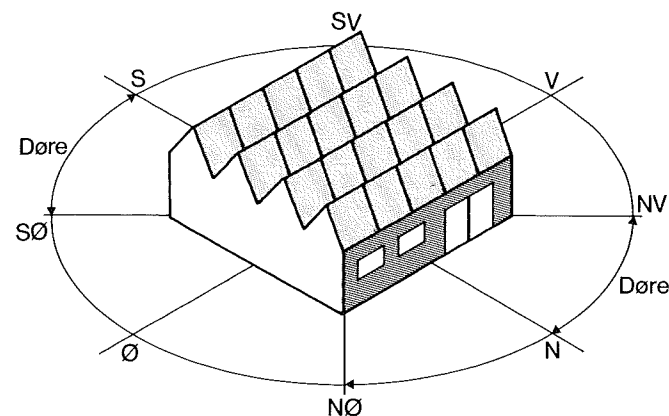
Indflydelse på indtag/afkast fra ventilationsanlæg

For at vindforholdene ikke skal forstyrre ventilationsanlæggets funktion, skal anlæggets indtag og afkast placeres under hensyn til trykfordelingen omkring bygningen. I kapitel 30: "Ventilationssystemer og -anlæg" gives anbefalinger for, hvordan afkast og indtag placeres mest hensigtsmæssigt.

Indflydelse på træk- og temperaturforhold

Placering af hovedindgange, vareindlevering og andre udgange til det fri har betydning for trækforhold og dermed for det termiske klima. Trafikerede indgange til det fri bør placeres i læsiden eller parallelt med den fremherskende vindretning, for at vindpåvirkningen og hermed trækgenerne indendørs bliver mindst mulige, se figur 17.3.

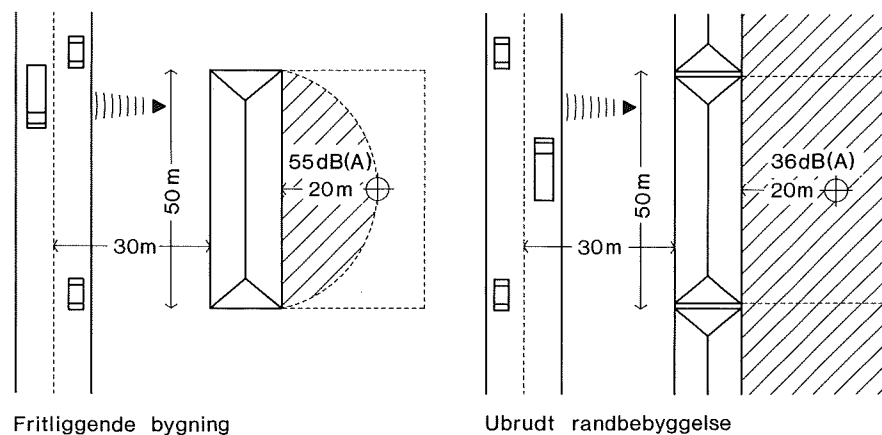
De generelt fremherskende vindretninger er SV og V. Meget kolde vinde om vinteren vil dog ofte komme fra Ø, eventuelt fra N. Indgange bør derfor helst placeres mod NV og N eller mod S og SØ. Lokale vindforhold skal dog altid undersøges.



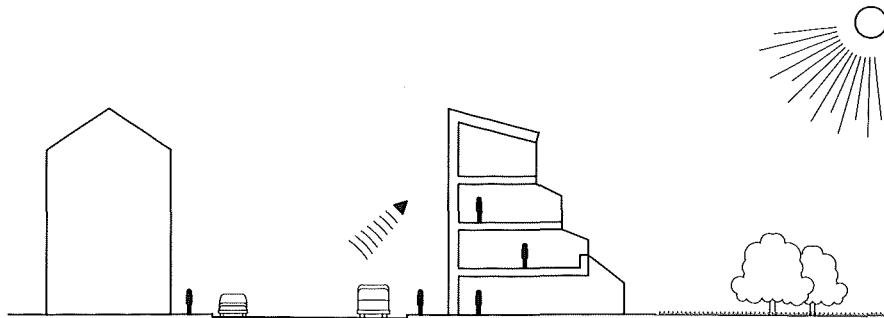
Figur 17.3. Bedste placering af vindfang og døre (17.2).

Lyd og støj

Hvis der er betydelig ekstern støj i et område, hvor der planlægges nyt byggeri, kan der opnås gode resultater og besparelser til egentlige støjdæmpende foranstaltninger ved at placere bygningen, så den i sig selv kan virke som en støjskærm, se figur



Figur 17.4. En bygning langs en vej kan virke som en støjskærm for det bagvedliggende område. Virkningen er størst ved en ubrudt randbebyggelse som vist til højre (17.3).



Figur 17.5. En bygning kan orienteres således, at opholdsrum og soverum vender bort fra støj-kilden. I facaden mod støj-kilden kan anvendes små vinduer, og til den side kan placeres trappe, køkken og bad (17.3).

17.4. Endvidere kan man arbejde med bygningens planløsning, således at støjfølsomme funktioner ikke placeres i den støjeksponerede side af bygningen, se figur 17.5, (17.3) og (17.4).

Indflydelse af solindfald på temperatur/fugtf forhold

Solindfaldet gennem vinduer påvirker det termiske indeklima væsentligt. Ved bygningsudformningen skal der tages hensyn til, hvor den største solpåvirkning og dermed største varmebelastning vil komme. Solpåvirkning af en facade afhænger af årstiden. Den maksimale indstråling optræder på forskellige tidspunkter af året og dagen. For øst- og vestvendte vinduer optræder det største solindfald om sommeren. For sydvendte vinduer er det største solindfald i forårs- og efterårsmånederne.

Især for bygninger, hvor aktiviteterne forårsager stor varmeudvikling, fx kontorer, er det vigtigt at overveje bygningens orientering i forhold til solen, glasarealernes størrelse og varmepåvirkningen fra solen. Før det besluttet at anvende store glasarealer, bør det fx med beregningsprogrammet *tsbi3* kontrolleres, at den store solpåvirkning kombineret med den valgte solafskærmning og den øvrige varmeudvikling i rummet ikke giver for høje temperaturer. Se i øvrigt kapitlerne 9: "Beregning af termisk indeklima" og 25: "Vinduer og solafskærmning".

Glasarealer kan på den anden side være et vigtigt led i den arkitektoniske udformning og give en bedre udnyttelse af rummene i bygningen. Specielt i boliger kan fx overdækkede altaner eller væksthuse give en oplevelse af "udemiljø" samtidig med, at beboeren er beskyttet mod det danske klima. Disse løsninger kan desuden give et væsentligt energitilskud til opvarmningen.

Ved udformning af boliger bør bygningen orienteres, så soverum, børneværelser og lignende rum, hvor familien tilbringer den længste tid i hjemmet, ikke vender mod nord, hvor udtørningsmulighederne ved solbestråling er forringede.

Højdeforhold

En tør beliggenhed er afgørende for en sund bygning. Boliger til allergikere anbefales derfor placeret på højt beliggende områder. Lavt beliggende områder kan være fugtigere, så der er ringere mulighed for at holde fugten i bygningen nede med udluftning.

Beplantning og belægning

Udearealer

Udearealernes beskaffenhed har stor betydning for mængden af indslæbt snavs (jord, sand og lerpartikler) og fugt, og dermed behovet for rengøring. Nærmest indgangspartiet bør gang- og kørebane belægges med en fast og gerne ru overflade, fx et stenmateriale. En asfaltbelægning kan, når belægningen er ny eller i meget varmt vejr, klistre til skoene og give mærker på gulvene.

Stier gennem beplantede arealer bør placeres, så der opnås den mest direkte adgang til bygningen, se figur 17.6.

Snerydning og afvanding af adgangsvejene skal foregå, så man kan nå tørskoet frem til bygningen. En let skråning med afløbsrende langs adgangsvejene anbefales. Afløbsrenden kan anvendes som kantning af græsarealer og lign. Herved friholdes adgangsvejene for jord og græs, der specielt spredes ved trimning af de grønne arealer (17.6).

Hvor der anlægges lege- eller sportsplads på udenomsarealet, bør der ikke være direkte adgang til opholdsrum. Sandkasser bør holdes i en passende afstand fra indgangspartiet.

Beplantning

Boliger til allergikere bør ikke ligge i vindretningen for en allergenkilde, fx træer, marker og græsarealer. Den fremherskende vindretning i pollensæsonen er vestlig de fleste steder i landet. Det bør undgås at beplante vindbestøvede planter, fx rakettræer og blomstrende græsser, i husets nærmeste omgivelser. Specielt frarådes birk, el, hassel og elm. Fyr og gran er yderst sjældent allergifremkaldende. Insektbestøvede træer og planter kan tilrådes, fx tax, pontil, lærk og syren (17.7). Høj og tæt beplantning tæt på bebyggelsen kan medføre mørke, fugtige arealer og bør undgås. Tæt beplantning kan i øvrigt give bedre læ end en tilsvarende mur, fordi hvirveldannelser undgås.



Figur 17.6. "Hjemmegjort gåsti".

Indgangsparti

Vedrørende adgang for gangbesværede og kørestolebrugere se (17.8).

Skraberist

Et tilbagetrukket indgangsparti eller et halvtag mindsker problemerne med vådt føre. Uden for indgangspartiet kan placeres en skraberist. Risten skal placeres i forsænkninger og rammer som beskrevet i Forsænkning af rammer til dørmåtter og skraberiste, DS 1072 (17.9). For at have en tilstrækkelig effekt skal risten dække hele indgangspartiets bredde og have en længde afpasset til udenomsarealernes beskaffenhed (ofte med en længde på mindst 2 meter). Under risten skal der være plads til at opfange snavset og være afløb for sne og sjaap. Risten bør være opdelt i sektioner, så én person kan håndtere den. Et metalgitter, hvor hulstørrelsen er mindre end 10 mm, så hæle ikke sidder fast, anbefales. Støtteribberne skal være placeret på undersiden, da de ellers giver en ujævn gangflade. Hvor særlig kraftig tilsmudsning må forventes, fx ved sportshaller, kan der opsættes et "kostearrangement", hvor snavset kan fejles af mod de stive børster.

Aftøringsmåtte

Inden for entrédøren placeres en aftøringsmåtte i hele dørpartiets bredde og minimum 2 meter i ganglinjen (ca. 4 skridt). Måtter opskåret i sektioner bør foretrakkes, så håndteringen lettes, se eksempler i DS 1072 (17.9). En tekstilmåtte kan komplementere andre måtter. Et eksempel er de lette, vaskbare måtter. En gumimåtte (lameller) oven på et metalgitter med opsamlingsrum og afløbsrist er velegnet, især hvor der er meget trafik. En gumimåtte med fast bund skal vendes for at blive tømt, hvilket er tungt og vanskeligt.

Vindfang

Hvor det er muligt, placeres måtten i et vindfang eller eventuelt i en "dørkarrusel", hvor snavset bedst gnides af. Dørkarruseller har endvidere den fordel, at de hindrer trækgener for personale, der opholder sig tæt på indgangspartiet, fx i en åben reception. I dørkarruseller vil det være nødvendigt med lette sektionssdelte måtter. Sektionen foran døren skal friholdes for måtte, hvis der er risiko for, at regn kan slå ind. Sektionen kan i stedet belægges med sten, fx granit. Vindfangets belysning skal også tilgodese behovet for godt lys ved rengøringsarbejdet.

I forbindelse med vindfanget kan der eventuelt indrettes garderobe til paraplyer, overtøj og eventuelt skiftesko. Vindfanget bør om nødvendigt opvarmes, så man opnår en tilstrækkelig beskyttelse mod træk og kulde. Under alle omstændigheder bør døre til det fri og ind til bygningen åbnes tidsforskudt, hvor der er risiko for, at træk og kulde kan påvirke opholdsarealer.

Indgangsdøre og overflader

Glasdøre skal rengøres hyppigt af æstetiske grunde. Dørhåndtag bør placeres, så tilsmudsningen begrænses, og så der er plads til rengøring bag håndtaget. Automatisk åbning kan være et alternativ. Nederste del af døren kan forsynes med sparkeplade. Overfladerne i indgangspartiet skal være rengøringsvenlige, dvs. glatte og uden fremspring (17.10).

Checkliste

- vindforhold ved bygningsplacering og -udformning
- vindens indflydelse på røggener og indtag/afkast fra ventilationsanlæg
- placering for porte og indgangspartier i forhold til vindpåvirkning
- bygningskroppen som støjskærm
- solpåvirkning og -indstråling på facaden afhængig af orientering og tidspunkt på året og dagen
- læpladser og udeophold
- udformning af udenomsarealer, belægninger og stier
- beplantning, som tager hensyn til allergikere
- indgangspartier, måttearrangementer og indgangsdøre.

Litteratur

- (17.1) Bjerregaard, E. og Nielsen, F. Vindmiljø omkring bygninger. SBI-anvisning 128. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1981.
- (17.2) Valbjørn, O. Ventilation i industrien. 2. udg. SBI-anvisning 106. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1983.
- (17.3) Projektering af boligbebyggelse i støjbelastede områder. Eksempelsamling. Vejdatalaboratoriet og Miljøstyrelsen. København 1983.
- (17.4) Trafikstøj i boligområder. Støjhensyn i kommune- og lokalplanlægningen og ved projektering af boligbebyggelse. Vejledning nr. 3/1984. Miljøstyrelsen. København 1984.
- (17.5) Hansen, H.E. (red.), Kjerulf-Jensen, E. (red.) og Stampe, O.B. (red.). Varme- og klimateknik. Grundbog. Danvak. København 1988.
- (17.6) Renhold og indeklima begynder på tegnebordet. ISS Indeklima Service. København 1991.
- (17.7) Lærkebo. Evaluering af boliger for allergikere. Byggeriets Udviklingsråd. København 1992.
- (17.8) Ranten, K. og Vedel-Petersen, F. Boligbebyggelse for alle. 2. rev. udg. SBI-anvisning 98. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1983.

- (17.9) Forsænkning af rammer til dørmåtter og skraberiste. Dansk Standard DS 1072. Dansk Standardiseringsråd. København 1967.
- (17.10) Lönn, R. og Löf, R. Utformning av offentliga lokaler med hänsyn till städning. Rapport R12:1982. Byggeforskningsrådet. Stockholm 1982.
- (17.11) Bekendtgørelse om faste arbejdssteders indretning. Bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992. Arbejdsministeriet. København 1992.

Del 6

*Funktionskrav til
og udformning af bygninger*

18. Bygningens udformning og disponering

Bygningsudformningens indflydelse på indeklimaet

Allerede under den første skitsering af en bygning fastlægges mange forhold af stor betydning for indeklimaet. I de følgende afsnit gennemgås en række indeklimaovervejelser, som bør indgå under udformningen af bygningen. Boligbyggeri og kontorbyggeri adskiller sig fra hinanden i nogle af de krav, som kan stilles til indeklimaet. Derfor gennemgås først de specifikke forhold ved boligbyggeri og kontorbyggeri og derefter en række generelle forhold af betydning for begge kategorier af byggerier. Ved planlægningen af institutions- og skolebyggeri kan anvisninger fra begge kategorier være relevante.

Boligbyggeri

For boligbyggeri har følgende forhold betydning for indeklimaet:

- rummenes orientering i forhold til adgangsvej, udsigt og rekreative arealer
- mulighed for solorientering af boligens opholdsrum.

Dagslys og udsyn

Muligheden for at opnå gode dagslysforhold er i høj grad bestemt af forholdet mellem glasarealet og rummets areal. Et opholdsrum i en bolig kan regnes som velbelyst, hvis lysstråler direkte fra himlen rammer størstedelen af rummets gulvflade, helt ind til rummets bagvæg. Lysintensiteten vil altid være størst nær facaden og aftage gradvist i dybden af rummet. Ved normal rumhøjde 2,3-2,5 m vil en rumdybde på omkring 4 m være rimelig ved ensidigt belyste rum. Erfaringsstallene kan overføres til gennemlyste rum og rum med større rumhøjde.

Mængden af dagslys i rummet afhænger foruden af glasarealet også af glassets transmittans, dvs. lysgennemtrængelighed. Se kapitel 25: "Vinduer og solafskærmning".

Orientering af opholdsrum

Rummets orientering afhænger af rummets funktion. Solstrejf i boligens opholdsrum er en stor kvalitet, der bør indarbejdes i vinduesplacering og rummenes disponering i boligen. Soveværelse og morgenspiseplads har en god orientering

mod øst. Børneværelser og arbejdsværelse anvendes dagligt mest om eftermiddagen, hvorfor orientering mod vest er god. Fællesopholdsrum kan med fordel udformes som gennemlyste rum med adgang til udeopholdsplads mod syd eller vest.

Opholdsrum i boliger bør orienteres så der er mulighed for optagelse af passiv solvarme gennem vinduerne. Bygningsudformningen bør tillade solen at opvarme rummet i kolde perioder og muliggøre solafskærmning og udluftning af overskudsvarme i varme perioder.

Vinduer placeret inden for et orienteringsområde mellem sydøst og sydvest er velegnede til at optage passiv solvarme i den opvarmningskrævende del af året. Samme vinduesplacering kan i sommertiden, hvor solen står højt på himlen, solafskærmes ved hjælp af en fast afskærmning i form af halvtag og tagudhæng, eller en mobil afskærmning, fx markise og persienne.

Glasbygninger

Det skal tages i betragtning, at "energiruder" transmitterer mindre lys end almindelige 2-lags termoruder. Der udvikles løbende nye glastyper, hvor transmittansen øges, se kapitel 25: "Vinduer og solafskærmning". Der skal også tages hensyn til, at reflekser og spejling kan genere naboer og genboer.

Kontorbyggeri

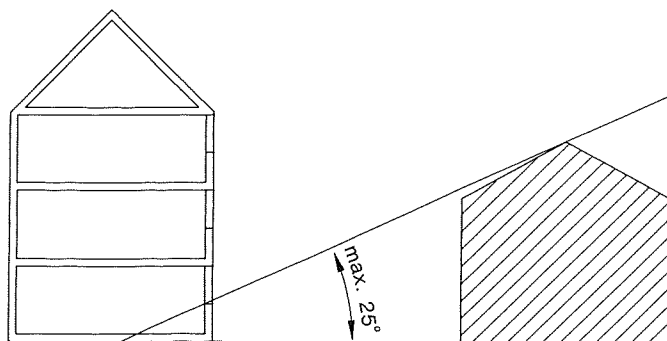
Grundens størrelse og udformning vil være afgørende for bygningens orientering og udstrækning. Ved valget af byggegrund og under udarbejdelse af bebyggelsesplanen bestemmes en række forhold, der er med til at fastlægge indeklimaet, fx:

- afstanden til og placering af bygninger
- dagslysets kvalitet, udsynsmuligheder og indbliksgener
- mulighed for placering af rum og opdeling af bygningen i zoner efter funktioner og aktiviteter
- overskuelighed og mulighed for at kunne orientere sig
- solindfald i byggeriet.

Dagslys og udsyn

I erhvervsbyggerier/kontorer er der ofte et stort varmeoverskud i brugstiden fra kontorudstyr, belysning og solindfald. Der vil derfor være behov for at begrænse solvarmetilskuddet og samtidig få mest mulig dagslys ind i rummene, så behovet for elektrisk lys begrænses.

Grundens størrelse og omkringliggende bebyggelse har betydning for, om der kan opnås gode dagslysforhold i samtlige rum. En lille grund med et kompakt byggeri kan medføre ringe dagslysforhold.



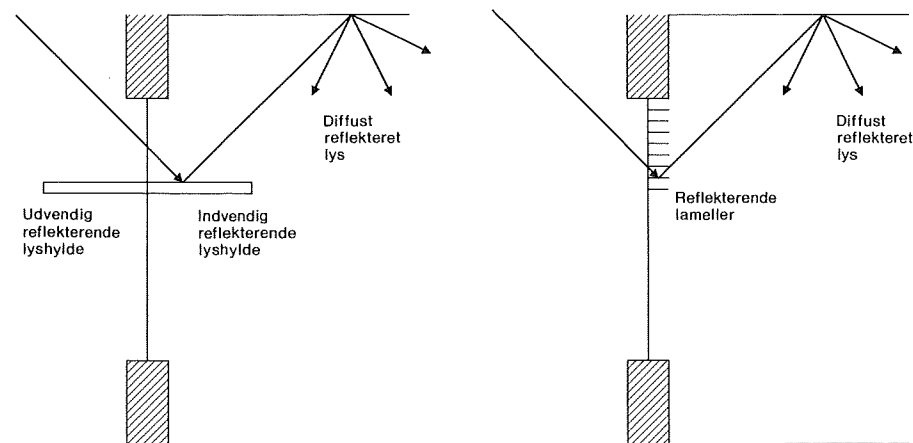
Figur 18.1. Dagslyset kan anvendes som arbejdslys i en stor del af året, hvis linien fra underkanten af vinduet til overkanten af omliggende bygninger eller lignende er under 25° med vandret.

Omkringliggende bygninger forhindrer ikke gode dagslysforhold, hvis sigtelinien fra underkanten af vinduet til overkanten af omkringliggende bygninger eller lignende er højst 25° med vandret, se figur 18.1. Det forudsættes, at vinduet er placeret således, at der er mulighed for udsyn i siddende stilling. Tagudhæng over vinduer i indadgående hushjørner kan medføre, at den kunstige belysning altid skal være tændt.

Maksimal udnyttelse af dagslyset kan opnås ved at reducere bredden af bygningen eller øge etagehøjden af opholdsarealerne. Ved traditionel rumhøjde (minimumskravet i Bygningsreglementet på 2,5 m) vil den maksimale bygningsdybde være ca. 12 m, hvis dagslyset udnyttes fra begge sider. Større etagehøjde eller lysreflekterende overflader kan øge denne dybde. Øges rumhøjden til 3,6 m, og øges samtidig vindueshøjden, kan der tilvejebringes tilstrækkeligt naturligt dagslys med en bygningsdybde på 18 m.

Begrænsningen ved den traditionelle dagslystilførsel er, at det er vanskeligt at få dagslyset tilstrækkeligt langt ind i dybe rum, uden at der kommer uacceptable blændingsforhold ved vinduerne og stor solvarmebelastning. Traditionel dagslystilførsel er derfor mest velegnet i rum, hvor arbejdspladserne er placeret langs facaderne, som det fx er normalt i enkelt- eller topersonskontorer. Se i øvrigt kapitel 25: "Vinduer og solafskærmning".

Der findes flere forskellige systemer til at få dagslyset længere ind i dybe bygninger. Hvis sådanne systemer påtænkes anvendt, skal det overvejes allerede i planlægningsfasen, idet systemernes effektivitet afhænger af bygningsudformningen. Systemerne vil samtidig gribe ind i bygningens arkitektur og udformning. Se (18.1) og figur 18.2.



Figur 18.2. Forskellige måder at tilføre dagslys i bygninger.

Blænding fra modstående facader

I nordvendte kontorrum, som er placeret over for solbeskinnede lyse eller reflekterende facader, vil der ofte opstå blændingsproblemer. Dette gælder fx gårdbebyggelse og længebebyggelse.

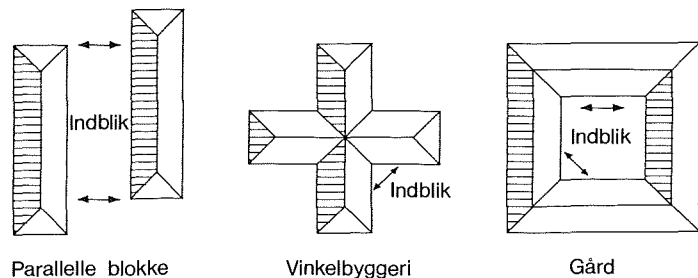
Selv om bebyggelsen over for en nordfacade ikke er lys og ikke i det daglige vil give problemer, kan det give usædvanlig store blændingsproblemer, hvis vinduerne i bygninger overfor åbnes, og solens spejlinger sendes direkte tilbage og ind gennem vinduerne. Blændingen kan være så stærk, at den ikke kun er generende og ubehagelig, men også synsedsættende. Det kan derfor være nødvendigt også at anvende en afskærmning i form af persienne, netrullegardin eller tyndt gardin mod nord.

Generelle forhold

Indblik og udsyn

Der kan være indblikgener, hvis bygningerne ligger tæt over for hinanden eller er bygget i vinkel, samt hvis færdselsarealer placeres tæt på vinduerne, se figur 18.3. Endvidere vil udsynet til det fri være begrænset ved placering tæt på anden høj bebyggelse, støttemur eller beplantning.

Der bør normalt være en afstand på mindst 25 m mellem vinduer i bygninger, der vender mod hinanden.



Figur 18.3. Der kan opstå indblikgener, hvis bygningerne ligger for tæt over for hinanden eller er bygget i vinkel.

Atrium

I enetages bygninger og på den øverste etage af højere bygninger er der ofte mulighed for at supplere dagslyset fra facaden med ovenlys. I de nedre etager af kompakte bygninger er det derimod vanskeligt at få supplerende dagslys ind bagest i de dybe rum. En mulighed for at få dagslyset længere ned i kompakte fleretages bygninger er at anvende et atrium, dvs. en lysgård, der på vore breddegrader som regel er glasoverdækket.

Ved planlægningen af bebyggelser, hvor der benyttes et atrium for at skabe et overdækket "udemiljø", skal opmærksomheden specielt rettes mod, at der kommer tilstrækkeligt dagslys i de nedre etager, der vender ind mod atriet.

Rum, som er orienteret mod glasoverdækkede arealer, vil ikke få dagslys ind i samme grad, som hvis vinduesfacaden lå ud til det fri. Vindueskonstruktionen samt de bærende og afstivende dele af tagkonstruktionen kan reducere den lysmængde, der transmitteres til atriet ganske betydeligt. En meget let konstruktion optager mindst 10 pct. af det frie lysningsareal. Selv med kun ét lag glas, som også reducerer lysmængden med mindst 10 pct., vil dagslysniveauet blive reduceret med mindst 20 pct. En kraftig konstruktion med to lag glas kan reducere lysmængden med mere end 50 pct.

For at kunne vurdere, om der kommer tilstrækkelig dagslys ind, vil det være hensigtsmæssig at foretage en beregning af dagslysprocenten umiddelbart ved vinduesfacaden og inde i opholdsrum, som vender ud mod overdækkede glasarealer. Se kapitel 11: "Belysnings- og dagslysberegninger".

Den vigtigste parameter for mængden af dagslys i de nederste etager er forholdet mellem bredden af "gaden" og bygningernes højde. I atrier, hvor højden overstiger bredden, er det vanskeligt at opnå tilstrækkeligt dagslys i de nederste etager, medmindre de øverste trækkes tilbage.

Det dagslys, som passerer gennem vinduerne i bygninger, der vender mod et atrium, domineres i de øverste etager af det direkte lys fra himmelen, mens det i de nederste etager domineres af reflekteret lys fra de øvrige flader. Reflektansen af atriumgulvet har derfor stor betydning for dagslysniveauet i de nederste etager. Et lyst halvblankt gulv er at foretrække.

Planter kan give skygge og gøre det behageligt at opholde sig i atriet. For de tilstødende bygninger kan planterne betyde, at der ikke kan opnås acceptable dagslysforhold i de nederste etager. Planter bør derfor placeres i midten af atriet, så der er en fri reflekterende zone langs væggene.

Solafskærmning kan være nødvendig. Solafskærmningen vil tage en del af dagslyset og hermed reducere dagslysprocenten yderligere. Lokaler, der er placeret ud mod glasoverdækkede områder, får desuden et uacceptabelt lavt dagslysbidrag i perioder, hvor der ligger sne på glastaget.

Termiske forhold

Med de isoleringskrav, der findes i Bygningsreglementet, vil de komfortmæssige krav til indeklimaet på kolde dage normalt kunne opfyldes. Høje vinduer og glasfacader kan dog give anledning til kuldenedfald og øget varmeudstråling fra personer, se kapitel 25: "Vinduer og solafskærmning".

På varme og især solrige dage vil der være risiko for forhøjet temperatur. Her spiller vinduernes størrelse og orientering, solafskærmning, ventilationsmulighederne og bygningens varmeakkumulering ind. Der skal allerede i forslagsfasen tages hensyn til de termiske forhold, enten ud fra egne eller andres erfaringer, eller ved at foretage enkle hånd- eller edb-beregninger, som vist i kapitel 9: "Beregning af termisk indeklima". Til disse overslag er der behov for at kende størrelsesordenen af varmebelastninger, der afgives i bygningens rum.

Vinduer og solafskærmning

Dette forhold er detaljeret behandlet i kapitel 25: "Vinduer og solafskærmning". Ved udformningen skal man være opmærksom på både den solafskærmende og den lysbegrænsende effekt af bygningens ydre profil.

Varmeakkumulering

Det er generelt en fordel, hvis bygninger med varierende varmebelastninger har en stor varmeakkumuleringsevne for at udjævne temperaturvariationerne. Husets evne til at akkumulere varme afhænger af bygningsdelenes masse og varmekapacitet. For-

skellen imellem den maksimale temperatur, der forekommer i en let og i en tung konstruktion, kan være op til 5 °C i bygninger uden køling.

Ventilation og luftkvalitet

Ventilationens fornemste opgave er at sikre en god luftkvalitet og undertiden også at fjerne eller tilføre varme. Bygningens udformning og aktiviteterne i bygningen spiller en stor rolle for ventilationsbehovet, og for hvordan ventilationen skal indrettes. Da varme kan akkumuleres, og forureninger kan fortyndes ved fordeling til andre rum, fortyndes i store rumvolumener eller udluftes gennem vinduer i de fleste situationer, vil det være fordelagtigt med:

- store arealer og loftshøjder og dermed store rumvolumener
- mulighed for vinduesventilation, blandt andet ved at have plads til at placere sig i en passende afstand til åbne vinduer og ved at være så få i rummene, at man kan blive enige om udluftning
- velventilerede interne rum og korridorer, der kan opsamle, udligne og bortventilere forureninger
- tunge bygningsdele.

Selv om der installeres mekanisk ventilation, vil disse projekteringsregler give en indbygget sikkerhed for termisk komfort og god luftkvalitet. For eksempel vil en åben dør fra et kontorrum til en korridor give et luftskifte i kontoret på op til flere gange i timen.

I boliger, hvor det primært er et spørgsmål om at fjerne fugt og lugt, opnås dette med en kombination af udsugning, naturlig ventilation og udluftning. Bygningsudformningen spiller her normalt en mindre rolle. Store glasarealer og glastilbygninger kan dog indebære risiko for overtemperaturer, som kræver ganske store ventilationsåbninger til det fri eller eventuelt mekanisk udsugning.

I undervisnings- og institutionsbygninger er der normalt krav til mekanisk ventilation, men bygningsudformningen spiller en rolle for udformningen og størrelsesordenen samt om kravet eventuelt kan fraviges. I kontorbyggeri er der ikke krav til mekanisk ventilation, bortset fra i hygiejnerum. Her vil der være mulighed for at udforme bygningerne, så naturlig ventilation, vinduesudluftning og fordeling af luften kan udnyttes.

Forurening fra parkering og trafik

I bebyggelsesplanen skal det overvejes, om støj og luftforurening fra parkeringsplads, vareindkørsel og stærkt trafikerede trafikårer gør det muligt at bruge vinduesventilation, og om udeluftindtag kan placeres hensigtsmæssigt. Se kapitel 15: "Luftforurening".

Ekstern støjpåvirkning

Bebyggelsesplanen og valg af bygningsudformning kan være med til at afskærme eller forstærke støjpåvirkningen inde i bygningen. Et kontorbyggeri eller en boligbebyggelse kan bevidst planlægges med tunge, massive mure og små vinduer samt få åbninger ud mod støjende kilder, fx befærdede veje og banestrækninger. Bygningsindretningen skal understøtte dette princip, således at sekundære rum som badeværelser, teknikrum, trappeopgange, elevatorer mv. vendes ud mod de støjende områder, og opholdsrum vendes ud mod mere åbne og stille områder. Se kapitel 16: "Ekstern støj".

Renhold

Ikke alle områder i en bygning er udsat for samme smudsbelastning. Rum som benyttes af mange, fx toiletrum, fotokopirum og møderum, bør placeres ud til områder, som i forvejen er trafikerede. Hermed reduceres trafikken i andre områder, og det samlede behov for rengøring mindskes, ligesom valg af gulvbelægninger kan differentieres.

Ved bygningens udformning skal man være opmærksom på placering og indretning af indgangspartier, entreer, vindfang, se kapitel 17: "Bygningen i terrænet", samt trapperum, korridorer og andre rum med stor smudsbelastning, se afsnittet om renhold i kapitel 6: "Afløring, ibrugtagning og drift".

Under overvejelser om placering af søjler, fremspring og nicher skal der tages hensyn til, at alle arealer skal kunne rengøres på en hensigtsmæssig måde. Rengøringsmaskiner og redskaber skal kunne komme helt ind i alle kroge. Hjørner og overgange fra et materiale til et andet eller fra gulv til væg bør være afrundede eller med hulkel, hvor der er behov.

En god rengøring er en del af et godt indeklima. For at lette rengøringsarbejdet skal der indrettes tilstrækkeligt mange rengøringsrum og mindst ét på hver etage. Niveauspring kan betyde yderligere rengøringsrum, se kapitel 6: "Afløring, ibrugtagning og drift". Ønskes der fx centralt støvsugeranlæg i bygningen eller andre fælles installationer, se kapitel 31: "Andre installationer", skal det indgå i overvejelserne om bygningsudformning og fordeling af arealer. Der skal desuden i valg og udformning af el- og VVS-installationer tages hensyn til belysning under rengøring, stik til rengøringsmaskiner, vandtilførsel, gulvafløb og ventilation i rengøringsrum.

Overskuelighed og orientering

Et forhold af stor betydning for velvære og velbefindende er en varieret indretning af bygningen med mange visuelle oplevelser, blandt andet dagslysadgang, og samtidig en bygning, der er nem og hurtig at finde rundt i. Det kan stille krav om specielle kendetegn, fx farver, der indikerer hvor i huset, man befinder sig.

Udvidelsesmuligheder

Muligheden for udvidelse og retning for udvidelse skal diskuteres, allerede når grunden vælges og under planlægningen af bebyggelsens placering, dvs. før bygningsformen fastlægges. En senere udbygning vil kunne få store konsekvenser for bygningens indeklima, fx dagslysindfald, indblik og udsyn samt muligheder for rekreative faciliteter på grunden.

Bygningsdybder og rumstørrelser

Bygningsudformningen har betydning for arbejds- og opholdsarealers størrelse og form. Det er aktiviteterne og funktionerne, der skal foregå i bygningen, der er forudsætningerne for bygningens og rummenes udformning, fx:

- om brugerne har behov for store rum til mange personer, mindre rum til få eller enkeltpersonsrum
- hvordan rummene skal dimensioneres i længde, bredde og højde
- hvordan rummene skal placeres i forhold til hinanden
- gangarealer og birums placering og udformning.

Generelle forhold

Pladsforhold

Pladsforholdene har indflydelse på flere indeklimatefaktorer. For eksempel vil rum med et forholdsvis stort areal og volumen pr. arbejdsplads eller pr. person betyde, at indeklimaet vil være mindre sårbart over for ændringer i rummets brug eller fejl i drift af installationer.

Muligheden for at placere opholds- og arbejdspladser optimalt i forhold til dagslyset, med korrekt sidelys og tilstrækkeligt lysniveau, afhænger af rummets dimensionering og areal. Dybe, smalle rum giver dårlige muligheder for at udnytte dagslyset. Se kapitel 25: "Vinduer og solafskærmning".

Temperaturudviklingen i rum afhænger foruden af ventilation og varmeakkumulering også af rummets volumen og areal. Hvor der er mange mennesker sammen på få m² eller m³, vil temperaturen hurtigere stige, og luftkvaliteten hurtigere forringes. Jo tættere funktioner og aktiviteter er placeret i forhold til hinanden, jo større vil støjbelastningen være. Dårlige pladsforhold og overmøblering af rummene gør fremkommeligheden i rummet besværlig og vanskeliggør rengøringen.

Zoneopdeling

Før bygningens dybde fastlægges, er det afgørende at dele funktionerne op og se på de krav, der stilles til indeklimaet. Herefter vurderes de bygningsmæssige muligheder for at udnytte arealerne til de forskellige aktiviteter.

Følgende opdeling kan anvendes til at prioritere arealer i forhold til *dagslyset* i bygningen:

- funktioner, hvor dagslys frem for kunstlys og direkte udsyn skal prioriteres højt, fx rum med længerevarende ophold, undervisningsrum og faste arbejdspladser med synskrævende arbejde
- funktioner, hvor udsyn prioriteres højt, men direkte dagslys til aktiviteten ikke er nødvendig eller måske ikke ønsket, fx aktivitets- og rytmikrum samt kontorrum til udpræget skærmarbejde
- funktioner, hvor dagslys og udsyn til det fri ikke behøver en høj prioritet og eventuelt kan udelades.

Zoneopdeling kan også være motiveret af forskelle i krav til *ventilation og luftkvalitet*, fx:

- funktioner med en stor varmeudvikling og væsentlige emissioner til luften og hermed stort behov for mekanisk ventilation og køling, eller behov for punktudsugning, fx arbejdspladser med mange kontormaskiner, fotokopirum/trykkerier, motionssale, faglokaler, rum med tobaksrygning og baderum
- funktioner med middel varmebelastning, middel forureninger eller fugtbelastning og behov for mekanisk ventilation, fx møderum, undervisningsrum, større kontorrum, eller bygninger med ringe mulighed for naturlig ventilation på grund af udeluftens forurening
- funktioner med lav varmebelastning og minimal forurening og kun behov for naturlig ventilation, fx opholdsrum i boliger, enkelt- eller topersonskontorer med få maskiner, trapperum og gangarealer.

I bygninger med *støjende* aktiviteter, fx værksteder i skoler og institutioner, maskin/teknikrum i kontorer, aktivitets- og fællesrum i boliger, kan der laves tilsvarende zoneopdeling i forhold til aktiviteter, der kræver koncentration og stilhed.

Zoneopdelingen kan også bruges til at placere aktiviteterne i forhold til husets orientering på grunden. Skal der opføres en bygning, som både skal indeholde rum med stor og lille *varmebelastning*, vil det være hensigtsmæssigt ud fra termiske hensyn, at placere rum med stort internt varmetilskud mod N, NØ eller NV.

Ved zoneopdelingen skal der tages hensyn til, at opdelingen kan skabe konflikter for senere udvidelser og fleksibilitet i bygningens brug.

Rumhøjder

Rum med større højder end de i dag almindelige, fx dobbelthøje rum, kan give værdifulde rumlige oplevelser af lys og luft. Et højt rum kan udformes, så dagslysindfaldet vil sprede sig til øvrige dele af huset, og i kraft af det store volumen og

stor varmeakkumuleringsevne kan rummet virke som en buffer for overskudsvarme og udjævning af korterevarende forureningers indflydelse.

Kontorbyggeri

Planlægningsmodul

Et byggeris planlægningsmodul bestemmer hvilke dimensioner de enkelte rum kan få. Vælges et modul på 1,2 m til kontorindretning, vil et enkeltpersonskontor ofte få en bredde på 2,4 m, som er den mindste bredde i dette modul. For at få plads til den ønskede indretning, kræves en stor rumdybde (5-6 m). Kontorbygningen vil derfor blive indrettet med en række smalle dybe rum med ringe dagslystilgang i den inderste del.

For at få bedre dimensionerede kontorer kan det anbefales at vælge et modul på 1,5 m. Det giver ideelle enkeltpersonskontorer med en bredde på 3 m og en dybde på 4-4,5 m. Den næste rumstørrelse i 1,5 m modulet vil få en bredde på 4,5 m, hvilket giver grundlag for gode kontorer til to personer.

Et modul på 3 m giver, bortset fra enkeltpersonskontorer, uhensigtsmæssige rumstørrelser, se (18.2).

Bygningsdybdens indflydelse på rumstørrelser

Kontorarealer med en lille rumdybde 4-4,5 m indrettes som regel med små cellekontorer koncentreret omkring et fælles gangareal. Alle kan få vinduesplads og maksimale udsynsmuligheder. I enkeltpersonskontorerne med ringe varmeudvikling er der mulighed for naturlig ventilation.

Det er vigtigt at afsætte plads til arkivrum og rum til placering af kontormaskiner.

Hvor kontordybden kan varieres afhængig af funktioner og aktiviteter, er der mulighed for en mere optimal udnyttelse af det samlede kontorareal, se figur 4.5 i kapitel 4: "Planlægning".

Kontorarealer med en stor rumdybde er kun egnede for storrumskontorer. Der er ikke mulighed for at justere indeklimaet efter den enkeltes behov, idet det store rum styres centralt. Kun de, der arbejder nær vinduerne, har udsyn og kan anvende dagslyset. Støj fra telefoner, samtaler og kontormaskiner opleves som et stort problem i storrumskontorer.

