

# Sunde skoler

Indeklimaforhold i undervisningsrum  
og institutioner for børn



Statens Byggeforskningsinstitut  
Danish Building and Urban Research

# Sunde skoler

Indeklimaforhold i undervisningsrum og institutioner for børn

Inge Mette Kirkeby  
Peter A. Nielsen  
Kirsten Engelund Thomsen  
Ole Valbjørn

Titel	Sunde skoler
Undertitel	Indeklimaforhold i undervisningsrum og institutioner for børn
Serietitel	By og Byg Resultater 015
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2001
Forfattere	Inge Mette Kirkeby, Peter A. Nielsen, Kirsten Engelund Thomsen, Ole Valbjørn
Sprog	Dansk
Sidetæl	27
Litteratur-henvisninger	Side 21-22
English summary	Side 23-24
Emneord	Skoler, daginstitutioner, indeklima, bygningsudformning, luftkvalitet, ventilation, dagslys, akustik
ISBN	87-563-1102-8
ISSN	1600-8049
Pris	Kr. 65,00 inkl. 25 pct. moms
Forsidefoto	Inge Mette Kirkeby
Tryk	BookPartner, Nørhaven digital A/S
Udgiver	By og Byg Statens Byggeforskningsinstitut, P.O. Box 119, DK-2970 Hørsholm E-post by-og-byg@by-og-byg.dk www.by-og-byg.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *By og Byg Resultater 015: Sunde skoler. Indeklimaforhold i undervisningsrum og institutioner for børn. (2001).*

# Indhold

Forord .....	4
Indledning .....	5
Sammenfatning .....	6
Undervisningsformer og den fysiske udformning af fremtidens skole.....	7
Folkeskoleloven .....	7
Undervisnings- og arbejdssituationer .....	7
Den fysiske udformning af fremtidens skole.....	9
Krav og retningslinjer for skole- og institutionsbyggeri.....	10
Størrelse af klasse- og opholdsrum .....	10
Temperaturer og træk.....	10
Ventilation og luftkvalitet .....	10
Dagslys og belysning .....	11
Brand .....	11
Bygningers lydisolering .....	11
Miljø .....	12
Arbejdsmiljø .....	12
Lov om elevers og studerendes undervisningsmiljø .....	12
Indeklimaproblemer, deres årsager og anbefalede løsninger.....	13
Udformning og konstruktionsforhold .....	13
Materialer .....	15
Ventilation .....	16
Drift, rengøring og vedligehold.....	17
Forslag til udvikling og forskning .....	19
Litteratur .....	21
Summary .....	23
Definitioner vedrørende arbejds-, indeklimate og undervisningsmiljø .....	25

# Forord

Denne publikation omhandler indeklimaet i skoler og institutioner. Indeklimaet omfatter de påvirkninger, mennesker udsættes for i bygningen, og som kan have indflydelse på deres samlede oplevelse af indemiljøet, og hvordan de befinder sig. Indeklimaproblemer relateret til de bygningsmæssige forhold, deres årsager og anbefalede løsninger er blevet gennemgået. Der er taget udgangspunkt i bygningernes udformning og konstruktion, materialer, ventilation samt drift og vedligehold.

Publikationen er udarbejdet på grundlag af Branchearbejds miljørådets startkonference om indeklimainsats den 15. august 2000 på Statens Byggeforskningsinstitut. Projektets formål var at opsamle de forhold, der er væsentlige for et godt undervisnings-, skole- og institutionsbyggeri samt afdække behovet for ny viden.

Projektet er gennemført i samarbejde med Branchearbejds miljørådet, som har ydet økonomisk støtte til projektet.

By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut  
Afdelingen for Energi og Indeklima  
Oktober 2001

*Erik Christophersen*  
Forskningschef

# Indledning

Nærværende publikation er udarbejdet på grundlag af Branchearbejdsmiljørådets startkonference om indeklimaindsats den 15. august 2000 på Statens Byggeforskningsinstitut. Det har været hensigten at opsamle de forhold, der er væsentlige for et godt undervisnings-, skole- og institutionsbyggeri samt afdække behovet for ny viden.

I de nærmeste år skal der bruges milliarder af kroner på ny-, om- og tilbygninger inden for skoleområdet. Baggrunden er det stigende elevtal, den store nedslidning af bygningerne samt den seneste folkeskolelov fra 1993. Tal fra foreningen "Skole og Samfund" og Danmarks Lærerforening peger på udgifter i størrelsesordenen 13 milliarder kroner alene til renovering af eksisterende bygninger og lokaler for at bringe samtlige skoler op til de nye standarder. Hertil skal lægges et ukendt milliardbeløb til nybygninger i takt med det stigende børnetal. I Danmark findes der i dag ca. 1700 skolebygninger til brug for folkeskolen. Skolerne udgør ca. 8 mill. m<sup>2</sup> bygningsareal, hvilket er over halvdelen af den kommunale bygningsbestand. En stigning i antallet af skolebørn på 20 % gør, at der de nærmeste år skal skaffes plads til 110.000 flere elever i de danske skoler.

De eksisterende skolebygninger er formet ud fra andre tiders opfattelse af børn og uddannelse. Den nye folkeskolelov stiller ikke krav til selve bygningerne, men til den pædagogiske virksomhed, og det betyder, at der er brug for mere fleksibel rumorganisering, end man kender i dag og formentlig større lokaler. Der findes ingen standardløsninger på dette problem, men skolebygningernes indretning skal bl.a. understøtte den differentierede undervisning, projektarbejdsformen, integrering af IT og give plads til aktiviteter, der tager udgangspunkt i medinddragelse af eleverne. Efter mange års stilstand i skolebyggeriet er det derfor nu nødvendigt at genoptage diskussionen om, hvad skolens bygninger skal og kan. Samarbejdet om fremtidens skolebyggeri må baseres på en helhedsforståelse, så de arkitekturmæssige, indeklimamæssige, energi- og miljømæssige forhold bliver optimale.

Denne publikation omhandler indeklimaet i skoler og institutioner. Indeklimaet omfatter de påvirkninger, mennesker udsættes for i bygningen, og som kan have indflydelse på deres samlede oplevelse af indemiljøet, og hvordan de befinder sig. Oplevelsen er bestemt af individuelle forhold, det psykosociale miljø, herunder det pædagogiske miljø, og af de bygningsmæssige forhold.

De bygningsmæssige forhold omfatter:

- Materialer og pladsforhold
- Lydforhold
- Termiske forhold
- Luftkvalitet
- Statisk elektricitet og ioniserende stråling
- Mulighed for styring og regulering af de enkelte parametre.

Publikationen er inddelt i 6 hovedafsnit. Først fremsættes en række overvejelser om undervisnings- og arbejdssituationer samt den fysiske udformning af fremtidens skole. Der nævnes krav og retningslinjer for skole- og institutionsbyggeri, og yderligere gennemgås indeklimaproblemer relateret til bygningsmæssige forhold, deres årsager og anbefalede løsninger. Der tages udgangspunkt i bygningernes udformning og konstruktion, materialer, ventilation samt drift og vedligeholdelse af bygningerne. Det sidste afsnit indeholder forslag til nye udviklings- og forskningsprojekter.

# Sammenfatning

I publikationen redegøres for en række indeklimaproblemer, deres årsager og for nogle anbefalede løsninger. Indeklimaproblemer skyldes ofte ændret brug af bygningen, ændrede undervisningsformer, elevernes ændrede fysiske adfærd i skolerne samt utilstrækkeligt vedligehold af bygningerne. Der er givet nogle enkle måder på at forbedre indeklimaet med udgangspunkt i bygningernes udformning og konstruktioner, materialer, ventilation samt drift og vedligehold.

*Lys og belysning.* Højloftede rum vil fremme udnyttelsen af dagslys. Rummenes farver og især vinduespartiernes farver influerer på udnyttelsen af lyset. Lyse farver fremmer udnyttelsen, og især er lyse farver omkring vinduer vigtig for at reducere blænding. Den elektriske belysning bør indrettes og kunne indstilles efter rummenes forskellige aktiviteter og samtidig understøtte naturlige lysforhold. Der bør være god almen belysning, der muliggør rengøring alle tider af døgnet. Der bør udarbejdes rutiner for drift og vedligehold af især belysningsanlæggene.

*Lyd og akustik.* En tilstrækkelig dæmpning opnås i traditionelle rum ved dæmpende materialer i to vinkelrette flader, fx loft og sidevæg. Ved placeringen skal der tages hensyn til at bevare passende frie overflader med tunge materialer. Ved undervisning i flere mindre grupper i samme rum kan det blive nødvendigt med særlige lydabsorberende tiltag fx flytbare skillevægge med lydabsorberende materiale. Akustisk regulerende flader skal anbringes uden for nå-højde, da de er som regel er sårbare.

*Luftkvalitet og ventilation.* Bygninger med stor loftshøjde og med stort rumvolumen giver god mulighed for at skabe en god luftkvalitet, trækfri lufttilførsel og robusthed over for brugerne og deres aktiviteter. De giver mulighed for at anvende både naturlig ventilation og mekanisk ventilation. Det anbefales at anvende indeklimamærkede materialer samt robuste og rengøringsvenlige materialer.

*Temperaturforhold.* Indvendige overflader bør have stor varmeakkumuleringsevne, da indetemperaturen bør holdes i underkanten af det traditionelle område 21-22 °C. Solafskærmninger kan afhjælpe generne med overtemperaturer, men bør være robuste overfor daglig brug samt ikke hindre udsyn.

*Fugt og skimmelsvampe.* Skimmelsvampevækst, især fra langvarige fugtskader, har ofte givet indeklimaproblemer. Tage bør have en tilstrækkelig taghældning for afvanding, og det er vigtigt at anvende materialer med stor holdbarhed. Desuden skal drænforholdene vedligeholdes. Der bør sikres løbende vedligehold og årlige inspektioner af følsomme bygningskonstruktioner.

*Statisk elektricitet.* Gulvbelægninger skal vælges antistatiske, og de fleste halvhårde gulvbelægninger vil fungere tilfredsstillende.

Der er behov for ny viden, der er væsentlig for et godt skole- og institutionsbyggeri. Da der i de følgende år foregår mange renoveringer og tilbygninger, der er tilpasset den pædagogiske omstilling, bør der udvikles værktøjer til at bedømme undervisnings- og bygningsmiljøer med kravspecifikationer og kvalitetskriterier for skoler som helhed og for de enkelte undervisningsrum.