Litteratur

- (18.1) Johnsen, K. og Schmidt, H. Højisolerede glashuse. SBI-rapport 220. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1993.
- (18.2) Laustsen, S. Kontormiljø. Arbejdsmiljøhensyn ved planlægning af kon-

torbyggeri med ny teknologi. ATV Erhvervsforskerrapport EF216. COWI-consult og Danmarks Tekniske Højskole. Institut for Arbejdsmiljø. Lyngby 1990.

- (18.3) Projektering af boligbebyggelse i støjbelastede områder. Eksempelsamling. Vejdatalaboratoriet og Miljøstyrelsen. København 1983.
- (18.4) Prag, S. og Jensen, S. E. Kontormiljø og skærmarbejde. Indeklima. SBI-rapport 200. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1990.
- (18.5) Andersen, B. H. (red.), Kirkegaard, O. (red.) og Prag, S. (red). Kontormiljø - problemer og planlægningsprincipper. SBI-meddelelse 14. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1982.

19. Bygningskategorier og funktionskrav

Dette kapitel giver en oversigt over forhold af betydning ved planlægningen af indeklimaet i fire bygningskategorier: *Boliger, undervisningsbygninger, børneinstitutioner og kontorbygninger*. Oversigten omtaler kun de primære aktiviteter i bygningen, mens særrum og deres indeklimaforhold behandles i kapitel 20: "Rumkategorier og indeklimakrav". Oversigten er ikke en fuldstændig checkliste, men et grundlag for prioriteringen under programmering og projektering.

Vejledninger i opfyldelsen af de anførte funktionskrav kan findes i bogens øvrige kapitler, specielt henvises til kapitlerne 18: "Bygningens udformning og disponering", 20: "Rumkategorier og indeklimakrav" og 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier".

Boliger

Generelle forhold

Boligers brug og beboertæthed er meget forskellig og varierer igennem boligens liv. Påvirkningerne i boligen og de enkelte rum er meget afhængig af beboerne selv. Beboerne stiller endvidere vidt forskellige krav. Forholdene skal tilpasses børn, voksne, ældre og syge. Temperaturen for personer med fx gigtsygdomme skal kunne indstilles tilstrækkelig højt, og allergikere skal kunne indrette boligen hensigtsmæssigt uden særlige udgifter, fx til at befri den for tæpper og gøre den rengøringsvenlig.

Planløsningen og indretningen skal lægge vægt på:

- hensyn til børn, voksne, ældre og syge og bevægelseshæmmede
- mulighed for brugernes individuelle udfoldelser
- god tilgang af dagslys i alle opholdsrum
- tekniske installationer, der tillader en varieret og individuel brug
- installationerne, der er forståelige i brug og indstilling
- indretning og materialer, der er tolerante over for fejlbrug.

Areal og rumforhold

Personbelastningen i boliger er meget forskellig og kan i enkelte rum være 1 person pr. 5 m² (12 m³) i dagligt brug, fx i soveværelser, og undertiden kortvarigt være større, fx når der er sammenkomster. Omvendt kan der være personer der har op til 100 m² (240 m³) til rådighed i store boliger med åbne rum. Det giver naturligvis meget varierende indeklimaforhold og store forskelle på, hvor meget beboerne må tænke på at regulere indeklimaet.

Særlige påvirkninger og specifikke råd

Varme

De termiske forhold ved lave udetemperaturer kan påregnes at være tilfredsstillende, når bygningreglementernes isoleringskrav er opfyldt. Der kan dog blive problemer med træk, hvis de lovbestemte udeluftventiler er anbragt uhenigtsmæssigt. Udeluftventilernes udformning er også vigtig, og de skal være lette at indstille for at kunne kompensere for vindpåvirkninger på bygningen. Se nærmere i kapitel 30: "Ventilationssystemer og -anlæg".

Fugt

Generelt er fugtniveauet i boliger 10-15 pct. højere end i andre bygninger. Bad, madlavning og tøjtørring er de vigtigste kilder til høj relativ fugtighed. Fugttilførslen fra personer og aktiviteter er gennemsnitlig ca. 2,5 l/døgn pr. person. Udluftning af fugt er vigtig, og vinduer i stueetagen bør forsynes med indbrudssikre beslag for udluftning. I rum med sovepladser vil det være en stor kvalitet, at vinduesudformningen giver mulighed for dyluftning, hvis der ikke ellers er let adgang til det fri. Tøjtørringsmulighed bør indrettes i de særligt ventilerede rum. I køkkenet bør der installeres emhætte med udsugning. Fugtniveauet skal kunne holdes under 45 pct. i en til to måneder om vinteren for at udrydde husstøvmider.

Lugt

Lugt fra toiletter og madlugt kan fjernes i rimelig grad med den lovkrævede ventilation. Tobaksrøg kan kun fjernes med mekanisk ventilation eller kraftig udluftning.

Forureninger

Forureninger kommer fra tobaksrygning, hobbyaktiviteter og vedligeholdelse af boligen, fx malning. Den fornødne ventilation kan som regel klares med kraftig udluftning.

Støv og snavs

Støv og snavs slæbes ind med fodtøj og kommer desuden fra tekstiler. Der afgives allergene stoffer fra husdyr og husstøvmider. Faste tekstile gulvbelægninger kan ikke rengøres eller renses tilstrækkeligt og bør undgås. Andre overflader bør være beklædt med afvaskeligt materiale.

Opbevaringsplads, depot, garderobe, kosteskab, plads til snavset og fugtigt fodtøj m.m. bør planlægges, så det indgår naturligt i boligens indretning, eventuelt som indbyggede skabe, og placeret så de ikke bliver så kolde, at fugtigheden bliver for høj.

Støj

Støj kommer fra almindelige aktiviteter og især musik. Ved musikafspilning og -udøvelse er det ønskeligt med et eller flere rum i boligen, der er særligt lydisolerede fra de øvrige. Bedre lydisolation end myndighederne kræver kan tilrådes specielt for lave frekvenser fra musik. Kravene i Bygningsreglementet handler primært om lydisolering til naboboliger og til installationerne.

I støjende områder bør udeluftventiler være forsynet med lydabsorberende materiale.

Lys

Dagslyset bør kunne udnyttes mest muligt i de lyse dagtimer, men uden overdrevent solindfald.

Ventilation

Ventilation er et af midlerne til at nedbringe fugt- og forureningsniveauet. Beboerne accepterer dog normalt en, objektivt set, ringere luftkvalitet, idet de har vænnet sig til boligens "egen" lugt. Ved planløsning og indretning skal der tages hensyn til møblers og især senges placering for at undgå træk, fordi næsten alle rum kan forventes anvendt til sove- eller opholdsrum.

*Undervisningsbygninger***Generelle forhold**

Klasserummenes udformning og indretning skal blandt andet tillade fleksibel bordopstilling og undervisning ved brug af tavle, overheads og lignende. Belysnings- og lydforholdene skal tillægges stor vægt af hensyn til personer med mindre syns- og hørehandikap. Mange personer på et lille areal og i et lille volumen stiller sær-

lige krav til temperaturregulering, ventilation, lyddæmpning og rengøring. Hvor rummene er store og eventuelt kun bruges i kortere tid ad gangen, kan ventilation eventuelt reduceres i forhold til anbefalede værdier under konstant brug.

Planløsningen og indretningen skal lægge vægt på

- hensyn til syns-, høre- og allergiske handikap
- jævn, blændfri og refleksfri belysning
- at undgå støj fra stole der skubbes
- lav efterklangstid
- ventilation afpasset efter brugstid og rumvolumen
- enkel og forståelig brug og indstilling af installationer
- gode rengøringsmuligheder
- gode opbevaringsmuligheder for overtøj
- at lokaler ikke belægges med tæpper.

Areal og rumforhold

Undervisningsbygningers rum har som regel veldefinerede formål. Rummene er normalklasser, faglokaler, gymnastiklokaler, kantine og kontorlokaler samt teknikerum, baderum og rengøringsrum.

De fleste undervisningsbygninger er baseret på klasseundervisning i adskilte rum. Der er i Bygningsreglementet stillet krav til minimalt rumvolumen for normalklasserum på 6 m³ pr. person, når der er effektiv mekanisk ventilation. Persontætheden er ofte høj. I et klasselokale på 60 m² og med ca. 25 personer er der 2,4 m² og ca. 8 m³ rumvolumen pr. person, hvilket kræver særlig god ventilation, varmeakkumulering, lydregulering og rengøring. Større rumvolumen må derfor foretrakkes.

Særlige påvirkninger og specifikke råd*Varme*

På grund af stærkt skiftende belastninger anbefales at have en god varmeakkumulerende konstruktion omkring normalklasserum. Solindfald skal undgås.

Lugt

Luftforureningen er primært lugte fra personer. Man vænner sig dog hurtigt til menneskelugte. De anbefalede ventilationskrav er derfor primært af betydning, når der skiftes fra lokale til lokale. I faglokaler bør øvrige forureninger fjernes ved punktudsugning.

Støv

I undervisningsbygninger er der mange mennesker i stor aktivitet. De indslæber og afgiver meget støv, som bør fjernes, dels ved ventilation, dels ved rengøring. Gulvene bør ikke være belagte med tæpper, fordi de er vanskelige at rengøre tilstrækkeligt. Ved indgangspartier skal der være velegnede måttearrangementer.

Støj

Hvor mange mennesker er samlet, opstår let et højt støjniveau. Krav til efterklangstid skal overholdes, og inventaret bør sikres mod at det støjer, når det skubbes. I støjende omgivelser bør der ikke projekteres med at udluftning til det fri kan sikre ventilationen.

Belysning

I undervisningsrum skal der være arbejdspladsbelysning, tavlebelysning og passende mørklægningsmulighed til brug af overhead og eventuelt lysbilled- eller filmforevisning. Fra alle pladser skal man kunne se mod tavlen uden blanding og reflekser fra dagslys eller belysningsarmaturer.

*Børneinstitutioner***Generelle krav**

Børn opholder sig meget på gulvet og nær gulvet, der oftest er den koldeste og mest snavsede del af et rum. Kulden kan skyldes kuldenedfald fra store, høje vinduer og eventuel tilførsel af luft fra udeluftventiler eller fra anden ventilation. For at kunne holde rummene rene bør der ikke være faste tæppebelægninger. Da børn "støjer" meget, bør der tilstræbes en kort efterklangstid. Mange børn på et lille areal og i et lille volumen bevirker, at der bør stilles særlige krav til ventilation, lyd-dæmpning og rengøring. Hygiejnen i daginstitutioner er vigtig for at undgå smittespredning. Dette forhold er detaljeret beskrevet i (19.1).

Planløsningen og indretningen skal lægge vægt på

- hygiejne af hensyn til smittespredning
- hensyn til allergiske handicap
- at undgå støj fra stole, der skubbes
- kort efterklangstid
- ventilation uden trækrisiko ved gulve og tilpasset brugstid og rumvolumen
- gode rengøringsmuligheder
- plads til overtøj med tørringsmulighed
- at gulve ikke belægges med tæpper.

Areal og rumforhold

Der er i Bygningsreglementet stillet mindstekrav til areal og rumvolumen for grupperum. De er på mindst 2 m² pr. barn i børnehaver og 3 m² i vuggestuer, svarende til mindst 5 m³ og 7 m³ rumvolumen. Indretningen af grupperum og øvrige rum er beskrevet i (19.1). Antallet af personer er afgørende for støj, støv, lugt og varme.

Særlige påvirkninger og specifikke råd*Varme*

På grund af stærkt skiftende belastninger anbefales det at have en god varmeakkumulerende konstruktion omkring rummene.

Lugt og forureninger

Luftforureningen er primært lugte fra børnene og deres aktiviteter. Selv om der kun bruges vandopløselig maling og lim, kan lugte i forbindelse med børnenes arbejde ikke helt undgås. Vådt tøj skal kunne tørres. Vedrørende smittefare ved bakterier og virus henvises til generelle krav.

Støv

Børnenes aktiviteter betyder, at der indslæbes og afgives meget støv. Det bør fjernes dels ved ventilation, dels ved rengøring. Gulvene bør ikke være belagt med tæpper, fordi de er vanskelige at rengøre tilstrækkeligt. Især spild af mad og drikkevarer skal kunne fjernes effektivt. Ved indgangspartier skal der være velegnede måttearrangementer.

Støj

Hvor mange børn er samlet opstår let et højt støjniveau. Krav til efterklangstid skal overholdes, og inventaret bør sikres mod, at det støjer, når det skubbes eller flyttes. I støjende omgivelser bør der ikke projekteres med at udluftning til det fri kan sikre ventilationen.

*Kontorbygninger***Generelle krav**

Et kontorrum bruges til stillesiddende arbejde ofte i forbindelse med skrivebord og skærmterminal. Dette stiller krav til en god og gerne individuel styring af temperatur og belysning. Kontormaskiner afgiver støj, varme og nogle endvidere gasser og dampe. Disse forureninger skal fjernes, helst ved kilden, så de ikke breder sig i rummet. Dette kan ordnes ved at placere de forurenende maskiner i et andet rum. Der er behov for at kunne arbejde uforstyrret, men ofte alligevel at kunne følge

med. Mange mennesker i samme kontor kan forstyrre. Meget papirarbejde giver støv.

Planløsningen og indretningen skal lægge vægt på

- dagslysadgang med blændefri og refleksfri almen- og særbelysning
- skærmarbejdspladsernes placering i forhold til dagslys og almen belysning
- god, helst individuel temperaturstyring
- at undgå forurening og støj fra maskiner
- at ventilationen er afpasset efter brugstid og rumvolumen
- let adgang for rengøring for papirstøv
- at undgå at gulve belægges med tæpper, eller at de er lette at udskifte
- at sikre mod forstyrrelser.

Areal og rumforhold

I kontorbygninger er der foruden kontorrummene behov for rum til fotokopiering og anden teknik, møderum, reception samt øvrige rum som rengøringsrum, toiletter og lagerrum. Tidligere har der været regnet med 10 m² pr. medarbejder i kontorrum, men det har vist sig, at indførelsen af ny teknologi har øget arealbehovet til op mod 14 m² pr. medarbejder. I kontor- og administrationsbyggeri vil forskellige arbejdsfunktioner stille forskellige krav. Undersøgelser viser fx at

- sagsarbejde med edb integreret i arbejdspladsen kræver mindst 10 m² kontorareal til en velindrettet arbejdsplads
- funktionsorienteret arbejde, herunder tekstbehandling, kræver mindst 12 m² kontorareal.

Bruttoarealerne inklusive gangarealer er ca. 20 m² pr. medarbejder med variationer fra 15 til 35 m². Tilsvarende volumener vil således i kontorer typisk være fra 25 til 40 m³ pr. person og brutto fra ca. 40 m³ til ca. 100 m³ pr. person.

De ventilationstekniske forhold bør indrettes efter disse forhold. Det bør overvejes at sikre mod indflytning af flere personer, hvor der er projekteret med god plads, fx over 12 m² pr. person. Antallet af arbejdspladser i de enkelte rum har indflydelse på rummenes udformning, på mulighederne for at sikre vinduesventilation uden træk og udnyttelsen af dagslyset. Desuden bør behovet for "privathed" iagttages.

Særlige påvirkninger og råd

Varme

Belysning og kontormaskiner er dominerende indre varmebelastninger. Belastningen kan reduceres ved at vælge belysningsystemer med lavt effektforbrug og ved

at flytte kontormaskiners varmende del ud. En tung bygningskonstruktion udjævner virkningen af varmebelastninger over døgnet. Enkelt- eller fåpersonskontorer giver individuel reguleringsmulighed og dermed større tilfredshed.

Forureninger

Både aktiv og passiv rygning skal undgås. Derfor bør der heller ikke ryges i rum som fx korridorer, der står i åben forbindelse til kontorerne. Kontormaskiner, som laserprintere og fotokopimaskiner, forurener og bør anbringes i særlige velventilerede rum.

Støj

I rum med flere arbejdspladser sker der forstyrrelser, og der kan opstå et forholdsvis højt støjniveau. I storrum bør indrettes særlige opholdssteder til samtale. Det skal være muligt at isolere sig fra direkte forstyrrelser. Støj fra apparater undgås ved en lydæssig indkapsling, eller ved at placere dem i særlige rum.

Belysning

Belysningen er vigtig for udførelsen af arbejdet. Der skal være mulighed for individuel indstilling. Der skal lægges særlig vægt på lysforhold ved skærmarbejde.

Litteratur

- (19.1) Vejledning om hygiejne i daginstitutioner. Hygiejnemeddelelse 6. 1986. Sundhedsstyrelsen. København 1987.

20. Rumkategorier og indeklimakrav

Myndighedskrav

Der henvises generelt til Bygningsreglementet og BR-S 85 samt til Arbejdstilsynets bekendtgørelser og meddelelser, se kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Køkkener

I boligens køkken og i storkøkkener i restauranter, plejehjem, kantiner mv. produceres varme, fugtighed og forureninger (stegeos), som skal fjernes ved ventilation.

Køkkenet i boligen

Ventilation

Over komfuret bør installeres en emhætte med udsugning til det fri. Ved gaskomfurer er der lovkrav om installering af en effektiv emhætte (20.5). Anvendelse af gaskomfurer frarådes i boliger med allergikere.

Andre køkkener

Ventilation

Det er mest hensigtsmæssig med mekanisk ventilation for at fjerne den fugt, varme og forurening, der kommer fra arbejdsprocesserne. I storkøkkener vil der ofte være behov både for rumventilation og punktudsugning over de arbejdsprocesser, som forurener. Der skal tages hensyn til strålevarme fra varme flader, træk, skift mellem varme og kulde og høj luftfugtighed. Der anlægges normalt en vurdering som for arbejdsmiljø i en produktionsvirksomhed.

Punktudsugninger over koge- og stegepladser udformes mest hensigtsmæssigt som emhætte med fedtfilter. Emhættens underkant må ikke være mere end 2 m over gulvet, og den skal gå ca. 50 cm ud over siderne på selve komfurdelen, se i øvrigt (20.4).

Der skal tilføres rummet lige så megen luft, som der fjernes ved udsugningen. Den tilførte luft skal tilføres trækfrit og skal kunne opvarmes, før den tilføres. Den nødvendige indblæste og udsugede luftmængde fastlægges ud fra varmebelastninger, punktudsugningens effektivitet samt den arbejdsfunktion, der udføres. Det kan

ofte resultere i et luftskifte på 20-25 gange pr. time. Der kan vælges opblandingsventilation eller fortrængningsventilation, se kapitel 30: "Ventilationssystemer og -anlæg". Uanset hvilket princip der vælges, skal det nøje tilpasses de lokale udsugningssteder samt de faste arbejdspladser. Ventilationsanlæg skal kunne styres manuelt efter behov.

Lufkvalitet

Ud over stegeos, varme og fugt kan rengørings- og opvaskemidler indeholde kemikalier, opløsningsmidler mv., som skal fjernes ved hjælp af rumventilationen.

Støj

Specielt køkkenmaskiner og ventilationsanlæg (emhætter) udsender støj. Støjen forstærkes ofte af de hårde overflader (fliser, glas og stål) som anvendes i køkkener på grund af store krav til hygiejne og rengøring.

Opsætningen af køkkenmaskiner på underlaget er vigtig, da forkert opsætning af maskiner med et acceptabelt støjniveau kan bringe støjen op på et uacceptabelt niveau. De kan blandt andet give vibrationer, der forplanter sig i bygningen. Maskinerne kan placeres på vibrationsabsorberende materiale, fx gummi. Støjende maskiner og kompressorer kan placeres i særskilte rum, eller de kan indkapsles i lyddæmpende materiale. Indkapslingen skal være forsynet med glatte rengøringsvenlige overflader. For at mindske efterklangen i rummet kan der opsættes lydabsorberende materialer i loft, fx lydtafler og akustiske loftplader samt akustiske vægplader på det øverste stykke af væggen. Lydabsorberende materiale skal have en glat og rengøringsvenlig overflade og skal kunne tåle jævnlig rengøring med vand.

Reflekser

Det er ofte glatte flisevægge, rustfrit stål og glas i storkøkkener, som giver problemer med generende reflekser, spejlinger og blænding. Både almenbelysning, arbejdsbelysning og solindfald kan give alvorlig blænding i blanke overflader. Rustfrit stål kan fås refleksfrit, og blankpoleret stål bør undgås.

Rengøring

Gulvene skal være jævne og lette at rengøre. Gulvbelægningen bør være uden revner og sprækker, og overgangen mellem væg og gulv skal udføres med hulkel. Der skal være fald mod afløb. Afløb og gulvrister skal være så store, at de kan aftage den nødvendige mængde vand. Gulvristerne skal være lette at rengøre og skal derfor let kunne fjernes og håndteres. Væggene skal være vandfaste og skal kunne tåle jævnlig afvaskning.

Generelle forhold

Dagslys

Der skal som i andre arbejdslokaler være en passende tilgang af dagslys, således at arbejdspladser placeret ved vinduer benytter dagslyset som det primære arbejdslys. Arbejdspladser ved vinduerne skal placeres vinkelret på vinduesvæggen, hvis dagslysfaldet skal være optimalt i forhold til arbejdet.

Almen- og arbejdspladsbelysning

Almenbelysningen i køkkenet bør mindst være 200 lux. Lyskilderne skal placeres, så spejlende reflekser og blænding undgås. Arbejdspladsbelysningen bør mindst være 500 lux, og den bør kunne tilpasses forskellige arbejdsopgaver og derfor kunne indstilles individuelt.

Gangbehagelighed

Arbejdet i køkkener foregår hovedsagligt stående og gående. Gulvbelægningen skal derfor være fjedrende og behagelig at gå og stå på. Gulvene skal have en skridsikker belægning. Arbejdslokalet bør have den samme gulvbelægning overalt, da vekslende skridsikkerhed forøger risikoen for fald.

Kantiner

Spise- og opholdsrum bør indrettes med frie ganglinier mellem møbelgrupper og til udgange, fx til rekreativt udeopholdsareal.

Mange mennesker skal kunne mødes og spise og tale sammen. Det stiller store krav til hygiejne og akustik. Madlugt mv. skal kunne bortventileres.

Indretning og pladsforhold

Kantinen er ofte det eneste sted, hvor virksomheden kan holde stormøder og fester for hele personalet. Kantinen skal derfor være indrettet, så den kan benyttes til sådanne lejligheder. Afhængig af rygepolitikken bør en del af kantinen indrettes til rygere. Bedst med et separat rum. I Bygningsreglementet stilles krav til areal, loft-højde og dagslysadgang.

Ventilation

I kantiner, hvor der er forsamlet mange mennesker, er der behov for et ventilationsanlæg. Luftsiftet skal kunne varieres efter personbelastningen, og anlægget kan med fordel udformes separat, så der er mulighed for kun at lade det køre i brugstiden, og ved møder mv. uden for den almindelige arbejdstid. Der skal være overtryk i forhold til køkkenet.

Akustik

Efterklangstiden bør højst være 0,5 s i frekvensområdet 125-2000 Hz.

Rengøring

Gulvbelægningen bør af hygiejniske grunde udføres, så den kan rengøres med vand, dvs. en halvård belægning. Ønskes der alligevel tæpper i kantinen, bør områder foran og omkring madudlevering samt foran opsamling af snavset service have en halvård belægning.

Udearealer

Kantinen benyttes som ophold og afslapning i den største pause i arbejds- eller skoledagen. Kantinen bør, hvor det er muligt, placeres i tilknytning til udeopholdsarealer, så der er mulighed for at spise ude.

Bade- og toiletrum

I bade- og toiletrum er det den særlig store produktion af vanddamp og behovet for et højt rengøringsniveau, som stiller krav til udformning og indeklime.

Indretning og pladsforhold

Bryggers eller badeværelse i boliger bør indeholde plads til vaskemaskine og tøjtrøring.

I erhvervsbyggeri skal der være mindst 1 toilet for hver 15 beskæftigede. Ved toilettet skal der være mulighed for at vaske hænder. Der skal desuden i kontorer være mindst 1 håndvask for hver 10 beskæftigede. Der bør være toiletter i nærheden af spiserum, møderum og andre fællesrum. På hver etage i erhvervsbyggeri skal mindst ét toiletrum indrettes til kørestolsbrugere. (20.7) giver vejledning i, hvordan handikaptolletter indrettes mest hensigtsmæssigt.

Lange gangafstande til toiletter i administrationsbyggeri giver unødigt trafik. Det anbefales at gangafstanden ikke er længere end 30 m fra den fjerneste arbejdsplads til toilettet. Hvor der kommer mange besøgende, må det anbefales at indrette særskilte toiletter, (20.8).

Ventilation

I baderum vil der nødvendigvis blive produceret store mængder vanddamp, og det må i planlægningen sikres, at rummet ventileres så effektivt, at fugten også fra tøjvask og tøjtrøring bortventileres. I baderum med intermitterende ventilation skal denne kunne være i drift i en periode efter rummets brug, så absorberet fugt i materialerne fjernes. I etageboliger skal ventilationen være i gang døgnet rundt. I bolig-

komplekser anbefales det at indrette centrale vaskerier med tørretumblere frem for individuelle vaskefaciliteter, således at fugtpåvirkningen holdes uden for lejligheden. Dette stiller krav til hærværks- og tyverisikre vaskerum.

Toilet- og baderum i etageboliger skal forsynes med mekanisk udsugning. Det er vigtigt at instruere beboerne om, hvordan en effektiv ventilation sikres, så fugten ventileres bort. I mange boliger er ventilationsåbninger stoppet til eller ventilationen er afbrudt. Projekterende og udførende skal derfor sørge for at de installerede systemer ikke giver træk eller støjgener, der fører til at beboerne griber ind i installationen.

Luftkvalitet

Luftafkast fra tørretumblere bør føres til det fri på grund af et stort indhold af støv og fugtighed.

Rengøring

Toiletter og baderum skal af hygiejniske grunde let kunne rengøres. Sanitetsgenstande bør være i en rengøringsvenlig udformning, ligesom tilslutninger til vægge og gulve skal udføres rengøringsvenlige. Hængeklosetter er mere rengøringsvenlige end almindelige klosetter placeret på gulvet. Det bør sikres, at der enten er fuget eller tilstrækkelig plads mellem væg og væghængt sanitet til at rengøre. Synlige cisterner og vandtilførslen til cisternen skal kunne rengøres overalt, da der ofte dannes kondens her. Ved placering af håndvask skal tilslutningen til væggen og pladsforholdene omkring vandhane og afløb være rengøringsvenlige. Spejle over håndvask bør af hensyn til rengøring være indmuret, så et utilgængeligt hulrum bag spejlet undgås.

Tilslutninger mellem brusekabiner og de øvrige vægge bør være udført, så der ikke kan trænge fugt ind i utilgængelige hulrum. Vandet skal ledes hurtigt bort, og overfladerne og fugerne skal være totalt vandafvisende. Dette gælder også for tilslutning af badekar. Gulvet omkring gulvafløb skal forsynes med tilstrækkeligt fald til at vandet ledes hurtigt bort, så der ikke er vand på gulvet i længere tid. Risten skal af hensyn til rengøringen være let at tage op. Afløbsskålen og dens tilslutninger skal udføres tætte, således at fugtansamlinger i de omgivende konstruktioner undgås, fx i forbindelse med tilstopning (20.9).

Faglokaler i skoler

I skolernes faglokaler anvendes stoffer og materialer, som kan afgive sundhedsskadelige gasser og dampe samt udvikle støv. Der anvendes maskiner og ovne, som udvikler støj og varme.

Sløjdlokalet er et af de faglokaler, der frembyder de fleste risikomomenter. Lærere og elever har risiko for at blive udsat for påvirkning blandt andet fra træstøv og kemiske produkter. Ved indretningen bør der tages hensyn til de meget forskellige processer, der skal foregå blandt andet for at kunne reducere indeklimate påvirkningerne, fx ved punktudsugning tilpasset processerne.

Ventilation og luftkvalitet

Følgende processer påvirker luftkvaliteten og kræver særlig ventilation: træ- og metalbearbejdning, lodning, affedtning, støbning, smedning, emaljarbejde, fotoarbejde, batikfarvning samt strygning og presning. I de fleste tilfælde skal der være punktudsugning. Vejledning i udformning af punktudsugning fremgår af (20.4).

Sløjdlokalet skal forsynes med mekanisk rumventilation, som sikrer at forurenninger og varme bortventileres. Der skal tilføres opvarmet, trækfri erstatningsluft i stedet for den udsugede volumenstrøm fra punktudsugninger. Der skal etableres mekanisk udsugning, som fjerner spåner og træstøv fra alle faste træbearbejdnings- og pudsemaskiner, og der skal etableres mekanisk udsugning med afkast til det fri ved alle svejse-, lodde- og slibeprocesser. Det må desuden anbefales, at overfladebehandlingsanlæg forsynes med mekanisk udsugning.

I formningslokalet skal der være mekanisk ventilation i ovenrummet. Ventilationen skal sikre, at eventuelt giftige dampe og varme fjernes effektivt. Erstatningsluft skal tilføres, så det ikke medfører trækgener

I henhold til Undervisningsministeriets cirkulære er det ikke tilladt at benytte maling med højere MAL-kode end 2-1 eller 2-0 uden mekanisk udsugning. Branchesikkerhedsråd 12 (20.10) anbefaler generelt, at der ikke benyttes lime, lakker og malinger med en MAL-kode større end 0-1. Vedrørende MAL-kode se (20.11) og (20.12). Vandfortyndbare produkter anbefales, men også disse kan indeholde sundhedsskadelige stoffer i små mængder, fx formaldehyd, ammoniak og organiske opløsningsmidler.

Maling, lak og lim bør opbevares i et aflukket velventileret rum med udsugning placeret i gulvhøjde.

Støj

Lydmæssige krav til luftlydsisolation og trinlydniveau mellem sløjdlokaler og øvrige undervisningsrum er beskrevet i Bygningsreglementet.

Der skal tilvejebringes en luftlydsisolation, som er mindst 60 dB; trinlydniveauet må højst være 53 dB. Støjniveauet i sløjdlokaler er stigende på grund af øget brug af støjende maskiner.

Belysning

I formningslokaler skal belysningen sikre en tilstrækkelig belysningsstyrke, en god farvegengivelse og en god skyggedannelse. Hvis der anvendes lysstofarmaturer, skal det være rør med størst mulig farvegengivelsesindeks. Se kapitel 32: "Belysning" og Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler, DS 700 (20.13).

I sløjdlokaler bør der etableres en almindelig diffus rumbelysning på mindst 200 lux. Derudover skal arbejdspladserne indrettes med supplerende belysning, der kan reguleres i forhold til arbejdsopgaven og give de nødvendige skyggedannelser og luminanser ved synskrævende arbejde og ved farlige arbejdspladser. For at undgå problemer med stroboskop-effekt ved maskiner med roterende værktøj, skal lysstofarmaturerne være faseforskudte. Ved arbejde med maskiner eller skarpt værktøj vil blanding fra sollys give risiko for ulykker. Sløjdlokalet skal udstyres med en effektiv solafskærmning.

I håndarbejdslokalet skal der være en belysningsstyrke på ca. 500 lux. Der vil være brug for både almenbelysning og individuel arbejdspladsbelysning.

Rengøring

Træstøv kan holde sig svævende i luften i mange timer. Det anbefales at rengøre lokalet hver dag med støvsugning og gulvvask samt aftørring med en fugtig klud på inventar. Ventilationsanlægget skal holdes i gang efter brugen af lokalene og under rengøring.

Gulvbelægningen skal være rengøringsvenlig, gangsikker, robust og værktøjsvenlig. Ved lodde- og svejseaktiviteter skal gulvbelægningen være af et ikke-brandbart materiale.

Fotokopi- og printerrum

I dette afsnit omtales udelukkende rum uden faste arbejdspladser beregnet til fotokopiering eller udprintning af tekst og telefax. Det vil sige rum beregnet til kortvarige ophold.

Særlige forhold som påvirker indeklimaet

Fotokopimaskiner og printere (primært laserprintere) afgiver varme, de støjer, og de fleste typer afgiver desuden ozon (20.15). Arbejdstilsynet stiller krav til placering af kopimaskiner og laserprintere (20.14). Maskiner, der har så stor en kapacitet, at de benyttes hyppigt og af flere personer, skal placeres i særskilte, velventilerede lokaler.

Indretning og pladsforhold

Fotokopirum placeres centralt i det enkelte kontorafsnit og placeres tættest på de funktioner, som har størst behov for kopiering og udskrivning, fx sekretærkontorer eller tegnestuer. Andre brugere af kopimaskiner og printere kan som en håndregel acceptere at skulle gå op til 50 m til det nærmeste fotokopirum.

Fotokopimaskiner og laserprintere skal placeres, så det er nemt at gøre rent omkring maskinerne og på fralægningsborde. Maskinleverandørens forskrifter for placering og friplads skal overholdes, så eftersyn og reparationer nemt kan udføres. Der skal være plads til fralægningsbord(e), papir og affald, og det skal overvejes, om der eventuelt vil blive brug for indbindingsmaskiner.

Luftkvalitet

Lugtgrænsen for ozon er 0,01-0,02 ppm. Lugten af ozon er stikkende og ubehagelig, og derfor bør koncentrationen holdes under lugtgrænsen.

I rummet håndteres store mængder papir. Ved passage gennem maskinen påvirkes papiret, og der løsrives større eller mindre mængder af fibre og fyldstoffer. Papirfibre kan være årsag til hudirritation og generere slimhinderne. Ved tonerpåfyldning kan der desuden afgives partikler til luften.

Luftkvaliteten i rummet forbedres dels ved at vælge papirvarer og tonersystemer, som afgiver færrest partikler til luften, dels ved at ventilere rummet.

Ventilation

Fotokopimaskiner til almindeligt kontorbrug har normalt en kapacitet på 35-50 A4/min. De maskiner vil under kopiering have en varmeafgivelse på 1200-1600 W. Ozonproduktionen vil svinge mellem 30-150 µg/min pr. maskine. Laserprintere til almindeligt kontorbrug vil afgive 600-800 W.

Rummet skal forsynes med et ventilationsanlæg, som kan fjerne den angivne varmemængde samt nedsætte ozonkoncentrationen, så den holdes under lugtgrænsen.

Printes der større mængder ud, bør der etableres udsugning direkte fra maskinerens udblæsning til det fri. Laserprintere kan eksempelvis placeres under en fælles udsugningshov (emhætte), hvorfra der suges til det fri. Erstatningsluften for den udsugede luftmængde bør tilføres rummet opvarmet og trækfrit. Da arbejdet i rummet er kortvarigt og foregår gående og stående, vil en lufthastighed på 0,2 m/s være acceptabel, og en lufttemperatur på 20-22 °C være passende.

Støj

Fotokopimaskiner og laserprintere støjer både under drift og i tomgang. Kopimaskiner har et støjniveau mellem 55-65 dB(A) ved kopiering. Laserprinteres

støjniveau ligger mellem 35-50 dB(A) under udskrivning. Af hensyn til de omkringliggende arbejdspladser bør døren til fotokopirummet forsynes med dørlukker.

Dagslys

Fotokopirum bør være velbelyste. De kan placeres i arealer uden dagslystilgang. Det er dog ønskeligt, at der er udsyn fra rummet.

Rengøring

Ved påfyldning af tonerpulver bliver der ofte, trods lukkede tonersystemer, spildt rester af toner på gulvet, og der foregår håndtering af store mængder papir, dvs. at rummet har en stor støv- og smudspåvirkning. Gulve og vægoverflader skal kunne rengøres, og gulvet bør vaskes dagligt.

Edb-rum

Edb-rum er beregnet til større edb-anlæg, båndstationer, pladelagerenheder, større printere mv. Edb-rum er ubemandede i den største del af arbejdstiden og benyttes kun i korte tidsrum. Anlægget overvåges som regel af en operatør fra et tilstødende kontor eller kontrolrum.

Ventilation og luftkvalitet

Ved større forurenende og varmeproducerende maskiner etableres direkte udsugning på maskinen. Erstatningsluften skal i videst mulig omfang tilføres trækfrit. En del større plottere og printere vil kunne afgive forskellige sundhedsskadelige eller ildelugtende stoffer til indeluften fx ozon og kemikalier. Der kan forekomme større koncentrationer af papirstøv, fx ved plottere hvor papiret skæres over og foldes.

Støj

Udstyr til edb-rum bør indkøbes med garanti for et passende lavt støjniveau. Herudover må støjens udbredelse til tilstødende rum hindres, fx ved at stille større krav til vægge og døres lydisolation og ved opsætning af absorber på loftet.

Teknikrum

Teknikrum for placering af ventilationsanlæg skal opfylde krav om udformning, placering og tilgængelighed på en sådan måde, at de giver gode betingelser for drift og vedligeholdelse af ventilationsanlæggene. Arbejdsministeriets bekendtgørelse om faste arbejdssteders indretning, kapitlerne 2, 3 og 8 (20.8), stiller krav om forsvarlig indretning og driftsmulighed for ventilationsanlæg.

Indretning og pladsforhold

Teknikrum skal have en sådan størrelse, at der er plads til at udføre alle almindeligt forekommende drifts- og vedligeholdsarbejder på anlæggene. Det skal være muligt at demontere anlægsdele uden indgreb i bygning eller andre installationer. Over tunge anlægsdele bør monteres løftekroge el.lign. Der skal være fri gulvplads, så demonterede anlægsdele kan repareres på stedet, (20.16) og (20.17).

Arealkrav

Det er nødvendigt at stille krav til teknikrummenes samlede areal og lofthøjde på et tidligt tidspunkt under projekteringen for at være sikker på, at de kan opfyldes. Den første bestemmelse af pladsforhold og lofthøjde kan baseres på en overslagsmæssig beregning af den totale volumenstrøm, som bygningen forventes ventileret med.

Følgende forhold har betydning for det samlede areal til teknikrum og for pladsforholdene i det enkelte teknikrum:

- antallet af anlæg
- anlæggenes behandlingsgrad
- anlæggenes opbygning
- indbyrdes placering af anlæggene
- mængde af hjælpeinstallationer, kanaludfletninger samt andre installationer.

Tabel 20.1 kan være en hjælp til at afsætte det nødvendige areal. Anlæggene er inddelt i 3 grupper:

- simple anlæg, fx udsugnings-, recirkulerings- og indblæsningsanlæg med en varmeplade
- normale anlæg, fx indblæsningsanlæg med filter, to varmeplader, befugter, eventuelt køleflade og tilhørende udsugningsanlæg
- komplicerede anlæg, fx indblæsningsanlæg med flere filtre og varmeplader, befugter, køleflade, varmegenvinding og zoneopdeling.

Tabel 20.1. Samlet teknikrumsareal pr. 1000 m³/h total volumenstrøm.

Anlægstype	m ² pr. 1000 m ³ /h
Bygninger med simple ventilationsanlæg	1-2
Bygninger med normale ventilationsanlæg	2-4
Bygninger med komplicerede ventilationsanlæg	4-5

Tabel 20.2. Lofthøjde i teknikrum.

Største anlæg i rummet m ³ /h	Lofthøjde m
– 5.000	2,4–2,5
5.000– 10.000	2,5–3,0
10.000– 20.000	3,0–3,5
20.000– 50.000	3,5–4,0
50.000–100.000	4,0–5,0

Højden i teknikrummene kan, indtil komponenterne er bestemt endeligt, sættes efter vejledningen i tabel 20.2. Hvor kravene til lofthøjden ikke kan opfyldes, kan det være nødvendigt at forøge det fastlagte gulvareal med 20-40 pct., så der er plads til kanalerne på gulvet. Kanalføringen under loft er dog at foretrække af hensyn til den fri passage i rummet.

Pladsbehov

For at kunne bestemme pladsbehovet for hver komponent er det vigtigt at kende pladsbehovet for passage og de mest pladskrævende drifts- og vedligeholdsarbejder. Ved fastlæggelse af lofthøjden skal der tages hensyn til, at driftspersonalet skal kunne færdes helt oprejst i rummene uden fare for at støde hovedet mod kanaler mv., og at der skal være plads til vedligeholdelsesarbejder over anlæggene.

Adgangsforhold

Adgangsveje til teknikrum bør udformes, så anlægsdele kan transporteres til og fra rummet uden indgreb i bygningen eller installationerne. Der bør være indendørs forbindelse til teknikrummet.

Møderum

Indretning og pladsforhold

Der beregnes almindeligvis ca. 15 m² møderum til 6-8 deltagere og ca. 30 m² til 12-18 deltagere. Rummets udformning skal tilpasses behovet for indbyrdes kontakt mødedeltagerne imellem. Rummet bør derfor ikke have en længde, der er over 2 x bredden (20.17).