Der er herudover nævnt en række behov for ny forskning og revidering af myndighedskrav inden for områderne lys- og lydforhold, materialer og konstruktioner, ventilationsforhold og luftkvalitet samt drift og vedligehold.

# Undervisningsformer og den fysiske udformning af fremtidens skole

## Folkeskoleloven

§ 1. Folkeskolens opgave er i samarbejde med forældrene at fremme elevernes tilegnelse af kundskaber, færdigheder, arbejdsmetoder og udtryksformer, der medvirker til den enkelte elevs alsidige personlige udvikling.

Stk. 2. Folkeskolen må søge at skabe sådanne rammer for oplevelse, virkelyst og fordybelse, at eleverne udvikler erkendelse, fantasi og lyst til at lære, således at de opnår tillid til egne muligheder og baggrund for at tage stilling og handle.

Stk. 3. Folkeskolen skal gøre eleverne fortrolige med dansk kultur og bidrage til deres forståelse for andre kulturer og for menneskets samspil med naturen. Skolen forbereder eleverne til medbestemmelse, medansvar, rettigheder og pligter i et samfund med frihed og folkestyre. Skolens undervisning og hele dagligliv må derfor bygge på åndsfrihed, ligeværd og demokrati.

## Undervisnings- og arbejdssituationer

Sammenlignet med før er folkeskolelovens formålsparagraf blevet mere individcentreret. Der lægges op til, at der opstilles handlingsplaner for det enkelte barn, og det medfører behov for flere forskellige måder at organisere undervisningen på. *Vi har i dag tabt troen på, at man kan undervise hen imod en midtnormal. For den middelgruppe, man tidligere sigtede imod, den eksisterer simpelthen ikke*, siger Birte Kjær Jensen, Undervisningsministeriet, der var med til at forfatte loven. Men man kan godt opstille målsætninger for en klasse og have høje forventninger til hele klassen; blot vil forskellige børn nå målet på mange forskellige måder og på flere forskellige niveauer. Denne undervisningsdifferentiering vil kunne nærme sig individualisering, hvor der bliver langt mindre klasseundervisning. Alligevel bevares klassen som social struktur, for den er stedet, hvor både børn og forældre fra forskellige sociale strukturer mødes og lærer hinanden at kende over et 10-11-årigt forløb.

Der vil fremover komme til at foregå mange flere forskelligartede aktiviteter i folkeskolen. Dels vil der i en klasse kunne finde flere aktiviteter sted på én gang, hvor nogle elever arbejder i gruppe samtidig med at nogle arbejder individuelt. Især til gruppearbejdet er der brug for aflastningsområder tæt ved klassen, i et af værkstedsområderne eller i det pædagogiske servicecenter.

Samtidig sker der en bevægelse bort fra overvejende at tænke i bogligt orienterede læreprocesser - som har en teoretisk karakter og er relativt kontekst-uafhængige - til at mene, at eleverne lærer bedre, hvis læreprocesserne organiseres, så der sker en kombination af teori og praksis - fx gennem at lave modeller i matematik. Her bliver læreprocesserne langt mere kontekst-afhængige og stiller dermed større krav til skolens fysiske udformning.

Samfundet kræver, at man skal kunne omstille og videreuddanne sig, og selv evne at være med til at organisere og udvikle et arbejdsfelt. Der vil derfor *både* foregå aktiviteter, der har karakter af opgaveløsning, hvor både indhold og metode er fastlagt på forhånd, og projektorienterede undervisningsforløb, hvor det *ikke* på forhånd er lagt fast, hvad emnet præcist er - det er en del af opgaven at definere det. Her ligger det *ikke* fast, hvilken metode



og formidling, der er mest velegnet - det vil netop være en del af opgaven at finde den rette metode og formidlingsform i forhold til emnet.

Man kan således træffe en meget større spændvidde i, hvad der foregår af aktiviteter i skolen, og et meget større "flow", hvor eleverne i løbet af en undervisningsenhed skal bruge flere forskellige steder i skolen. Lad os forsøgsvis forestille os, hvad der kan foregå i en ganske almindelig dansk folkeskole en ganske almindelig dag:

Det er en mild, men mørk gråvejrsgang i november midt på formiddagen.

2. klasse lærer multiplikation, og efter en introduktion i klassen, hvor de får udleveret korkfliser på 30cm x 30cm, går de fleste i grupper på to ud af klassen for at finde så store gulvarealer, at de kan lægge fliserne ud i felter, som de derefter tegner for endelig at opstille det gangestykke, der svarer til. To grupper bliver i klassen. Læreren går rundt og hjælper.

3. klasse har natur/teknik, hvor børnene skal lave nogle spiringsforsøg. Døren i vinduesvæggen står åben meget af tiden, da eleverne skal ud for at køre/hente jord ind i en trillebør. I øvrigt står døren også åben ud til gangen, fordi nogle børn er gået over for at hente en rulle stærk tråd i håndarbejdsafsnittet.

4. klasse har engelsk, der på denne dag foregår som klasseundervisning. 8. klasse har projektarbejde, der foregår i grupper på 2-5. De henter jævnligt bøger, båndoptager eller videokamera i det pædagogiske servicecenter. De bruger pc'er både til at søge informationer og til at skrive på. Nogle layouter deres præsentation på pc'en, andre synes en papmodel giver den bedste præsentation af projektet. De har brug for gruppearbejdspladser, hvor de ikke hele tiden bliver forstyrret af andre, og hvor de kan hænge deres skemaer og plancher op - det skal kunne blive hængende uforstyrret hele ugen. På den anden side skal de også kunne komme i kontakt med læreren, så de vil helst ikke for langt væk.

De forskellige arbejdssituationer kunne også opstilles i en skematisk oversigt som angivet neden for, og de mange felter viser, at der stilles mange og meget alsidige krav til skolens fysiske ramme:

Arbejdsform vs. aktivitet	arbejde alene	arbejde med lærer	arbejde lille gruppe (2-5)	arbejde stor gruppe	arbejde sammen hele klassen/flere klasser
arbejde v. bord stå/sidde					
arbejde v. pc					
arbejde v. tavle eller staffeli					
arbejde på gulv, evt. hynde					
sidde blødt, sofa/læsekrog					
arbejde i værksted fx høvlebænk					
arbejde i værksted, fx natur/teknik					
"passivt" arbejde, lytte, se film etc.					
Drama dans					

En af de primære udfordringer i fremtidens skolebyggeri er derfor i relation til ovennævnte arbejdssituationer, at finde måder til at skabe et godt arbejdsmiljø, indeklime og undervisningsmiljø.

### **Den fysiske udformning af fremtidens skole**

Tværfaglig- og projektundervisning betyder langt større krav til differentiering/fleksibilitet. Der vil blive mere bevægelse, og der kræves mere plads til den enkelte elev, når han/hun ikke længere bare skal sidde ned det meste af tiden. Sidst, men ikke mindst, skulle der gerne blive tale om en større rumlig alsidighed. Både i forhold til de aktiviteter, der udspiller sig, men også i forhold til, hvem der skal bruge rummene, - små og store børn har langt fra altid samme behov.

I materialet fra konkurrencen *Rum Form Funktion i Folkeskolen* (Kirkeby, 1998), (Olrik & Kirkeby, 1999) og (Olrik & Deichmann, 2000) er det tydeligt, at selv med tre vidt forskellige udgangspunkter; hhv. en nybygning, en ombygning og en tilbygning, afspejler de 21 besvarelser alligevel nogle generelle tendenser i den rumlige fortolkning af den nye folkeskolelov. Nøgleord er:

- Flexibilitet/differentiering/foranderlighed
- Åbenhed, rumligt flow
- Multifunktionalitet
- Større rum/rumlige sammenhænge

Klasselokalet er blevet til et hjemområde, typisk større rum med flere muligheder for forskellige arbejdsformer eller flere rum, der kan bruges i forskellige sammenhænge. Der er også tendenser til større åbenhed. De rumlige afgrænsninger og opdelinger er blevet mere "flydende", døre og vægge afløses af en tavle, en reol eller en skydedør.

Mange faglokaler er blevet til regulære værksteder, og der er ofte tilstræbt en tæt kontakt mellem inde og ude, samt at flere traditionelt adskilte fag enten deler samme værksted, eller de ligger i tæt tilknytning til hinanden.

# Krav og retningslinjer for skole- og institutionsbyggeri

Folkeskoleloven indeholder ikke krav til folkeskolens bygninger, men derimod en række krav til skolens pædagogiske virksomhed. De få tekniske krav, der stilles til skolens lokaler, fremgår af Bygningsreglement af 1. april 1995 (BR) (Boligministeriet, 1995) samt af Arbejdstilsynets regler. Det samme gør sig gældende for daginstitutionsområdet. I SBI-anvisning 182: Indeklimahåndbogen (Valbjørn, Laustsen, Høwisch, Nielsen & Nielsen, 2000) er der samlet krav og vejledende værdier til indeklimaet.

## Størrelse af klasse- og opholdsrum

Ved en arealberegning af klasserummet skal benyttes dels Folkeskoleloven og dels BR 95. Folkeskoleloven bestemmer, at der max. må være 28 elever i en klasse, mens BR 95 stiller krav om minimal rumvolumen på  $6 \text{ m}^3$  pr. person, når der etableres effektiv, mekanisk ventilation. I et klasserum med et gulvareal på  $60 \text{ m}^2$  og med den normalt anbefalede lofthøjde på 3 m vil rumvolumen på  $180 \text{ m}^3$  akkurat kunne dække ovennævnte volumenkrav på  $6 \text{ m}^3$  med det maksimale elevtal på  $28 + 2$  lærere. Ved denne maksimale belastning vil der være indskrænkede muligheder for møbleringen.

Ovenstående gælder ved nye folkeskoler opført efter BR 95, mens der ved eksisterende ældre skoler tidligere har kunnet dispenseres ned til  $4,2 \text{ m}^3$  pr. elev i henhold til et cirkulære fra 1938. Forudsætningen var vinduesudluftning i frikvarter og etablering af store luftventiler/-lemme til sikring af fornøden frisklufttilførsel.

For at skabe ensartede forhold for elever/studerende kan man, ved en vurdering af volumenkrav i eksisterende normalundervisningsrum efter opmåling af rummets volumen, beregne den maksimale personbelastning ud fra  $6 \text{ m}^3$  normen, suppleret med driftforskrifter om brugeradfærd, herunder tvungen vinduesudluftning, etablering af overtøjsgarderobe uden for undervisningslokalet og lignende.