Dagslysforhold og udsyn

Møderum skal opfylde kravene i Arbejdsministeriets bekendtgørelse om faste arbejdssteders indretning (20.8) og betragtes som et arbejdsrum. Møderum bør derfor

indrettes med dagslys, og der bør være udsyn til det fri. I mødelokaler, hvor der fortrinsvis er envejskommunikation, skal vinduer placeres således, at dagslyset falder ind fra siden på foredragsholderen, og tilhørerne. Af hensyn til fremvisning af film, dias mv. skal mødelokalet indrettes med mørklægningsgardiner.

Belysning

Møderummet skal forsynes med en belysning, som sikrer god opfattelse af ansigtsudtryk og god læsbarhed af materialer på bord uden blanding. Det er hensigtsmæssigt med en særbelysning, fx nedhængte pendler over mødebordet og særskilt tavlebelysning. Af hensyn til ændringer i brugen af rummet bør nedhængte pendler let kunne hæves eller flyttes. Belysningen i rummet bør kunne tænde og slukke individuelt samt dæmpes. Se endvidere kapitel 32: "Belysning".

Luftkvalitet og ventilation

Ved planlægning af mødelokaler skal der specielt tages hensyn til personbelastningens indflydelse på varme og luftkvalitet. Der skal desuden tages hensyn til varmeafgivelse fra AV-udstyr mv. og belysningen. Der er et ventilationsbehov på mindst 8 l/s pr. person. Skal lokalet også kunne rumme rygere, vil ventilationsbehovet være mindst 3 gange så stort. Ventilation og varme skal desuden kunne reguleres ud fra personbelastning og brug af lokalet.

Mekanisk ventilation skal udføres, så støjniveauet herfra maksimalt bliver 30 dB(A).

Akustiske forhold

Akustikken skal sikre, at tale let opfattes fra alle pladser i rummet. Efterklangstiden bør være mellem 0,6 og 1,0 s, størst i store rum.

Rummet skal desuden isoleres mod støj fra tilstødende lokaler, ligesom møder skal kunne foregå i fortrolighed, uden at personer i tilstødende lokaler kan følge med i samtalerne. Vedrørende krav til luftlydisolation henvises til kapitel 3: "Myn-dighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier".

Litteratur

- (20.1) Vejledning om storkøkkener. Arbejds miljøfondet og Branchesikkerhedsråd BSR 8, 9 og 11. København 1988.
- (20.2) Vejledning om stegeos og ventilation i restaurationskøkkener. Branchesikkerhedsråd BSR 8. København 1992.
- (20.3) Checkliste om storkøkkener. Arbejds miljøfondet og Branchesikkerhedsråd BSR 8 og 11. København 1992.

- (20.4) Valbjørn, O. Ventilation i industrien. 2. udg. SBI-anvisning 106. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1986.
- (20.5) Gasreglementet. Danmarks Gasmateriel Prøvning. Hellerup. Seneste udgave.
- (20.6) Vedel-Petersen, F. og Ranten, K. Plan i køkkenet. 2. rev. udg. SBI-anvisning 46. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1977.
- (20.7) Ranten, K. og Vedel-Petersen, F. Boligbebyggelser for alle. 2. rev. udg. SBI-anvisning 98. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1983.
- (20.8) Bekendtgørelse om faste arbejdssteders indretning. Bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992. Arbejdsministeriet. København 1992.
- (20.9) Badeværelser. Eksempler på planlægning, projektering og udførelse af badeværelser i nye og gamle boliger. SBI-anvisning 180. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1994.
- (20.10) Risikomomenter i undervisningen. 1991. Branchevejledning 9. Branchesikkerhedsråd BSR 12 og Arbejdsmiljøfondet. København 1991.
- (20.11) Bekendtgørelse om fastsættelse af kodenumre. Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 301 af 13. maj 1993. Arbejdstilsynet. København 1993.
- (20.12) Bekendtgørelse om arbejde med kodenumerede produkter. Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 302 af 13. maj 1993. Arbejdstilsynet. København 1993.
- (20.13) Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler. 4. udg. Dansk Standard DS 700. Dansk Standardiseringsråd. København 1986.
- (20.14) Arbejde med laserprintere og fotokopimaskiner. Branchesikkerhedsråd BSR 6. København 1991.
- (20.15) Hansen, T. B. Sundhedsskadelige stoffer i luften ved fotokopiering. Arbejdsmiljøfondet. København 1983.
- (20.16) Dinesen, J. Ventilationsrums størrelse, indretning og tilgængelighed. Dansk VVS, nr. 1, 1980.
- (20.17) Andersen, B. H. et al. Kontormiljø - problemer og planlægningsprincipper. SBI-meddelelse 14. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1982.

Del 7

Bygningsdele og byggevarer

21. Ydervægge

Myndighedskrav

Bygningsreglementet og BR-S 85 vedrørende varmeisolering af ydervægge og lydforhold.

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992 om indretning af faste arbejdssteder, vedrørende vægge m.m.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Ydervæggen som klimaskærm

Ydervæggen er sammensat af flere lag med hver deres funktioner og egenskaber. I indeklimasammenhæng er primært lydisolering, varmeisolering, varmekapacitet og de fugttechniske egenskaber relevante. Ydervæggen skal isolere mod støj udefra, og den må ikke forplante lyd mellem rummene. De indvendige overflader bør være robuste over for rengøringsmidler, lette at vedligeholde, muliggøre montage af inventar mv. og modstandsdygtige over for mekaniske påvirkninger som slag og stød.

Tung ydervæg

Den tunge, sammensatte ydervæg har gode fugt- og varmetekniske egenskaber. Den indvendige del af konstruktionen bliver ikke udsat for større temperatursvingninger, og massen er i stand til at akkumulere varme og på den måde udjævne virkningen af de indendørs varmebelastninger. Den tunge væg har den fordel, at den yder en bedre lydisolering end den lette.

Tegl og beton

Murværk af tegl har gode klimatekniske egenskaber, når det er forskriftsmæssigt udført. Tegl kan optage og afgive varme og fugt, og denne udligning af skiftende temperatur- og fugtbelastninger bidrager til at sikre et behageligt indeklima. Når murværk, trods teglens gode egenskaber, undertiden volder problemer, skyldes det fejl ved projektering eller udførelse.

Luftkvaliteten i indeklimaet kan påvirkes af den indvendige overflade af ydervæggen, se kapitel 13: "Vurdering af materialers betydning". Der er ikke afgørende forskelle på beton, tegl og andre materialer i ydervægge med hensyn til optagelse og afgivelse af gasser og dampe.

Der kan teoretisk forekomme små mængder af kondensvand i ydervægge af tegl eller beton. Det gør som regel ingen skade. Fugten opsuges i materialerne og transporteres ved kapillarsugning eller diffusion ud til overfladen og fordampes. Forhindres denne transport af konstruktionsmæssige grunde, kan det få særdeles ubehagelige følger for indeklimaet, som dermed vil være omgivet af en opfugtet ydervæg i længere perioder med risiko for, at der opstår mug- og skimmelvækst.

Let ydervæg

En let ydervæg kan være en sund og tør konstruktion. En væsentlig forudsætning er dog, at den fugtstandsede membran eller tilsvarende indvendige beklædning er tæt. Den udvendige beklædning, skalmur, plader eller brædder beskytter mod nedbøren og vinden. Bag denne klimaskærm bør der være et vindtæt lag. En ydervæg bør være så tæt, at et luftovertryk på væggen yderside svarende til 70 mm vand-søjle ikke medfører en større luftlækage end 2 m³/h pr. m² væg.

En let væg har kun ringe varmeakkumulerende evne og bidrager derfor kun lidt til at udjævne temperatursvingninger.

Hverken rengøring eller afgang af forureninger burde give anledning til problemer. Der findes pladebeklædninger, som i sig selv eller med præfabrikeret overfladebehandling er velegnede. Se i øvrigt kapitel 22: "Indervægge og indvendige vægoverflader".

Åbninger i ydervæggen

Ventilationslemme og udeluftventiler

De fleste lemme og udeluftventiler i ydervægge virker både som ventiler og som naturlige aftræk. Der findes flere forskellige typer. Den simple type, som alene består af en rist udvendig og en fjederstyret klap indvendig uden forbindende kanal imellem, er dårlig, da både nedbør udefra og vanddamp indefra kan absorberes i ydervæggen. Luften, der kommer ind ad risten, når vinden står på, eller der er undertryk i bygningen, fordeles ikke tilstrækkeligt.

De bedste udluftningsventiler fordeler luften radiært ud fra ventilen, hvilket giver minimale trækgener, og de er forsynede med lydisolering og insektnet. Se kapitel 30: "Ventilationssystemer og -anlæg".

Den udvendige rist og den indvendige, regulerbare rist bør sammenkobles med

en kanal, gerne med en anelse fald udad, så eventuelt kondensvand ledes bort fra rummet. Nogle typer har insektnet, og det er en fordel, forudsat at de let kan skilles ad og renses indefra. Det samme gælder riste indbygget i vinduesrammer.

Den udvendige montage af risten bør udføres med lige så stor omhu som montage af et vindue. I enfamiliehuse beskyttes risten i de fleste tilfælde af et tagudhæng, men når dette ikke er tilfældet, kan vinden presse regnvand ind i og omkring ventilationsristen. Denne risiko er større ved plane, glatte overflader end ved blankt murværk.

Ventilationsriste ud mod trafikerede veje eller andre støjkilder, bør være regulerbare, lydabsorberende og med tæt tilslutning.

Montage af døre og vinduer

Døre og vinduer skal principielt udgøre den samme beskyttelse af indeklimaet som den ydervæg, de er monteret i. Det gælder også samlinger mellem bygningsdelene. Fugen påvirkes både af vejrliget og indeklimaet og skal således være afvisende til to sider med forskellige påvirkninger. Den varme, fugtige indeluft skal hindres i at trænge ud og kondensere i og imellem bygningsdelene, og vind og nedbør skal hindres i at trænge ind udefra.

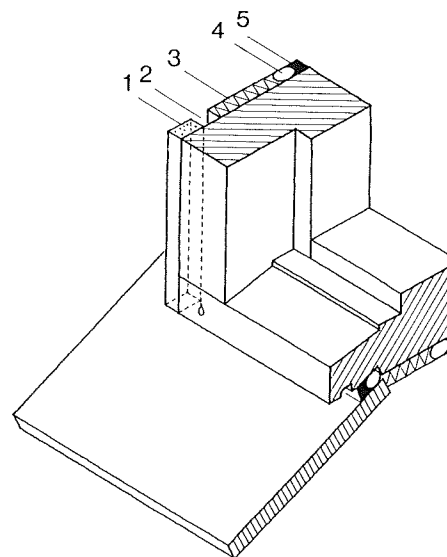
Den samlede fuge skal endvidere kunne være i stand til at optage komponenternes bevægelser som følge af temperatur- og fugtændringer. Et yderligere funktionskrav er fugens holdbarhed. Det skal tages i betragtning, at levetiden for en udvendig fuge er betydelig kortere end for både de omgivende komponenter og den indvendige fuge. Derfor bør den udvendige fuge være let at reparere og udskifte.

Ettrins- og totrinstætning

Generelt er fugens formål i forhold til indeklimaet, at der ikke opstår trækgener ved vinduer og døre, at tætningen samtidig øger lydisolationen, og endelig at både indefra og udefra kommende fugt ikke hober sig op og giver negative påvirkninger i de omgivende bygningsdele og komponenter.

Ettrinstætningen er den mest risikable. Den ideelle funktion stiller store krav til materialer og udførelse, og den bør derfor normalt ikke anvendes.

Totrinstætningen består af flere lag med adskilte funktioner. Yderst en regnskærm, inderst en diffusionstæt vindskeerm, og imellem disse skærme et varmeisoleret trykkudligningshulrum. Regnskærmens funktion er at afvise størsteparten af nedbøren. Den mindre del af regnen, som trænger igennem, vil løbe ned på bagsiden af regnskærmen og dryppe af foran fugen under bundkarmen. Bundkarmens fuge skal placeres tilbagetrukket i forhold til de lodrette fuger. Inderst, en anelse tilbagetrukket for karmen, anbringes, i samme plan, den fugemasse som diffusions- og vindtætnet, se figur 21.1.



Figur 21.1. Totrinsfuge mellem vindueskarm og vinduesfalse: 1) Regnskærm yderst i fugen. 2) Trykkudligningskammer med afløb til det fri ved underkarm. 3) Stopning med mineraluld. 4) Kunststoffliste. 5) Vindtæt fugemasse.

Checkliste

- forplantning af lyd
- lydisolation
- varmeisolation
- kuldenedfald og stråling
- akkumulering af varme
- udluftningsventiler
- tætning ved dør og vinduer.

Litteratur

- (21.1) Zachariassen, H., Brandt, A. og Kjær, A. Facadefuger. Udformning og materialer. SBI-anvisning 177. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1993.

22. Indervægge og indvendige vægoverflader

Myndighedskrav

Bygningsreglementet og BR-S 85 vedrørende vådrum og vedrørende afgivelse af gasser, dampe, partikler og ioniserende stråling, specifikt formaldehyd, asbest og mineraluld.

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992 om faste arbejdssteders indretning, vedrørende vægge m.m.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Generelt

Dette kapitel behandler de indervægstyper, som danner rum, hvor det er relevant at stille brand-, lyd-, lys- og fugtmæssige krav til indeklimaet. Således er fx skærm- og skyde-/foldedørsvægge ikke omfattet. Der behandles tunge vægge af beton og tegl, lette vægge af letbeton og pladebeklædte skeletkonstruktioner.

De tunge indervægge hviler direkte på etageadskillelserne, hvilket de lette også burde for at undgå lydtransmission, men ofte vælges det at bygge skeletkonstruktionerne op på den opklodsede gulvkonstruktion, som dermed er gennemgående fra rum til rum.

Uanset om det er en tung eller let væg, vil der altid optræde samlingsdetaljer med tilstødende bygningsdele, og døre vil bryde vægfladerne.

Overfladebehandling

Der henvises til Malerfagligt behandlingskatalog MBK (22.1) samt til kapitel 34: "Spartel- og fugemasser, lim, maling og lak".

Det frarådes at vælge tapet eller beklædninger med strukturrige overflader. De samler støv og andre forureninger med efterfølgende behov for rengøring og senere vedligeholdelse.

For at udnytte dagslyset og belysningsanlægget effektivt og undgå blændingsgener, ønskes normalt lyse og matte rumoverflader, se kapitel 32: "Belysning". Det er endvidere vigtigt, at indervæggens overflader er robuste over for brugspåvirkninger for at bevare et vel vedligeholdt udseende, og for at undgå hyppige efterbehandlinger, der vil påføre indeklimaet nye afgangninger fra maling og lignende.

Døre

I forhold til indeklimaet er det primært dørens lydisolations, der er interessant. Lydisolationen afhænger ikke alene af døren (dørblad og karm), men i lige så høj grad indbygningsdetaljerne, og især tætheden imellem dør, karm, væg og gulv. Overfladebehandlingen udføres oftest på fabrik og vil som regel kun kortvarigt påvirke indeklimaet.

Lydisolerende døre fremstilles med klassebetegnelserne 30 dB dør, 35 dB dør og 40 dB dør, svarende til bygningsreglementernes krav til luftlydisolationen på henholdsvis $R'_{w} = 27$ dB, $R'_{w} = 32$ dB og $R'_{w} = 37$ dB. Se også (22.2) og (22.3).

Beton

Projektering

De fleste betonelementer, der fungerer som indervægge i bolig- og erhvervsbyggeri, har deres primære opgave i forbindelse med bærende, stabiliserende og/eller brandadskillende funktioner. De er tunge, tætte og svært bearbejdelige efter opstillingen.

Fugt

Beton som indervægge er ikke særlig fugtabsorberende, dog skal de som øvrige vægge udføres, så de kan modstå/afvise normalt forekommende mekaniske og kemiske påvirkninger i vådrum.

Lyd

Vægges samlinger med de omgivende bygningsdele har afgørende indvirkning på luftlydisolationen. Døre og eventuelt vinduer, der monteres i væggene, vil generelt svække luftlydisolationen.

I fleretages beboelsesbygninger, hoteller, kollegier og plejehjem kan Bygningsreglementets krav om luftlydisolation på mindst 52 dB mellem to beboelsesenheder og mellem beboelsesenheder og andre rum opfyldes ved anvendelse af betonvægge med en tykkelse på mindst 150 mm. Der bør projekteres med bedre lydisolations end mindstekravet i Bygningsreglementet, se kapitel 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier".

Udførelse

Fugt

Betonelementerne bør sikres mod fugtphobning på byggepladsen før og efter montage. Efter montagen er det begrænset, hvad der bliver tilført af byggefugt i form af udstøbninger. Til gengæld venter der en lang udtørningsproces på grund af den fugt, betonelementerne er født med.

Lyd

For at opnå den maksimale luftlydisolation skal elementvæggene have tætte samlinger. Udsparinger i vægge, fx til installationsfremføringer, formindsker lydisolationen. Når elementvæggene ikke er bærende, er det vigtigt at sikre, at nedbøjningen af den overliggende etageadskillelse ikke belaster dem, i modsat fald vil det øge transmissionen af lyd via flanker.

Drift*Rengøring*

Betonelementer vil sjældent være udsat for forurening, der har blivende negativ virkning efter at huset er taget i brug. Da de er homogene og har en sluttet form, medbringes ingen urenheder. De urenheder, der eventuelt er blevet påført elementerne fra fabrik til endelig opstilling, vil blive fjernet i forbindelse med overfladebehandlingen, idet MBK-beskrivelserne omfatter udførelsens kvalitet fra overtagelse til opfyldelse af de stillede udfaldskrav.

Opmærksomheden skal dog henledes på den del af væggen, som vil befinde sig over de nedhængte lofter. Denne vægdel vil sjældent blive rengjort på samme måde som den øvrige del. Hvis den ikke er blevet overfladebehandlet, kan der være rester af cementslam i tørret og mindre vedhæftet form. Endvidere kan der være borestøv fra skæringer til ventilationskanaler, montage af kabelbakker og anden rørinstallation samt støv fra rummet.

*Tegl***Projektering***Fugt*

En af teglens fornemste egenskaber er at kunne optage og afgive fugt - under forudsætning af, at fugtbelastningen ikke er vedvarende. I vådrum skal væggene derfor forsynes med vandtæt lag og beklædes med vandafvisende beklædninger, hvor de er direkte udsatte for vandpåvirkninger.

Lyd

Vægge af tegl med en densitet på mindst 1600 kg/m³ og fyldte fuger, pudset eller fuget i 1-stensbredde, kan opfylde Bygningsreglementets krav om en luftlydisolation på mindst 52 dB mellem etageboliger samt i hoteller, kollegier og plejehjem.

Kravet om en luftlydisolation på mindst 55 dB mellem sammenbyggede enfamiliehuse kan opfyldes med teglstensvægge med en tykkelse på 1½ sten.

Udsparinger i vægge formindsker lydisolationen, ligesom samlinger med omgivende bygningsdele har afgørende virkning på luftlydisolationen.

Overfladebehandling

Indervægge af tegl uden overfladebehandling bør udføres med skrabet fuge. Teglets overflade er i sig selv lukket og glat, men fugerne udgør en stor del af overfladen, og de samler støv, der er vanskeligt at fjerne.

Udførelse

Fugtigt vejr kan trække langvarige, negative spor efter sig i det ibrugtagne hus. Det er nødvendigt at beskytte teglstenene mod unødigt opfugtning på byggepladsen. Det kan ikke undgås at tilføre vand med opmuringsmørtlen og pudsmørtlen - og *det* er teglindervæggens "last" i nutidigt byggeri, hvor byggetiden ofte er forceret - og hvor der ofte ikke sættes tid af til udtørring.

Afsyring af teglvægge skal udføres forskriftsmæssigt med forvanding og eftervanding, så syren ikke opsuges i væggene. Herved undgås, at syredampene senere giver anledning til luftvejsirritation.

Drift*Rengøring*

Rengøringen er uafhængig af den valgte overfladebehandling. Finpuds, spartling, glasvæv eller filt med plastmaling kan støvsuges og aftørres og til en vis grad skumrensens eller afvaskes. Hvor den øverste del af væggen dækkes af nedhængte lofter, bør overfladebehandling ikke undlades, i modsat fald vil "overvæggene" opsamle støv, der fra tid til anden vil drysse.

Vedligehold

Pudsede, tapetserede eller malede teglvægge er sjældent udsat for større nedslidning. Størst risiko for nedslidning opstår typisk på fremspringende hjørner. Ved udsatte hjørner bør der monteres hjørnejern i pudsen. Hvis dørstoppere undlades, kan dørgreb slå hul i overfladen, og endelig bør der monteres fenderlister, hvor rullevoerne og lign. kan forårsage skrammer i overfladen.

Ved ibrugtagning, eller efter renovering, bør rummet ventileres godt i flere dage, da puds og tegls adsorberende evne er stor, hvilket kan betyde, at afgangningen fra spartelmasse og maling strækkes over længere tid.

*Letbeton***Projektering**

Ved letbeton forstås i denne forbindelse porebeton og letklinkerbeton anvendt til bagmur, skillevægge og adskillende vægge mellem boliger.

Fugt

Letbetonemner tåler i pudset, spartlet og/eller tapetseret udførelse normal rumfugt. I vådrum skal der udføres vandafvisende beklædning og/eller overfladebehandlinger mindst svarende til bygningsreglementernes krav.

Lyd

Letbetonvægge anvendes almindeligvis i tykkelser fra 75 til 150 mm. De kan som andre tynde og stive vægge give flanketransmission, der især viser sig ved lodret transmission mellem boliger/kontorer i bygninger med flere etager. Det bør sikres, at nedbøjede dæk ikke belaster letbetonvægge, idet dette vil medføre øget flanketransmission og risiko for revnedannelser, som vil nedsætte væggenes luftlydisolation.

Vægge af letbetonblokke skal opmures med fyldte fuger og eventuelt overfladetættes ved pudsnings og/eller spartling. Væggenes samlinger med omgivende bygningsdele har afgørende indvirkning på luftlydisolationen. Det skal sikres, at samlingerne forbliver tætte.

Udsparinger i indervægge bør begrænses mest muligt. Afløbsrør fra håndvaske bør kun indfræses, når væggen forsynes med tætnende flisebeklædning eller tilsvarende. Udfræsningens dybde bør højst være 40 mm. Efter montage af installationer skal der udfyldes med tæt mørtel omkring de indfræsedede emner. Udtag til el-, antenner og telefoninstallationer må ikke placeres ud for hinanden i samme vægdel, men forskydes mindst 50 cm.

Enkeltvægge af letbeton kan anvendes som adskillelser mellem rum, hvor bygningsreglementernes ikke stiller krav om luftlydisolation, eller hvor brugeren ikke har stillet særskilte krav. Lydisolationer for enkeltvægge af letbeton med en densitet på 1600 kg/m³ kan i princippet sammenlignes med teglvægge, men flanketransmissionen er ikke ens for de to materialer.

Dobbeltvægge anvendes, hvor bygningsreglementerne eller bygherren stiller krav om luftlydisolation på mindst 60 dB, fx imellem en beboelsesenhed og rum, der anvendes til fælles servicefunktioner eller til erhvervsmæssig virksomhed, samt imellem to undervisningsrum for sang, musik eller sløjd og mellem et sådant og andre undervisningsrum.

Dobbeltvægge kan opfylde dette krav, forudsat at de to vægdele er fuldstændig adskilte, og at alle samlinger med omgivende bygningsdele udføres så flanketransmission forhindres.

Ofte udføres vægge af letbeton med 50 mm mindre hulrumsdybde end foreskrevet, fx 360 mm væg af 2 × 150 mm porebeton, eller 310 mm væg af 2 × 100 mm letklinkerbeton. Lydisolationen vil i så fald reduceres til 55 dB, hvor bygningsreglementerne kræver 60 dB.

Luftlydisolationen for en dobbeltvæg med stive forbindelser mellem vægdelene kan blive mindre end for en enkeltvæg med samme masse pr. arealenhed. Jo lettere væggen er, desto større er risikoen for, at bygningsreglementernes krav ikke nås.

Det anbefales at lydisolering projekteres og udføres med højere dB-værdier end bygningsreglementernes minimumskrav.

Overfladebehandling

Letklinkerbeton kan pudses med kalk-cementmørtel eller gipsmørtel. Det er en fordel, hvis blokke eller elementer er monteret nøjagtigt, så det kan undgås at påføre for tykke pudslag til udligningen af unøjagtighederne. Derved begrænses fugttilførslen til bygningen.

Det færdige pudslag kan efterfølgende tapetseres og/eller males, se kapitel 34: "Spartel- og fugemasser, lim, maling og lak".

Helvægge af letbeton har normalt et fugtindhold på ca. 20 vægtprocent ved levering på byggepladsen og bør udtørres til 8 procent, før overfladebehandling eller beklædning udføres. Denne udtørring medfører et svind i materialerne på 0,05-0,08 pct. Der kompenseres for svindet ved dilatationsfuger pr. højst 15 m. Stød- og hjørnesamlinger skal armeres med glasfiberstrimler.

Efterfølgende spartles og grundes med plastgrunder. Der kan males direkte på den bundbehandlede overflade, opsættes tapet eller glasvæv. Endelig kan overfladen fuldpartles, slibes, grundes og males. Det anbefales, at overfladen kan rengøres med vand.

Udførelse

Blokke og elementer, der leveres til almindelig oplagring på byggepladsen, skal fugtisoleret mod jord og afdækkes mod nedbør. Selv når emnerne håndteres direkte fra lastvogn til montagestedet, skal emnerne beskyttes mod unødigt opfugtning til bygningen er lukket.

Opmuring og opstilling af blokke/elementer bør foretages på fugtsikkert underlag, og understøbning skal udføres omhyggeligt og tæt - også efter fjernelsen af midlertidig opkiling.

*Gipspladevægge***Projektering**

Gipskartonplader, i daglig tale kaldet gipsplader, har en kerne af gips omgivet af karton og bruges til beklædning af vægge opbygget med et skelet af trælægter eller stålprofiler.

Den mest almindelige vægkonstruktion består af et skelet af stålprofiler udfyldt med mineraluld og beklædt med gipsplader. Denne konstruktion har i de sidste 25 år vundet indpas i byggeriet som en økonomisk og fleksibel løsning. Skelettet opbygges af skinner og stolper og monteres til gulv og loft. Skinnerne er på bagsiden forsynet med filt. Stolperne har huller til fremføring af el-installationer. Væggene kan være enkelte eller dobbelte og beklædt med en, to eller tre plader på begge sider.

Fugt

Gipsplader har så små fugtbevægelser, at der normalt ikke tages hensyn til dem ved projektering. Gipsplader har en lille modstand (z -værdi) mod vanddampdiffusion, og der skal derfor som regel anbringes en fugtspærre på isoleringens varme side, når gipspladen bruges til beklædning af en ydervæg. Gipspladerne har en god lufttæthed, men samlingerne skal udføres omhyggeligt for at opnå fuld tæthed.

Gipsplader kan anvendes til vægge omkring våde rum, når producentens anvisninger og mk-godkendelser respekteres. Det er vigtigt at bemærke, at når en gipsplader udgør ydervæggen i et vådrum, skal det vandtætte lag fungere som fugtspærre, idet der ikke må anbringes en plast-/aluminiumsfolie bag gipspladen. Hvis det vandtætte lag også skal udgøre det diffusionstætte lag, skal z -værdien af overfladebehandlingen være mindst $50 \text{ GPa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$.

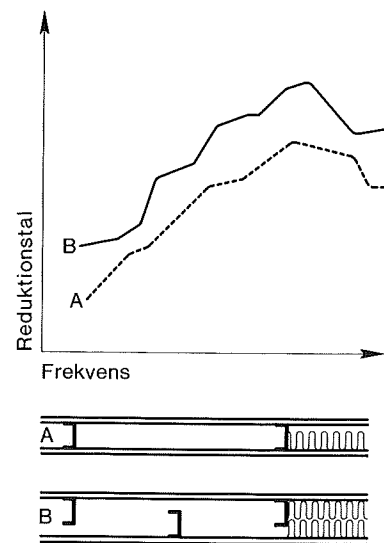
Lyd

Når gipsplader har vundet så stor udbredelse som byggemateriale, er det blandt andet fordi der kan opnås en god lydisolationskonstruktion med forholdsvis lette og fleksible konstruktioner. Det skyldes især den indre dæmpning i materialet og den relative høje massefylde.

Til lydisolierende konstruktioner skal anvendes glatte uperforerede gipsplader med tætte samlinger. Også samlingerne ved andre vægge, gulv og installationer skal udformes og udføres, så de er permanent tætte. Gipsplader er i denne forbindelse lette at have med at gøre, da dimensionsændringen ved ændrede temperatur- og fugtindhold er meget lille.

Som "lydvæg" anvendes dobbelt skeletkonstruktion. Tre faktorer er væsentlige ved optimering af lydisolationen: uafhængigheden mellem de to delkonstruktioner, afstanden mellem de to tætte pladelag og lydabsorptionen i hulrummet.

De laboratoriemålte værdier strækker sig fra 32 dB for en enkelt skeletvæg med én plade på hver side og uden mineraluld til 66 dB for en dobbelt skeletvæg med tre plader på hver side og mineraluld i hulrummet, se figur 22.1.



Figur 22.1. Lydreduktion for gipspladevægge.

Overfladebehandling

Gipsplader til glatte vægge leveres med en forsækning, ca. 5 cm ind fra pladekanterne. Det muliggør en opbygning af en armeret spartelsamling til plan flade, som i træk- og forskydningsmæssig henseende stort set har samme styrkeegenskaber som selve pladen. Den hygrottermiske stabilitet og styrken af spartlede samlinger forhindrer tilsammen at der kommer revner. Alligevel foretrækkes det ofte at strimle samlingerne med glasfiberfilt, hvis ikke pladerne som helhed tapetseres med glasfibervæv og males. Malingstyper og behandlinger, se (22.1). I øvrigt henvises til kapitel 34: "Spartel- og fugemasser, lim, maling og lak".

Drift

Robusthed

Gipspladernes styrke svarer til pudsede vægflader. Gennem valg af overfladebehandling kan robustheden varieres. En solid malerbehandling på basis af en tapetsering med glasfibervæv/filt, vil give en større robusthed end simple behandlinger med fx to gange acrylplasmaling.

I bygninger med kraftig brugspåvirkning, fx erhvervsbyggeri med trucktrafik, hospitalsbyggeri med sengetrafik, eller områder udsat for hærværk, kan et kraftigere stålskelet beklædt med to eller tre lag plader øge robustheden. Også montering af fendere og hjørnejern kan gavne.

Vedligehold

Hvis der observeres fugtskjolder eller andre tegn på opfugtning af en gipsplade, bør årsagen straks findes, og fejlen afhjælpes. Gipspladen og det bagvedliggende mineraluld udskiftes eller tørres hurtigt. Det ubehandlede paplag på gipspladen angribes nemlig let af skimmelsvampe af en type, der kan give alvorlige indeklimaproblemer.

Checkliste

- total lydisolation inklusive døre og samlinger
- minimal produktions- og byggefugt før behandling og beklædning
- minimal struktureret overflade
- brydning af lyd- og kuldebroer mod ydervæg
- lydtætte gennemføringer
- forskudt placering af modstående udtag for el- og telefoninstallationer
- afleveringsrengøring af vægge over nedhængte lofter
- forholdsregler mod svind i letbetonprodukter
- forbedring af overflade ved belastende funktioner, fx trafik eller transport.

Litteratur

- (22.1) Malerfagligt behandlingskatalog MBK. Dansk Teknologisk Institut. Overfladeteknik. Taastrup 1984.
- (22.2) Døre. Lydisolation. Klassifikation. Dansk Standard DS 1082. Dansk Standardiseringsråd. København 1982.
- (22.3) Kristensen, J. Bygningers lydisolering. Nyere bygninger. SBI-anvisning 172. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1992.

23. Trapper

Myndighedskrav

Bygningsreglementet vedrørende minimumsmål primært i relation til sikkerheden og komfort samt krav til efterklangstid.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Funktionelle krav

Trappen bruges af alle, og det medfører støj, slid, snavs, og eventuelt lugt. Det skal der tages hensyn til ved projektering af trapper og trapperum. Trappen bør fremtræde velbelyst, ren og i vedligehold stand.

Lyd

Lydene, der skal tages hensyn til, er *luftlyden*, som transmitteres imellem de rum, som trappen forbinder, *trinlyden*, som opstår, når trappen benyttes og den eventuelt afledte lyd, *flanketransmissionen*, som kan forplante sig fra trin, vanger, reposer og omgivende vægge til naborummene. Endelig er *efterklangstiden* en væsentlig parameter, se kapitel 10: "Lydberegning". Da et trapperum typisk ikke er omgivet af lydabsorbenter, og dermed er et rum med lang efterklangstid, er det nødvendigt at lyddæmpe rummet, fx ved at montere lydabsorberende beklædninger på undersiden af reposer og trappeløb. Under trappeløb er beklædningen dog udsat for skader ved transport af møbler og inventar.

Trætrappen

Trætrapper bør udføres af vellagret træ. Ellers vil træet svinde med det resultat, at trinnenens indstemning i vangerne åbner sig, og det kan give mislyde ved brugen. Desuden kan der opstå åbninger, der samler snavs.

Ståltrappen

Stålets styrke og stivhed frister til frie konstruktioner uden fastgørelse til de omgivende vægge. Erfaringen har dog vist, at minimal-konstruktioner og uhensigtsmæssige samplingsdetaljer kan resultere i ubehagelige svingninger og trinlydsgener.

Betontrappen

Det er vigtigt, at vederlagene for reposerne, der oftest overfører kræfterne til de omgivende vægge i trappehuset, udføres lyddæmpende, så trappens svingninger ikke forplanter sig til de tilstødende rum.

Lugt

Lugt som mados og tobaksrøg stiger med varmen op til de øverste etager, hvor den slipper ind i rummene. Affaldsskakte skal være godt ventilerede og med tætte låger.

Belysning

Trapperum bør være velbelyste både af sikkerheds-, rengørings- og komfortmæssige grunde. Placeringen af lyskilderne er væsentlig, idet fejlagtig placering kan medføre ubehagelig blanding. Belysningsniveauet bør være mindst 50 lux.

Varme

Er der flere etager inden for samme lejemål, bør der være mulighed for at lukke mellem rum og trapperummet for at undgå u hensigtsmæssig lufttransport med varme- og lugtgener til følge.

Belægninger

Trappernes overflader bør være slidstærke. Med hensyn til belægninger henvises til kapitel 27: "Gulvbelægninger". Trapper er dog normalt mere udsatte end gulve. Det må anbefales at vælge vaskbare belægninger, pålagt i trinnets fulde udstrækning samt forkantlister, som er udformede og hæftet, så vaskevand ikke kan ophobe sig under belægningen. Da trapperum som regel er velventilerede, betyder materialernes afgasninger kun lidt. Belægninger med gummi bør dog undersøges for afgasning, da visse fabrikater har kraftig, ubehagelig lugt. Kokosmåtter med gummibagside opsamler snavs og fugt, der kan give lugtgener. Måtter af dette materiale bør kun monteres i størrelser som kan håndteres ved rengøring.

Snavs og rengøring

En lukket trappe med stødtrin holder støv og snavs inden for trappens begrænsning. Støvsugning og vask kan således foretages uden gene for den underliggende etage. Til gengæld har en lukket trappe mange hjørner, der kan være vanskelige at rengøre omhyggeligt. En åben trappe uden stødtrin er lettere at rengøre, men med risiko for at vand, støv og snavs falder ned til den underliggende etage.

Betontrapper bør vælges med hulkel på trin og reposer. Det begrænser spild af vaskevand på væggene og fremmer en hensigtsmæssig rengøring. Det bør tilstræbes, at afstanden fra trin og reposer til de omgivende vægge er tilstrækkelig stor til

at rengøring og vedligeholdelse af væggene kan gennemføres, men uden at der er risiko for at en fod kan komme i klemme. Kan dette kompromis ikke opnås, bør der udføres tætsluttende forbindelse mellem trappe og væg, uden at lydsvingninger overføres.

Checkliste

- trinlyd
- luftlyd
- flanketransmission
- efterklangstid
- opstigende lugte
- ventilation af affaldsskakte
- lyset i trapperummet
- slidstyrke/rengøring
- åben eller lukket trappe
- hensynet til vaskevand.

Litteratur

- (23.1) Kristensen, J. Bygningers lydisolering. Nyere bygninger. SBI-anvisning 172. Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm 1992.

24. Tag

Myndighedskrav

Bygningsreglementet og BR-S 85 vedrørende fugtforhold i og omkring tagkonstruktioner og varmeisolering.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Generelt

Erfaringen viser, at utætte tage og dårligt ventilerede tagkonstruktioner er årsag til mange og alvorlige indeklimaproblemer. Risikofyldte konstruktioner bør undgås. Komplicerede tagformer, hvor inspektion og vedligeholdelse er vanskelig, og kompakte skivekonstruktioner med små hældninger, kan forværre følgeskaderne, når utætheder opstår, fordi lækager først opdages, når de kan konstateres på de underliggende lofter. Da er det for sent, fordi der kan være sket en betydelig opfugtning af konstruktionen over en længere periode med råd- og svampeangreb til følge, eller "blot" skimmelsvampevækst, som i sig selv kan give alvorlige indeklimaproblemer.

Gennembrydning af tagflade

Gennembrydninger af tagflader i form af ovenlys, skorstene, antenner og diverse kanaler samt skotrender og kviste er potentielle kilder til utætheder, og en kompliceret udformning kan hindre ventilationen af tagkonstruktionen.

Afvandingssystemer

Afvandingssystemer har i tidens løb fristet til mange arkitektoniske eksperimenter, fra komplicerede indbygningsformer, hvor tagrender og nedløb skulle gemmes væk, til japansk inspirerede udformninger, hvor tagvandet skulle løbe synligt ned ad kæder i stedet for i lukkede nedløbsrør. Mange af udformningerne har ført til opfugtede ydervægge med mos- og algevækst i den varme årstid og tilstopning af afvandingssystemet i frostperioder. Disse tidstypiske afvandingssystemer har ofte været årsag til fugtskader i muraflutninger og ved tagfodens samlingsdetaljer.

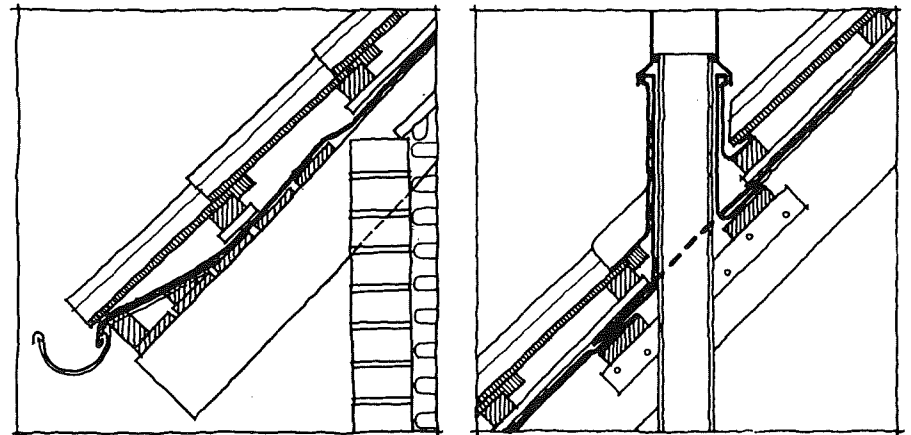
Det ideelle tag bør i sin geometri have en hældning med de laveste dele uden for ydervæggens begrænsning, hvor afvandingen bør finde sted.

Tagbeklædning

Tagklædningens struktur må ikke hindre tagvandets frie løb. Kviste, ovenlys, kanaler og skorstene må ikke virke som dæmninger. Taget skal kunne inspiceres i sin helhed både udefra og indefra. Og det skal samtidig være så robust, at denne færdsel kan ske uden midlertidige, stabiliserende hjælpemidler.

Tagkonstruktioner med tottrinsbeklædning, dvs. med et overtag af tegl, beton, tagsten eller skifer og et tæt undertag, kræver en effektiv ventilation på begge sider af undertaget. Undertaget afsluttes i tagrenden. En afslutning bag tagrenden bør kun anvendes, når tagudhængen har en markant afstand til facaden. Ellers er der risiko for opfugtning af den øverste del af ydervæggen.

Undertaget bør ved sin afslutning mod tagrenden understøttes af et fodstykke, dels for at opnå en jævn styring af vandet, dels for at skabe en jævn og ensartet luftspalte for ventilationsadgangen. Undertage bør vælges forholdsvis stive, ikke alene på grund af risikoen for nedbøjning, men også fordi lette undertage kan sættes i blafrende bevægelser af vindstrømmen. Det kan give ubehagelige lydgener, se figurene 24.1 og 24.2.



Figur 24.1. Undertaget ført til tagrende, understøttet af fodstykke og med effektiv

Figur 24.2. Omhyggelig inddækning og pasning af undertag ved gennembrydning af tagfladen.

Ovenlys

Kondensdannelser på undersiden af ovenlyskupler forekommer sjældent, når de transparente flader er opbygget af to lag. Det kan dog ske, at sammenbygningen mellem karmen og tagfladen ikke udføres tilstrækkelig varmeisoleret, og kondens dannes i så fald på karmen og/eller det tilstødende lysningspanel. Det giver grobund for mikroorganismer på et sted, hvor rengøring er sjælden.

Ovenlyset kan give generende kuldenedfald og trækgener, især hvor ovenlyset befinder sig over en høj skakt, fx i konstruktioner med nedhængt loft. I disse tilfælde må det anbefales at forsyne ovenlyskilden med et "støvglas" i plan med loftet.

Udførelse og drift

De mest risikofyldte konstruktioner er uden tvivl dem, hvor der er varmeisoleret mellem og under spærerne. Når ventilationshulrummet mellem undertaget og varmeisoleringsmaterialet er meget lille, kan en nedbøjning af undertaget føre til, at det kommer til at hvile på varmeisoleringen. Det kan føre til kondensdannelse med fugtophobning og gennemslag til vægge og lofter i de underliggende rum.

Tagklædninger og især samplingsdetaljer og inddækninger bør inspiceres årligt. Tagrender bør inspiceres og renses to gange årligt, efter løvfald og efter seneste frostdag.

Checkliste

- tagvand væk fra ydervæggen
- samplingsdetaljer og inddækninger
- inspektionsmulighed under tagbeklædningen/undertaget
- effektive ventilationsforhold
- ovenlys og kuldenedfald.

Litteratur

- (24.1) Andersen, N. E., Christensen, G. og Nielsen, F. Bygningers fugtisolering. SBI-anvisning 178. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1993.
- (24.2) Tagdækning. Retningslinier - specifikationer - detaljer. Anvisning nr. 18. Tagpapbranchens Oplysningsråd. Virum 1992.
- (24.3) Vejledning vedrørende oplægning af tegltage. Murerfagets byggeblade nr. 33. Murværkscentret. København 1991.

25. Vinduer og solafskærmning

Myndighedskrav

Bygningsreglementet og BR-S 85 vedrørende:

- lysningsarealets størrelse i forhold til gulvarealet
- fri passage af en vis størrelse ved redningsvinduer
- varmeisolering
- lydisolering, hvor det udvendige støjniveau er mere end 55 dB
- tilførsel af frisk luft gennem oplukkeligt vindue
- renhold af vinduer
- gode materialer og teknisk håndværksmæssig veludført arbejde
- vand- og fugtforhold.

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992 om faste arbejdssteders indretning, vedrørende vinduer m.m.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

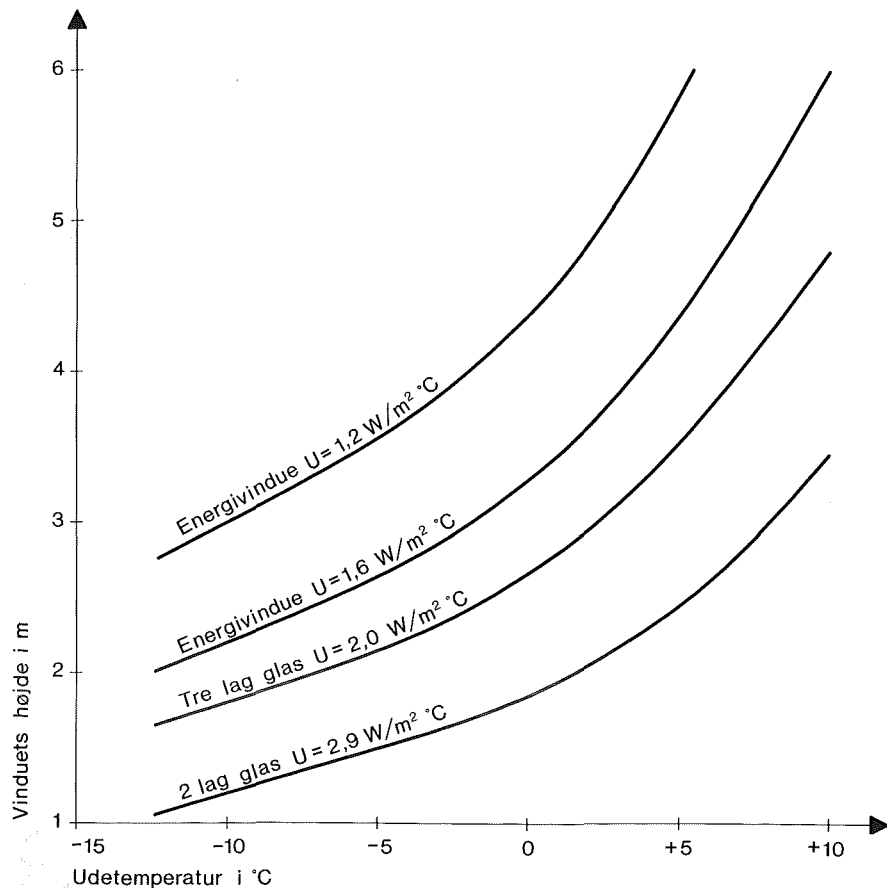
Vinduer

Kuldenedfald

Vinduernes højde og isoleringsevne har betydning for kuldenedfaldet. Almindeligvis dæmpes kuldenedfaldet ved at placere en radiator under fladen. Hvis radiatoren under et vindue med kuldenedfald kun dækker en mindre del af vinduets bredde, vil lufthastigheden i kuldenedfaldet fra den ikke-dækkede del blive forøget.

I figur 25.1 er vist sammenhørende værdier for højden af et vindue og udetemperaturen, som giver et kuldenedfald med en hastighed på 0,27 m/s ved den kolde flades underkant. Ifølge Norm for specifikation af termisk indeklima, DS 474 (25.1) vil dette svare til, at der vil blive en netop acceptabel lufthastighed i opholdszonen ca. 0,6 m fra vinduesfladen uden opvarmning under vinduet.

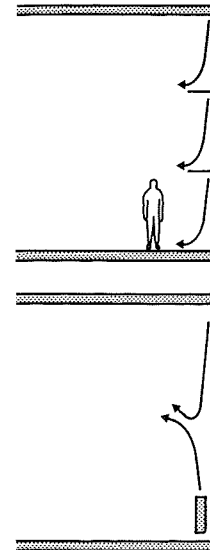
Opdeles vinduet med vandrette sprosser, som fører luften ind i rummet, skal de anbringes, så den kolde luft ikke rammer fx nakke og skuldre. På den anden side kan en opdeling med vandrette sprosser på ca. 10 cm bredde modvirke, at kuldenedfaldet bliver så stort, se figur 25.2.



Figur 25.1. Sammenhørende værdier for højde af et vindue og udetemperatur, der giver et kuldenedfald med en hastighed på 0,27 m/s ved den kolde flades underkant. Ved opholdszonen, dvs. i en afstand på 0,6 m fra den kolde flade, kan lufthastigheden normalt forventes at være aftaget til ca. 0,18 m/s (beregnet efter DS 474 (25.1)).

Stråling til kolde flader

For at sikre at langt de fleste personer ikke generes af stråling til en kold flade, må strålingstemperaturen ikke være lavere end 10 °C under rumtemperaturen, eller 6 °C hvis det er en permanent arbejdsplads. Opfyldes kravene i bygningsreglementerne om vinduers isoleringsevne, vil man normalt ikke overskride grænsen på 10 °C selv



Væg eller vindue kan forsynes med indvendige fremspring på ca. 10 cm bredde. Fremspringene bør lede luften ind i lokalet over opholdszonen.

Opvarmning ved radiatorer eller andet ved underkanten af den kolde flade kan modvirke kuldenedfaldet. Men der skal være sikkerhed for, at opvarmningen vil være i funktion, når der er kuldenedfald. Ofte er øvrige varmekilder tilstrækkelige til at holde en passende rumtemperatur, og radiatorerne er derfor ikke varme.

Figur 25.2. Afhjælpning af kuldenedfald fra store kolde vinduesflader (25.2).

ved placering tæt på vinduet, og der kan tillades et meget stort vinduesareal, op til ca. 80 pct. af facadearealet, uden at det giver anledning til generende stråling til den kolde flade. Klager over kulde skyldes snarere kuldenedfald, utætte fuger og lidt lavere lufttemperatur end i resten af lokalet. Der kan dog blive for lav operativ temperatur (vægtet luft- og strålingstemperatur) tæt ved vinduet. Dobbeltvinduer bør af den grund ikke være højere end 1,6 m, hvis der skal opnås acceptable forhold, når udetemperaturen er omkring -10 °C (25.1).

Man bør være opmærksom på glasarealer i atrier mv., hvor der ikke stilles så store krav til glassets isoleringsevne. Vinduer med et enkelt lag glas kan allerede ved en udetemperatur på 0 °C give generende kuldestråling, hvis arealet af vinduet er større end ca. 2,5 m². Vedrørende beregning af strålingstemperaturforhold se (25.1).

Solindfald

Gennem en rude med to lag almindeligt, klart glas passerer op til 80 pct. af solens stråler. Det betyder, at der om sommeren kan tilføres et rum op til ca. 600 watt pr. m² glasareal. I kapitel 9: "Beregning af termisk indeklima" ses det totale solindfald plus det diffuse solindfald gennem en almindelig uafskærmet dobbeltrude (øst, syd, vest og nord) (25.3).

Ventilation

Ønskes det, at den fornødne udelufttilførsel skal foregå ved brug af udeluftventiler og udluftning ved at åbne vinduerne, skal det kunne ske uden trækgener. Den opblandede infiltrationsluft skal have en lufthastighed på under 0,15 m/s og en temperatur på mindst 21 °C i opholdszonen. I kapitel 30: "Ventilationssystemer og -anlæg" er opgjort anvendelsesområder for naturlig ventilation med vinduesudluftning samt fordele og ulemper. Med en god indstillingsmulighed kan der opnås et luftskifte på 0,5 gange i timen ved det tætte vindue, og indtil 10 gange i timen ved konstant gennemluftning. Et luftskifte på indtil 1 gang i timen kan i mindre rum opnås uden trækgener ved fornuftig møblering. Med jævnlige gennemluftninger kan der i gennemsnit opnås det dobbelte.

Vælges en løsning med vinduesudluftning kan vinduets konstruktion og udformning få indflydelse på i hvor høj grad, der vil være trækgener. Bundhængte vinduer giver mindre træk end sidehængte vinduer, fordi udeluften, der oftest er køligere end rumluften, ledes mod loftet væk fra opholdszonen.

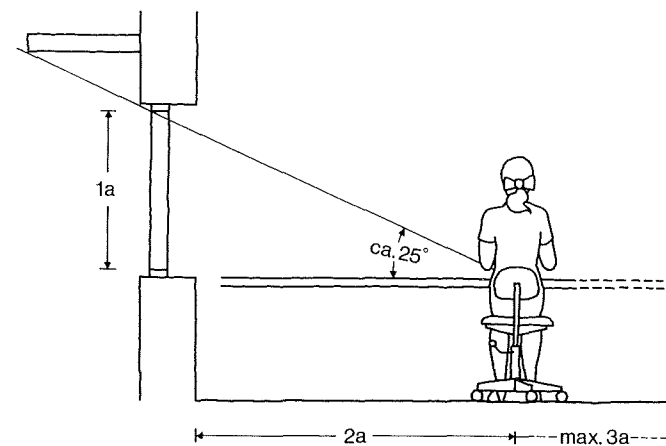
Dagslys

I mange mindre lokaler kan man klare sig med dagslyset alene størstedelen af dagen, og dagslyset foretrækkes oftest frem for kunstig belysning. Vinduer og ovenlys bør udformes, så dagslysadgangen bliver så jævn som muligt og dagslysfaktoren så stor som muligt. Angående beregning af dagslys, se kapitel 11: "Belysnings- og dagslysberegninger".

Lyssætningen af et rum er en balancekunst, der ikke kan gives nøjagtige regler for. Vinduernes placering, udformning og størrelse har stor betydning for dagslyset i rummene. I det følgende gennemgås nogle forhold, man skal være opmærksom på, når bygningerne planlægges og vinduesudformningen vælges.

Vindueshøjder og rumdybder

Dagslysets styrke aftager hurtigt, når man bevæger sig bort fra vinduet. Med en normal vindueshøjde på ca. 1,20 m og en brystningshøjde på 0,90 m kan arbejdspladser generelt ikke placeres længere inde i rummet end 3 m, hvis man skal bruge dagslys som arbejdslys (25.4). Man kan afgøre om det er muligt at læse og skrive ved dagslys ved at undersøge hældningen af en linie fra personen til lysåbningens overkant - dvs. overkanten af vinduesglasset, underkanten af fast solafskærmning eller murfremspring, alt efter bygningens udformning. Linien fra arbejdsbordet midt ud for personen til lysåbningens overkant skal mindst have en hældning på 25°. Det svarer til, at afstanden fra personen til vinduet maksimalt må være dobbelt så stor som lysåbningens højde, se figur 25.3. Ved særligt gode lysbetingelser, fx med lyse vægge som reflekterer en stor del af lyset, kan hældningen gå ned til 18°.



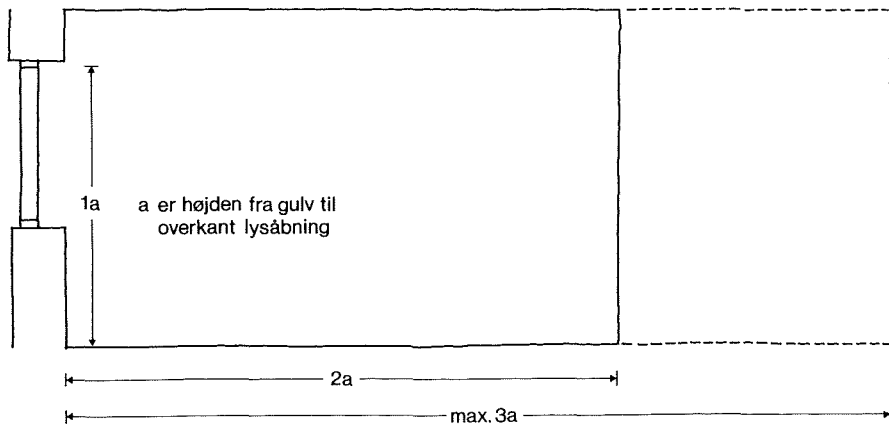
Figur 25.3. Man kan normalt arbejde ved dagslys, hvis afstanden fra personen til vinduet maksimalt er dobbelt så stor som lysåbningens højde.

Glassets transmittans ved forskellige glastyper

En 2-lags termorude med almindeligt glas har en transmittans på ca. 80 pct., dvs. at 80 pct. af lyset passerer gennem ruden. Anvendes glastyper med mindre transmittans, bør glasarealet forøges i forhold til ovennævnte retningslinier for etablering af velbelyste rum. I tabel 25.1 gives eksempler på forskellige glastyper og deres transmittans.

Tabel 25.1. Forskellige ruder og deres transmittans af dagslys. Glasafstand 12 mm (25.3).

Rudetype	Transmittans, pct.		U-værdi, W/m ² · °C	
	Lys	Solvarme	Luftfyldt	Argonfyldt
Almindeligt glas				
2 lag	0,80	0,76	3,0	2,8
3 lag	0,72	0,67	2,0	1,9
Lavemissionsglas				
2 lag	0,77	0,65		1,6
3 lag	0,70	0,60		1,2
Absorberende glas				
2 lag	0,48	0,56	3,0	



Figur 25.4. En god lysfordeling i rummet opnås, når forholdet mellem højde fra gulv til overkant af lysåbning og rumdybde ligger mellem 1:2 og 1:3 (25.4).

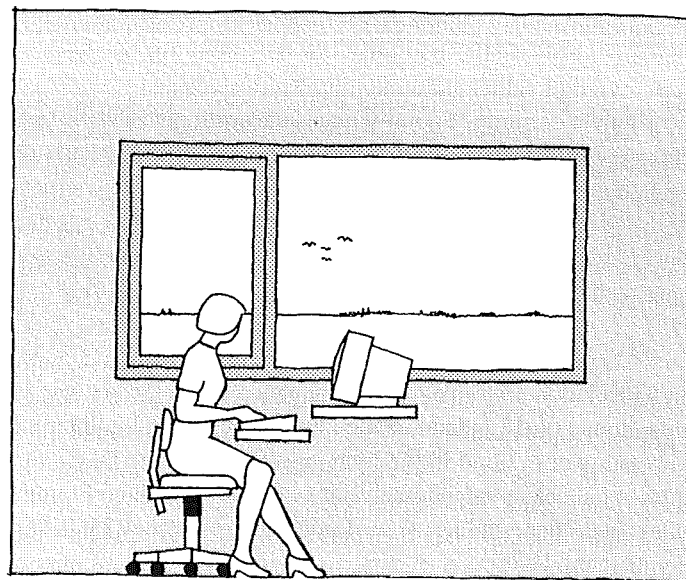
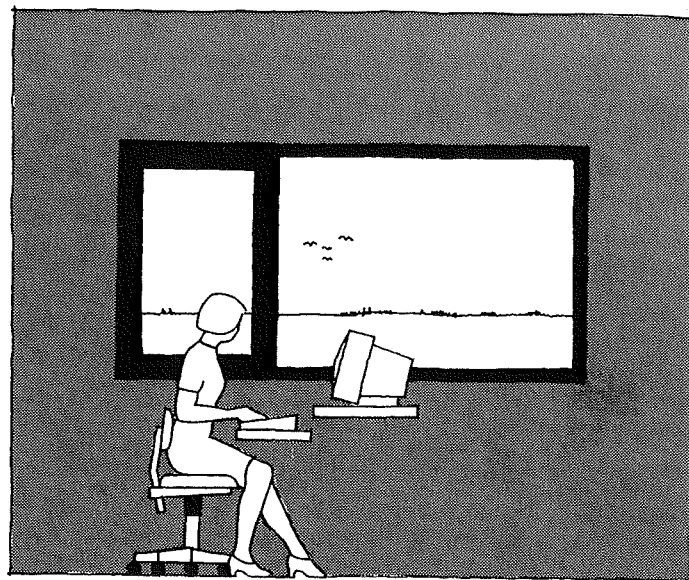
Lysfordeling i rum

Af hensyn til lysfordelingen i rummet kan man som tommelfingerregel regne med, at forholdet mellem højden fra gulv til overkant af lysåbningen og rumdybden bør ligge mellem 1:2 og 1:3, se figur 25.4. Der regnes med normalt vindue placeret med mulighed for udsyn.

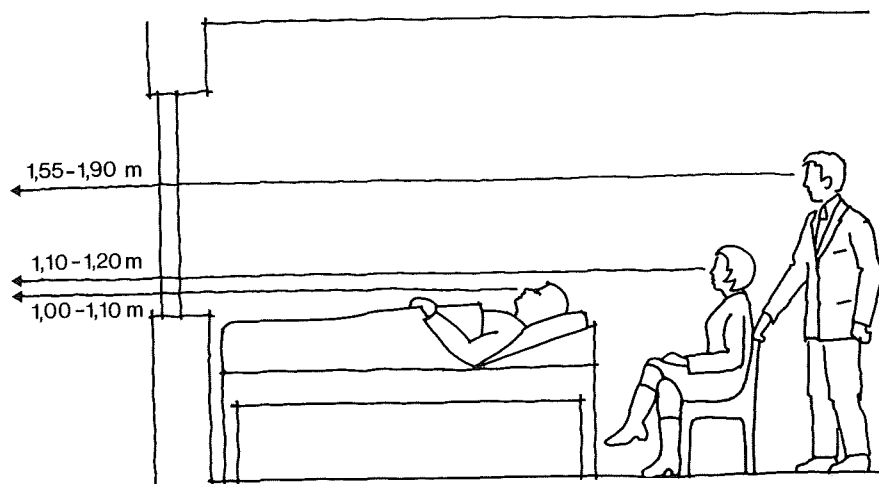
Vinduer i tagfladen giver et stort dagslystilskud i forhold til glasarealets størrelse og kan derfor medvirke til særdeles gode dagslysforhold, men de giver ikke mulighed for udsyn. Tagvinduer i stort omfang kan dog være problematisk, da taget er den mest udsatte del af klimaskærmen i forhold til sol- og kuldepåvirkning. Ved normal etagehøjde vil et større glastag være vanskeligt at skærme tilstrækkeligt for solen, rummet vil blive udsat for kraftig varmebelastning, og i kolde perioder vil der være risiko for kuldenedfald.

Blænding

I byggerier, hvor der vælges mørke vindueskarme eller -rammer, fx sortbejdset træ eller mørk aluminium, vil der "sluges" en masse dagslys, samtidig med at der er risiko for generende blænding. Det er lettere at skabe gode dagslysforhold i rum, hvor vinduesplader, rammer, karme, lysninger og vinduesvægge er lyse, se figur 25.5. Risiko for blænding kan også mindskes ved valg af vinduers størrelse og form. To eller flere små vinduer giver mindre blænding end ét stort vindue med samme areal.



Figur 25.5. Mørke vinduesrammer og karme samt mørke vinduesomgivelser giver risiko for blænding, fordi kontrasten til himmellyset bliver for stor. Lyse vinduesrammer og karme mindsker risiko for blænding.



Figur 25.6. Ved placering af vinduer og vandrette sprosser i vinduet skal der tages hensyn til frit udsyn.

Udsyn

At kunne se ud fra sin arbejdsplads eller bolig har stor betydning for menneskers velbefindende. Det er en vigtig kvalitet at kunne følge vejrets vekslen.

Vinduets højde over gulvet er vigtig. En høj vinduesplacering giver let en kælderfornemmelse. Det er vigtigt at overveje vinduesplaceringens indflydelse på møblering og de aktiviteter, der skal foregå i rummet. Uheldigt placerede tværposter eller vandrette sprosser kan forhindre udsyn gennem vinduet. Det er specielt generende for personer, som ikke har mulighed for at flytte sig, fx sengeliggende personer eller personer med stillesiddende fastlåst arbejde, se figur 25.6.

Lydisolation

Vinduet skal sikre en lydisolation, så trafikstøjniveauet generelt ikke overstiger 30 dB(A) i kontorer i tidsrummet 06-18 indendørs med lukkede vinduer. I boliger må det gennemsnitlige niveau over et døgn ifølge bygningsreglementerne ikke overstige 30 dB. For skoler anbefales et indendørsniveau svarende til boliger. Støjmålene kan ikke opfyldes med åbne vinduer, fx ved udluftning, se tabel 25.2. Se i øvrigt kapitel 10: "Lydberegninger".

Lydisolationen for et vindue afhænger af konstruktionen af karm og rammer, tætning af anslag og fuger og af glaskonstruktionen. Termoruders lydisolation er bestemt bl.a. af glastykkelse, laminering, glasafstand og gasfyldning. Eksempler er vist i kapitel 16: "Ekstern støj", og (25.6) angiver en række tekniske løsninger.

Tabel 25.2. Eksempler på behov for facaders luftlydisolation, afhængig af den udendørs trafikstøj.

Udendørs ækvivalent konstant lydtrykkniveau L_{Aeq} i dB	Facadens luftlydisolation I_a i dB
≤ 55	25
56-60	30
61-65	35
66-70	40
71-75	45
≤ 76	50

Rengøring

Under projekteringen skal der i projektet anvises, hvordan vinduesarealer kan pudses. Vinduer og glaspartier skal være tilgængelige for såvel indvendig som udvendig rengøring. Specielt højtsiddende vinduer og tagvinduer er vanskelige at rengøre. Søjler, trappeløb og gelændere kan forhindre vinduespudsning, hvis de placeres tæt på glasarealet (25.9).

Indadgående vinduer:

Fordele: Indadgående vinduer er lette at rengøre indefra, forudsat at de kan åbne 90°.

Ulemper: Ved anvendelse af indadgående vinduer skal man være opmærksom på, at nedhængte armaturer ikke hænger i vejen. Indadgående vinduer med lav brystning betyder, at møbler og inventar skal flyttes, når vinduerne pudses.

Udadgående vinduer:

Fordele: Udadgående vinduer er lette at rengøre, hvis de kan nås fra terræn eller altan. I andre tilfælde kan der anvendes vende-, dreje- eller kipbeslag, så pudsning og rengøring ikke er et problem.

Ulemper: Udadgående vinduer i børneinstitutioner kan være til fare for legende børn udenfor. Det kan være nødvendigt at etablere foranstaltninger i byggeriet, specielt til rengøring af vanskeligt placerede glaspartier.

Koblede vinduer:

Alle koblede vindueskonstruktioner, som ikke er indadgående og sidehængte, giver problemer med polering i større eller mindre omfang.

Fabrikation og produktion

De gængse materialer til vinduer er træ, metal og plast. Udviklingen i de seneste 10 år har ført til mange nye kombinationer af materialerne: plast om kerne af træ, plast om kerne af metal, metalrammer på trækarme. Både konstruktions- og driftsmæssigt har udviklingen været positiv. Flere af disse kombinationer udnytter materialernes egenskaber effektivt. Beslagenes udvikling har givet en bedre og sikrere betjening.

Tæthed

Der henvises til (25.10), hvor det anbefales, at vinduer prøves og vurderes ud fra tre skalaer.

Udluftning

Vinduet skal kunne indstilles og fastholdes trinløst og kunne låses. Vinduer bør kunne låses og indbrudssikres under udluftning.

Afgasning og overfladebehandling

Overfladebehandling af vinduesrammer og karme kan afgive gasser og dampe til indeluften. Der er ikke afgasning af betydning for indeklimaet fra plastvinduer eller aluminiumsvinduer. Der kan forekomme forureningsafgivelse fra fx vakuumimprægnerede vinduer. Det vil da være relevant at anvende indeklimamærkede konstruktioner, se i øvrigt (25.12).

Montering

Fuger skal udføres i henhold til FSO's anvisninger (25.11). Fugemasser kan give afgasninger og lugtgener til indeluften. Fugemasser beskrives i kapitel 34: "Spartel- og fugemasser, lim, maling og lak". Krav til fugers tæthed beskrives i kapitel 21: "Ydervægge".

Drift

Indgår vinduesudluftning som en del af ventilationen, skal der foreligge en instruktion i brugen. Instruktionen følger med som standard fra producenter af DVK-mærkede vinduer og døre.

Solafskærmning

Afskærmningsfaktor

En solafskærmnings effektivitet (afskærmningsfaktor) bestemmes som forholdet mellem den solvarme, der passerer det afskærmede vindue, og den der passerer uden afskærmning. Jo mindre værdi, jo mere effektiv er afskærmningen. Kun en

Tabel 25.3. Afskærmnings- og dagslysfaktorer for forskellige solafskærmninger.

Afskærmning	Afskærmningsfaktor ¹	Dagslysfaktor ²
<i>Ingen solafskærmning, to lag glas</i>	1,00	1,00
<i>Solafskærmning udvendig foran to lag glas</i>		
Persienner, lyse lameller, 45°	0,22	0,18
Persienner, mørke, 45°	0,12	0,01
Netrullegardiner	0,20	0,15
Markise	0,25–0,50	Afhænger af farve og udformning
<i>Solafskærmning mellem to lag glas</i>		
Gardiner, lyse og delvis gennemskinnelige	0,30	0,40
Gardiner, mørke og uigennemskinnelige	0,45	–
Persienner, lyse, 45°	0,35	0,25
<i>Solafskærmning indvendig bag to lag glas</i>		
Gardiner, lyse og delvis gennemskinnelige	0,50	0,40
Gardiner, mørke og uigennemskinnelige	0,80	–
Persienner, lyse, 45°	0,55	0,25
Persienner, mørke lameller	0,80	0,03
<i>Behandlede ruder</i>		
Varmeabsorberende glas i den yderste rude, almindeligt glas i den inderste rude	0,65–0,75	0,50–0,70
Varmereflekterende glas i den yderste rude, almindeligt glas i den inderste rude	0,18–0,40	0,10–0,35

1. Den del af solvarmen, som trænger gennem et afskærmet vindue.

2. Den del af dagslyset, som trænger gennem et afskærmet vindue.

beregning kan vise hvilken afskærmningsfaktor, der er behov for i en given bygning, se tabel 25.3.

Solafskærmningens dagslysfaktor angiver hvor meget dagslys, der passerer det afskærmede vindue i forhold til det dagslys der passerer et uafskærmet vindue. Jo større værdi, jo mere dagslys slipper gennem. En solafskærmning i brug reducerer altid dagslyset i rummet og skal udformes, så dagslysadgangen bliver så jævn som muligt. Ønskes dagslyset anvendt optimalt til arbejds- og rumlys, skal solafskærmninger være regulerbare, så de kan flyttes, når solen er væk. En lys og gennemskinnelig afskærmning lader mest dagslys slippe ind. Risiko for blænding undgås desuden bedst med en lys, mat og regulerbar afskærmning.

Faste afskærmninger

Faste afskærmninger kan groft deles op i:

- vandrette og skråstillede udhæng og skærme
- lodrette fremspring og skærme
- faste lameller foran dele af vinduet.

Vandrette og skråstillede udhæng har mindst virkning ved øst- og vestvendte facader, fordi solen står lavt, mens de har størst virkning ved sydvendte facader, hvor solen står højt. Det omvendte gælder for lodrette fremspring, som er mest effektive ved øst- og vestvendte facader.

Fordele: Hensigtsmæssige, faste afskærmninger skærmer permanent mod solens varme. Herved er man uafhængig af, om nogen husker at rulle solafskærmningen ned for de østvendte vinduer, før man går hjem om aftenen, for at forhindre solvarmen fra morgensolen.

Ulemper: Tagudhæng, fremspring og faste skærme indsnævrer udsynet til himlen permanent, og de må desuden ofte suppleres med en regulerbar afskærmning. Undertiden kan vindens tag i afskærmninger give støjgener.

Regulerbar afskærmning generelt

Fordelen med en regulerbar afskærmning er, at den kan trækkes bort fra vinduesruden, så der er uhindret udsyn og fuld dagslystilgang.

En solafskærmning skal være nem at indstille. Betjeningen vanskeliggøres fx hvis håndtaget eller betjeningen er uheldigt udformet eller utilgængelig placeret. En automatisk styret afskærmning vil indstille sig efter vejret, og dermed undgå unødigt opvarmning af rum, der er midlertidig tomme. Der kan anvendes markiser, ind- eller udvendige gardiner eller persienner. Systemerne kan give en betydelig reduktion af solbelastningen (op til 50-90 pct.). Visse udvendige solafskærmninger kan låse sig fast ved hård vindpåvirkning eller ved hård frost. I disse situationer er bygningen uden effektiv solafskærmning. Solafskærmningen skal tilpasses brugerens behov, og en ideel automatisk styret afskærmning bør kunne overstyres af brugerne. Styringen opdeles efter facader, og kan udformes med mulighed for individuel styring.

Meteorologisk styret solafskærmning uden brugerstyring

Fordele: Solafskærmningen styres af solpåvirkningen på facaden. Der er optimal afskærmning - hvor også lammellerne indstiller sig automatisk efter solhøjden.

Ulemper: Der er risiko for, at solafskærmningen pendler, hvis det er en dag med hurtige skift mellem sol og skyer. Det kan desuden ikke lade sig gøre at få solindfald i rummet, hvis brugeren en dag har lyst til det, fx en vinterdag. Kan låse fast under hård frost og ved stærk vind.

Meteorologisk styret solafskærmning med brugerstyring

Solafskærmningen styres af solpåvirkningen, men kan overstyres af brugerne. Ønsker brugerne på et tidspunkt at være uden afskærmning for solen, kan afskærmningen påvirkes manuelt. Herefter er afskærmningen manuelt styret i et fastsat interval, fx 2 timer, hvorefter automatikken sætter ind igen. Intervallet fastsættes efter behov og justeres, når brugerne er flyttet ind.

Fordele: Ubenyttede rum afskærms. Der er ikke risiko for at afskærmningen pendler. Brugere kan regulere afskærmningen efter ønske i længere perioder, og hvis de forlader rummet, vil automatikken gribe ind efter en vis tid. Afskærmningen kan desuden anvendes, hvis lyset generer, fx i dataskærmen.

Ulemper: Kan låse fast under hård frost og ved stærk vind.

Regulerbare lameller

Fordele: Udvendigt monterede regulerbare lameller foran den øverste del af vinduerne har som regel en god solvarmefaktor.

Ulemper: Lamellerne dækker permanent en del af vinduet og udsynet bliver beskåret og en del af dagslyset hindres i at komme ind. Lameller foran vinduer bør ikke gå længere ned end til 1,7-1,8 m over gulv, svarende til en stående persons øjenhøjde.

Udvendige persienner

Persienner kan betjenes manuelt eller ved hjælp af motorer. Motorer skal vælges, så de ikke støjer unødigt ved betjening. Støjniveauet bør maksimalt være 35-38 dB(A). Det bedste dagslys fås ved at vælge lyse og matte lameller.

Fordele: Udvendige persienner afskærmer meget effektivt mod solvarme, se tabel 25.3. Persienner kan let reguleres efter individuelle behov.

Ulemper: Udvendige persienner kan støje, når det blæser. Dette forbedres ved at lade persiennen løbe i en styreskinne. Udvendige persienner er desuden følsomme over for is og sne og skal udformes, så de er beskyttet mest muligt. Helt lukkede persienner hindrer udsynet til det fri.

Netrullegardiner

Fordele: Netrullegardiner giver et ensartet diffust lys, der er velegnet til skærmarbejde. Afskærmningen er effektiv, se tabel 25.3.

Ulemper: Netrullegardiner giver et sløret billede af omgivelserne. Rullegardinet er ikke altid tilstrækkeligt afskærmende mod direkte sol, fx ved skærmarbejde, og skal suppleres med eksempelvis tynde gardiner.

Markiser

Fordele: Markiser giver et diffust lys i rummet, samtidig med at det er muligt at se ud på omgivelserne.

Ulemper: Synsfeltet bliver meget begrænset. Mørke markiser er mere effektive end lyse, hvis varmen under dem kan slippe væk, men de giver risiko for blænding og gør rummet meget mørkt. Markiser slides meget af vind og vejr og skal ofte udskiftes. Markisen hindrer ikke generende dagslys i at komme ind og kan ikke altid forhindre generende reflekser i skærmterminaler.

Reflekterende og absorberende ruder

Ruder med varmereflekterende glas er mere effektive mod solindfald end absorberende glas, se tabellerne 25.2 og 25.3. De mørke nuancer er mest effektive, men slipper mindst dagslys ind. Ruder med farvet glas anvendes undertiden som solafskærmning, men denne løsning kan ikke anbefales, fordi brugerne i gråvejrperioder påtvinges en uønsket solafskærmning, som gør rummet mørkere. Der vil desuden være en generende farveforskel, når ét vindue står åbent og et andet lukket. Visse energiruder er også farvede, og rudernes dagslysfaktor bør vurderes før det endelige valg.

Indvendige gardiner

Gardiner kan anvendes, hvor solindfaldet ikke har en væsentlig indflydelse på rumtemperaturen.

Fordele: Gardiner kan nemt trækkes for, hvis lyset bliver for stærkt. Gardiner er velegnede som supplement til andre typer afskærmninger og giver et godt diffust lys.

Ulemper: Afskærmningen er middel, se tabel 25.3, og gardiner bør ofte suppleres med anden solafskærmning. Det er ikke muligt at se gennem tætvevede gardiner.

Checkliste

Vinduer

- kuldenedfald og træk
- stråling
- solindfald
- udluftning
- ventilation
- dagslysadgang
- transmittans
- lysfordeling
- blænding

- udsyn
- støj udefra
- tæthed
- rengøring
- vedligehold.

Solafskærmning

- afskærmningsfaktor
- solindfald
- indvendig/udvendig
- individuel/automatisk regulering
- dagslysfaktor
- vedligehold.

Litteratur

- (25.1) Norm for specifikation af termisk indeklima. Dansk Standard DS 474. Dansk Standard. København 1993.
- (25.2) Valbjørn, O. Ventilation i industrien. 2. udg. SBI-anvisning 106. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1983.
- (25.3) Hansen, H. E. (red.), Kjerulf-Jensen, E. (red.) og Stampe, O. B. (red.). Varme- og klimateknik. Grundbog. Danvak. København 1988.
- (25.4) Prag, S. og Jensen, S. E. Kontormiljø og skærmarbejde. Indeklima. SBI-rapport 200. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1990.
- (25.5) Pilkington Floatglas A/S. Katalog over glastyper.
- (25.6) Støjprojektet Lydisolering. Tekniske løsninger. Udført for DSB af Rådgivende Ingeniørfirma Johs. Jørgensen A/S. København 1987.
- (25.7) Vinduer. Lydisolation. Klassifikation. Dansk Standard DS 1084. Dansk Standardiseringsråd. København 1982.
- (25.8) Bygningers lysisolation overfor vejtrafikstøj. Rapport 25. Vejdatalaboratoriet. Herlev 1979.
- (25.9) Lönn, R. og Lööf, R. Utformning av offentliga lokaler med hänsyn till städning. Rapport R12:1982. Byggeforskningsrådet. Stockholm 1982.
- (25.10) Vinduer. SBI-ydeevnebeskrivelse 2. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1974.
- (25.11) FSO fugemappen. 2. udg. Fugebranchens Samarbejds- og Oplysningsråd. Nivå 1993.
- (25.12) Tekniske bestemmelser for fremstilling og kontrol af vinduer. 6. udg. Dansk Vindueskontrol. Taastrup 1989.

26. Lofter og deres overflader

Myndighedskrav

Bygningsreglementet vedrørende væg- og loftkonstruktioner mod uudnyttede tagrum, nedhængte lofter, loftbeklædning som nedhængt loft og fugtspærre på den indvendige side af varmeisoleringsmaterialet.

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992 om faste arbejdssteders indretning, vedrørende lofter m.m.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Lofttyper

Principielt kan lofter opdeles i tre typer:

- undersiden af det bærende dæk, uden efterbehandling
- undersiden af det bærende dæk, med efterbehandling eller påmonteret beklædning
- undersiden af det bærende dæk, med ophængningssystem og nedhængt loftbeklædning.

Ved valg af lofttype må der tages hensyn til, om der skal være efterfølgende komplettering af fx ventilations- og el-installationer, og om disse skal være synlige eller dækkes. Synlige kanaler samler støv, og rengøringen kan være vanskelig.

Ubehandlet dæk

Beton og letbeton

Et ubehandlet dæks underside optræder oftest i forbindelse med in situ støbt beton, betonelementer og letbetonelementer samt metalplader i profilerede udgaver. Når det optræder ubehandlet, er det som regel kun i sekundære rum.

Betonelementerne har en tæt overflade, som er afvisende over for støv. Til gengæld reflekteres lyden i rummet.

Letbetonelementer fremstilles principielt i to varianter, en tung udgave (1750 kg/m³) som opfylder kravene til lydisolering og en lettere sandwichopbygget ud-

gave. Begge typer kan fås med et 20 mm lag af "åben" letbeton (600 kg/m³) som underside, hvilket øger den absorberende virkning - både lyd- og støvmæssigt. I bolig- og kontorbyggeri anbefales en overfladebehandling af rengøringsmæssige årsager.

Profilerede metalplader

Profilerede metalplader (populært kaldet trapezplader) leveres overfladebehandlede fra fabrik. Den tætte, glatte overflade er rengøringsvenlig, lydreflektionen begrænses af den profilerede overflade, som til gengæld optræder uensartet i lysreflektionen.

Træbeton

Tagelementer af træ kan leveres med forskellige færdige loftbeklædninger - oftest træbeton. Træbeton samler støv og drysser let. Lydabsorptionen er god, men rengøringsmulighederne er dårlige. Træbetonen bør males i en lys farve for at få en god lysreflektion.

Beklædt dæk

Et beklædt dæk er principielt det bedste loft. I de tilfælde, hvor der er brugt præfabrikerede dæk, kompenserer beklædningen for dækkets mangler, og det efterlader ikke "tomrummet", som det er tilfældet med nedhængt, kosmetisk loft.

Spartlede eller malede overflader

Den mest enkle beklædning af det bærende dæks underside er den spartlede og/eller malede overflade. Pudsede lofter forekommer sjældent i dag, kun i forbindelse med renoverings- og restaureringsopgaver.

Beton- og letbetonlofter kan overfladebehandles. Tilsvarende kan træbeton behandles, men det efterlader ikke altid den ønskede homogenitet i farven.

Vedrørende afgang fra malinger, se kapitel 34: "Spartel- og fugemasser, lim, maling og lak".

Loftbeklædning

Udvalget af beklædninger er: *Gipskartonplader* i store, hele plader til spartling, strimling/tapetsering og maling, varierede formater med eller uden perforeringer, eventuelt med bagved liggende lyddug. *Mineraluldsplader* i vådpresset og overfladebehandlede udgaver med forseglede sider eller beklædt med filt/væv og malet. *Metalplader* i polyesterlakerede udgaver med eller uden perforeringer eventuelt med bagved liggende lyddug. *Cementbaserede plader* i store, hele plader eller

tilskåret i mindre plader med eller uden perforeringer. *Træbeklædninger*, oftest i liste- eller bræddeformater af nåletræ pigmenteret eller upigmenteret overfladebehandede - i sjældnere grad mere olieholdige, hårde træsorter.