Ifølge BR 95 skal opholdsrum i dag- og døgninstitutioner for pasning af børn mindst have et frit gulvareal på  $3 \text{ m}^2$  pr. barn i vuggestuer og på  $2 \text{ m}^2$  pr. barn i børnehaver.

## Temperaturer og træk

Ifølge Arbejdstilsynets At-vejledning A.1.2 om indeklima (Arbejdstilsynet, 2001) anses temperaturen at være passende, når den er i området  $20\text{-}24 \text{ }^\circ\text{C}$ , men af hensyn til luftkvaliteten bør den holdes på  $21\text{-}22 \text{ }^\circ\text{C}$ . Lufthastigheden bør ved stillesiddende arbejde holdes under  $0,15 \text{ m/s}$ , når temperaturen er i det lave komfortområde. Beklædning og aktivitet har også betydning for komfortoplevelsen.

## Ventilation og luftkvalitet

BR 95 stiller krav om mekanisk ventilation i dag- og døgninstitutioner, hvor indblæsning og udsugning skal være mindst  $3 \text{ l/s}$  pr. barn og mindst  $5 \text{ l/s}$  pr. voksen samt  $0,4 \text{ l/s}$  pr.  $\text{m}^2$  gulv. I klasserum er krævet  $5 \text{ l/s}$  pr. person samt  $0,4 \text{ l/s}$  pr.  $\text{m}^2$  gulv svarende til ca.  $6 \text{ l/s}$  pr. person ved 25 personer i et lokale med et gulvareal på  $60 \text{ m}^2$ . Der skal i fællesarealer anvendes den største ventilationsydelse. Mekanisk ventilation kan dog fraviges i undervisningsrum ved at benytte særlige byggetekniske tiltag, som fx større rumvolumener pr. person, brug af flere udluftningsmuligheder, herunder mulighed for tværv ventilation under forudsætning af, at der kan opretholdes et sundhedsmæssigt

tilfredsstillende klima. Arbejdstilsynet anbefaler, at der dimensioneres ud fra en gennemsnitlig CO<sub>2</sub>-koncentration på 1000 ppm og at luftskiftet, hvis koncentrationen overstiger 2000 ppm i længere perioder, bør øges eller personbelastningen reduceres.

Ved valg af materialer bør der tages hensyn til, at materialerne ikke bør afgive gasser og dampe af betydning. Dette kan dokumenteres gennem en indeklimamærkning, der indeholder dels en sensorisk vurdering dels en toksikologisk vurdering, baseret på en kemisk analyse af emissionerne.

Skolebyggeri skal være robust og slidstærkt og holde til mange menneskers daglige og meget forskellige brug. Der skal derfor vælges rengøringsvenlige materialer, hvorved forstås materialer, der kan holdes rene uden brug af specielle rengøringsmetoder og -midler, og materialer der ikke akkumulerer støv og snavs. Materialerne skal også være nemme at vedligeholde.

## **Dagslys og belysning**

Ifølge bygningsreglementet skal arbejdsrum have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er velbelyste. Dagslystilgangen vil normalt være tilstrækkelig, når vinduesarealerne ved sidelys svarer til 10 % af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 % af gulvarealet.

For belysningsanlæg kræves det ifølge BR 95, at energiforbruget begrænses mest muligt under hensyntagen til rummets udformning og anvendelse, og der er krav til belysningens kvalitet og driftstid. Anlægget skal udføres opdelt i zoner med mulighed for styring efter dagslysforhold og aktiviteter. Belysningsanlæg skal udføres på grundlag af DS 700-serien "Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler" (Dansk Standard, 1997), hvilket er eksemplificeret i branchevejledningen "Belysning i skoler" (Branchesikkerhedsråd, 1988).

## **Brand**

En af de vanskelige ting ved disponeringen af en skole, er brandsektioneringen. Hvis bygningen indeholder mere end én etage, må arealet af brandsektionen ikke overstige 600 m<sup>2</sup> ifølge BR 95. Hvis undervisningsafsnittet er i én etage, kan arealet af brandsektionen være op til 2000 m<sup>2</sup>. Dette forhold har stor betydning, hvis man planlægger at benytte sig af indskudte etager eller hemse.

## **Bygningers lydisolering**

Lyd eller støj kan virke stærkt distraherende og kan derfor medvirke til nedsat koncentration. Det er derfor et vigtigt område, når man skal planlægge et skolebyggeri, både hvis det drejer sig om nybyggeri og hvis det drejer sig om ombygning. Der findes fx i SBI anvisning 172 (Kristensen, 1992) materiale til brug ved projektering og eftervisning af lydforhold i skoler. BR 95 indeholder ret detaljerede krav til luftlydisolation, trinlydniveau, støjniveau og efterklangstid i undervisningslokaler. Der er strengere krav til efterklangstiden i daginstitutioner end i klasserum. Disse krav er fastsat ud fra erfaringer fra 50'erne, 60'erne og 70'erne og baserer sig på det, der i dag må betegnes de gamle undervisningsformer. I rapporten "Lydforhold i undervisnings- og daginstitutioner" fra By- og Boligministeriet (Hoffmeyer, 1999) er der foretaget en analyse af behov og muligheder for ændrede lydbestemmelser i bygningsreglementet til forbedring af lydforholdene i skoler. Det fremgår heraf, at der blandt andet med henvisning til de nye undervisnings- og indretningsformer, der følger af folkeskoleloven fra 1993, vil være behov for ændrede bestemmelser for lydisolation og efterklangstid. Der er påbegyndt en revision af bygningsreglementet på dette punkt.