Den direkte beklædning på undersiden af dækket kan for visse beklædningstyper udføres ved påklæbning. Dette er dog ikke anbefalelsesværdigt, dels tilføres rummet afgasning fra limen, dels er undersiderne sjældent så plane og nøjagtige, at det kan undgås, at det viser sig i beklædningen.

Der bør monteres ledere/lægter, som kan optage de uundgåelige tolerancer og ikke mindst skabe rum for el-installationer og eventuelt lydabsorberende materiale.

Forsænket loft

Et forsænket loft monteres for at skabe rum til belysnings- og ventilationsarmaturer, kabler og aggregater. Ophængningssystemet, der bærer beklædningen, skal være tæt, så kabler, kanaler og anemostater ikke udgør støvsamlende overflader.

Generelt er et forsænket loft uheldigt, fordi det mindsker buffervirkningen for kortvarige forureninger, hindrer varmeakkumuleringen i dækket og kan forringe dagslysforholdet, se kapitel 18: "Bygningens udformning og disponering".

Ophængningssystem

Ikke alle skinner i de forskellige ophængningssystemer er lige stabile. Det gælder både metallens godstykkelse og de interne samlingsdetaljer. Disse mangler medfører, at beklædningspladen ikke slutter tæt til skinnerne - og der er dermed uheldigt åbent til rummet imellem undersiden af dækket og det forsænkede loft.

Ophængningssystemerne skal være så robuste, at en hvilken som helst plade skal kunne tages ned, når inspektion eller anden form for indgreb i installationerne er ønskelig. Dette behov stiller endvidere krav til robustheden af pladernes kanter, som skal være modstandsdygtige over for stød og anden beskadigelse.

Kosmetisk loft

Kosmetiske lofter er fx kantstillede brædder, uden lukning imellem disse, der danner et risteværk. En sådan udformning må frarådes, fordi der sker ophobning af støv dels på bræddernes kanter, dels på de ovenover liggende installationer.

Let akustikpladeloft

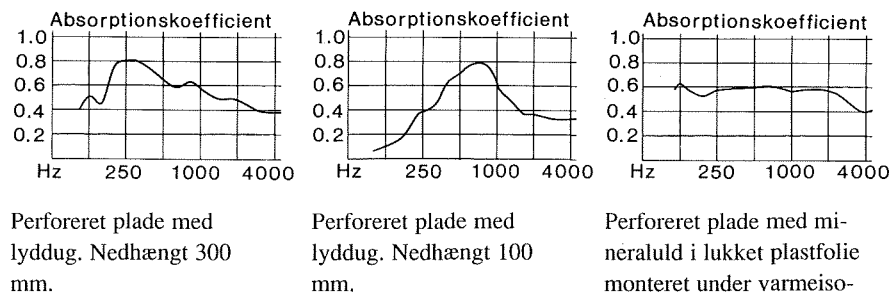
Lette akustikpladelofter (vævbeklædte mineraluldsplader), som alene hviler i det bærende skinneresystem i kraft af egenvægten - som er lille - kan have tilbøjelighed til at "lette", når døre og vinduer åbnes og lukkes. Det bevirker, at rumstøv hen-

holdsvis opsuges i rummet over det nedhængte loft og pustes ud efterfølgende. Trykkudligningen kan eventuelt ske ved at en af pladerne er meget åben for luftgennemstrømning.

Nedhængt akustikloft

Den lydabsorberende virkning af akustikplader er stærkt afhængig af monteringsmåden. Som hovedregel gælder, at lydabsorption ved de lavere frekvenser (100-500 Hz) kun kan opnås, når pladerne er nedhængt 200-400 m.m. Hvis akustikplader monteres direkte på dækundersiden, er der for de fleste typer vedkommende kun lydabsorption af betydning ved høje frekvenser, det vil sige over ca. 500 Hz.

Den nødvendige lydabsorption kan beregnes som angivet i kapitel 10: "Lydberegning".



Figur 26.1. Eksempler på lydabsorptionsegenskaber for akustiklofter med lyddug og med mineraluld i plastfolie.

Lysrefleksion

Lofttypen bør i program- og forslagsfasen underkastes en vurdering med hensyn til de lysreflekterende egenskaber. Af hensyn til belysningsanlæggets effektivitet og reduktion af eventuelle blændingsgener ønskes normalt lyse rumoverflader. Alle overflader bør så vidt muligt være matte. Ved indirekte belysning med opadlysende armaturer er et jævnt, rent og lyst loft nødvendigt.

Akustiklofter, som typisk er perforerede plader med bagved liggende absorberer, taber i lysreflekterende virkning proportionalt med perforeringsarealet. Ligeledes kan skinneresystemet spille en rolle afhængig af, om skinnerne ligger i plan med eller tilbagetrukket i forhold til pladernes underside.

Udførelse

Justeringer og tilpasninger af mineraluldsbaserede loftplader må ikke foretages i ibrugtagne rum. Tilskæringer skal foretages i det fri. Alle åbne kanter og sider skal forsegles før montering.

Beton- og letbetonelementerne har af naturlige årsager rester af produktions- og byggepladsstøv på sig efter oplægningen. Det bør fjernes før bygningens ibrugtagning.

Ophængningssystemerne monteres ofte uger før beklædningspladerne oplægges, blandt andet for at el- og ventilationsarmaturerne kan placeres efter loftets målsystem. Det kan derfor ikke undgås, at støv fra boringer, metalspånere og lignende lægger sig på på skinnerne. En omhyggelig støvsugning af både dækkets underside, omgivende vægge, installationer og skinner bør foretages, før beklædningspladerne monteres.

Drift

Tætte, glatte og plane loftoverflader er rengøringsvenlige, lyd- og lysreflekterende samt vedligeholdelsesvenlige. "Åbne", perforerede loftoverflader er lydabsorberende, lysreflekterende, fugtafvisende og vedligeholdelsesvenlige, men mindre rengøringsvenlige.

Vedligeholdelse af lofter består hovedsageligt i afvaskninger og/eller fornyelse af overfladebehandlingen i form af maling. I feltopdelte systemlofter kan partielle dele udskiftes, hvis pladerne er blevet beskadigede. Loftplader patinerer dog hurtigt, hvilket betyder, at nye plader farvemæssigt vil adskille sig fra de oprindelige. Med fordel kan man flytte rundt med pladerne, således at de nye placeres i den mindst synlige del af loftet.

Overfladebehandling af perforerede akustikpladelofter forringer loftets lydabsorberende egenskab. Dette gælder også for vævbeklædte mineraluldsplader.

Det er væsentligt at vælge glatte, tætte overflader, som kan vaskes af med vand, når der i loftet indbygges anemostater eller anden form for indblæsning af luft. Erfaringen har vist, at områder omkring disse hurtigt tilsmudses.

Checkliste

- glatte, tætte, reflekterende, rengøringsvenlige
- ru, åbne, absorberende, snavssamlende
- støvopsamling på frilagte installationer
- forsønkede lofter og varmeakkumulering

- lydabsorptionsforringelse ved overfladebehandling
- pumpevirkning ved lette loftplader
- skjulte hulrum - gemt og glemt
- tilpasning af mineraluldsplader og støv
- produktions- og byggepladsstøv.

27. Gulvbelægninger

Myndighedskrav

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992 om faste arbejdssteders indretning, vedrørende gulvbelægninger.

Uddybende reference til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Gulvbelægningsens egenskaber

Gulvbelægningen i et rum er den overflade i en bygning, der bliver udsat for de hårdeste påvirkninger. Derfor er det vigtigt at undersøge, hvilke egenskaber gulvbelægningen skal have for at kunne opfylde de krav, rummets funktion stiller.

Gulvbelægningens egenskaber er som regel afhængige af hinanden. Det kan betyde, at store krav til én egenskab kan medføre, at man må give afkald på nogle

Tabel 27.1. Generaliseret oversigt over gulvbelægningsens karakteristiske egenskaber, der har betydning for indeklimaet. + = god; ÷ = ringe.

	Hårde	Halvhårde	Tekstile
Hygiejne og rengøring	+	+	÷
Statisk elektricitet	+	(+) dog afhængig af overfladebehandling	(+) dog afhængig af evt. behandling
Lydforhold			
- trinlyd	÷	+	+
- akustisk dæmpning	÷	÷	+
Lysforhold	Afhængig af farve og overfladestruktur	Afhængig af farve og overfladestruktur	Afhængig af farve
Gangkomfort	÷	(+)	+(afhængig af materiale)
Varmebehagelighed	÷	(+)	+
Afgasning	+	Se tekst	Se tekst

af de krav, der stilles til de øvrige egenskaber. I (27.1) er der angivet typiske beskrivelsesafsnit for gulvbelægningsarbejde, undergulve/overflader. Publikationens eksempelsamling findes også på diskette.

Gulve inddeles i tre kategorier: *hårde*, *halvhårde* og *tekstile* gulve. Hårde gulve er fx klinkegulve, halvhårde er trægulve, linoleumsgulve og pvc-gulve, og til de tekstile gulve hører alle former for tekstile gulvbelægninger.

Gulvbelægningen påvirker indeklimaet i lokalerne med hensyn til luftkvalitet, hygiejne, gangkomfort, opladning med statisk elektricitet samt lyd- og lysforhold, se tabel 27.1.

I (27.2) er der oversigt over gulvbelægninger og deres egenskaber. I det efterfølgende beskrives kort nogle karakteristiske forhold ved en række gulvbelægningsmaterialer med angivelse af nogle forhold, der erfaringsmæssigt kan give indeklimaproblemer.

Stengulve

Af stengulve kan nævnes fliser af: marmor, kalksten, skifer, natursten-split (cementbundne), tegl, glaserede og uglaserede fliser samt stifter.

Ved valg af stengulv skal der tages hensyn til, at stenen bør være hård, have stor slidstyrke, ringe porøsitet og jævn overfladestruktur.

Disse egenskaber kan variere stærkt, selv inden for samme stensort.

Udførelse og drift

Det er bedst, hvis stengulvet udelukkende kan rengøres med almindeligt sæbevand. Det bør undersøges, om stengulvet kræver brug af polish, bonevoks eller lignende midler for at bevare det ønskede udseende. Sådanne midler indeholder ofte stoffer, der afgives til indeluften med forringet indeklima til følge. Det skal påses, om en eventuel overfladebehandling medfører glatte gulve med øget risiko for faldulykker.

Brædde- og parketgulve

Brædde- og parketgulve kræver en overfladebehandling, der ofte ikke har så god slidstyrke (blandt andet på grund af den relativt ringe lagtykkelse), som andre gulvbelægninger.

Luftforurening

Gulvbrædder af fyr og gran kan afgive terpenener og forskellige aromatiske stoffer, men som regel ikke i mængder, der giver indeklimaproblemer. Bøg, eg og ask giver erfaringsmæssigt heller ikke anledning til indeklimaproblemer. Hvis der anvendes andre træsorter, end de her nævnte, anbefales det, at afgangningen undersøges nærmere.

Hvis gulvbrædderne er laminerede, bør den anvendte lim ikke give anledning til indeklimaproblemer, fx må der ikke afgives formaldehyd fra limen i større mængder, end det er gældende for plademateriale.

Udførelse og drift

Hver gang overfladebehandlingen, fx lakken eller oliebehandlingen, skal fornyes, tilføres indeklimaet forureninger, som regel i form af organiske opløsningsmidler. Dette forhold bør indgå i overvejelserne, når der vælges gulvbelægning

Linoleumsgulve

Linoleum fremstilles af træmel, korkmel og mineralske fyldstoffer, linolie og pigmenter. Denne masse vales normalt ud på en jutevæv, hvorefter den oxyderes ved høj temperatur. Efter oxyderingen forsynes belægningen sædvanligvis med en mere slidstærk overflade. Oxyderingen fortsætter i årene efter monteringen i bygningen, hvilket indebærer, at belægningen bliver hårdere, og at der kan dannes og afgives stoffer fra linoleumen i flere år. Der kan dog være store forskelle fra fabrikat til fabrikat. De fleste linoleumsbelægninger vil efter et års tid ophøre med at afgive stoffer, der giver indeklimaproblemer.

Luftforurening

Linoleumsbelægninger kan afgive en lang række stoffer. Det kan være aldehyder, furaner og fede syrer, som kan dannes i forbindelse med oxyderingen. Disse stoffer kan både medføre lugtgener og slimhindeirritation.

Udførelse og drift

Linoleum, der udsættes for alkalisk fugt, fx fra fugtig beton eller alkaliske rengøringsmidler, fx brun sæbe, kan nedbrydes under afgivelse af ildelugtende stoffer. Ofte forsynes linoleumsbelægninger med en film for at lette rengøringen. Det bør sikres, at sådanne film eller polish ikke medfører øgede problemer med statisk elektricitet. Linoleum på korkment underlag kan have trinlyddæpende egenskaber.

Pvc-gulve

Polyvinylchlorid, pvc, er et plastmateriale, der er meget anvendt til gulvbelægninger. Der findes mange forskellige slags pvc-gulvbelægninger. De kan fx være homogene eller opbygget af flere forskellige lag.

Luftforurening

Alle nye pvc-gulvbelægninger indeholder blødgørere. Blødgørerne er ikke kemisk bundet til pvc'en. De mest anvendte blødgørere er phthalater, som er tungt flygtige

stoffer. Disse afgives over længere tid til indeluften. Blødgørerne kan være årsag til lugtgener, og de anses for at kunne fremkalde helbredsgener.

Udførelse og drift

Alkalisk fugt kan nedbryde blødgørere. Det betyder, at frisk og fugtig beton samt stærkt alkaliske rengøringsmidler kan angribe pvc-belægninger, hvorved der kan afgives generende stoffer til indeklimaet. Et almindeligt forekommende nedbrydningsprodukt er 2-ethylhexanol, der er en alkohol med en karakteristisk sødlig lugt. Pvc med skum på bagsiden eller på korkmentunderlag kan have gode trinlyddæpende egenskaber.

Korkgulve

Korkbelægninger fremstilles ved at opvarme og presse råkork. Den harpiks, der svedes ud, fungerer som bindemiddel. Korkbelægninger kan også fås med et slidlag af plast, hvilket bør foretrækkes fremfor ubehandlet kork, der kræver overfladebehandling, fx gulvlak eller voks.

Luftforurening

Korkbelægninger kan indeholde phenol, hvorfor det anbefales inden valg af korkgulv at skaffe dokumentation for, at dette ikke er tilfældet.

Udførelse og drift

Ubehandlet kork har dårlig slidstyrke og er vanskelig at rengøre.

Gummigulve

Gummigulvbelægninger fremstilles af naturgummi eller af syntetisk gummi.

Luftforurening

Gummigulve kan ofte afgive ubehagelig lugt til indeklimaet. Inden der vælges gummigulv, bør afgangningen herfra være undersøgt.

Udførelse og drift

Et gummigulvs trinlyddæpende evne er ikke specielt god, medmindre der på bagsiden er eller anbringes et elastisk lag.

Tekstile gulve

Tekstile gulvbelægninger eller tæpper kan være fremstillet af forskellige fibermaterialer, fx nylon, akryl, uld, sisal og kokos og være opbygget forskelligt, fx løkkevævet, opskåret eller nålefilt. Tæpperne er ofte forsynet med en bagside af fx latex.

Tæppefibrene kan foruden at være farvede også være behandlet med midler for at undgå opladning med statisk elektricitet og for at gøre dem mindre smudsmodtagelige.

Udførelse og drift

Tekstile gulvbelægninger har en positiv indflydelse på rummets akustiske forhold og på gangkomforten, men negativ med hensyn til akkumulering af støv og snavs. Specielt nålefilt kan være vanskelig at rengøre.

Det er vigtigt, at et tekstilgulv holdes rent for at undgå indeklimaproblemer. Om et tekstilgulv er egnet til brug i et lokale afhænger derfor først og fremmest af den tilsmudsning (art og mængde), der forekommer i det pågældende lokale. Erfaringsmæssigt kan rengøringen ikke "følge med" i stærkt trafikerede lokaler fx ekspeditionslokaler og undervisningslokaler. I sådanne lokaler og i lokaler med direkte udgang til det fri, hvor også fugt fra fodtøj tilføres, samt i lokaler med smuds der indeholder meget organisk stof, er tekstile gulvbelægninger som regel uegnede. Det er vigtigt, at rengøringen planlægges, udføres og kontrolleres både på kort og på lang sigt.

Luftforurening

Nye tæpper kan afgive både lugtende og slimhindeirriterende stoffer. Især latexbagsiden kan afgive stoffer, der har en ubehagelig lugt. Set over en tekstilgulvbelægnings levetid, er det især gulvbelægningsens evne til at akkumulere gasser, dampe og faste partikler, der har en negativ indflydelse på luftforureningen af indeluften.

Checkliste

- slidstyrke
- robusthed
- bestandighed for rengøringsmidler
- rengøringsvenlig
- vedligeholdelsesvenlig
- gangsikkerhed og -komfort
- varmebehagelighed
- støj- og trinlyddæmpning
- antistatisk
- afgangning.

Litteratur

- (27.1) Typiske beskrivelsesafsnit - gulvbelægningsarbejde. BPS-publikation 112. BPS-centret. Hørsholm 1993.
- (27.2) Gulvfakta. Gulvbranchens Samarbejds- og Oplysningsråd. Hvidovre 1985.
- (27.3) Gulve. Generel SBI-ydeevnebeskrivelse 6. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1979.

28. Varme- og køleanlæg

Myndighedskrav

Bygningsreglementet og BR-S 85.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Varmeanlæg

I dette afsnit omtales kun varmfordelingssystemer, hvor varmen afgives som direkte konvektion eller stråling. I øvrigt henvises til kapitel 30: "Ventilationssystemer og -anlæg".

Radiatorer og konvektorer

Alle varmefflader afgiver varmen som konvektion, dvs. til den luft der strømmer forbi, og som stråling, dvs. direkte til omgivende overflader. Normalt benyttes betegnelsen radiatorer eller konvektorer for varmefflader, hvor mere end ca. 80 pct. af varmeafgivelsen sker ved konvektion.

Hvis varmeffladen i forhold til dens ydre mål har et stort overfladeareal, som luften kan strømme forbi, og er dens temperatur kun lidt højere end omgivelserne, så sker en forholdsvis stor del af varmeafgivelsen som konvektion. Omvendt vil en glat varmefflade med høj temperatur afgive forholdsvis mere strålevarme, især hvis den er monteret, så der kun er begrænset luftcirkulation omkring den.

For at kompensere for varmeudstråling til en kold vinduesfacade skal der således primært anvendes strålevarme, mens der er behov for konvektionsvarme for at hindre kuldenedfald. I bygninger, der udføres efter bygningsreglementerne, vil det næppe være nødvendigt at kompensere for varmeudstrålingen fra personer til vinduerne. Kuldenedfald og varmeudstråling er beskrevet nærmere i kapitel 25: "Vinduer og solafskærmning". Beregning af strålingsforhold er vist i (28.1).

I bygninger med store interne varmebelastninger, fx kontorer eller undervisningsrum, er der som regel ikke behov for at opvarme for at dække varmetabet. Termostatstyrede radiatorer vil derfor ikke være varme, når rummene er i brug. Derfor kan det være nødvendigt at installere særligt styrede konvektorer for at modvirke kuldenedfald.

Der skal være luftcirkulation omkring konvektoren for at sikre en god effektivitet. Er temperaturen meget høj og luftcirkulationen lille, kan der ske lagdeling, så den varme luft bliver ved loftet. Der vil derefter ske en langsom opvarmning af gulvet ved stråling fra det varmere loft. Da den varme luft stiger opad, vil varmeffladerne virke bedst, hvis de placeres lavt, og nær ved steder med stor kuldebelastning.

Rengøringsvenlighed

Radiatorer og konvektorer skal være udformet, så de er lette at rengøre på alle sider. Luftcirkulationen medfører støv, der afsættes i radiatoren. Når varmen sættes på, opvarmes støvet, og det kan afgive irriterende stoffer. Konvektorer anbragt i grave samler ekstra meget støv og bør undgås eller i det mindste indrettes, så rengøring er let at udføre.

Regulering

Følere til termostatstyrede ventiler skal placeres, så de føler på luften i eller fra opholdszonen. Ellers vil ventilen ikke fungere efter hensigten. Gradueringen af indstillingen skal være tydelig og éntydig. Det kan være hensigtsmæssigt at begrænse indstillingsmuligheden i lokaler, der benyttes af mange personer, fx i undervisningsbygninger, for at undgå indstilling til temperaturer ud over komfortområdet. Det forudsætter, at fremløbstemperaturen til radiatorerne reguleres efter udetemperaturen.

Støj

Støjniveauet fra installationer må højst være 30 dB i boliger og 35 dB i undervisningsrum og kontorer. Se kapitel 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier".

Reguleringen af varmeffladen kan i visse tilfælde give støj. Ved vandbåren varme kan dette skyldes for højt tryk på pumpen. Men varmesystemer med uheldigt udførte ekspansionsmuligheder kan også give generende lyde ved varierende belastning. Støj kan være signal om forhold, der kan skade anlægget. Støj kan transmitteres gennem rørsystemer og via gennemføringer, der skal projekteres lydtætte. Dampsystemer kan give meget voldsom støj, både ved reguleringsudstyr og hvor der sker trykændringer i systemet i øvrigt. Metoderne til at opnå et lavt støjniveau fra vandvarmeanlæg kan kort bekrives således:

- vælg støjsvage radiatorventiler og dimensioner dem korrekt
- vælg radiatorer med lav lydudstråling
- dimensionér anlægget og vælg en pumpe, der ikke er overdimensioneret - til små anlæg vælges pumper med flere hastigheder eller med variabel hastighed, til

- større anlæg vælges pumper med variabel hastighed eller flere pumper, der arbejder parallelt
- ved større anlæg monteres pumpen på lydisolerende underlag eller på svingningsdæmpere - anvendes svingningsdæmpere skal pumpen forbindes til rørsystemet med fleksible forbindelser
 - hvis det er muligt vælges en varmforsyning med lavt støjniveau, fx fjernvarme eller gas
 - indregulér anlægget.

Se i øvrigt kapitel 10: "Lydberegning".

Gulvvarme

Reguleringen af gulvvarmeanlæg er træg, og derfor er gulvvarme kun velegnet i rum, hvor der ikke er for stor daglig variation i varmebehovet. Gulvvarme er velegnet i baderum og andre steder, hvor der kommer vand på gulvet, og hvor der ikke bruges fodtøj. Overfladetemperaturen på et gulv med gulvvarme bør ikke overstige 26 °C, hvor lokalet bruges til længere ophold. Tabel 28.1 angiver komforttemperaturen for gulve, hvor man færdes med bare fødder. Vedrørende regulering, se under "Radiatore og konvektorer" i dette kapitel.

Tabel 28.1. Komforttemperaturer for forskellige gulvmaterialer for personer med bare fødder.

Gulvbelægning	Komfortabelt temperaturinterval °C
Sten, marmor, beton	27–30
Linoleum, pvc	25–29
Træ, kork	23–28
Tæppe	21–28

Loftvarme og strålevarme

Loftvarmeanlæg fungerer delvis ved stråling, men mest ved konvektion. Ubegag fra strålevarme mod hovedet sætter en øvre grænse for loftets overfladetemperatur. Den bør ikke give anledning til en strålingstemperatur mod loftet, der er mere end 5 °C over strålingstemperaturen mod gulvet. I mindre rum, som i boliger, svarer dette til, at loftets temperatur ikke må være højere end ca. 35 °C, og lidt lavere ved større rum. Dette er langt over behovet for at kunne opvarme bygningen.

Strålevarme med varmekilder af høj temperatur skal beregnes for at undgå ovennævnte lokale påvirkning på hovedet. Beregning af strålingsforhold fremgår af

(28.1). Varmestrålingen følger en ret linie fra varmekilden og har virkning, når den rammer en overflade. Overflader og legemsdele, der er i skygge af andre genstande (fx under borde), vil ikke opvarmes direkte. Varmekilden skal derfor anbringes, så strålingen kan nå de overflader, der skal opvarmes. Det er bedst at placere den, hvor der er en kold flade, således at den kompenserer for et strålingstab hertil.

Udførelse

Vandvarmeanlæg kan udsættes for tæringsskader eller andre utætheder. Utætheder giver fugt i bygningsdele mv. og hermed vandskade og risiko for bakterie- og svampeangreb. For at forebygge korrosion er vandet i systemet ofte tilsat stoffer, der er sundhedsskadelige.

Isolering af rør sker oftest med mineraluld. Ved planlægning af montagen bør tilstræbes en arbejdsgang, der ikke udsætter montører og andre for unødige mængder fiberstøv. Ved reovering kan man komme ud for asbestholdig isolering. Denne isolering skal behandles efter gældende forskrifter.

Alle rørgennemføringer skal være luft- og lydtætte (28.2).

Anlægget skal indreguleres og afprøves inden afleveringen. Se kapitel 6: "Aflevering, ibrugtagning og drift".

Drift

Rum, der ikke opvarmes konstant, fx rum hvor der er weekend-sænkning, har koldere overflader et stykke tid efter genopvarmningen. De kølige overflader resulterer i en lavere operativ temperatur, hvorfor der i en periode må kompenseres med en højere lufttemperatur.

Varme- og køleanlæg har stor betydning for en bygnings driftsøkonomi. En primitiv, besværlig eller uforståelig styring kan derfor betyde, at brugerne vælger enkle løsninger, fx at åbne vinduerne eller bruge "uautoriserede" varmekilder, for at opnå acceptable temperaturer. Herved kan megen varme gå til spilde, og det vil give stor utilfredshed. Det er derfor væsentligt, at reguleringen er enkel og tilpasset brugerne.

Køleanlæg

Køleanlæg til afkøling af rumluft i beboelsesbygninger er ikke tilladt, jf. Bygningsreglementet. For andre bygninger gælder, at anlæg for køling af indblæsningsluft kun må installeres, når det er den mest energiokonomiske måde at opnå tilfredsstillende indeklimaforhold, og kun hvis andre foranstaltninger, herunder solafskærmning og fjernelse af varmeudvikling fra maskiner, belysning mv. ikke er tilstrækkelige til at opretholde tilfredsstillende forhold (Bygningsreglementet).

Anlægget

Fugt og mikrobiel vækst

De kolde dele af køleanlæg, der ikke er tilstrækkeligt isolerede med diffusionstæt isolering, bliver våde af kondens. Dele, der er våde i længere tid, og som undertiden, fx under stilstand, får en højere temperatur, danner grobund for svampe- og bakterievækst, der derefter kan spredes til omgivelserne. Det gælder både centrale og lokale køleflader i ventilationsanlæg eller kølelofter. Der skal derfor være let adgang til at rengøre disse dele.

Store køleanlægs vandkølede kondensatorer, ofte anbragt uden for bygningen i det fri, kan på grund af dannelse af bakterier i vandet blive kilder til forurening, der af vinden føres til luftindtag for ventilationsanlæg eller til åbne vinduer. Dette skal der tages hensyn til ved udformningen og placeringen.

Støj

Køleanlæg kan give støjgener, dels fra kompressorer og ventilatorer, dels fra fordampningen af kølemediet i direkte virkende anlæg. Specielt kan anlæggene transmittere vibrationer, der kan generere lavfrekvent støj og infralyd. Se under "Varmeanlæg" i dette kapitel samt i kapitel 10: "Lydberegning".

Køling af ventilationsluft

Emnet er behandlet i kapitel 30: "Ventilationssystemer og -anlæg"

Kølelofter

Køling kan ske som stråling mod et afkølet loft. I princippet virker det som strålesystemerne, der er nævnt tidligere. Ud fra komfortmæssige hensyn kan der accepteres temperaturer på loftet under 10 °C, så normalt er det hensynet til kondens af vanddamp, der er dimensionerende for køleloftets overfladetemperatur. Kølelofter er ikke velegnede til større køleydelser, da den afkølede luft nær loftet vil søge mod gulvet med ukontrollable lufthastigheder.

Regulering

Se under "Varmeanlæg" i dette kapitel.

Udførelse og drift

Anlægget skal indreguleres og afprøves inden aflevering. Se kapitel 6: "Aflevering, ibrugtagning og drift".

I køleflader forekommer kondens. Det er vigtigt med jævne mellemrum at kontrollere, om der sker mikrobiel vækst i og omkring disse køleflader og i givet fald rengøre dem. En mikrobiel vækst vil normalt forekomme, når våde overflader står

varme i flere dage eller mere. Vandkølede kondensatorer i køleanlæg skal jævnligt efterses for mikrobiel vækst i kølevandet.

Checkliste

Varmeanlæg

- anlægsprincip: radiatorer, konvektorer, gulvvarme, loftsvarme, strålevarme
- støv, rengøring, forhold ved opvarmning
- strålevarme, asymmetrisk stråling
- støj
- regulering: enkel og forståelig, begrænset indstillingsområde
- weekend-sænkning kan føre til for lav operativ temperatur.

Køleanlæg

- kondens: bakterier, svampevækst
- støj og vibrationer
- "kuldestråling"
- køling ved ventilation: se kapitel 30: "Ventilationssystemer og -anlæg"
- kølelofter.

Generelt

- isoleringsmaterialer: mineraluld, asbest
- vandskader
- rørgennemføringer: lydtæthed, støj.

Litteratur

- (28.1) Hansen, H. E. (red.), Kjerulf-Jensen, E. (red.) og Stampe, O. B. (red.). Varme- og klimateknik. Grundbog. Danvak. København 1988.
- (28.2) Kjær, J. et al. Støj fra varmecentraler. SBI-anvisning 123. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1980.

29. Ildsteder

Myndighedskrav

Bygningsreglementet og BR-S 85.

Gasreglementet, afsnit A, B og C.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighedskrav og indeklimaet".

Ildsteders betydning

Ved forkert projektering, opstilling, drift og vedligeholdelse kan ildsteder give risiko for både brande, eksplosioner, forgiftninger og miljøgener. Der er derfor en lang række regler for opstilling og drift. Det gælder såvel afstandskrav til selve ildstedet og til aftræksrør og skorstenes føring og udmunding, samt krav til ventilation af rummet, hvori ildstedet er opstillet. Store fyr kan producere støj og vibrationer, der kan spredes til andre rum i bygningen.

Brugen af ildsteder, der tager forbrændingsluft direkte fra opstillingsrum i mere eller mindre åben forbindelse med opholdsrum, vil kunne påvirkes af eller selv påvirke ventilationssystemet i opholdsrummene. Derfor skal ventilationssystemet dimensioneres under hensyn til dette.

Oliefyr

Oliefyr er typisk blæseluftbrændere med kedel af støbe- eller pladejern placeret i separat fyr- eller kedelrum, og bortset fra i enfamiliehuse, med eget udeluftindtag og luftteknisk adskillelse til beboelsesrum. De har derfor ingen indflydelse på indeklimaet.

Gasfyr

Gasfyr kan enten være blæseluftbrændere for de større effekter eller atmosfæriske brændere, dvs. enheder uden blæser til forbrændingsluften. Der kan opnås en meget ren og stabil forbrænding.

Opstilling af atmosfæriske brændere kræver udelufttilførsel enten direkte til

brænderen (balancerede anlæg) eller via en udeluftåbning i rummet. Afkast fra gasfyr bør føres over tag. Trækbrydere benyttes ofte ved mindre gasbrændere. Hermed trækkes rumluft ud sammen med røgen. Ved vindnedslag kan røg og udeluft blæses ud i rummet (29.1).

Ved udskiftning af eksisterende oliebrændere til gas, installeres ofte en ny og bedre isoleret kedel. Den effektivitet, der opnås ved dette, betyder, at varmeafgivelsen til rummet bliver lav. Det kan derfor være nødvendigt med opsætning af nye radiatorer i fyrrum, som tidligere blev opvarmet af overfladetabet fra kedlen, samt ændring af skorstenens udformning, herunder isolering, for at sikre mod bygnings-skader og løbesod.

Øvrige gasildsteder

Gaskomfurer tager forbrændingsluften fra rummet og afgiver forbrændingsgasserne direkte til rummet igen. Derfor er rigelig ventilation vigtig.

Ved installation af gaskomfurer skal der være aftræk med en effektiv emhætte for at reducere påvirkningen fra kvælstofilter. Gaskomfurer bør ikke anvendes i boliger med allergikere eller andre med luftvejssygdomme, og gaskomfurer bør aldrig anvendes til rumopvarmning.

Gaskaminer bruges til opvarmning af et enkelt eller nogle få rum. Brænderen er atmosfærisk, effekt 1-6 kW. Forbrændingsluften kan tages fra rummet eller med et balanceret aftræk fra det fri, så forbrændingskammeret ikke er i forbindelse med rummet. Tages forbrændingsluften fra rummet, bør der i rummet være en fri åbning til tilførsel af udeluft.

Ovne til fast brændsel (ikke pejse eller brændeovne)

Her er tale om en lang række typer til forbrænding af træ, halm, fossile brændsler eller spildprodukter. Sådanne ildsteder kan give gener, både med lugt og støv. Det kræver omhyggelig indstilling og kontrol at opnå en stabil og effektiv forbrænding med minimal forureningsafgivelse.

Pejse og brændeovne

En åben pejs har et stort luftforbrug, så en stor del af konvektionsvarmen forsvinder op gennem skorstenen. Derfor vil en åben pejs kun give varme tæt ved, men der bliver større luftskifte og dermed større varmemeforbrug. Der kan blive risiko for træk. En undersøgelse af luftskiftet i enfamiliehuse bygget efter 1982 viste 20 pct. højere luftskifte i boliger med brændeovn. Med pejs vil det være endnu større.

En pejs med dårligt træk giver generende røg i rummet. Der kan monteres indsatse på pejse for at forøge den konvektive varmeafgivelse, og de forsynes med låger med regulerbare luftåbninger, så forbrændingen bedre kan kontrolleres.

Katalysator- og andre transportable ovne

Disse ovne er som regel små transportable ovne uden direkte aftræk til det fri på 1-3 kW til rum, der kun opvarmes lejlighedsvis. De kræver brandmyndighedernes godkendelse, og der er minimumskrav i Gasreglementet (29.3) til en åbning til det fri afhængig af indfyret effekt. Fælles for ovne uden aftræk er afgivelsen af forbrændingsprodukter til rummet i form af blandt andet kvælstofilter og vanddamp samt kulmonoxid ved ufuldstændig forbrænding. Sådanne ovne bør derfor ikke anvendes.

*Drift***Pejse**

Specielt ved optænding kan det let ske, at røg og forbrændingsgas slipper ud i rummet. Forbrændingen kan være ufuldstændig, da den sker ved relativt lav temperatur. Ofte bruges pejse til afbrænding af affaldstræ og papir, som kan indeholde skadelige stoffer, der frigives og spredes ved forbrændingen. Dette er blandt andet tilfældet med tryk- eller vacuumimpregneret træ, som derfor ikke må afbrændes. Luftforureningen er ofte ledsaget af lugtgener. Der skal vejledes i valg af brændsel og i at undlade afbrænding under ugunstige vindretninger (29.2).

Andre ildsteder

Indstilling af brændere skal udføres af fagfolk med det nødvendige måleudstyr. Herved sikres en ren forbrænding og god driftsøkonomi, og brugernes sikkerhed mod uheld minimeres.

Checkliste

- luftskifte, lufttilførsel, iltforbrug
- træk
- varmetilskud fra centralfyr
- skorsten og lugtgener
- støv, fugt, sod
- støj, vibrationer
- astmatikere og gaskomfur
- fast brændsel og forurening.

Litteratur

- (29.1) Ovesen, K. et al. Naturgasinstallationer. Små anlæg. SBI-anvisning 145. Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm 1985.

- (29.2) Korrekt fyring. Sådan udnyttes brændsel bedre. Pjece. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1993.
- (29.3) Gasreglementet. Danmarks Gasmateriel Prøvning. Hellerup. Seneste udgave.

30. Ventilationssystemer og -anlæg

Myndighedskrav

Bygningsreglementet og BR-S 85 vedrørende brandforhold, sundhed og energiforbrug.

Gasreglementet vedrørende ventilation ved gaskomfurer.

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992 om faste arbejdssteders indretning, vedrørende ventilation.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighedskrav og indeklimaet".

Ventilationssystemer

Ventilationens størrelse indrettes efter bygningens forurenings- og varmebelastning, som blandt andet stammer fra personer, deres aktiviteter, øvrige forurenende aktiviteter samt byggematerialers og inventars afgivelse af forureninger. Med hensyn til forurening henvises til kapitel 12: "Ventilation og luftkvalitet". Med hensyn til varmebelastning og temperaturforhold henvises til kapitel 9: "Beregning af termisk indeklima". Se endvidere kapitel 3: "Myndighedskrav, vejledende værdier og projekteringsværdier".

Der findes tre principielt forskellige ventilationssystemer:

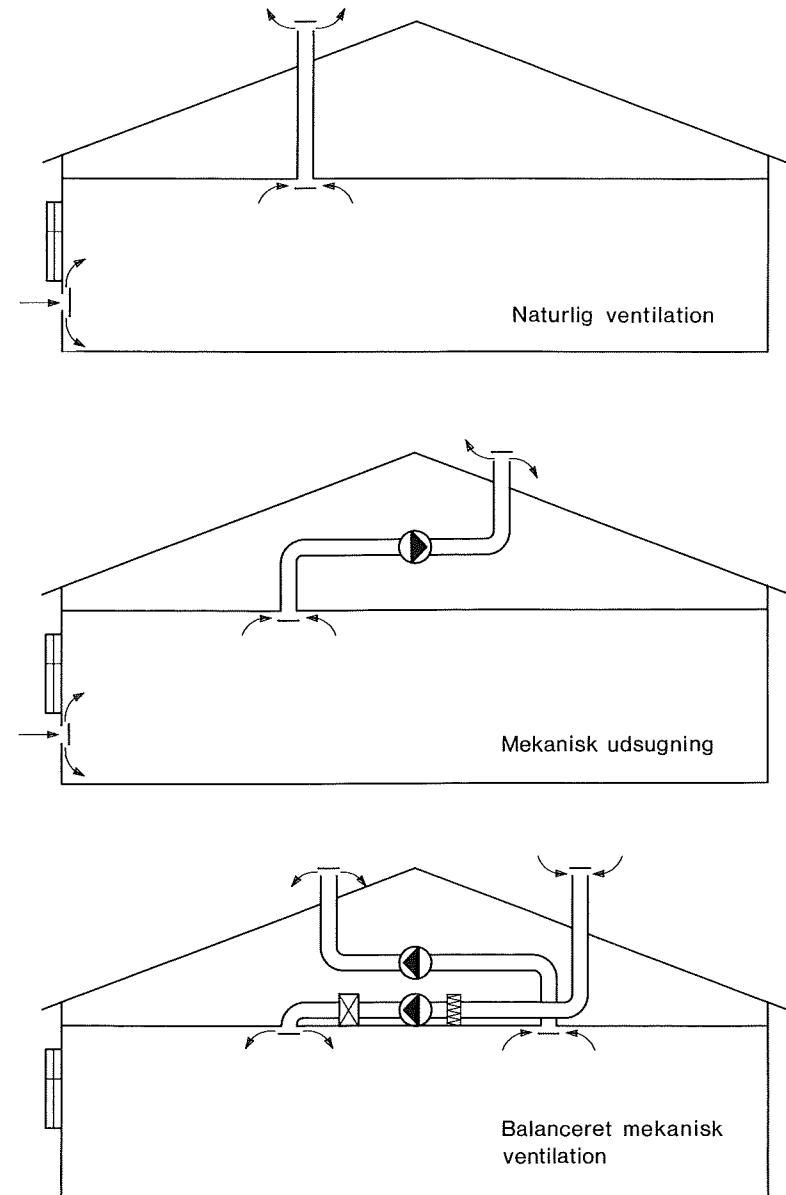
- naturlig ventilation og vinduesventilation
- mekanisk udsugning
- balanceret mekanisk ventilation.

Se figur 30.1.

I praksis vil der oftest forekomme en kombination af flere af systemerne sammen med infiltration af udeluft og overførsel af luft fra andre rum.

Naturlig ventilation og vinduesventilation

Ved naturlig ventilation forstås, at der ventileres via åbninger i klimaskærmen. Der anbringes udeluftventiler i vægge, hvor luften kan tilføres, og åbninger i loftet, hvor luften via kanaler føres op over taget. Derved kan termiske drivkræfter og vindkræfter skabe et luftskifte i bygningen. I praksis suppleres med vinduesventilation.



Figur 30.1. Ventilationssystemer.