## **Miljø**

De miljømæssige overvejelser i forbindelse med et byggeri bør indgå allerede fra planlægningsstadiet. Dette er endnu ikke indeholdt i lovgivningen, men mange bygherrer har erkendt behovet og kræver, at der ved planlægning og projektering tages miljøhensyn. I BPS publikation 121 gives en række vejledninger til miljørigtig projektering (BPS-centret, 1998).

## **Arbejds miljø**

Arbejds miljølovgivningen indeholder en lang række bestemmelser i forbindelse med planlægning, projektering, opførelse og renovering af bygninger. De fleste bestemmelser er beskrevet i At-meddelelser, som udsendes af Arbejdstilsynet. Som supplement hertil er der fra Branchesikkerhedsrådet for undervisning (BSR 12) (Branchesikkerhedsråd, 1997 & 1999) udsendt vejledninger om forhold, der vedrører skolers arbejds miljø. Fra Branchearbejds miljørådet Social & Sundhed er der udsendt en vejledning om indretning af dagsinstitutioner (Branchearbejds miljøråd, 2000). Disse vejledninger vil sammen med en række mindre publikationer fra BSR 12 være velegnede som baggrundsmateriale for projektering. BSR og Arbejds miljøfondet er nedlagt ved udgangen af 1998, og BSR er erstattet af Branchearbejds miljøråd for undervisning & forskning.

## **Lov om elevers og studerendes undervisnings miljø**

Undervisningsministeriet har vedtaget en ny lov om elevers ret til et godt undervisnings miljø, således at undervisningen kan foregå sikkerheds- og sundhedsmæssigt forsvarligt. Desuden skal elevernes udvikling og indlærings muligheder fremmes. I undervisnings miljøet indgår derfor også uddannelsesstedets psykiske og æstetiske miljø. Der bliver oprettet en selvstændig, statslig institution: "Dansk Center for Undervisnings miljø", som har til formål at medvirke til at sikre og udvikle et godt undervisnings miljø i Danmark. Loven er vedtaget sommeren 2001.

# Indeklimaproblemer, deres årsager og anbefalede løsninger

Årsager til massive indeklimaproblemer i skolebygninger skyldes ofte ændret og udvidet anvendelse af skolen, ændrede undervisningsformer, elevernes ændrede fysiske adfærd i skolerne samt uhensigtsmæssig drift og utilstrækkeligt vedligehold af bygningerne.

Der er en række funktionskrav til planløsning og indretning, som er særligt vigtige for undervisningsbygninger og lignende, og som kan bidrage til et godt indeklima og undervisningsmiljø. Planløsning og indretning skal lægge vægt på:

- Undervisning i varierende gruppestørrelser fra 2-28 med forskellige aktiviteter
- Hensyn til syns-, høre- og allergiske handikap
- Blændfri og refleksfri belysning
- God dagslysudnyttelse
- Undgå støj fra stole og borde, der flyttes
- Kort efterklangstid
- Lydisolering til støjende aktiviteter og rum til musikudøvelse
- Ventilation afpasset efter brug, brugstid og rummets størrelse
- Effektiv lokal ventilation i faglokaler eller ved andre forurenende processer
- Undgå overtemperatur
- Enkel, forståelig brug og indstilling af installationer
- Rengøringsvenlige materialer
- Funktionel opbevaring af overtøj og fodtøj
- Effektive rengørings- og vedligeholdelsesprogrammer

I de følgende indeklimatiske betragtninger over problemer, årsager, løsninger og manglende viden tages udgangspunkt i *bygningernes udformning og konstruktion, materialerne, ventilation samt drift og vedligeholdelse af bygningerne*.

## Udformning og konstruktionsforhold

Udformningen og konstruktionsforholdene har indflydelse på udnyttelsen af dagslys og elektrisk belysning, lyd og akustik, luftkvalitet og ventilation, temperaturforhold samt for risiko for fugt og skimmelsvampe.

### Lys og belysning

Skolebygninger med dybe overdækkede rum med begrænset loftshøjde reducerer muligheden for at få tilstrækkeligt dagslys ind i rummene. Hermed vil behovet for elektrisk belysning blive større, hvilket øger varmelastningen og dermed elektricitetsforbruget. Derimod vil højloftede rum fremme udnyttelsen af dagslys. Udnyttelsen af dagslys fra ovenlys kan forbedre forholdene i dybe rum, ligesom en visuel åbenhed af bygningerne og passende udsyn til omgivelserne bør fremmes. Solafskærmning bør tage hensyn til elevernes behov for udsyn bl.a. for at kunne hvile øjet. Rummenes farver, og især vinduespartiernes farver, influerer på udnyttelsen af lyset, og mørke farver fremmer kontrasten mellem vindue og omgivelser og dermed risikoen for blænding.

Den elektriske belysning bør differentieres efter forskellige aktiviteter og understøtte "naturlige" lysforhold i bygninger. Specielt i undervisningssituationer med brug af tavle bør der fokuseres på lysniveau på tavlen samt på

blænding og kontrastforhold. Belysningen må ikke give direkte blænding og skal give tilstrækkelig lysstyrke på arbejdsobjekterne jf. vejledningen i DS 700.

Der skal tages hensyn til særlige forhold som edb-skærmarbejde. Indførelsen af edb i skolerne og udviklingen i retning af undervisning i mindre arbejdsgrupper spredt over flere områder i bygningen samtidig med, at der stadigvæk vil være centraliseret tavleundervisning, stiller krav om fleksible rum med områdeopdelt belysning.

Der bør være god almen belysning, der muliggør rengøringen på tidspunkter, hvor der ikke er dagslys.

### **Lyd og akustik**

Støj og akustik spiller en meget stor rolle for gennemførelse af undervisning og for de øvrige aktiviteter i skolen. Bygningens planløsning og konstruktion har stor betydning for disse forhold.

Følgende problemer er registreret (Rasmussen & Rindel, 1995): Støj i åbenplan skoler uden tekstile gulvbelægninger, ringe lydisolering til musikrum, for lange efterklangstider, behov for bedre akustisk regulering med hensyn til taleforståelighed, manglende dæmpning i gange til ophold, dårlig dæmpning i værksteder med maskiner og gamle bygninger, der ikke lever op til nuværende lydkrav i BR.

Målinger i SFO har vist, at der i mere end to tredjedele af tiden er over 80 dB(A), hvor almindelig tale er forhindret. I op til en fjerdedel af tiden har der været over 85 dB(A), hvor høreværn skal anvendes (BUPL, 1998).

Lydisolering jf. BR til musikrum og værksteder bør sikres. Efterklangstider bør reduceres i forhold til BR for klasserum og særundervisning. En tilstrækkelig dæmpning (opfylde BR-krav) opnås i traditionelle rum ved dæmpende materialer i to vinkelrette flader, fx loft og sidevæg. Muligheden for dette øges ved større lofthøjde, så sidevægge kan isoleres over nå-højde. Store flader med lydabsorberende materialer nedsætter muligheden for at udnytte varmeakkumuleringsevnen. Ved placeringen skal der derfor tages hensyn til at bevare passende frie overflader med tunge materialer.

Ved nye planløsninger, med større rum med flere aktiviteter og med flere grupper af undervisning i større eller mindre grupper, vil der sandsynligvis opstå mere uro og støj. Dette kræver formentlig særlige lydabsorberende tiltag fx flytbare skillevægge med lydabsorberende materiale.

### **Luftkvalitet og ventilation**

Skolebygningers planløsning har ofte medført dybe rum med begrænset lofthøjde. Det bevirker, at luftkvaliteten bliver mere afhængig af velfungerende ventilationsanlæg, fordi vinduesventilationen bliver mindre effektiv.

Bygninger med stor lofthøjde (mere end 3-4 meter) giver bedre mulighed for trækfri lufttilførsel fra ventilationsanlæg og sikrer en bedre luftkvalitet i opholdszonen, bl.a. fordi varme fra personer og dermed dårlig luft søger opad. Bygninger med stor volumen og stor loftshøjde øger muligheden for at anvende kombinerede systemer (hybride ventilationsløsninger) bl.a. delvis baseret på naturlig ventilation. Se afsnittet om ventilation.

Nye undervisningsformer, der spreder eleverne over større områder, indebærer en større udnyttelse af bygningernes bruttoareal og volumen. Der ved forbedres luftkvaliteten, idet volumenerne virker som en buffer for forureningerne. Tillige vil spredningen over større arealer bidrage til at reducere den direkte kontaktsmitte.

For at kunne dimensionere rum og ventilation er det nødvendigt at kende de tidsmæssigt forekommende eksponeringer i elevers og læreres skoledag.

### **Temperaturforhold**

Bygningskonstruktioner af lette materialer og bygninger med store vinduer giver ofte anledning til overtemperaturer i varme, solrige perioder og undertiden træk i kolde perioder. I mange tilfælde har natsænkning af temperaturen

som energibesparende foranstaltning resulterer i for lav temperatur ved undervisningens begyndelse. Solafskærmninger kan afhjælpe forholdene med overtemperaturer, men afskærmningerne må ikke hindre udsyn og bør være lette at betjene og robuste over for vind og vejr.

Høje temperaturer i undervisningstiden resulterer i uopmærksomme elever, dels på grund af varmen (over 24 °C), dels fordi luftkvaliteten opleves dårligere ved høj temperatur frem for ved temperaturer i laveste del af komfortområdet. Temperaturen bør generelt holdes i underkanten af det traditionelle område 21-22 °C.

Indvendige overflader bør have stor varmeakkumuleringssevne. Der bør fx være tunge materialer i gulv og gerne i en eller flere vægge for at udjævne varmetilførslen fra personer og eventuel solvarme, der ikke er tilbageholdt gennem afskærmninger. Disse forhold kan der tages højde for i forbindelse med projekteringen, og de kan beregnes under dynamiske forhold over årtiderne med detaljerede beregningsprogrammer.