Luftskiftet, der etableres på denne måde, varierer med brugsvanerne. Det kan forventes at være ca. 0,5 gange pr. time. Med gennemtræk i ca. 5 minutter hver time, kan der med vinduesventilation opnås en forøgelse af det gennemsnitlige luftskifte med 0,5-1 gange i timen. Baseres ventilationen på naturlig ventilation suppleret med vinduesventilation, skal der være mulighed for at placere sig uden for det område, hvor luften kommer ind ad vinduerne, så trækgener undgås.

Normalt kan et luftskifte på ca. 1 gang pr. time kun opnås trækfrit i vintersæsonen, hvis udeluften tilføres gennem udeluftventiler, der leder luften forbi en radiator, som er i drift hele tiden. I kontorer er der ofte tilstrækkelig varmetilførsel alene fra belysning, sol og maskiner. Ønskes større luftskifte, må der udføres en nærmere beregning af det samlede system, herunder antal og størrelse af udeluftventilerne.

Fordele

Systemet har en enkel og let forståelig funktion, der sikrer individuel reguleringsmulighed. Systemet medfører ikke støj, hvis udeluftventilerne er passende lyddæmpede. Funktionsbetingelserne er i øvrigt, at udeluftventilerne udformes, herunder har en passende størrelse, og placeres så udeluften opblandes til en acceptabel temperatur og en passende lav hastighed, inden den når opholdszonen, det vil sige mindre end 0,15 m/s ved 21 °C. Se afsnittet "Lufttilførsel" i dette kapitel.

Ulemper

Ventilationens størrelse afhænger af vind, temperaturforskelle mellem inde og ude samt højdeforskelle mellem luftindtag og -afkast, hvorfor den varierer. Overføringsluft fra andre dele af bygningen kan forekomme, blandt andet fordi vinden kan bevirke, at udeluftventilerne kommer til at fungere som aftræksventiler. Dette sker ofte i bygninger med åben forbindelse mellem flere etager. Det er nødvendigt jævnlige at indstille udeluftventiler eller vinduer for at opretholde et tilfredsstillende indeklima, og ventilerne skal jævnlige renses for snavs. Endelig er der risiko for, at forureninger indtages fra gadeniveau.

Anvendelsesområder

Naturlig ventilation suppleret med vinduesventilation kan anvendes i boliger og i kontorer med lav personbelastning, det vil sige 1-2 personer pr. kontor. I kontorer bør der samtidig være et passende stort rumvolumen (ca. 50 m³ pr. person), lav forurening og lav varmebelastning, gode varmeakkumulerende bygningsmaterialer (beton og tegl), der ikke ind mod rummene er beklædt med materialer, der er isolerende som fx akustiklofter. Naturlig ventilation kan også anvendes i glastilbygninger til brug for kortvarige ophold.

Mekanisk udsugning

Mekanisk udsugning adskiller sig fra naturlig ventilation ved, at udsugningen foregår mekanisk ved hjælp af en ventilator.

Fordele

Mekanisk udsugning af rumluften kombineret med udeluftventiler sikrer bedre end naturlig ventilation en stabil ventilation i det enkelte rum og dermed en større ventilation uden nødvendigvis at anvende vinduesventilation. Der kan opnås luftskifter af samme størrelsesorden som ved naturlig ventilation. Systemet har en enkel og let forståelig funktion, og sammen med vinduesudluftning sikres individuel reguleringsmulighed. Funktionsbetingelserne er, at udeluftventilerne udformes, herunder lyddæmpes, og placeres, så luften bliver opblandet til en acceptabel temperatur og en passende lav hastighed, inden den når opholdszonen, det vil sige mindre end 0,15 m/s ved 21 °C. Se afsnittet "Lufttilførsel" i dette kapitel.

Ulemper

Ventilationens størrelse afhænger til en vis grad af vind, temperaturforskelle mellem inde og ude, højdeforskelle mellem luftindtag og -afkast, men mindre end ved naturlig ventilation. Overføringsluft fra andre dele af bygningen vil forekomme, og forureninger kan indtages fra gadeniveau. Det er nødvendigt jævnlige at indstille udeluftventiler eller vinduer for at opretholde et tilfredsstillende indeklima både med hensyn til støj udefra og træk. Set i forhold til naturlig ventilation kan der med mekanisk udsugning opstå et større undertryk i bygningen, hvis ventilationen øges, og bygningen samtidig er tæt. Dette øger risikoen for opsugning af radon, fugt og grundforureninger fra jorden under et eventuelt utæt terrændæk eller kældergulv. Endelig kan ventilatorstøjen øge baggrundsstøjniveauet.

Anvendelsesområder

Mekanisk udsugning kan anvendes i boliger og i kontorer med en lav personbelastning, det vil sige 1-2 personer pr. kontor. I kontorer bør der samtidigt være et passende stort rumvolumen (ca. 50 m³ pr. person), lav forurening og lav varmebelastning, gode varmeakkumulerende bygningsmaterialer (beton og tegl), der ikke er isolerede ind mod rummene samt jævnlig udluftning via døre og vinduer. Mekanisk udsugning kan også anvendes i glastilbygninger til brug for kortvarigt ophold. Mekanisk udsugning kan med fordel anvendes som punkt- eller rumudsugning i særlige indeliggende rum (toiletter) eller som punktudsugninger ved særlige processer (fotokopiering, madlavning og faglokaler i skoler). Det er vigtigt, at erstatningsluften kommer fra andre, ikke forurenede rum.

Balanceret ventilation

Med balanceret ventilation forstås, at der med ventilationsanlæg både indblæses og udsuges luft. Der vælges som regel ikke præcis samme volumenstrøm af luft for indblæsning og udsugning i alle rum. Det skyldes ønsket om styring af luftstrømme til eller fra rummet udefra eller fra andre rum. En sådan styring har dog mindre betydning, hvis rummene har større åbninger til hinanden, fx åbne døre.

Fordele

Den tilførte lufts kvalitet med hensyn til temperatur, renhed og fugt kan kontrolleres, og trykforhold til en vis grad styres. Der kan opnås store luftskifter uden trækgener. Hvis der i kontorbygninger anvendes varmegenvinding, forøges energiforbruget til ventilation ikke i forhold til både naturlig ventilation og mekanisk udsugning ved et luftskifte op til 1,5 gange i timen. Fordelene er endvidere, at store arealer kan sikres god luftkvalitet, og at vinduer kan holdes lukkede fx for at holde trafikstøj ude. Balanceret ventilation er den eneste mulighed for at sikre god luftkvalitet i rum, hvor tobaksrygning er tilladt, og hvor der opholder sig mange mennesker.

Ulemper

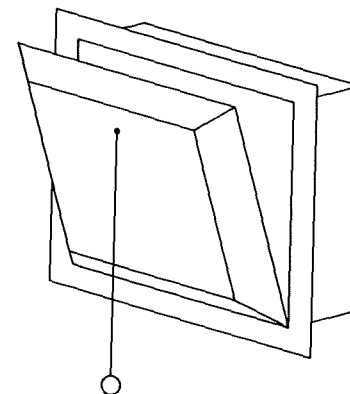
Hvor balanceret ventilation af en bygning eller et rum er afgørende for at opnå et godt indeklima, og hvor anlægget tillige tjener til at opvarme, køle eller befugte luften i bygningen, stilles der store krav til vedligehold og til driftspersonalets uddannelse. Hvis disse krav ikke opfyldes, kan ventilationsanlægget blive en væsentlig årsag til indeklimaproblemer. Ved at adskille opvarmning og ventilation og ved at give mulighed for, at vinduer kan åbnes i daglig brug, indbygges en sikkerhed for at kunne opretholde et godt indeklima selv ved visse svigt i driften af ventilationsanlæggene.

Anvendelsesområder

Balanceret ventilation kan anvendes i alle bygningstyper.

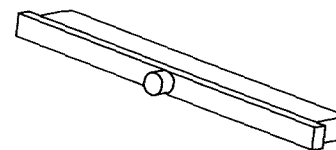
Lufttilførsel

En væsentlig udfordring ved projektering af ventilationsanlæg er at ventilere tilstrækkeligt, uden at det giver risiko for trækgener. Lufthastigheden i en luftstråle fra et indblæsningsarmatur kan beregnes, men som regel angiver produktkatalogerne diagrammer over hastigheden. Det er tillige tilnærmelsesvis muligt at bestemme de luftstrømninger, der vil opstå i lokalet.



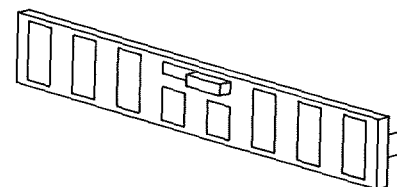
Klapventil

Hovedparten af den tilførte luft afbøjes 45-90° svarende til klappens åbningsvinkel.



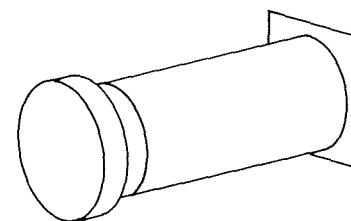
Spalteventil

Den tilførte udeluft afbøjes opad og/eller nedad.



Skydeventil

Den tilførte udeluft bevæger sig oftest direkte ind i rummet.



Tallerkenventil

Den tilførte udeluft afbøjes og tilføres rummet langs væggen.

Figur 30.2. Eksempler på udeluftventiler: Den nederste type er normalt den bedst egnede. Se også figur 30.3.

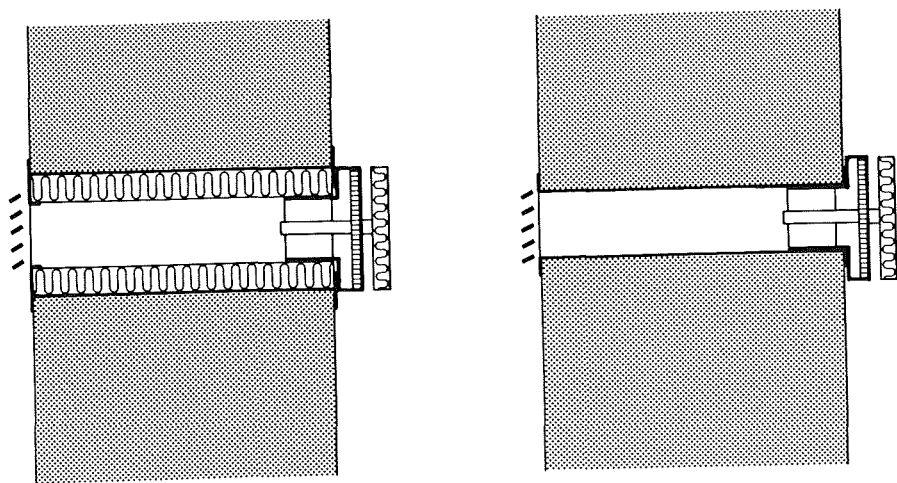
Udeluftventiler ved naturlig ventilation

Udeluftventiler anbringes normalt i facaden, i væg eller vinduesramme. Funktionskrav til en ventil er, at den

- skal være let at indstille
- skal være rengøringsvenlig
- skal være forsynet med støv- og insektfilter
- skal kunne tilføre luften trækfrit
- ikke må reducere facadens lydisolering væsentligt
- ikke må give anledning til fugtskader.

Generelt er den bedste løsning højt placerede ventiler, hvor luftstrålen opblandes og afbøjes mod loft eller parallelt med væggene helst med en opvarmingskilde under. Ventilen skal være forsynet med lydisolering gennemføring, se eksempler i figurerne 30.2 og 30.3.

Der er udviklet udeluftventiler med luftstrømsregulator styret af fugtigheden i rummet eller regulatorer, der tilfører rummet en konstant luftstrøm. Med de bedst udformede udeluftventiler kan der tilføres ca. 10 l/s ved 0 °C udetemperatur pr. ventil, uden at der opstår trækgener.



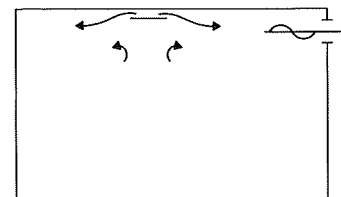
Figur 30.3. Eksempler på lydabsorption i udeluftventiler. Ventilen til venstre er vanskelig at rengøre.

Lufttilførsel ved mekanisk indblæsning

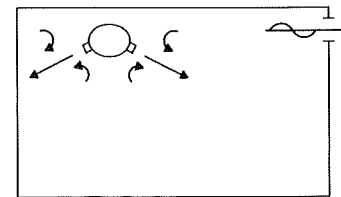
Når udeluften tilføres ved mekanisk indblæsning, kan der anvendes to forskellige ventilationsprincipper: opblandingsventilation og fortrængningsventilation. I det følgende beskrives de væsentligste indeklimamæssige forskelle ved de to principper. Der kan desuden anvendes individuel ventilation, hvor luften tilføres de enkelte arbejdspladser og reguleres derfra. Se i øvrigt (30.2).

Opblandingsventilation

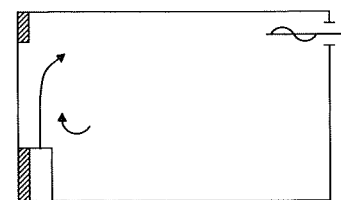
Ved opblandingsventilation indblæses luften, så den opblandes bedst muligt med rumluften og derved ventilerer alle dele af rummet lige meget. Dette ventilationsprincip er velegnet til fjernelse af spredte forurenings- og varmekilder i rum med begrænset lofthøjde. Figur 30.4 beskriver fordele og ulemper ved karakteristiske indblæsningsformer:



Indblæsning langs loftet med opblanding af rumluft nedefra. Luften tilføres uden for opholdszonen og kan sikres tilført trækfrit ved korrekt styret hastighed og temperatur. Tilføres luft med overtemperatur vil der være risiko for kortslutning til højtsiddende udsugningsarmaturer.



Indblæsning via dyser eller riste i kanaler i rummet eller fra riste i vægge med opblanding af rumluft fra begge sider af luftstrålen. Luften tilføres uden for opholdszonen og kan sikres tilført trækfrit ved korrekt styret hastighed og temperatur. Tilføres luft ved undertemperatur er der risiko for, at luften, der ikke som ovenfor klæber til loftsfladen, bøjer ned og giver træk.

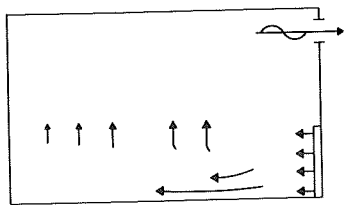


Indblæsning op langs brystning og vinduer eventuelt med opblanding af rumluft i armaturet (induktionsapparater). Luften tilføres tæt ved opholdszonen og kan afbøjes ind i den ved lav temperatur og hastighed, eller fx ved at sprosser, persiener eller udeluft fra utætte vinduer bøjer luften af. Ved indblæsning direkte ved gulv medrives eventuelt snavs og affald, som ophobes i armaturet.

Figur 30.4. Fordele og ulemper ved forskellige karakteristiske indblæsningsformer ved opblandingsventilation.

Fortrængningsventilation

Ved fortrængningsventilation indblæses luften med lav hastighed, og i visse armaturer tillige med stor opblanding af rumluft, direkte i rummets opholdszone. Den indblæste luft tilføres oftest nær gulvet med lidt lavere temperatur end rumluften. Luften fordeles sig og fortrænger den forurenede luft støttet af den termiske opdrift, der skabes af varmekilder i rummet. Fortrængningen kan også ske ved en såkaldt aktiv fortrængning, hvor indblæsningsarmaturerne anbringes tæt ved de områder, der ønskes ventileret mest. Her kan enkelte kraftige varmekilder forstyrre virkningen af ventilationen. Fortrængningsventilation er velegnet til rum med stor loftshøjde, hvor der er punktførmige varmekilder, og hvor kølebehovet er begrænset. Ventilationsprincippet kan dog også bruges i mere lavloftede rum, men ofte uden udnyttelse af den ret store ventilationseffektivitet, der karakteriserer fortrængningsventilation. Figur 30.5 beskriver fordele og ulemper ved brug af fortrængningsventilation.



Ved fortrængningsventilation tilføres luften direkte i opholdszonen. Trods den lave indblæsningshastighed skal der regnes med en frizone nær armaturerne, fordi den indblæste luft, der er koldere end rumluftens, samles langs gulvet og giver risiko for træk. Indblæses med samme eller højere temperatur end rumluftens, fordeles luften ikke, og princippet fungerer ikke.

Figur 30.5. Fordele og ulemper ved brug af fortrængningsventilation.

Individuel ventilation

Individuel ventilation i rum med flere personer, fx i kontorer, kan være indrettet som gulyplacerede ventiler eller ventiler placeret i arbejdsbordet og lignende.

Individuelt reguleret ventilation kan skabe større tilfredshed blandt de personer, der bruger rummet, fordi den kan tilpasses den enkeltes øjeblikkelige behov. Der skal sikres en vis mindste ventilation af hensyn til det samlede behov i lokalet.

Udsugningsåbningers betydning for ventilationens effektivitet

Udsugningsåbningerne fordeles jævnt i rummet. Placeringen har ingen betydning for trækforholdene, men kan have indflydelse på ventilationens effektivitet: der kan forekomme kortslutning af indblæsningsluft til udsugning.

For at opnå høj effektivitet af fortrængningsventilation skal udsugningsarmatu-

erne placeres under loftet, og hvis det er muligt, da helst modsat indblæsningsarmaturerne. Armaturernes udformning er underordnet for luftbevægelserne.

For punktudsugning gælder, at effektiviteten er afhængig af udsuget volumenstrøm, udsugningsåbningens form og dermed hastigheden i den afstand fra åbningen, hvor forureningen dannes. Tværgående luftbevægelser kan forstyrre virkningen. Principper for udsugningsåbningens udformning fremgår af (30.3).

Luftbehandling og komponenter

Opvarmning

Temperaturen på den indblæste ventilationsluft skal være afpasset efter indblæsningsarmaturerne, så der ikke opstår trækproblemer og så der ikke opstår kortslutning til udsugning i eller uden om opholdszonen. Dette stiller krav til henholdsvis minimal og maksimal indblæsningsstemperatur.

Køling

Ifølge Bygningsreglementet må anlæg for køling af indblæsningsluft kun installeres, når tilfredsstillende indeklimaforhold opnås mest energioekonomisk med køleanlæg, og når andre foranstaltninger, herunder solafskærmning og fjernelse af varme fra maskiner, belysning mv. ikke er tilstrækkelig til opretholdelse af tilfredsstillende forhold.

Afhængig af den omgivende lufts fugtighed og overfladetemperatur bliver køleflader våde af kondens. Hvis delene er våde i længere tid, og hvis temperaturen, fx under stilstand, stiger, dannes grobund for svampe- og bakterievækst, der derefter kan spredes til omgivelserne. Det gælder centrale eller lokale køleflader i ventilationsanlæg og kølelofter.

Køleanlæg og deres betydning for indeklimaet behandles i kapitel 28: "Varme- og køleanlæg".

Varmegenvinding

Fugtoverførende varmevekslere kan overføre gasser og dampe, der er vandopløselige, og dermed overføres lugte. Denne type varmevekslere bør derfor ikke anvendes, hvor udsugningsluften fx indeholder madlugte. For alle typer gælder, at der skal sikres tæthed mod lækage af udsugningsluft til indblæsningsluften.

Returluft

Returluft, dvs. udsuget luft fra ét rum, bør ikke anvendes til indblæsning i andre rum, der ikke bruges af de samme mennesker eller i rum med anden aktivitet for at undgå at sprede forureninger, og at lugte adsorberes i kanalsystemers overflader og

støvelbægning. En form for returluft er luftoverføring fra ét rum til et andet. Ifølge Bygningsreglementet må luftoverføring kun ske fra mindre forurenede rum til mere forurenede rum.

Befugtning

Befugtning af ventilationsluft udgør en risikofaktor for indeklimaet på grund af særdeles gode forhold for vækst af mikroorganismer i og omkring befugteren. Risikoen er mindst ved dampbefugtere. Anvendes befugtning, er der behov for ekstra vedligeholdelse. For at undgå kondens på kolde bygningsdele bør der ikke være mere end ca. 40 pct. relativ fugtighed i lokalerne i vinterperioden.

Befugtning af indblæsningsluft er kun tilladt, hvis særlige sikkerhedsmæssige, produktionsmæssige eller hygiejniske forhold taler derfor, jf. Bygningsreglementet. I boligens ventilationsanlæg bør der ikke befugtes.

Affugtning

Med køleanlæg kan luften affugtes centralt. Der er dog normalt ikke behov for affugtning i de bygningskategorier, der her er tale om.

Filtrering

Luften skal filtreres for udeluftens forureninger, primært støv. I betragtning af at der indendørs højst bør være et støvniveau på ca. $0,1 \text{ mg/m}^3$, bør luften filtreres til $< 0,02 \text{ mg/m}^3$. Der bør ifølge (30.6) bruges finfiltre EU 7 (Klasse 85). Det svarer til filtre med en effektivitet over for atmosfærisk støv (middelsvævningsgraden) på 80-90 pct., se figur 30.6.

Fugt har tendens til at kondensere på filtre, og da der netop dér er tilbageholdt støv, forekommer der mikrobiel vækst, hvis primære genevirkning er afgivelse af lugt og mikroorganismer. Filtre skal således ikke alene udskiftes på grundlag af tilstopning, men også hvis de lugter.

Luftindtag

Luftindtag udføres og placeres, så vand og affald ikke kan komme ind i kanalerne. Fugten fremmer mikrobiel vækst i kanaler og filtre. Luftindtag i åbent, landligt terræn bør ikke indtage luften lavere end 3-4 m over terrænet af hensyn til indsigning af svampesporer, og luften bør ikke føres i bygningsmæssige kanaler under terrænet af hensyn til risiko for indsigning af vand, med mikrobiel vækst til følge.

I bymiljø anbringes luftindtag mindst 4-5 m over gadeniveau, mod gårdsiden og ikke i samme side som afkastningsåbninger. Hvis luftindtaget er på et tag, må det

vejledning:

effektivitet pct	virkning	anvendelse				
			20	40	60	80
<i>middeldudskilningsgrad</i>						
beskytter mod insekter og fibre begrænset virkning over for grovere pollen ($< 70 \text{ pct}$) ineffektiv over for røg og sværtende partikler						
vinduesaggregater varmevekslere luftvarmere fiberfiltre inden for tekstilindustrien						
virksomt mod grovere pollen ($> 85 \text{ pct}$) og grovere atmosfærisk støv mindre virksomt mod røg og sværtende partikler						
varme- og koldluftaggregater indblæsningsanlæg for: transformatorstationer, garager, almindelige industrilokaler og andre rum med ringe krav til filtreringen kontorer og opholdsrum i industrien varmluftanlæg i parcellhuse						
begrænset virksomt mod røg og sværtende partikler						
som ovenover indblæsning i køkkener og sprøjtemalerum						
virksomt mod pollen og finere atmosfærisk støv væsentlig reduktion af sværtende partikler begrænset virksomt mod os og røg virker ikke mod tobaksrøg						
<i>middelsvævningsgrad</i>						
effektivt mod pollen og sværtende partikler begrænset virksomt mod tobaksrøg delvis virksomt mod bakterier						
anlæg som ovenfor, men med større krav til renhed levnedsmiddelindustrier laboratorier telefoncentraler teatre sengestuer EDB-rum						
meget effektivt mod partikler som forårsager svævnings meget effektivt mod bakterier ret effektivt mod tobaksrøg						
operationsstuer visse produktionslokaler inden for optiske og elektroniske industrier stalde til dyreforsøg indblæsning i EDB-udstyr undersøgelsesrum						

EU 5 6 7-9 Klassifikation af finfiltre

Figur 30.6. Filtres evne til at filtrere partikler (30.4).

heller ikke her placeres tæt ved afkastningsåbninger. Indtaget anbringes helst på facaden i bygningens nordvest- til nordøstlige side, så den indsugede luft om sommeren kan være køligst. Her vil den bedste placering ofte være i facaden umiddelbart under taget, ned til den halve bygningshøjde (dog ikke under 4-5 meter over terræn).

Placeringen skal fastsættes ud fra hensyn til luftstrømningsforhold om bygningen, placering af skorstene, afkast fra ventilationsanlæg (30.3) og fra vandkølede kondensatorer til køleanlæg for at undgå risiko for at indtage legionellabakterier, der kan trives i vandet.

Luftafkast

Luftafkast placeres således, at der ikke finder kortslutning til indtagene sted, dvs. ikke i vindsiden for luftindtag, ikke på facader med udeluftventiler og oplukkelige vinduer eller ovenlys. Den bedste placering er et stykke over tagoverfladen eller med en afkastningshastighed så høj, at luften kommer op over hvirvellaget over taget (30.3).

Kanaler

Ventilationsanlæggets komponenter må ikke give anledning til ubehagelig lugt. Kanaler bør inden installeringen renses for beskyttelsesmidler, hvis disse afgiver lugtende eller skadelige stoffer til ventilationsluften. Komponenter bør være afdækket, indtil de installeres. Der bør ikke anvendes kanaler med indvendige foringer, der ikke kan renses. Lydsluser må ikke kunne give anledning til frigørelse af mineraluldsfibre.

Kanaler skal isoleres udvendig, så der ikke opstår kondens af fugt indvendig.

Ventilatorer og bevægelige dele

Ventilationsanlæg må ikke give anledning til støjgener i eller uden for bygningen. Selv om kravene i bygningsreglementerne og Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg, DS 447 (30.4) er opfyldt, kan ventilationen svagt høres i bygningen. Det er ofte lyd med lave frekvenser (under 100 Hz), der afgives fra ventilationsanlæg. Denne lyd er der ikke specielle krav til, men den formodes at have en trættende virkning og bør derfor være svag. Vejledende forslag til grænse er, at det målte støjniveau, målt på en lineær støjskala, ikke må være mere end 5dB højere end det A-vægtede støjniveau. Ventilationsstøj reduceres ved lave hastigheder i kanaler, i aerodynamisk udformede komponenter og i lydsluser med stor lydabsorption. I kapitel 10: "Lydberegning" beskrives beregning af støj og støjdæmpning fra installationer og i (30.2) findes yderligere detailberegning af lyddæmpning.

Regulering og driftsstrategi

Indblæsningsluftens temperatur

Uanset om temperaturreguleringen af indblæsningsluften har til formål at holde en konstant temperatur eller en temperatur styret af rumtemperaturen, skal indblæsningsluftens temperatur holdes inden for nogle kritiske grænser af hensyn til trækrisiko og ventilationseffektivitet. Disse grænser afhænger af indblæsningsprincip, armaturudformning og indblæst volumenstrøm. Se afsnittet "Lufttilførsel ved mekanisk indblæsning" i dette kapitel.

Volumenstrømsregulering

Der er ligeledes kritiske grænser, når der anvendes volumenstrømsregulering, hvor volumenstrømmen ændres i takt med kølebehovet (VAV-anlæg). I disse tilfælde skal der sikres en minimum lufttilførsel for luftkvalitetens skyld. Lufthastighederne ved maksimal indblæsning skal være acceptable.

Rumtemperaturregulering

Rumtemperaturregulering via ventilationsluften skal fungere sammen med anden temperaturregulering, fx via radiatorer. Der skal kunne udluftes eller åbnes vinduer, uden at reguleringen går ud af funktion.

Driftsstrategi

Driftsstrategien skal fremgå tydeligt af driftsvejledningen. Den udformes med henblik på, at ventilationen skal fjerne luftforureninger, hvad enten der er aktiviteter i bygningen eller ej.

Rumluften skal renses inden ventilationen standses, så der ikke adsorberes forureninger i bygningens materialer eller udfældes svævestøv med virus og bakterier. Det tager fem timer ved et luftskifte på 0,5 gange pr. time og en halv time ved et luftskifte på 5 gange pr. time før koncentrationen er faldet til en tiendedel efter at forureningsafgivelsen er ophørt (30.2).

Der skal ventileres under rengøring og i øvrigt uden for brugstiden i et omfang, så bygningens eller ventilationsanlæggets egenafgivelse af forureninger ikke forårsager dårlig luftkvalitet, når bygningen er i brug.

Hvis det valgte ventilationssystem forudsætter vinduesudluftning eller anden deltagelse af brugerne, bør dette fremgå af brugervejledningen.

Anbefalinger til udførelsen

- kanaler, komponenter og andre materialer skal være rene. Skadelige eller lugtende beskyttelsesmidler fjernes ved rensning inden montering

- kanaler og komponenter holdes tildækkede under byggeprocessen og renses før ibrugtagning
- samlinger udføres tætte i henhold til tæthedskrav i (30.4), og de skal prøves under byggeprocessen
- kanaler isoleres mod indvendig kondens, også udsugningskanaler
- kanaler skal være udført med renselemme mindst for hver 20 m, og den indvendige overflade skal være glat.
- filtre udskiftes inden ibrugtagning, hvis ventilationsanlæggene har været i brug under byggeprocessen.
- det sikres, at der ikke er lækage på de monterede filtre.

Se endvidere kapitlerne 5: "Udførelse" og 6: "Aflevering, ibrugtagning og drift" samt (30.4).

Drift

Instruktion

Afleveringskontrol skal være udført inden anlægget tages i brug. En rapport skal foreligge og indgå i driftsvejledningen. Omfanget fremgår af (30.4). Driftsvejledning og brugervejledning skal foreligge. Se kapitel 6: "Aflevering, ibrugtagning og drift".

Kontrol og vedligehold

Filtre

Det er særligt vigtigt at kontrollere filtre og udskifte dem om fornødent. Kontrollen bør ske på basis af maksimalt trykfald, lugt og mikrobiel vurdering.

Volumenstrøm

Kontrol af volumenstrømme (hoved- og delluftmængder) udføres på fast installerede eller afsatte kontrolmålepunkter og sammenlignes med afleveringsrapportens værdier. Bygningsreglementet stiller krav om, at sådanne målepunkter, eventuelt med instrumenter, er installeret.

Regulering

Reguleringssystemets funktion kontrolleres med passende mellemrum.

Varme- og køleflader

Centrale og lokale varme- og køleflader efterses og renses om nødvendigt jævnlige. Især holdes øje med mikrobiel vækst omkring køleflader, kølerør og afløb for kondens.

Kanaler

Kanalsystemets tilsmudsning kontrolleres, når målinger viser reduceret volumenstrøm, eller mindst 1 gang årligt (30.7).

Checkliste

Valg af systemer

- ventilationssystem og ydelse
- enkel og forståelig funktion
- punktudsugning ved punktformige forureninger

Træk

- møbleringsmulighed og lufttilførsel
- indblæsningstemperatur og hastighed
- balance mellem indblæst og udsuget luft
- udeluftventilers udformning og placering
- udeluftventilernes regulering fra rummet
- indblæsningsarmaturers udformning og placering
- kuldenedfald

Luftkvalitet

- ydelse afpasset efter forureninger fra byggematerialer, forbrugsmaterialer, inventar, personer og diverse aktiviteter
- luftindtagets og -afkastets placering
- filtrering af udeluft
- kortslutning fra indblæsning til udsugning
- returluft og overføringsluft
- infiltration af forureninger fra grunden (radon, organiske gasser m.m.)

Mikroorganismer

- luftindtagets placering i forhold til terræn og kilder til legionellabakterier
- regnindslag og kondens på filtre
- køleflader, kondens og mikrobiel vækst
- ophvirvling af støv fra gulve
- risikofri luftbefugtning
- renselemme
- lyddæmpende materiale og fiberafgivelse
- filtre og lugt

Støj

- gadestøj og udeluftventilers udformning
- lyddæmpning i anlæg
- lavfrekvent støj
- indblæsningsarmaturers støjniveau

Udførelse

- renhold af kanaler og komponenter i byggeprocessen.
- fjernelse af beskyttelsesmidler på kanaler og komponenter
- tæthed

Drift

- styringsstrategi
- afleveringsrapport
- driftsvejledning
- brugervejledning
- kontrol og vedligehold
- tilsnævning af komponenter
- lugtende filtre
- reguleringssystemets indstilling.

Litteratur

- (30.1) Bergsøe, N. C. Udeluftventiler. Placering og funktion i etageboliger med mekanisk ventilation. SBI-rapport 196. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1989.
- (30.2) Hansen, H. E. (red.), Kjerulf-Jensen, P. (red.) og Stampe, O. B. (red.). Varme- og klimateknik. Grundbog. Danvak. København 1988.
- (30.3) Valbjørn, O. Ventilation i industrien. 2. udg. SBI-anvisning 106. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1983.
- (30.4) Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg. Normstyrelsens publikationer NP-153-N. Dansk Standard DS 447. Dansk Ingeniørforening. København 1981.
- (30.5) Bjerregaard, E. og Nielsen, F. Vindmiljø omkring bygninger. SBI-anvisning 128. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1981.
- (30.6) Inomhusklima - luftkvalitet. NKB-skrift nr. 61. Nordiska komittén för byggbestämmelser. Esbo 1991.
- (30.7) Vejledning om drift af ventilationsanlæg. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1992. (Sammenhørende brochure: God ventilation i din lejlighed eller dit hus).

31. Andre installationer

Myndighedskrav

Bygningsreglementet og BR-S 85 vedrørende støj fra tekniske installationer.

Bygningsreglementet vedrørende elevatorer.

Forskrifter for automatiske sprinkleranlæg vedrørende brandsikringsanlæg. Brandteknisk information 30. Dansk Brandteknisk Institut.

Der findes ingen specifikke indeklimakrav til centralstøvsugeranlæg og rulletrapper.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Centralstøvsugeranlæg

Centralstøvsugeranlæg er et centralt placeret suge- og støvopsamlingsanlæg i forbindelse med fast indbygget rørsystem til tilslutningspunkter fordelt i bygningen. Støvsugning foregår med løse slanger, der flyttes rundt mellem tilslutningspunkterne. Anlægget bliver dermed en del af bygningens faste installationer.

Systemet giver mulighed for en bekvem og hygiejnisk støvsugning af rummet, idet støvet straks fjernes helt sammen med udsugningsluften. Der sker ikke en ophvirvling af støv som fra visse transportable støvsugere, og man er ikke i samme grad afhængig af tætheden af de filtre, der sidder i en transportabel støvsuger. Også støj fra transportable støvsugere undgås.

Ulemperne er den mindre fleksibilitet, og det store antal tilslutninger, der er nødvendige for at give en bekvem dækning. Tilslutningsventilerne skal lukke helt tæt, for at undgå støjgener i den tid, anlægget er i drift. Tilslutningsventilernes placering skal vurderes ud fra den aktuelle indretning og fremtidige ændringer af møblering og brug af rummene. For lange slanger er uheldige og kan bevirke, at rengøringspersonalet anskaffer traditionelle transportable støvsugere i stedet for.

Elevatorer**Luftkvalitet og temperatur**

Varmebelastningen i en elevatorstol kan blive følelig, selv med den korte opholdstid. For perioder med intensiv brug vil der derfor være behov for et stort luftskifte.

Det skal sikres, at den tilførte luft, der normalt tages fra elevatorskakten, er tilstrækkelig ren og lugtfri. Skakten skal derfor være godt ventileret.

Forbindelse mellem etager

Gennem elevatorskakten kan overføres dårlig luft mellem etagerne, specielt hvis ventilationen af skakten er utilstrækkelig. Der bør normalt være undertryk i skakten i forhold til etagerne, fx ved udluftning i toppen.

Maskineriet

Elevatore kan være hydrauliske eller mekaniske (wirebårne). Løftmaskineriet, samt drev for døre og signalgivere, kan give anledning til støjgener, på grund af den uregelmæssige karakter.

Drift

For at sikre ren og lugtfri luft i skakten, bør denne holdes ren for spild af olie og smøremidler.

Ved reovering skal bremsebelægninger med asbest og døre med asbest udskiftes til andre materialer.

Rulletrapper

Rulletrapper og "rullende fortove" kræver fri passage, og dermed adgang for lufttransport mellem dele af en bygning ved normal drift. Termiske forhold eller ubalance i ventilation kan derfor resultere i uønskede luftstrømme. Dette kan undgås ved en hensigtsmæssig planløsning af anlægget og dets omgivelser samt passende luftbalance styret af ventilationssystemer.

Maskineriet kan give støj. Der kan være risiko for lugtgener på grund af afgang fra komponenter af vulkaniseret gummi og olie.

Drift

På grund af anlæggets komplicerede indretning, kan der opsamles snavs indvendigt. Dette kan, ligesom eventuelt spild af olie og smøremidler, give lugtgener ved manglende renholdelse.

Brandsikringsanlæg

Sprinkleranlæg

Den vandskade, som udløsning af sprinkleranlæg medfører, må bedømmes i forhold til konsekvenserne, hvis branden skulle bekæmpes uden sprinkling. Rum, der

sprinkles, bør have et materialevalg, der tager mindst mulig skade af vandbelastningen, og konstruktionen skal kunne afvise vand i nødvendigt omfang.

Efter vandskader skal opfugtet materiale hurtigt udtørres og eventuelt udskiftes for at undgå mikrobiel vækst.

Halonanlæg

Halonslukningsanlæg må ikke mere installeres på grund af risikoen for påvirkning af atmosfæren, men eksisterende anlæg må genoplades til og med 1998. Gassen dekomponerer, når den udsættes for høje temperaturer fra flammer eller gløder, til giftige dampe, som har den kvælende virkning på branden. Efter en brand er det derfor vigtigt med en effektiv udluftning.

CO₂

Flydende kuldioxid bruges til brandbekæmpelse i lukkede rum med elinstallationer og maskiner. Mennesker får åndedrætsvanskeligheder ved høj CO₂-koncentration, og kan desuden få forfrysningsskader, hvis de rammes direkte af den flydende CO₂. Gassen er tungere end atmosfærisk luft, og kan derfor samle sig i lavtliggende rum med ringe ventilation. Det er vigtigt med effektiv ventilationsmulighed ved disse installationer.

Litteratur

- (31.1) Bekendtgørelse om asbest. Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 660 af 24. september 1986 om asbest, som ændret ved Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om asbest. Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 984 af 11. december 1992. Arbejdsministeriet. København 1992.

32. Belysning

Myndighedskrav

Bygningsreglementet vedrørende:

- nød- og panikbelysning i soverum og flugtveje i hoteller, plejehjem, daginstitutioner, butikker, kontor-lokaler og garageanlæg
 - belysningsanlæg, energiforbrug og effektbehov under hensyntagen til rummets udformning og anvendelse herunder krav til belysningens kvalitet og driftstid
 - zoneinddeling af belysningsanlæg med mulighed for benyttelse efter dagslysforhold og aktiviteter
 - anlæg til belysning af fælles adgangsveje og udendørsarealer, herunder trapper, gange, stier samt indendørs og udendørs parkeringsanlæg.
- Stærkstrømsbekendtgørelsens krav til valg, installation og drift af belysningsanlæg skal overholdes.

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992 om faste arbejdssteders indretning, vedrørende:

- krav om belysning så arbejde og færdsel kan foregå forsvarligt, og om at orienteringsbelysning skal kunne tændes ved indgangen
- krav til lysfordeling, lysstyrke, lyskvalitet, blænding, reflekser og afgivelse af varme
- krav om nødbelysning.

At-cirkulæreskrivelse nr. 3/1993 om flugtveje og nødbelysning på faste arbejdssteder.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Belysningsanlæg

Et belysningsanlæg skal skabe et tilfredsstillende visuelt miljø med gode synsbetingelser på arbejdspladser og i lokalet som helhed. Ved udformning af belysningen i et arbejdslokale skal man være opmærksom på de forhold, der karakteriserer den gode arbejdsbelysning:

- tilstrækkelig belysningsstyrke

- passende luminansfordeling (fordeling af lyse og mørke flader)
- ingen generende blænding
- god kontrastgengivelse
- passende lysfarve og farvegengivelse.

Betydningen af belysningens forskellige aspekter og påvirkninger fremgår af (32.1). Kravene til belysning er forskellige alt efter det arbejde, der skal udføres. I Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler, DS 700 (32.2) findes en liste over de almindeligst forekommende synsopgaver, se figur 32.1. For hver synsopgave er beskrevet det belysningsprincip, der bedst tilgodeser opgaven, og der er givet eksempler på, hvordan man kan indrette belysningen. I DS 700 findes desuden en alfabetisk liste over arbejdssteder og -arter med en angivelse af, hvor meget lys der skal være på arbejdsemnet, den højst tilladelige blænding og en henvisning til synsopgaver, der stiller særlige krav til belysningen. Belysningsstyrkerne angives i talrækken 50, 100, 200, 500, 1000 og 1500 lux, hvor den laveste værdi svarer til meget groft arbejde, fx rengøring, og de 1500 lux svarer til meget synskrævende arbejde. Til kontorarbejde ved skrivebord bør der være ca. 500 lux.

Funktion og pladsforhold

Arbejdets art må være kendt, før et optimalt belysningsanlæg kan planlægges. Det må fastslås, om arbejdspladsernes placering er absolut bestemt, eller om de er flytbare, om der er forskellige typer arbejdspladser i samme lokale, samt hvor færdsels- og transportarealer skal være. Hvis det under projekteringen ikke er muligt at afgøre, hvor arbejdspladserne skal placeres, eller hvis arbejdet er af en sådan karakter, at det kræver variable arbejdspladser, må der ved udformningen tages hensyn til dette. Belysningsanlægget må i så fald bygges så fleksibelt, at det til enhver tid kan tilpasses arbejdspladserne.

Ud fra kendskab til arbejdet og arbejdslokalernes form, indretning og møblering kan kravene til belysningsanlægget fastlægges, og herudfra vælges belysningsform, lyskilder og armaturer. Under projekteringen eftervises, at kravene i DS 700 overholdes, og effektforbrug, forventet driftstid og hermed energiforbrug skønnes. Beregningsmetoder er gennemgået i kapitel 11: "Belysnings- og dagslysberegninger".

Regulering og styring

Af hensyn til lysindfaldets variation over dagen og året og energiforbruget bør mulighederne for regulering og styring af belysningen udnyttes fuldt ud. Belysningsanlægget bør zoneinddeles, gerne i grupper efter dagslysforhold, fx i rækker parallelt med vinduesfacaden. Styringen kan ske manuelt – med fotocelle – efter

Arbeitssted eller -art	Synsopgave med særlige krav til			
	belysnings- form (se pkt. 9)	Belysningsstyrke på synsobjektet (se pkt. 4.5)		
		E lux	Blændingsgrænse for almenbelysningen	
			(se pkt. 4.1)	Bemærkninger
gymnastiksale	—	200*	M	* almenbelysning
gymnastiksale m. skriftligt arbejde	8**	200*	M	* almenbelysning
se endvidere DS 707.5: Idrætsbelysning, Idrætshaller				** se specifikation af pkt. 9, synsopgave 8
håndgerning	1	500	M	
skolekøkkener	—	200	M	
sløjdlokaler	1 2	200*	M	* almenbelysning
tavler	8	500*	—	* på tavlens plan
tegning og formning	1 2 8	200	M	
skomagerarbejde	1	200	M	
skotejlsfabrikation:				
tilskæreri:				
skæring	1 2	1 000	M	
stansning	1 2	500	M	
nådlert:				
nådling (syning)	1 2	1 000	M	
skærfning og cementering	—	200	M	
bukning	1	1 000	M	
stanseri (underlæder)	—	200	M	
pinderi og pudseri	2	1 000	M	
finish-afdeling	1 2 10	500	M	
se endvidere gummifabrikation				
skrædderarbejde: se beklædningsindustri				
skønhedspleje	1 2 9	200	M	
se endvidere spejl, belysning ved				
slagtning:				
dyrlægekontrol	2 10	500	M	
se endvidere næringsmiddelindustri				
slibning (værktøj m.m.):				
slibning af alm. knive og værktøjer	2	200	M	
slibning af finere instrumenter og værktøjer	2	500	M	
smedning: se jern- og metalindustri				
sminkerum	1 9	200	M	
se endvidere spejl, belysning ved				
smørrebrødsfremstilling: se næringsmiddelindustri				
snedkerarbejde: se malerarbejde: lakering og polering samt kontrol af blanke overflader og træindustri				
sodavandsfremstilling: se bryggerier og næringsmiddelindustri				
sparekasser: se banker				
spejl, belysning ved:				
almindeligt	1	200*	—	* på personen. Lavest mulige
særligt krævende	1 2 9	500*	—	luminans af armaturer i retning mod personen
spinding, strikning og vævning: opkradsning, sortering, rensning, voffere og kartemaskiner	—	200	L	

Figur 32.1. Uddrag af Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler, DS 700 (32.2).

brugstid (urstyring) eller efter aktivitet (bevægelsesmelder). Belysningsanlægget bør kunne reguleres manuelt eller automatisk, trinvist eller trinløst alt efter behov, praktiske muligheder og økonomi. Automatiske systemer bør altid kunne overstyres af brugerne, så den enkelte bruger får mulighed for styring af lyset efter behov.

Belysningsformer

Belysningsarmaturernes opgave er at fordele lyskildernes lys. I et samspil med lokalet bestemmer armaturerne, fra hvilke retninger lyset skal komme. Det enkelte armatures effektivitet, lysfordeling samt armaturernes antal og placering har afgørende indflydelse på blænding, kontrastforhold, fordelingen af lyse og mørke flader i lokalet og dermed lokalets "lysarkitektur". Der skelnes mellem følgende typer belysning:

Almen belysning

Oftest en jævnt fordelt belysning fra loftmonterede eller nedhængte armaturer.

Lokaliseret almen belysning

Oftest en mere uregelmæssigt fordelt belysning fra loftmonterede eller nedhængte armaturer. Belysningsanlægget giver såvel rumbelysning som arbejdsbelysning.

Særbelysning

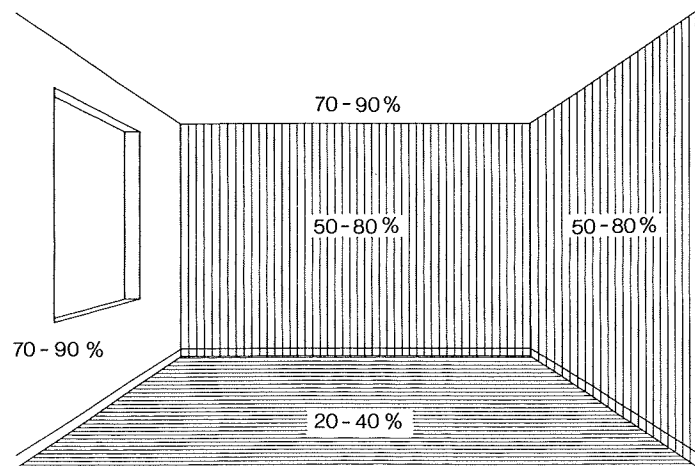
Oftest placeres arbejdslamper eller nedhængte armaturer i forbindelse med de enkelte arbejdspladser.

Et differentieret belysningsanlæg med loftarmaturer, som giver tilstrækkeligt lys til rengøring, færdsel og mindre krævende arbejdsopgaver, suppleret med armaturer eller arbejdslamper efter behov til belysning af de arbejdspladser, hvor der foregår mere krævende eller vedvarende arbejde, er ofte en god løsning. Belysningskvaliteten bliver bedre, energiforbruget i de fleste tilfælde mindre og det er positivt, at medarbejderne selv har indflydelse på belysningsforholdene.

Luminans og reflektans

Det er nemmest at skabe gode lysforhold i rum med lyse vægge, lofter og inventar. Lyse omgivelser nedsætter risikoen for blænding og "mørke huller" i belysningen og sikrer en effektiv udnyttelse og fordeling af lyset. En flades luminans er et mål for den mængde lys, fladen udsender. Luminansen afhænger både af, hvor meget lys fladen modtager, og hvor meget den reflekterer, dvs. dens farve og overfladebeskaffenhed.

En passende luminansfordeling i kontorrum opnås ved at lofterne er så lyse, at



Figur 32.2. Retningslinier for overfladernes refleksions i kontorrum.

de reflekterer mindst 70 pct. af lyset. Væggene bør reflektere mellem 50 og 80 pct. af lyset. Gulvet bør reflektere mellem 20 og 40 pct. af lyset (32.3), se figur 32.2.

Luminansforholdet mellem arbejdsbænk, arbejdsfelt og omgivelserne bør være nogenlunde 5:3:1, dvs. at der bør være mest lys på selve arbejdsbænken, mindre på arbejdsfeltet og mindst i rummet udenom. Endnu vigtigere er det, at overgangen fra større mørke flader til større lyse flader er jævnt forløbende.

Lyskilder og armaturer

Lyskilder

Som lyskilder i skoler, på kontorer og i institutioner anvendes glødelamper, halogenlamper, lysstofrør og lysstoflamper. Lyskilden skal vælges ud fra den aktuelle aktivitet eller arbejdsopgave.

Ved en kvalitetsmæssig bedømmelse af lyskilder vil lysfarve, flimmeregenskaber, overfladeluminans og specielt farvegengivelse være afgørende faktorer.

Ved en energimæssig bedømmelse vil hovedvægten blive lagt på lyskildens effektivitet i form af lysudbyttet (lm/W) eller lyskildens driftsøkonomi udtrykt ved lyskildens lysmængdepris i kr/Mlm/h (produktionsprisen for en bestemt lysmængde, inklusive elforbrug, lyskildepriis og udskiftningsomkostninger), se tabel 32.1.

Farvegengivelse

Nogle lyskilder gengiver farverne bedre end andre. De forskellige lyskilders farvegengivelse i et lokale beskrives ved deres farvegengivelsesindex, R_a -index, som

Tabel 32.1. Typiske data for lysudbytte, levetid, farvetemperatur og farvegengivelsesindex for glødelamper, halogenlamper, lysstofrør og lysstoflamper: Den angivne levetid er den økonomiske levetid, som markerer at lampernes lysudbytte er faldet til et niveau, hvor fortsat drift er urentabel.

Type	Lysudbytte	Levetid	Farvetemperatur	Farvegengivelsesindex R_a
Glødelampe, standard	12-14 lm/W	1000 timer	2800 K	99
Glødelampe, halogen	14-22 lm/W	2000 timer	3300 K	99
Lysstofrør	50-80 lm/W	9000 timer	2700-7500 K	65-98
Lysstoflampe	ca. 50 lm/W	8000 timer	2700 K	82-92

er et tal mellem 0 og 100. Jo større tal, jo bedre farvegengivelse. Dagslys og glødelamper samt halogenlamper har et R_a -index på 99-100. Lysstofrør findes i mange varianter med værdier fra 50 til 99.

Større lokaler

I større lokaler på kontorer, i skoler og institutioner vil lysstofrør af primærtypen (3-pulverrør) med god farvegengivelse og en varm, glødelampelignende lysfarve normalt være et tilfredsstillende valg. Dog bør lokalets farver altid ses i lyset fra den valgte lyskilde, før den endelige beslutning træffes. Ved krav om ekstra god farvegengivelse kan vælges primær de luxe lysstofrør (5-pulverrør).

Mindre lokaler

I mindre lokaler, på trapper og i gangarealer foreslås det at anvende mindre lyskilder, som fx små kompakte lysrør. Disse lyskilder kan bedre tilpasses kravet om en lavere, men samtidig jævn belysning. Ved krav om ekstra god farvegengivelse kan vælges primær de luxe lysstofrør (5-pulverrør), eller i specielle tilfælde glødelamper eller halogenlamper.

Arbejdslamper

Ved belysning af mindre arbejdsområder og ved krav om ekstra god farvegengivelse er halogenlamper og glødelamper anvendelige. Ønskes en mere energivenlig og mindre varmeafgivende løsning er kompaktlysstofrør anvendelige. Halogenlamper bør have dækglas i lyskilden eller armaturet for at sikre mod høj ultraviolet stråling.

Belysningsarmaturer

Et armatur kan bestå af et armaturhus, reflektorer, blændingsafskærmning samt efter behov forkoblingsudstyr og starter.

Armaturhuset fungerer som indpakning og beskyttelse af lyskilder, fatninger og andet tilbehør mod ydre påvirkninger i form af blandt andet fugt, vand og varme. Indersiden af armaturhuset kan virke som reflektor for lyset, specielt ved lidt ældre lysstofrørsarmaturer, opadlysende armaturer eller pendler for glødelys eller lavenergi-pærer.

Styring af lyset

Reflektorerne styrer lyset i bestemte retninger og afskærmer eventuelt samtidig mod blænding og indsyn i armaturet. Blanke spejlende reflektorer bruges i spotlights, fx for halogenglødelamper. I armaturer til lysstofrør styres lyset i retningen på tværs af røret af sidespejle og eventuelt på langs ad armaturet med tværlameller eller en ribbeafskærmning. En skæv, asymmetrisk reflektor kan styre lyset ud til den ene side, fx i arbejdslamper og i armaturer til belysning af tavler og reoler. Med andre reflektortyper kan man styre lyset nedad mod arbejdspladsen og dermed forhindre skrå lysudsendelse, der kan blænde eller genere andre arbejdspladser, fx hvor dataskærme anvendes. Effektiviteten i et moderne reflektorarmatur er meget større end i et traditionelt kassearmatur (firkantet indvendigt hvidmalet armatur med plastgitter). Til gengæld er risikoen for blænding større for nogle reflektorarmaturers vedkommende på grund af den koncentrerede lysudsendelse.

Mindre blænding

Gitre, prismeplader og opale plastplader i bunden af et armatur begrænser indsynet i armaturer og mindsker blændingen, enten ved at udjævne lyset, eller ved at styre det nedad på arbejdspladsen. Opale plastgitre og matte lakerede gitre med åbninger som en stor terning virker ved at udjævne lyset over gitteret, så kraftigt lysende områder undgås, og lyskilderne ikke ses, medmindre der ses direkte op i armaturet.

Lavluminansgitre er blanke eller halvblanke terningformede gitre eventuelt med svagt krum overflade. Den blanke type giver en kraftig styring af lyset nedad. Det betyder, at armaturet ser mørkt ud, når man står uden for lyskeglen, og at risikoen for spejlinger og reflekser i dataskærme er meget lille, såfremt arbejdspladserne placeres korrekt. Vedrørende indretning af belysning ved skærmarbejdspladser se endvidere (32.3). Placeres arbejdspladsen direkte under et lysstofrørsarmatur med lavluminansgitter vil medarbejderen ofte føle ubehag, selv om der ikke ved hjælp af målinger kan påvises ubehagsblænding. Den mindre blanke udgave giver en behageligere rumoplevelse og mindre variation i blændingen, men risikoen for reflekser er lidt større.

Forkoblingsenhed og starteranordning

Flimmer kan, specielt ved visse lysstofrør og andre udladningslamper, give anledning til en ubehagsfølelse og til den såkaldte stroboskopeffekt. Eventuelle gener kan formindskes betydeligt og ofte helt undgås ved en hensigtsmæssig elektrisk kobling af lyskilderne. Armaturer for lysstofrør og dampplamper skal være forsynet med en elektrisk forkoblingsenhed og en starteranordning for at kunne fungere. Som forkoblingsenhed bruges ofte en drosselspole indbygget i armaturet. De nyere elektroniske forkoblingsenheder er noget dyrere end konventionelle forkoblinger, men er at foretrække, da det får lyskilderne til at tænde øjeblikkeligt uden at blinke og ikke giver flimmer. Den elektroniske forkobling reducerer elforbruget og bevirker desuden, at lysstofrørens lysudsendelse øges med minimum 10 pct., og deres levetid forlænges ca. 25 pct.

Valg af armatur

Et godt armatur er karakteriseret ved at have en lysfordeling, hvor lysets retninger og styrke passer til synsopgaven, et blændingstal, som overholder de anbefalede grænser samt en høj virkningsgrad. Yderligere bør armaturet være let at rengøre og vedligeholde samtidig med, at dets konstruktion og robusthed er afpasset efter arbejdspladsens karakter.

Armaturer vælges ud fra oplysningerne i armaturfabrikanternes kataloger, lystekniske beregninger og undersøgelser, samt - ikke mindst - iagttagelser. Især, hvor det drejer sig om renovering af eksisterende belysningsanlæg, er det væsentligt, at man undgår de fejl og mangler, som de gamle armaturer havde. Hvis det er muligt, bør der foretages en prøveophængning af ét eller flere af de udvalgte armaturer.

Oplysninger fra fabrikanten

Måling af armaturers virkningsgrad og lysfordeling udføres som laboratoriemålinger. I fabrikanternes armaturkataloger kan følgende oplysninger findes:

- de anvendte lyskilder
- armaturets lysfordeling
- armaturets virkningsgrad (effektivitet)
- reflektor og gitre
- monteringsform, størrelse og pladskrav
- sikkerhedsklasser (isolations- og kaplingsklasse), dvs. hvor og under hvilke påvirkninger armaturer må anvendes ifølge Stærkstrømsreglementet
- materialevalg.

Beregninger

De lystekniske beregninger kan give følgende oplysninger om armaturets virkning

i et specifikt lokale af en given størrelse med et givet farvevalg og under normale driftsbetingelser. Der beregnes blandt andet:

- blændingstal til beskrivelse af den gennemsnitlige blændingsforømmelse og dens variationer
- belysningsstyrke og regelmæssighed af belysningen
- ophængningsmønster for armaturerne
- belysningsvirkningsgraden, dvs. den samlede effektivitet af loftbelysningen inklusive det samspil der vil være mellem lyskilder, rum og armaturer, se kapitel 11: "Belysnings- og dagslysberegninger".

Subjektive iagttagelser

Subjektive iagttagelser bør omfatte vurderinger af

- armaturets udseende: er det pænt, passer det til lokalet?
- lysvirkningen i forskellige retninger: sendes lyset derhen, hvor man ønsker det og ikke andre steder?
- skyggedannelse: virker lyset retningsbestemt/diffust som ønsket, er skyggetegningen på vægge, gulv og inventar som ønsket?
- rengørings- og vedligeholdelsesvenlighed: kan lyskilder nemt udskiftes, kan gitteret udtages for rengøring, skal der bruges værktøj ved lyskildeudskiftning eller rengøring, tåler armaturer normale rengøringsmidler, er der flader i armaturet, der særligt vil samle støv?
- holdbarhed: er armaturet solidt, gulner maling eller plastmaterialer, deformeres gitre, er spejle i armaturer meget blanke og derfor sarte over for buler?

Arbejdslamper

Ved valg af arbejdslamper skal der tages hensyn til lysteknik, sikkerhed og en række praktiske forhold:

- arbejdslampen skal kunne indstilles til belysning af arbejdsopgaven uden at genere arbejdsprocessen
- arbejdslampen skal fremhæve detaljer i arbejdsområdet
- arbejdslampen må ikke blænde brugeren eller andre i lokalet
- varmeudviklingen fra lyskilden må ikke være generende
- konstruktionen skal være så robust, at den kan holde til de påvirkninger den udsættes for under arbejdets udførelse
- arbejdslampen skal være let at rengøre, især på arbejdspladser med meget snavset arbejde.

Typen af arbejdslamper bør vælges ud fra det arbejde, der skal udføres på den enkelte arbejdsplads. Den arbejdslampe, der er velegnet til ét stykke arbejde, er

måske helt forkert til et andet. Derfor bør man altid afprøve en arbejdslampe under de givne brugsforhold.

I brochurer for arbejdslamper findes belysningsstyrker og belysningsfordeling over arbejdsfeltet, eventuelt suppleret med oversigt over kontrastgivende egen-skaber, samt oplysninger om lyskilder og placering af lampen. Arbejdslamper bør vurderes subjektivt i forhold til det givne arbejde.

Varmeafgivelse fra armaturer

En del af den energi, der tilføres armaturerne, tabes i den elektriske installation og specielt i det elektriske tilbehør, fx i spoler til lysstofrør. Et tab på 10-20 pct. af lyskildens nominelle effekt er meget almindelig. I lyskilden sker der også et energitab, idet kun en del af den tilførte energi omdannes til lys.

Hele den tilførte elektriske energi omdannes på forskellig måde til varme, som tilføres rummet, og belysningen kan få en væsentlig indflydelse på varmeudviklingen i rummet.

Erfaringsstallet $4 \text{ W/m}^2/100 \text{ lux}$ kan anvendes for større lokaler, svarende til et effekttilskud på omkring 8 W/m^2 fra loftsbelysningen i lokaler med krav om 200 lux. Ved lavere belysningsstyrker og i mindre lokaler kan belysningen ikke udformes tilsvarende effektivt, og der må derfor forventes et relativt større effektforbrug. Hertil kommer den installerede effekt i arbejdslamper og eventuelt supplerende belysning. Yderligere vejledning om belysningens forventede eller vejledende effekt- og/eller energiforbrug findes i registreringskemaer i (32.4) og (32.5).

Behov for ventilation

Ved belysningsanlæg med høje effektforbrug enten på grund af høje belysningsstyrker eller mindre effektive lyskilder, armaturer eller belysningsformer kan varmebelastningen fra belysningsanlæg kombineret med solindfald gennem vinduer og varmeafgivende maskiner blive så stor, at et ventilationsanlæg eventuelt med køling bliver nødvendigt. Omvendt vil en effektivisering af et eksisterende belysningsanlæg kunne betyde, at behovet for at fjerne varmen nedsættes eller måske helt bortfalder, og at der i nogle tilfælde ligefrem må tilføres ekstra varme til lokalene.

Vedligehold

Vedligeholdelsestilstanden beskrives ved en vedligeholdelsesfaktor (v). Vedligeholdelsesfaktoren er defineret som middelbelysningsstyrken for belysningsanlægget efter en vis benyttelsestid (driftsværdien) divideret med middelbelysningsstyrken for det nye anlæg (begyndelsesværdien). Ud fra kendskab til armaturer, lyskilder samt lokalernes geografiske beliggenhed og anvendelse samt forventede vedligeholdelsesprocedurer kan der allerede på projekteringsstadiet fastlægges en fornuftig

vedligeholdelsesfaktor. Typiske værdier af v ligger mellem 0,5 og 0,7. De højeste værdier forekommer i miljøer, hvor tilsmudsningen er lille, fx i kontorer, mens værdien af v er lavere i fx snavsede industrilokaler.

Drift

Rengøring

Belysningsstyrken fra et belysningsanlæg formindskes med tiden på grund af tilsmudsning af anlægget og lokalet, og på grund af nedgang i lyskildernes lysudsendelse gennem tiden. Denne forringelse af belysningsanlægget kan begrænses gennem vedligeholdelse af anlægget, dvs. rengøring af armaturer og lokale samt udskiftning af lyskilder.

Ønskes en bestemt driftsværdi i belysningsanlægget vil antallet af armaturer og lyskilder, og dermed energiforbruget, afhænge af vedligeholdelsesfaktorens størrelse, idet energiforbruget i kWh/m²/100 lux/år er omvendt proportional med vedligeholdelsesfaktoren. Valg af armaturer som ikke tilsmudsnes så let, hyppig rengøring af armaturer samt regelmæssig gruppeudskiftning af lyskilder, resulterer i mindre overdimensionering (højere vedligeholdelsesfaktor) og tillige ofte lave totale driftsomkostninger.

Det er vigtigt, at der udarbejdes en detaljeret vedligeholdelsesplan så det sikres, at den vedligeholdelse (og dermed den vedligeholdelsesfaktor), der er forudsat ved projekteringen, også bliver gennemført i praksis af bygningens brugere. En vedligeholdelsesplan bør indeholde terminer for:

- udskiftning af lyskilder
- rengøring af lyskilder
- rengøring af belysningsarmaturer
- rengøring/maling af lofter og vægge
- polering af vinduer for bedre dagslysudnyttelse.

Checkliste

- styring af lyset i forhold til dagslyset - zoneopdeling, trinvis regulering og lys efter behov
- overfladers reflektans og dens betydning for gode lysforhold
- luminansfordeling på arbejdsområdet og omgivelserne
- anvendelse af lyskilder i forskellige rumtyper
- udformning af lysarmaturer - mindre blænding
- valg af armatur ud fra fabrikantoplysning, beregning og subjektiv iagttagelse
- effektforbrug og afgivelse af varme fra armaturer
- vedligeholdelsesprocedure og fastlæggelse af vedligeholdelsesfaktor.

Litteratur

- (32.1) Indeklima-lys. Rapport fra en arbejdsgruppe under ATV's indeklimatevalg. Akademiet for de Tekniske Videnskaber. København 1975.
- (32.2) Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler. 4. udg. Dansk Standard DS 700. Dansk Standardiseringsråd. København 1986.
- (32.3) Prag, S. og Jensen, S. E. Kontormiljø og skærmarbejde. Indeklima. SBI-rapport 200. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1990.
- (32.4) Clausen, V. og Kattler, P. God og energirigtig skolebelysning. Energistyrelsen. København 1991.
- (32.5) God og energirigtig kontorbelysning. Lysteknisk Selskab. Lys & Optik. Energistyrelsen. København 1993.
- (32.6) Det betaler sig at se på LYSET - hvordan. Lysteknisk Selskab. Stenløse 1987.
- (32.7) Godt lys på arbejdspladsen. Arbejdsmiljøfondet, Lysteknisk Selskab og Lysteknisk Laboratorium. København 1982.
- (32.8) Hold arbejdslyset ved lige - det betaler sig! Arbejdsmiljøfondet. København 1985.
- (32.9) NB-metoden. Beregning af indendørs almenbelysning. Lysteknisk Selskab. Herlev 1986.
- (32.10) Guide on interior lighting. 2. udg. Publication CIE No. 29.2. CIE. Wien 1986.
- (32.11) Frederiksen, E. Usikkerheder på katalogdata for belysningsarmaturer til arbejdslokaler. LTL-rapport nr. 29. Lysteknisk Laboratorium. Lyngby 1981.
- (32.12) Frederiksen, E. Måling af belysningsstyrker og luminanser i belysningsanlæg. LTL-rapport nr. 32. Lysteknisk Laboratorium. Lyngby 1982.
- (32.13) Valbjørn, O. (red.). Indeklimaets påvirkninger. Temperatur, lyd, lys, støv, gasser, fugtighed, radioaktivitet, elektricitet og ventilation. SBI-rapport 230. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1993.

33. Inventar

Myndighedskrav

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992 om faste arbejdssteders indretning, vedrørende inventar.

Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 1108 af 15. december 1992 om arbejde ved skærmterminaler.

Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 289 af 22. juni 1983 om begrænsning af formaldehyd i spånplader, krydsfinerplader og lignende plader, som anvendes i møbler og lignende.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Materialer

Meget inventar fremstilles af materialer, der kan afgive gasser og dampe til indeluften. Et meget anvendt materiale til inventar er spånplade limet med ureaformaldehydholdig lim. Efter der er indført bestemmelser for hvor meget formaldehyd, der må afgives fra træbaserede plader, er formaldehydafgivelsen fra pladerne reduceret betydeligt. Anvendes melaminbaseret laminat som overfladebelægning, reduceres formaldehydafgivelsen yderligere, hvorimod en behandling med syrehærdende lak kan øge formaldehydafgivelsen betydeligt. Selv små huller, fx til hyldebærere igennem en beskyttende overfladebelægning, kan ødelægge beskyttelsen. Hullerne skal derfor være afdækkede.

Overfladerne på inventaret bør vælges, så der skal anvendes så få og så lidt aggressive rengøringsmidler som muligt. Der bør derfor ikke forekomme overflader, der ikke kan tåle rengøring med de midler, der anvendes til de øvrige overflader.

Af hensyn til det visuelle miljø bør inventaret, specielt overflader på arbejdsborde, have lyse, matte overflader.

Udformning og indretning

Inventaret skal udformes ergonomisk korrekt. Til faste arbejdspladser og til siddepladser i undervisningslokaler bør inventaret være indstilleligt af hensyn til personernes forskellige størrelser og arbejdsstillinger.

Møbleringen skal være på en sådan måde, at arbejdet kan foregå så hensigtsmæssigt (ergonomisk, belysningsmæssigt, termisk, osv.) som muligt. Møbleringen må gerne medføre vekslende arbejdsstillinger. I (33.1) er angivet retningslinier for pladsbehov og indretning af kontorer.

Det er vigtigt, at ledninger føres på en sådan måde, fx ved ophængning, at de ikke er til gene for brugerne af lokalerne eller for rengøringspersonalet.

Indretningen bør i øvrigt foretages, så mulighederne for ophobninger af støv og snavs minimeres, fx ved anvendelse af lukkede reoler. Skabe og reoler, som ikke er væghængte, bør udstyres med sokkel. Afstande mellem sokler, bordben og lignende bør være så store, at kommercielt tilgængeligt rengøringsmateriel kan anvendes.

Store blomsterkummer og -potter bør være forsynet med hjul eller lignende og udformet, så der ikke tilføres fugt på gulvbelægningen.

Checkliste

- ergonomisk udformning
- hensigtsmæssig møblering
- dokumentation for formaldehydafgivelse fra spånplader med syrehærdende lak
- rengøringsvenlighed
- lyse og matte overflader.

Litteratur

- (33.1) Prag, S. og Jensen, S. E. Kontormiljø og skærmarbejde. Pladskrav og indretning. SBI-rapport 191. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1988.
- (33.2) Lönn, R. og Lööf, R. Utformning av offentliga lokaler med hänsyn till städning. Byggeforskningsrådet. Stockholm 1982.
- (33.3) Arbejde med laserprintere og fotokopimaskiner. Branchesikkerhedsråd BSR 6. København 1991.
- (33.4) Indeklima og rengøring i kontor- og administrationslokaler. Branchesikkerhedsråd BSR 6. København 1990.
- (33.5) Indretning af daginstitutioner. Branchesikkerhedsråd BSR 11. København 1983.

34. Spartel- og fugemasser, lim, maling og lak

Myndighedskrav

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 1163 af 16. december 1992 om faste arbejdssteders indretning, vedrørende afgang fra overflader.

Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 301 af 13. maj 1993 om fastsættelse af kodenumre.

Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 302 af 13. maj 1993 om arbejde med kodenumererede produkter.

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 540 af 2. september 1982 om stoffer og materialer.

Miljøministeriets bekendtgørelser nr. 589 af 8. august 1991. Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer.

Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 134 af 24. februar 1992 om ændring af bekendtgørelse af listen over farlige stoffer.

Uddybende referencer til myndighedskrav findes i kapitel 2: "Myndighederne og indeklimaet".

Generelt

Bidraget til en forringet luftkvalitet fra spartel- og fugemasser, lim, maling og lak vil især bestå af irriterende og lugtende stoffer, fx organiske opløsningsmidler. De fleste af materialerne vil afgasse en eksponentielt faldende mængde stoffer til indeluften. For norges vedkommende vil afgangningen påvirke indeklimaet mærkbart i et år eller mere. Det skyldes blandt andet, at nogle af materialerne anvendes i relativt tykke lag, og at de kan have en tæt struktur, hvor diffusionshastigheden er lav.

Dokumentation

Før beslutning om anvendelse af et bestemt materiale træffes, bør følgende oplysninger foreligge:

- indholdsdeklaration
- anvendelsesområde

- hvilke komponenter, der afgasses fra materialet
- afgangshastighederne for de komponenter, der sundheds- og komfortmæssigt har størst betydning, angivet ved fx tre forskellige aldre af materialet
- resultatet af en sundhedsmæssig vurdering.

Spartelmasser

Der findes forskellige slags spartelmasser: pulvere til udrøring i vand og færdigt tilberedte spartelmasser. Til afretning af betongulve anvendes ofte selvudjævnende spartelmasser. Spartelmassen består af cement, gips, sand og forskellige tilsætningsstoffer, der i visse tilfælde kan give indeklimaproblemer. Det gælder fx kasein, der har givet anledning til mange indeklimaproblemer især i Sverige, hvor kaseinholdige produkter har været anvendt meget. Problemerne skyldes, at kasein i alkalisk miljø kan afgive ammoniak og andre ubehagelige og generende stoffer. Ammoniak er let at måle og anvendes som indikator for den samlede forurening. I dag er de fleste spartelmasser ændret, så de kun indeholder ganske lidt kasein. En spartelmasse må ikke lukkes inde mellem en fugtig beton og en diffusionstæt gulvbelægning.

Udførelse

Optrørringen og dermed afgangningen fra spartelmasser kan tage lang tid. Jo flere dage der går, før spartelmassen forsynes med et overfladelag, jo bedre er det. Brugsanvisningen skal følges, og konstruktionen skal være tør, inden den forsynes med en diffusionstæt overflade.

Lime

Afgangningen fra en limfuge afhænger af de anvendte stoffer, limfugens tykkelse og de sammenlimede materialers gennemtrængelighed (porøsitet) for de opløsningsmidler, der er anvendt i limen.

Mekaniske fastgørelsesmidler, fx søm, skruer og bolte, vil set fra en indeklimamæssig betragtning være at foretrække. Klemte samlinger kan undertiden også erstatte limning.

Ureaformaldehydholdig lim er en meget anvendt limtype. Fra denne lim kan der afgives formaldehyd til indeklimaet. Ofte anvendes et overskud af formaldehyd i limen. Dette overskud bindes ikke og kan derfor afgives. Men også når limen udsættes for forskellige påvirkninger fx vand og fugt, kan der afgives formaldehyd, der er meget slimhindeirriterende.

Andre limtyper, som akrylat-, pva-, polyurethan- og epoxylime, indeholder også stoffer, der kan give problemer både i arbejdsmiljøet og i indeklimaet. Lime har, som andre materialer, der anvendes i flydende tilstand, et højt indhold af stoffer, der under tørringen kan afgives til indeklimaet. Lime på vandbasis bør foretrækkes frem for lime, der indeholder organiske opløsningsmidler.

Afgasningen fra gulvlime udgør normalt kun et mindre bidrag til den samlede indeklimateforurening, blandt andet fordi limen ofte dækkes med et diffusionstæt lag, fx en pvc-gulvbelægning, hvorved afgangshastigheden bliver meget lille. Giver limen alvorlige problemer, vil der omvendt være problemer i meget lang tid, og det kan det betyde, at både gulvbelægning og lim skal fjernes, idet det normalt ikke vil hjælpe væsentligt at hæve temperaturen og øge ventilationen.

Ved limning af gulvbelægninger med fuger, der ikke er tætte, er det vigtigt, at limen kan tåle påvirkningen af rengøringsmidler (især alkaliske), uden at de nedbrydes eller afgiver forureninger. Mange lime tåler ikke alkaliske påvirkninger over lang tid.

Fugemasser

Valg af fugeudformning og fugemasse

For at nedsætte risikoen for forkert anvendelse af fugemasser vil det under udførelsen være en fordel at begrænse sortimentet af fugemasser. Anvendelse af fugemasser inden døre bør begrænses mest muligt på grund af den lange afgangstid. Der bør anvendes indfatninger af træ ved døre fremfor en fuge med fugemasse.

I (34.4) er blandt andet beskrevet de enkelte fugemassers egenskaber og anvendelse, beregninger af fugebevægelse og fugestørrelse samt udførelse af fugearbejde. Fugebranchens Samarbejds- og Oplysningsråd (FSO) udgiver en mappe, "Fugemappen" (34.5) med oplysninger om fuger, fugemasser mv.

Fugematerialer

Der findes mange forskellige materialer, der kan bruges til at udfylde en fuge med. Det kan fx være mineraluld og gummitætningslister samt mørtel og beton eller fugemasser. Her omtales fugemasser og de forhold, der har betydning for luftkvaliteten inden døre.

Selv om det samlede areal af fugerne normalt er mindre end 1 pct. af den samlede overflade, kan fugemasserne alligevel senere, ofte måneder efter påføringen, blive blandt de dominerende materialer med hensyn til afgangning, og dermed den dominerende årsag til forringet luftkvalitet. Hvis fugen sidder et sted, hvor der bliver varmt, fx omkring et vindue med solindfald, kan afgangningen øges betydeligt.

Tabel 34.1. Karakteristiske egenskaber for fugemasser.

Type	Typiske bestanddele	Afgasning	Anvendelsesområde
Oliebaserede plastiske	Tørrende olie Polybuten Blødgørere Organiske opløsningsmidler (< 5 pct.), fx terpentin og xylen	Fugemassen hærder dels ved fordampning af opløsningsmidlerne, dels ved iltning og polymerisering. Den samlede mængde opløsningsmidler kan afgasses med tiden. I løbet af få dage dannes en hinde på overfladen, der vil bremse afgangningen	Beskyttede fuger med begrænset bevægelse
Acryl, vand-dispergeret	Polyacrylater Latex Glycolethere Blødgørere (phthalater) Konserveringsmiddel Ammoniak Organiske opløsningsmidler, fx terpentin (< 5 pct.)	Fugemassen hærder ved at vand, ammoniak og opløsningsmidler fordamper (tørring). Herved dannes en hinde, der vil bremse afgangningen. Afgiver kraftig lugt under hærden	
Polyurethan, enkomponent	Polyisocyanat præpolymer Alkylsulfonsyreester Organosilaner Hærder og katalysator Organiske opløsningsmidler, fx xylen (< 5 pct.)	Fugemassen hærder ved kemiske reaktioner mellem dens bestanddele og luftens fugtighed. Fugemassen danner en hinde, der vil bremse afgangningen af opløsningsmidler, der ikke indgår i reaktionerne	Til fuger med store bevægelser, fx mellem væg og gulv
Polyurethan, tokomponent	Polyisocyanat Aminhærder Katalysator Organiske opløsningsmidler, fx xylen (< 5 pct.)	Fugemassen hærder ved kemiske reaktioner mellem bestanddelene. Hærden foregår jævnt fordelt i fugemassen og danner således ikke hinde	
MS-polymer	Silan-modificeret polyether Organosilaner Blødgørere Katalysator	Fugemassen hærder ved reaktion med luftens fugtighed	Fuger med store bevægelser
Silikone, surt udhærdende system	Polysiloxan, acetox-, acetat- eller eddikesyre-hærdesystem	Fugemassen hærder ved reaktion med luftens fugtighed; herved fraspaltes flygtige reaktionsprodukter, fx eddikesyre (sur lugt)	Fuger i badeværelser VVS-arbejde
Silikone, neutral, udhærdende "Byggesilikone"	Polysiloxan, benzamid-, alkoxy- eller oxim-hærdesystem	Fugemassen hærder ved reaktion med luftens fugtighed; herved fraspaltes flygtige reaktionsprodukter, fx methylethylhexoxim	Fuger med store bevægelser

Udførelse

En korrekt arbejdsudførelse har lige så stor betydning for en vellykket tætning med fugemasse som rigtigt valg af fugemasse og fugens udformning samt placering. Det er derfor vigtigt, at fugearbejdet altid udføres af specialuddannede personer.

Ved fugearbejde indendørs er det vigtigt at træffe forholdsregler for at begrænse sundhedsrisikoen. Der bør altid sørges for rigelig ventilation under arbejdet. Både af hensyn til de øvrige bygningsarbejdere og af hensyn til inde-klimaet i den færdige bygning bør der ventileres godt i mindst en uge efter at fugearbejdet er afsluttet.

Drift

Da afgangsmængden er bestemt af diffusionen i fugematerialet, vil det ikke forkorte afgangstiden væsentligt at øge ventilationen, men den resulterende koncentration i rummet sænkes. Afgangstiden, der kan vare flere måneder, nedsættes formentlig til ca. det halve for hver 10 °C selve fugematerialet opvarmes. Det vil derfor være en fordel at varme selve bygningen op og lave forceret ventilation (gennemtræk) i korte perioder, så kun luften i bygningen nedkøles og ikke materialerne.

Oversigt over de mest anvendte fugemasser

Tabel 34.1 omfatter kun fugemasser til indendørs anvendelse. Erfaringsmæssigt kan fugemasser til udendørs brug give massive lugtproblemer, hvis de anvendes indendørs.

Når der dannes hinde på en fugemasse, vil afgangningen som hovedregel blive bremset og koncentrationen af forureningen i rumluften blive mindre. Hvis denne mindre koncentration fortsat er over den grænse, hvor der optræder gener, vil der gå længere tid, hvor der kan optræde indeklimaproblemer på grund af afgangningen. For de fugemasser, der hærder ved kemiske reaktioner, er det kun de opløsningsmidler, der *ikke* indgår i de kemiske reaktioner, der vil blive afgivet til indeklimaet.

Maling og lak

Generelt

Det fremgår af myndighedskravene, at farlige stoffer og materialer ikke må anvendes, hvis de kan erstattes af ufarlige, mindre farlige eller mindre generende stoffer og materialer. Der kan dog afviges fra denne regel efter en samlet afvejning af de tekniske og økonomiske konsekvenser over for de sikkerheds- og sundhedsmæssige hensyn. For hvert sundhedsfarligt produkt skal leverandøren udarbejde en arbejds-hygienisk brugsanvisning.

For hvert produkt, der anvendes til erhvervmæssigt malearbejde, er fastsat et kodenummer, som er udtryk for den sundhedsfare, som anvendelsen af det pågældende produkt kan medføre. Kodenummeret består af to tal - med hver sin betydning - forbundet med en bindestreg. Jo højere disse tal er, jo mere sundhedsfarligt er det at anvende produktet. Det bør altid tilstræbes at anvende materialer med så lave tal i kodenummeret som muligt.

Formålet med malearbejde

Formålet med at male overflader er at give underlaget en beskyttende og forskønnende overflade. Maling beskytter underlaget mod fx slid og kemiske påvirkninger og kan give overfladen bedre brugsegenskaber, fx nedsætte smudsmodtageligheden og lette rengøringen. Principielt bør kun de materialer, der ikke selv er i besiddelse af tilstrækkelige egenskaber, males. Hvor det er muligt, bør det foretrakkes at anvende materialer, der ikke behøver overfladebehandling, eller materialerne bør være overfladebehandlede på fabrik, idet malearbejdet ellers vil tilføre rumluften forureninger i en periode efter, at det er foretaget.

Overfladebehandlingerne bør have en lang levetid. Beskyttelse mod snavs opnås med en blank og glat overflade, som samtidig letter rengøringen. Beskyttelse mod slid og fugt kan opnås med en slidstærk og tæt overflade. Maling med fungicider, til beskyttelse mod råd, svamp og insektangreb, bør ikke anvendes indendørs. Der bør i stedet udføres konstruktiv beskyttelse mod angreb af mikroorganismer. Man bør ikke anvende malevarer, der er beregnet til udendørs brug inden døre, medmindre producenten kan dokumentere, fx gennem indeklimamærkning, at der ikke afgives skadelige stoffer i en uacceptabel mængde.

Malingssystemer

Maling består af bindemiddel, pigmenter samt evt. fyldstoffer og opløsningsmidler. Bindemidlet danner film. Nogle bindemidler skal opløses for at kunne anvendes. Opløsningsmidlet fordamper under og efter bindemidlets tørring og kan derved afgive forureninger. Pigmenter, dvs. farvestoffer, der indgår i malingerne, bør være ugiftige og bestandige over for fugt, lys og kemiske påvirkninger.

Til malingens udførelse og kvalitet bør der stilles udfaldskrav for at sikre, at overfladebehandlingen får de ønskede egenskaber, se (34.6). Udfaldskravene må fastlægges omhyggeligt for at opnå en overflade med gode brugsegenskaber afstemt efter de påvirkninger, overfladen bliver udsat for, så overfladen får en god holdbarhed og lang levetid. Herved bliver der længere imellem vedligeholdelserne, så der ikke så ofte tilføres indeklimaet nye, stærkt afgassende materialer. Det vil normalt også betyde, at materialerne er mere stabile og ikke nedbrydes så let, og der dannes færre indeklimaforurenende nedbrydningsprodukter.

Maling på ujævne underlag, herunder glasvæv og hessian, vil medføre et tykkere malingslag. Det kan forlænge den periode, hvor der kan optræde gener på grund af afgangningen, hvis ikke ventilationen øges i en periode.

Malingssystemets sammensætning er foruden det grundlæggende arbejde en forudsætning for, at malearbejdet kan opfylde de stillede krav. Et malingssystem vil som regel bestå af følgende delarbejder: grunding eller priming, spartling, mellemstrygning og slutbehandling. Det er vigtigt for indeklimaet at vælge en slutbehandling med god dækkeevne, idet det alt andet lige medfører mindre brug af maling, og dermed vil forureningerne af indeklimaet blive tilsvarende mindre.

Udførelse og drift

Både af hensyn til de øvrige bygningsarbejdere og af hensyn til indeklimaet i den færdige bygning, bør der tilvejebringes en luftmæssig adskillelse af det område, der skal males i. Der bør ventileres godt til det fri i en periode på mindst en uge regnet fra malearbejdets ophør. Gerne længere for at undgå, at forureningerne fra malingerne bliver optaget (adsorberet) i andre materialer, gardiner, møbler mv. Efter ca. en måned er afgangningen normalt reduceret til få pct. af de første dages afgangning.

Renovering

Ved renovering er det af stor betydning at undersøge de materialer og konstruktioner, der ønskes bibeholdt, for at se om de har været udsat for mikrobielle angreb inklusive angreb af skimmelsvampe (jordslåethed). Hvis dette er tilfældet, bør de i så stor udstrækning som muligt udskiftes. Hvor dette ikke er muligt, bør de behandles, ikke alene så mikroorganismene dræbes, men også så materialernes indre (porøse materialer) og ydre overflader gives en ny, og for mikroorganismer vanskeligere angribelig overflade.

Checkliste

- dokumentation for afgangning
- kun byggevarer beregnet til indendørs brug
- blandingsforhold
- tørringstid
- ydeevne
- alkaliresistens.

Litteratur

- (34.1) Typiske beskrivelsesafsnit - gulvbelægningsarbejde. BPS-publikation 112. BPS-centret. Hørsholm 1993.

- (34.2) Gulvfakta. Gulvbranchens Samarbejds- og Oplysningsråd, Hvidovre 1985.
- (34.3) Gulve. Generel SBI-Ydeevnebeskrivelse 6. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1979.
- (34.4) Zachariassen, H., Brandt, E. og Kjær, A. Facadefuger. Udformning og materialer. SBI-anvisning 177. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1993.
- (34.5) FSO Fugemappen. 2. udg. Fugebranchens Samarbejds- og Oplysningsråd. Nivå 1993.
- (34.6) Malerfagligt behandlingskatalog MBK. Dansk Teknologisk Institut. Overfladeteknik. Taastrup 1984.
- (34.7) Clausen, P. A., Nielsen, P. A. og Wolkoff, P. Afgangning fra vandfortyndbare malinger. SBI-rapport 207. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1990.
- (34.8) Indeklimavenlige malevarer. Bygge- og Boligstyrelsen. København 1990.

Summary

SBI Direction 182 The Indoor Climate Guide

The Indoor Climate Guide assembles and presents present-day knowledge about indoor climate for use in planning of buildings for non-industrial purposes, i.e. homes, offices, schools and kindergartens. There are already a range of guides dealing with noise, lighting, ventilation system etc. These books are very specific about construction methods and therefore very useful to specialists with the respective disciplines.

This guide is a supplement to books of this kind. It presents an overview and precise guidelines for planning buildings with respect to the indoor climate on a holistic basis. It is therefore a tool for consulting architects and engineers in their daily work and may also be useful for construction firms, clients and authorities as parties in the building process.

The guide has 34 chapters which can be read independently of each other. The chapters are grouped in seven parts as follows:

- The indoor climate
- Requirements and guidance
- Planning, design, construction and operation
- Design tools
- The impact of the outdoor environment
- Functional requirements for building envelope and layout
- Construction elements and components

The guide has been written on the basis of contributions from 20 authors specialised in the various aspects of the design of buildings. The work has been supported by grants from the COWI Foundation, The Danish Ministry of Housing and COWI-consult A/S.

Stikordsregister

- Absorberende ruder 296
- Acceptable koncentrationer af forurening, udeluft 207
- Adgangsforhold, teknikrum 260
- Affugtning 330
- Afgasning
 - fra byggevarer 89, 184
 - prøvning af 192
 - tilladt 186
- Afgasningshastighed 185
- Afhjælpning af indeklimaproblemer 116
- Afleveringsforretning 92
- Afprøvning
 - indeklima 94
 - varmeanlæg 93
 - ved aflevering 92
 - ventilationsanlæg 92
- Afskærmningsfaktor 292
- Aftøringsmåtte 102, 225
- Afvanding, terræn 204
- Afvandingssystemer, tage 280
- Akustik *se* Lyd-; Støj-
- Akustikloft 301
- Akustikplader 190
- Allergenkilde 223
- Almen belysning *se* Belysning
- Ammoniak 49
- Analyse af temperaturforhold 140
- Arbejdslamper 348
- Arbejds miljøsystemet 32
- Arbejdsorganisatoriske forhold 45
- Arbejdspladser, antal pr. rum 50
- Arbejdsrum 36
- Arbejdstilsynet 32, 36
- Arealkrav
 - i boligen 243
 - i børneinstitutioner 247
 - i teknikrum 259
 - *se også* Pladsforhold
- Armaturløst, valg af 347
- Armaturstøj 157
- Asbest 34, 110
- Asymmetrisk strålingstemperatur 46, 60
- Atrium 234
- Bade- og toiletrum 253
- indretning og pladsforhold 253
- rengøring 254
- ventilation 253
- Baggrundsstøj 150
- Baggrundsstøjniveau 46
- Bakterier 48
- Balanceret ventilation 324
- Befugtning (ventilationssystemer) 330
- Beklædt dæk 299
- Belysning 340
 - bestemmelser 37
 - checkliste 350
 - edb-programmer 171
 - flimmer 347
 - håndberegning 167
 - i faglokaler i skoler 256
 - i kontorbygninger 249
 - i køkkener 252
 - i møderum 261
 - i trapperum 278
 - middelbelysning 167
 - myndighedskrav 35, 37, 58, 340
 - påvirkninger 46, 246
 - regelmæssighed 168
 - styring 346
 - trappe- 278

- valg af armatur 347
- varmeafgivelse 131, 349
- vedligehold 349
- vejledende værdier 58
- Belysningsanlæg 35, 340
- rengøring 350
- Belysningsarmaturer 346
- Belysningsformer 343
- Belysningsstyrke, vejledende værdier 58, 341
- Belægninger
 - gulve 304
 - trapper 278
 - udearealer 223
- Beplantning 215, 223
- Beregning
 - belysning og dagslys 167
 - luftkvalitet 176
 - lyd og støj 145
 - termisk indeklima 126
 - ventilationsbehov 176
- Beregningprogrammet tsbi3 140
- Beton 264
- Betonvægge (indvendige) 269
 - fugt 269
 - lyd 269
 - rengøring 270
- Blending 47, 59, 169, 288
- Boliger
 - areal og rumforhold 243
 - dagslys 230, 244
 - forurening 243
 - fugt 243
 - funktionskrav 242
 - indretning 242
 - lydforhold *se* Lyd-; Støj-
 - myndighedskrav 44-65 *se også* Myndighedskrav
 - orientering af opholdsrum 230
 - planløsning 242
 - projekteringsværdier 44-65 *se også*
- Projekteringsværdier
 - rumforhold 243
 - specifikke råd 243
 - særlige påvirkninger 243
- udsyn 230
- vejledende værdier 44-65 *se også* Vejledende værdier
- ventilationskrav 63, 176
- Bortledning af overfladevand 205
- Branchesikkerhedsråd 33
- Brandsikringsanlæg 338
- Brugere, vejledning af 96
- Brugerrolle 70
- Brugsfase 82
- Bræddegulve 305
- Brændeovne 317
- Bundne forureninger 190
- Byggeloven 31
- Byggematerialer, forurenede 109
- Byggevarer 263, 354
 - afgang fra 89, 184
 - checkliste 360
 - fugemasser 356
 - lak 358
 - lime 355
 - maling 358
 - myndighedskrav 354
 - renovering 360
 - spartelmasser 355
- Bygherrerolle 70
- Bygninger
 - disponering 230
 - funktionskrav 229
 - indretning 25, 35
 - lydberegning 146
 - materialer 25
 - orientering på grunden 219
 - placering i terrænet 219
 - vind omkring 219
 - *se også* Boliger; Børneinstitutioner; Kontorbygninger; Undervisningsbygninger
- Bygningsdele 263
- Bygningsdybde, kontorbyggeri 238, 240 *se også* Rumdybde
- Bygningskonstruktion, lufttæt 200
- Bygningsreglementerne 31, 34
- Bygningsudformning 25, 230
- Børneinstitutioner 246
 - areal og rumforhold 247

- forureninger i 247
- funktionskrav 246
- lydforhold *se* Lyd-; Støj-
- specifikke råd 247
- ventilationskrav 63
- Cad- og edb-modeller 85
- Centralstøvsugeranlæg 337
- Daginstitutioner *se* Børneinstitutioner
- Dagslys 230, 244
 - beregninger 143, 167
 - edb-beregning 171
 - fra vinduer 286
 - håndberegning 169
 - i boliger 230
 - i fotokopi- og printerrum 258
 - i kontorbyggeri 231
 - i køkkener 252
 - i møderum 260
 - vejledende værdier 58
- Dagslysfaktor 293
- Dampe *se* Gasser og dampe
- Dansk Indeklima Mærkning 192
- Decipol 180
- Direkte indeklimapåvirkninger 46
- Disponering af bygninger 230
- Drift (generelt) 97
 - af ventilationsanlæg 99, 334
- Driftskontrol 117
- Driftspersonale, vejledning af 96
- Driftsplan for ventilationsanlæg 99
- Driftsstrategi, ventilation 333
- Dræn 204
- Dæk
 - beklædt 299
 - ubehandlet 298
- Døgnmiddeltemperatur 126, 132, 140
- Døre 226
 - lydisolation 269
 - montage 266
 - renovering 112
- Edb-programmer
 - belysning og dagslys 171
 - lydberegning 156
 - termisk indeklima 126
 - tsbi3 140
 - Edb-rum 258
 - støj 258
 - ventilation og luftkvalitet 258
 - Efterklangstid
 - beregning 147
 - definition 145
 - i kantiner 253
 - i møderum 261
 - myndighedskrav 51, 54
 - projekteringsværdier 51
 - vejledende værdier 51, 54
 - Ekstern støj 212, 221, 237
 - Elevatorer 337
 - Energiforbrug 140
 - Erfaringstilbageføring i planlægningen 77
 - Erhvervsbyggeri *se* Kontorbyggeri
 - Etageadskillelse, renovering 112
 - Ettrinstætning (ydervægge) 266
 - Fabriksfremstilling 89
 - Facader, luftlydisolation 152, 213
 - Faglokaler i skoler 254
 - belysning 256
 - rengøring 256
 - støj 255
 - ventilation og luftkvalitet 255
 - Farvegengivelse, lyskilders 344
 - Fast brændsel, ovne 317
 - Filtrering (ventilationsluft) 330
 - Flimmer (i belysningen) 347
 - Flyveaske 34
 - Formaldehyd 23, 34, 47, 61, 190
 - Forslagsfase 74
 - Forståelighed af tale 150
 - Forsænket loft 300
 - Fortrængningsventilation 328
 - Fortyndingsligningen 184
 - Forurenede byggematerialer 109
 - Forureninger 34
 - bundne 190
 - fra parkering og trafik 236
 - i boliger 243

- i børneinstitutioner 247
- i indblæsningsluft 209
- i kontorbygninger 249
- luftbårne 60
- ubundne 190
- udeluft 208
- *se også* Luftforurening
- Forureningsbelastninger 178
- Forureningskoncentration 184
- håndberegning 184
- Fotokopi- og printerrum 256
- dagslys i 258
- indretning og pladsforhold 257
- luftkvalitet 257
- rengøring 258
- støj 257, 258
- ventilation 257
- Friskluftventiler *se* Udeluftventiler
- Fugemasser 356
- Fugt
- betydning af påvirkninger 24, 48
- gipspladevægge 274
- i boliger 243
- indvendige betonvægge 269
- letbetonvægge 272
- påvirkninger af 49
- renovering 110-113
- teglvægge 270
- tilstandsvurdering 110-113
- udførelse 89
- udtørring af 90
- Fugtskader 49
- ved oplagring 89
- Funktionskrav
- boliger 242
- bygninger 229
- børneinstitutioner 246
- kontorbygninger 247
- trapper 277
- undervisningsbygninger 244
- Fysiske indeklimapåvirkninger 22
- Gangbehagelighed (gangkomfort)
- gulve 304
- køkkener 252
- Gasfyr 316
- Gaskaminer 317
- Gaskomfurer 317
- Gasser og dampe 23, 37, 47, 61
- indeklimaværdier 62, 186
- myndighedskrav 61
- organiske (udendørs) 209
- projekteringsværdier 61
- vejledende værdier 61
- Gipspladevægge 273
- fugt 274
- lyd 274
- overfladebehandling 275
- robusthed 275
- vedligehold 276
- Glasbygninger 231 *se også* Atrium
- Glødelamper
- halogen 345
- standard 345
- Godt indeklima 18
- Grunden 24, 110, 200
- Grundforurening 34
- myndighedskrav 200
- undersøgelse af grunden 202
- undersøgelse af indeklima 203
- Grænseværdier, udeluft 207
- Gulvbelægninger 64, 304
- checkliste 308
- egenskaber 304
- rengøring 100
- risikofaktorer 50
- Gulve 304
- Gulvstøv 48
- den organiske del af 24
- Gulvvarme 312
- Gummigulve 307
- luftforurening 307
- udførelse og drift 307
- Halogenlamper 345
- Handlingsplan for løsning af problemer 120
- Husstøvmider 24, 48
- Hyldefaktor 50

- Håndberegning
- belysning 167
- dagslys 169
- forureningskoncentration 184
- lyd 146
- metoder 167
- temperatur 126
- Ildsteder 35, 316
- Indadgående vinduer 291
- Indblik, kontorbyggeri 233
- Indblæsning, mekanisk 327
- Indblæsningsluft
- forureninger i 209
- køling af 329
- temperatur (ventilationssystemer) 333
- *se også* Luftindtag; Lufttilførsel
- Indbygning af motorer 91
- Indeklima
- afprøvning af 94
- beregning af 126
- bestemmelser 34 *se også* Myndighedskrav
- definition 18
- godt indeklima 18
- granskning 85
- luftfugtighed 24
- lydforhold 23
- lysforhold 22
- måling 120
- risikofaktorer 21
- statisk elektricitet 23
- støv 24
- *se også* Termisk indeklima
- Indeklimakoncentration, materialerelevant 184
- Indeklimamærkning
- myndighedskrav 195
- prøvning af afgangning 192
- Indeklimaproblemer 19, 115
- afhjælpning af 116
- besigtigelse 119
- gener 19
- kortlægning 115
- sygdomme 20
- symptomer 20
- teknisk beskrivelse 118
- trinvis fremgangsmåde 115
- Indeklimarelevant tidsværdi 193
- Indeklimaværdier 62, 186
- Indervægge 268
- checkliste 276
- myndighedskrav 268
- overfladebehandling 268
- *se også* Betonvægge; Gipspladevægge; Letbetonvægge; Teglvægge
- Indflytning, rengøring ved 95
- Indflytningstidspunkt 95
- Indgange, placering 220
- Indgangsdøre 226
- Indgangsparti 225
- Individuel ventilation 328
- Indretning
- bade- og toiletrum 253
- boliger 230, 242
- bygningens 25, 35, 230
- børneinstitutioner 246
- faglokaler i skoler 254
- fotokopi- og printerrum 257
- kantiner 252
- kontorbygninger 231, 248
- køkkener 250
- møderum 260
- teknikrum 259
- undervisningsbygninger 54, 245
- Indvendige betonvægge *se* Betonvægge, indvendige; Letbetonvægge
- Infralyd 23
- Intern varmebelastning 131
- Interviewundersøgelse (indeklimaproblemer) 117
- Inventar 352
- checkliste 353
- materialer 352
- myndighedskrav 352
- udformning og indretning 352
- Kanaler (ventilationsanlæg) 332
- Kantiner 252
- indretning og pladsforhold 252

- rengøring 253
- udearealer 253
- ventilation 252
- Klimakammerprøvning 185
- Klorbrinte 47
- Koblede vinduer 291
- Komforttemperatur
- gulvvarme 312
- *se også* Termisk indeklima
- Kontorbygninger 247
- areal og rumforhold 248
- atrium 234
- belysning 249
- bygningsdybde 238, 240
- dagslys 231
- ekstern støj 237
- forureninger i 249
- funktionskrav 247
- indblik 233
- indretning 248
- modul, planlægnings- 240
- myndighedskrav 44-65 *se også* Myndighedskrav
- pladsforhold 238
- planløsning 248
- programmering, eksempel 72
- projekteringsværdier 44-65 *se også* Projekteringsværdier
- renhold 237
- rumhøjde 239
- specifikke råd 248
- støj i 249
- særlige påvirkninger 248
- termiske forhold 235
- udsyn 231
- varmeakkumulering 235
- vejledende værdier 44-65 *se også* Vejledende værdier
- ventilation og luftkvalitet 63, 236
- vinduer og solafskærmning 235
- zoneopdeling 238
- Kontormaskiner 26
- Kontraster 47
- Konvektorer 310
- Korkgulve 307
- luftforurening 307
- udførelse og drift 307
- Krav *se* Myndighedskrav
- Kravformulering i planlægningen 77
- Kuldenedfald, vinduer 283
- Kuldioxid 24, 49, 61
- Kulmonoxid 24, 47, 49, 61
- udendørs 209
- Kvalitet
- af indeklima 18
- i rengøring 101
- Kvælstofilter 24, 34 *se også* Nitrogen-dioxid
- Kældre (renovering af) 111
- Køkkener 250
- belysning 252
- dagslys 252
- gangbehagelighed 252
- luftkvalitet i 251
- punktdugsugning 250
- reflekser i 251
- rengøring i 251
- støj i 251
- ventilation 250
- Køleanlæg 313
- checkliste 315
- drift 314
- mikrobiel vækst 314
- myndighedskrav 310
- støj 314
- Kølelofter 314
- Køling af indblæsningsluft 329
- Lak 358
- Lampefatninger 191
- Lavfrekvent lyd 23
- Let ydervæg 265
- Letbetonvægge 271
- fugt 272
- lyd 272
- overfladebehandling 272
- Lim 355
- Linoleumsgulve 306
- luftforurening 306
- udførelse og drift 306

- Loddenfaktor 50
- Loftbeklædning 299
- Lofter 298
- checkliste 302
- drift 302
- forsænkede 300
- lysrefleksion 301
- myndighedskrav 298
- udførelse 302
- Loftplader, mineraluldsfiberholdige 191
- Loftoverflader, spartlede eller malede 299
- Loftvarme 312
- Lovgivning 30
- Luftafkast 332
- Luftbehandling 329
- Luftbårne forureninger 60
- Luftforurening
- ekstern 207
- gummigulve 307
- korkgulve 307
- linoleumsgulve 306
- pvc-gulve 306
- tekstile gulve 308
- trægulve 305
- *se også* Forureninger; Forureningskoncentration
- Lufthastighed 46, 60
- Luftindtag (ventilationssystemer) 330
- Luftkvalitet 176, 236
- anbefalinger 46, 177-183
- i edb-rum 258
- i faglokaler i skoler 255
- i fotokopi- og printerrum 257
- i kontorbygninger 236
- i køkkener 251
- i møderum 261
- myndighedskrav 60
- oplevet 180
- sensorisk bedømmelse 183
- *se også* Indeklimamærkning; Gasser og dampe; Støv-
- Luftlydisolation 51
- beregning 147, 152
- døre 269
- facader 152, 213
- myndighedskrav 51, 55
- projekteringsværdier 51, 55
- udeluftventiler 213
- vinduer 152, 213, 290
- ønskede værdier 51, 55
- Luftskifte 63, 176, 184
- Lufttilførsel
- mekanisk indblæsning 327
- udeluftventiler 324
- Lufttæt bygningskonstruktion 200
- Lugt
- påvirkninger (særlige) 49, 243, 245, 247
- trapperum 278
- *se også* Decipol; Ventilationsbehov
- Luminans 343
- Luminansfordeling, vejledende værdier 59
- Lyd
- gipspladevægge 274
- håndberegning 146
- indvendige betonvægge 269
- lavfrekvent 23
- letbetonvægge 272
- teglvægge 270
- trapper 277
- Lydabsorptionskoefficient 148
- Lydberegning 145
- edb-programmer 156
- håndberegning i bygninger 146
- vandinstallationer 161
- ventilationsanlæg 157
- Lyddæmpere (i ventilationsanlæg) 158
- Lydeffektniveau 145
- tale 150
- Lydforhold 35
- myndighedskrav 51
- Lydisolation *se* Luftlydisolation; Trinlyd-niveau
- Lydniveau, vægtet 145
- Lydrude 213
- Lydtrykniveau 145
- Lys 22, 244 *se også* Belysning; Dagslys
- regulering 341
- styring af 341
- Lysfordeling 288
- Lyskilder 343

- farveangivelse 344
- Lysrefleksion, lofter 301
- Lysstoflamper 345
- Lysstofrør 345
- Magnesit 110
- Maksimaltemperatur 134, 140
- Maling 190 *se også* Byggevarer, maling
- Markiser 296
- Materialer
 - bygningens 25
 - inventar 352
 - produktudvikling 194
- Materialerelevant indeklimakoncentration 184
- Materialers betydning 190
 - checkliste 196
- Materialvalg, rengøringsvenligt 103
- Mekanisk indblæsning 327
- Metalpladelofter 299
- Mikrobiel vækst 24
 - i køleanlæg 314
 - i ventilationssystemer 329, 330
 - *se også* Fugt-
- Mikrobiologiske påvirkninger 22
- Mikroorganismer 24, 48, 61
- Miljø, det ydre *se* Ydre miljø
- Mineraluldsfiberholdige loftplader 191
- Mineraluldsfibre 47
- Mock-up 84 *se også* Prøverum
- Montage af døre og vinduer 266
- Motorer, indbyggede 91
- Myndighederne 30
 - arbejdsmiljøsystemet 32
- Myndighedskrav 44
 - afvanding 204
 - belysning 35, 37, 58, 340
 - brandsikringsanlæg 337
 - byggevarer 354
 - efterklangstid 54
 - ekstern støj 52, 212
 - elevatorer 337
 - gasser og dampe 37, 61
 - grundforurening 200
 - ildsteder 316
- indeklimamærkning 195
- indervægge 268
- inventar 352
- intern støj 53
- køleanlæg 310
- lofter 298
- luftbårne forureninger 176
- luftlydisolation 51
- lydforhold 51
- rumkategorier 250
- støjniveau 51, 52, 53
- tage 280
- terrænudformning 204
- trapper 277
- trinlyd 55
- varmeanlæg 310
- ventilation 63, 176
- ventilationssystemer og -anlæg 320
- vinduer 283
- vægoverflader 268
- ydervægge 264
- Møderum 260
 - akustiske forhold 261
 - belysning 261
 - dagslysforhold og udsyn 260
 - indretning og pladsforhold 260
 - luftkvalitet og ventilation 261
- Måling
 - af indeklima 120
 - af ventilation 121
- Naturlig ventilation 320
- Netrullegardiner 295
- Nitrogenoxid 47, 61 *se også* Kvælstof-
ilter
- NR-værdi 145
- Oktavbånd 146
- Olf 180
- Oliefyr 316
- Omgivelserne 24 *se også* Ekstern støj; Luftforurening; Terræn;
- Opblandingsventilation 327
- Operativ- og lufttemperatur 46, 60
- Opholdsrum, orientering af 230

- Oplagring 89
- Oplevet luftkvalitet 180
- Opvarmning, ventilationssystemer 329 *se også* Varmeanlæg
- Organiske opløsningsmidler 190
- Orientering
 - af opholdsrum 230
 - på grunden, bygningers 219
- Ovenlys 282, 286
 - dagslysberegning 169, 171
 - solindfald 136
 - *se også* Atrium
- Overfladebehandling
 - gipspladevægge 275
 - indervægge 268
 - letbetonvægge 272
 - teglvægge 271
- Overfladetemperatur, gulve 60, 312
- Overfladevand, bortledning af 205
- Ovne
 - fast brændsel 317
 - transportable 318
- Ozon 24, 26, 47, 61, 257, 258
- Parkering, forurening fra 236
- Parketgulve 305
- Pejse 317
- Persienner, udvendige 295
- Personlige forhold (betydning af) 45
- Placering af bygningen i terrænet 219
- Pladsforhold
 - bade- og toiletrum 253
 - fotokopi- og printerrum 257
 - kantiner 252
 - kontorbygninger 238
 - møderum 260
 - teknikrum 259
- Planlægning
 - faser 68
 - forberedelse og organisering 68
 - programmering 72
 - projektering 74
- Planlægningsmodul, kontorbyggeri 240
- Planlægningsværktøjer 77
- Planløsning, boligbyggeri 242
- kontorbygninger 248
- undervisningsbygninger 245
- Planudkast 82
- Printerrum *se* Fotokopi- og printerrum
- Problemløsning, handlingsplan for 120
- Produktion på stedet 89
- Produktudvikling, materialer 194
- Programmering (under planlægning) 68, 72, 79
- Projektering 74
- Projekteringsfase 82
- Projekteringsværdier 44
 - gasser og dampe 61
 - luftlydisolation 52, 55
 - termiske indeklimaparametre 60
 - trinlyd 55, 56
- Projekteringsværktøjer 125
- Prøverum 92 *se også* Mock-up
- Psykiske arbejdsmiljø, det 26
- Punktudsugning 329
 - i køkkener 250
- Pvc-gulve 306
 - luftforurening 306
 - udførelse og drift 307
- Påvirkninger 21, 45
 - direkte 46
 - fysiske 22
 - indbyggede risikofaktorer 50
 - kemiske 22
 - lugt 49, 243, 245, 247
 - mikrobiologiske 22
 - personlige forhold 45
 - størrelse 45-48
 - støv 48
 - (særlige), i boliger 243
 - (særlige), i børneinstitutioner 247
 - (særlige), i kontorbygninger 248
 - (særlige), i undervisningsbygninger 245
 - *se også* Risikofaktorer
- Radiatorer 310
 - støj fra 311
- Radon 34
- Reflekser, i køkkener 251
- Reflektans 343

Reflekterende ruder 296
 Regelmæssighed i belysningen 168
 Regulerbar solafskærmning 294
 Regulering
 - lys 341
 - varmeanlæg 311, 333
 - ventilationsanlæg 333
 Rengøring 38, 50, 64, 95, 100
 - bade- og toiletrum 254
 - belysning 350
 - faglokaler i skoler 256
 - fotokopi- og printerrum 258
 - indflytning 95
 - indvendige betonavægge 270
 - kantiner 253
 - kontorbygninger 237
 - køkkener 251
 - metoder 103
 - programmer 102
 - teglvægge 271
 - trapper 278
 - udførelsesfasen 90
 - varmeanlæg 311
 - vinduer 291
 - *se også* Renhold
 Rengøringskvalitet 101
 Rengøringsmidler 91, 102
 Rengøringsrum 107
 Rengøringsvenligt materialevalg 103
 Renhold 100 *se også* Rengøring
 Renovering 109
 - byggevarer 360
 - delvis 113
 - døre 112
 - etageadskillelse 112
 - fugt 110-113
 - kældre 111
 - utætte tage 113
 - vinduer 112
 - ydervægge 112
 Returluft (ventilationssystemer) 329
 Risikofaktorer 21, 45
 - indbyggede 50
 - måling og vurdering 122
 - *se også* Påvirkninger

Ruder
 - absorberende 296
 - reflekterende 296
 - *se også* Vinduer
 Rulletrapper 338
 Rumdybde 238, 240, 286
 Rumdæmpning 146, 147, 149
 Rumforhold 243, 245, 247, 248
 Rumhøjde, kontorbyggeri 239
 Rumkategorier
 - bade- og toiletrum 253
 - edb-rum 258
 - faglokaler i skoler 254
 - fotokopi- og printerrum 256
 - kantiner 252
 - køkkener 250
 - møderum 260
 - rengøringsrum 107
 - teknikrum 258
 Rumprogrammer 78
 Rumskemaer 78
 Rumtemperaturregulering (ventilationsanlæg) 333
 Røggener 220
 Råd og svamp 110
 Rådgiverens rolle 70

Simulering *se* Tsbi3
 Skoler *se* Undervisningsbygninger
 Skorstene 35
 Skraberist 225
 Slagger 34
 Smudsbelastning 101
 Sociale faktorer (risikofaktorer) 45
 - *se også* Psykisk arbejdsmiljø
 Solafskærmning 235, 283
 - afskærmningsfaktor 292
 - checkliste 297
 - fast 294
 - regulerbar 294
 Solindfald 129, 222, 285
 Sparerunde 75
 Spartelmasse 355
 Spørgeskemaundersøgelse 117
 Spånplader 190, 191

Statisk elektricitet 23, 47
 Stengulve 305
 - udførelse og drift 305
 Stier 223
 Strålevarme 312
 Strålingstemperatur 46, 284, 312
 Styring af belysning 341, 346
 Støj 23, 244
 - eksterne 212, 221, 237
 - fra indbyggede motorer 91
 - fra køleanlæg 314
 - fra radiatoranlæg 161, 311
 - fra vandinstallationer 163
 - i edb-rum 258
 - i faglokaler i skoler 255
 - i fotokopi- og printerrum 257
 - i kontorbygninger 249
 - i køkkener 251
 - kortlægning af 212
 - *se også* Lyd; Lydforhold
 Støjgrænser 37
 Støjniveau 51, 146, 246
 - myndighedskrav 51, 52, 53
 - vejledende værdier 51, 52, 53
 - ækvivalent 146
 Støjskærme 215, 221
 Støjvolde 215
 Støv 24, 60
 - påvirkninger 48, 246
 Støv og snavs 244
 Støvkonzentrationer 48
 Støvsugning 106 *se også* Centralstøvsugeranlæg
 Svamp og råd 110 *se også* Mikrobiel vækst
 Svampesporer 48 *se også* Mikrobiel vækst
 Sygdomme 20, 45
 Symptomer 20, 27, 45
 Særbelysning 343
 Særlige påvirkninger *se* Påvirkninger (særlige); Risikofaktorer

Tagbeklædning 281
 Tage 280
 - afvandingssystemer 280

- checkliste 282
 - myndighedskrav 280
 - ovenlys 282
 - utætte (renovering) 113
 Tale
 - forståelighed af 150
 - lydeffektniveau 150
 Tegl 264
 Teglvægge 270
 - fugt 270
 - lyd 270
 - overfladebehandling 271
 - rengøring 271
 - vedligehold 271
 Teknikrum 258
 - adgangsforhold 260
 - arealkrav 259
 - indretning og pladsforhold 259
 Tekstile gulvbelægninger 307
 - luftforurening 308
 - udførelse og drift 308
 Temperatur 22
 - bestemmelser 35, 36
 - håndberegning 126
 - indblæsningsluftens 333
 - projekteringsværdier 60
 - vejledende værdier 60
 - *se også* Døgnmiddeltemperatur; Maksimaltemperatur; Strålingstemperatur; Udetemperatur
 Temperaturforhold, analyse af 140
 Temperaturgradient (vertikal) 46
 Temperaturstigning 46, 60
 Termisk indeklima 59
 - asymmetrisk strålingstemperatur 60
 - lufthastighed 60
 - operativ temperatur 60
 - overfladetemperatur 60
 - projekteringsværdier 60
 - temperaturstigning 60
 - vejledende værdier 59
 - *se også* Indeklima
 Termiske forhold, bygningsudformning 235
 Terræn 204

Terræn og basis 110
 Terrænuformning 204
 Tidspunkt for indflytning 95
 Tidsværdi, indeklimarelevant 193
 Tilladt afgang 186
 Tilstandsvurdering 109
 Tobaksrøg 24, 48, 63, 243, 249
 Toilettrum *se* Bade- og toilettrum
 Toner, rene hørbare 23
 Totrinstætning (ydervægge) 266
 Trafik, forurening fra 236
 Traktose 205
 Transmittans 287
 Transportable ovne 318
 Trapper 277
 - belægninger 278
 - checkliste 279
 - funktionelle krav 277
 - lyd 277
 - rengøring 278
 Trapperum
 - belysning 278
 - lugt i 278
 Trinlydniveau 55
 - myndighedskrav 55
 - projekteringsværdier 55
 - ønskede værdier 55
 Træbeton 299
 Trægulve
 - luftforurening 305
 - udførelse og drift 306
 Træk 19, 34, 37, 220, 225, 322-335 *se også* Lufthastighed; Kuldnefald
 Tsb13 140
 Tung ydervæg 264
 Tæpper *se* Tekstiler gulvbelægninger
 Tætning (mod støj) 91
 Tætning *se* Ettrinstitætning; Totrinstitætning

Udearealer
 - belægning 223
 - beplantning 215, 223
 - kantiner 253
 Udeluft
 - acceptable koncentrationer af forurening 207
 - forureninger 208
 - grænseværdier 207
 Udeluftventiler 265, 325
 - luftlydisolation 215
 - ventilationssystemer 325
 Udetemperatur 129
 Udformning af bygninger *se* Bygningsudformning
 Udførelse 89
 Udførelsesfase 82
 Udførendes rolle, de 71
 Udsugning 323
 Udsyn 230, 290
 - kontorbyggeri 231
 - møderum 260
 Udtørring (af fugt) 90
 Udvendige persienner 295
 Undervisningsbygninger 244
 - funktionskrav 244
 - indretning 245
 - myndighedskrav 44-65 *se også* Myndighedskrav
 - planløsning 245
 - projekteringsværdier 44-65 *se også*
 Projekteringsværdier
 - specifikke råd 245
 - særlige påvirkninger 245
 - vejledende værdier 44-65 *se også* Vejledende værdier
 Utætte tage (reovering af) 113

Vandinstallationer (lydberegning) 161
 Vandskader 24 *se også* Fugt-
 Vandvarmeanlæg *se* Varmeanlæg
 Varme *se* Opvarmning, Varmeanlæg
 Varmeafgivelse, belysning 131, 349
 Varmeakkumulering 137, 235

Varmeanlæg 310
 - aflevering af 93
 - afprøvning af 93
 - checkliste 315
 - drift af 97, 313
 - myndighedskrav 310
 - regulering af 311, 333
 - rengøring af 311
 Varmebelastning, intern 131
 Varmebelastningsvariation 135
 Varmegenvinding (ventilationssystemer og -anlæg) 329
 Varmeisolering 35
 Varmetab 127, 129
 Vedligehold 97, 100
 - arbejdsstedet 38
 - belysning 349
 - gipspladevægge 276
 - gulvbelægninger 305-308
 - lofter 302
 - malingsystemer 359
 - solafskærmning 294-297
 - tag 280
 - teglvægge 271
 - trapper 278
 - ventilation 334
 - *se også* Drift
 Vejledende værdier 44
 - belysningsstyrke 58
 - blænding 47, 59, 169
 - dagslys 58 *se også* Vinduer, dagslys
 - efterklangstid 51, 54
 - gasser og dampe 61
 - luminansfordeling 59
 - støjniveau 46, 51, 52, 53
 - termisk indeklima 59
 - ventilation 63
 - vibrationer 57
 Ventilation 176, 236, 286
 - anbefalinger 178
 - bade- og toilettrum 253
 - balanceret 324
 - boliger 63
 - børneinstitutioner 63
 - drift 334
 - edb-rum 258
 - faglokaler i skoler 255
 - fortrængnings- 328
 - fotokopi- og printerrum 257
 - indeklimasymptomer 26
 - individuel 328
 - kantiner 252
 - kontorbygninger 63, 236
 - kontrol 334
 - køkkener 251
 - myndighedskrav 34, 37, 63, 176
 - møderum 261
 - måling af 121
 - naturlig 320
 - opblandings- 327
 - særlige påvirkninger 244
 - udførelse 333
 - undervisningsinstitutioner 63
 - vedligehold 334
 - vejledende værdier 63, 176
 - vinduer 286, 320
 - *se også* Ventilationssystemer og -anlæg
 Ventilations- og udluftningskanaler
 - rengøring 107, 332
 - reovering 113
 - udførelsesfasen 90
 Ventilationsanlæg *se* Ventilationssystemer og -anlæg
 Ventilationsbehov 177
 Ventilationskanaler 332
 Ventilationskomponenter 329
 Ventilationskrav 63
 Ventilationslemme i ydervægge 265
 Ventilationssystemer og -anlæg 50, 320
 - affugtning 330
 - aflevering 92
 - afprøvning 92
 - befugtning 330
 - checkliste 335
 - drift af 97
 - driftsplan for 99
 - driftsstrategi 333
 - filtrering 330
 - fortrængningsventilation 328
 - friskluftventiler 325

- indblæsningsluftens temperatur 333
- kanaler 332
- køling 329
- luftafkast 332
- luftindtag 330
- lydberegning af 157
- lyddæmpere 158
- mekanisk indblæsning 325
- mikrobiel vækst 329, 330
- myndighedskrav 320
- opblandingsventilation 327
- opvarmning 329
- regulering 333
- reovering 113
- returluft 329
- rumtemperaturregulering 333
- temperatur i indblæsningsluft 333
- træk 322-335
- udeluftventiler 265, 325
- udførelse 333
- varmegenvinding 329
- volumenstrømsregulering 333
- Ventilatorer, lyddæmpning 159
- Vibrationer 23, 56
 - tærskelværdier 57
 - vejledende værdier 57
- Vibrationsisolering 155
- Vind, omkring bygningen 219
- Vindfang 225
- Vinduer 283
 - checkliste 296
 - dagslysadgang 286
 - i kontorbyggeri 235
 - indadgående 291
 - koblede 291
 - kuldenedfald 283
 - luftlydisolation 152, 213, 290
 - montage 266
 - myndighedskrav 283
 - rengøring 291
 - reovering 112
 - solindfald 285
 - strålingstemperatur 284
 - udadgående 291
 - udformning 235
- udsyn 290
- ventilation 286, 320
 - *se også* Ruder
- Vindueshøjde 283, 286
- Volumenstrømsregulering (ventilation) 333
- Vægoverflader 268
 - myndighedskrav 268
 - *se også* Indervægge
- Ydervægge 264
 - checkliste 267
 - lette 265
 - myndighedskrav 264
 - reovering 112
 - tunge 264
 - tætning (ettrins- og totrins-) 266
 - udeluftventiler 265
 - ventilationslemme 265
 - åbninger i 265
- Ydre miljø 199
- Zoneopdeling i kontorbygninger 142, 238
- Ækvivalent støjniveau 146

Indeklimahåndbogen giver baggrunden for at kunne planlægge og projektere kontorer, skoler, dag- og døgninstitutioner samt boliger med vægt på et godt indeklima. Bogen er et tværfagligt supplement til lære- og håndbøger, der vedrører planlægning, projektering, udførelse og drift af bygninger. Håndbogen henvender sig primært til projekterende arkitekter og ingeniører, udførende, producenter af byggematerialer og installationer samt til bygherrer og driftsansvarlige for større byggerier.