### **Fugt og skimmelsvampe**

Fugtskader og skimmelsvampe der vokser i fugtige bygninger skal fjernes, og årsagerne til at de opstår elimineres. Skimmelsvampevækst, især fra langvarige fugtskader, har ofte givet anledning til alvorlige indeklimaproblemer. De skyldes generelt problemer med dårligt vedligeholdte eller nedslidte tage eller fugtige gulvkonstruktioner. Erfaringen har vist, at især flade tage opført gennem 70'erne, ikke har været holdbare, hvilket, sammen med en begrænset opmærksomhed og besparelser på vedligeholdelseskonti, har medvirket til, at der opstår fugtskader. Fugtskaderne er ødelæggende for bygningerne og formodes at være en væsentlig faktor for forekomst af symptomer som slimhindsymptomer og hovedpine samt allergiske reaktioner. Der er nu en stigende opmærksomhed på dette problem. Fugtskader har endvidere vist sig i tage med hældning, når der er tale om nedslidte tegl eller eternittage.

Skolebygningers planløsning har ofte medført anvendelse af flade tage med mange gennembrydninger i form af ovenlys, ventilationshætter mv., hvilket stiller store krav til udførelse og vedligeholdelse. Flade tage har endvidere fristet til færdsel på tagene i og uden for skoletiden, hvilket ofte har været årsag til vandskader. Det er derfor hensigtsmæssigt, at tagene har væsentlig taghældning og med synlige tagrender. Hermed lettes en simpel visuel inspektion udefra og en omhyggelig inspektion fx inde fra tagrummet. Det er endvidere vigtigt at anvende materialer, der har lang holdbarhed.

Mange skoler har desuden haft fugtskadeproblemer grundet dårligt udførte eller vedligeholdte drænforhold omkring kældre. Endelig er vandskader set i forbindelse med vådrengøring på nedslidte gulvbelægnings af fx pvc eller linoleum, hvor samlingerne ikke holder.

Der skal sikres løbende vedligehold og gennemføres årlige inspektioner af følsomme bygningskonstruktioner.

### **Materialer**

Materialerne kan have indflydelse på indeklimaet bl.a. på lysforhold, lyd og akustik, luftkvalitet, temperatur og statisk elektricitet, og som følge heraf har myndighederne gennem tiderne stillet krav til materialerne. En række materialer har tidligere givet anledning til problemer, men de er nu reguleret gennem bygningsreglementet og dets henvisning til at vælge materialer, der er godkendt af Dansk Indeklimamærkning.

Det drejer sig bl.a. om akustiske loftsmaterialer af mineraluld, der nu kræves indkapslet, så fibrene ikke frigives; spånplader, der nu er reguleret for formaldehydafgivelse samt asbestholdige materialer. Desuden er nogle tekstile gulvbelægnings indeklimamærkede. Tekstile gulvbelægnings vil dog som regel være uegnede i undervisningslokaler, idet rengøring ikke har vist sig at være tilstrækkelig til at fjerne støvet.



Materialer i skolebygninger bør generelt være robuste og have stor holdbarhed. Det medfører generelt, at de har en mindre afgivelse af stoffer til indeklimaet.

### **Lys og belysning**

Lyse materialer fremmer udnyttelsen af lyset og bør generelt anvendes. Især er lyse farver omkring vinduer vigtig for at reducere blænding. Materialernes farver skal være bestandige ved normal brug, og mønsteret bør ikke skjule snavs, så det vanskeliggør rengøringen.

### **Lyd og akustik**

Et rums overfladematerialer er afgørende for efterklangstid og dermed for taleforståelsen. Lyddæpende materialer er imidlertid sjældent robuste eller lette at vedligeholde. Akustisk regulerende materialer skal derfor anbringes uden for nå-højde eller bag hullede, glatte overflader. De skal være beskyttede, så der ikke forekommer drys af fibre. Overfladebehandling af akustiske loftbeklædninger kan forringe deres akustiske egenskaber.

Der kan være behov for fx mobile lydabsorberende skillevægge i større åbne rum, hvor mindre grupper skal arbejde uafhængigt af hinanden. Skillevæggene skal være meget robuste og rengøringsvenlige. Gulve skal være halvhårde fx med korkment under/i linoleumsbelægninger, der skal sikres mod støj, når inventaret skubbes.

Der findes beregningsmetoder til at bestemme efterklangstiden og sikre taleforståelsen, men der er usikkerhed om, hvorledes traditionelle væg- eller loftsløsninger og mobile skærmvægge bør udføres med henblik på både akustiske egenskaber og samtidig robusthed og rengøringsvenlighed.

### **Luftkvalitet**

Materialerne giver, enten i sig selv eller ved afgivelse af absorberede lugte fra omgivelserne, bidrag til forringelse af luftkvaliteten. Gennem brug af indeklimamærkede materialer sikres mod skadelig forurening, og ved den ventilation, der skal være jf. BR, vil der ikke forekomme problemer fra materialerne. Det forudsætter naturligvis en hensigtsmæssig driftsform for ventilationssystemet (fx delvis ventilering uden for brugstiden).

Der er imidlertid, på nuværende tidspunkt, ikke indeklimamærkning af de mest anvendte gulvbelægninger som pvc og linoleum, der gennem lang tids erfaring har vist sig velegnede ved passende vedligehold. Valg af disse belægninger bør dog foretages efter en kontrol af deres lugt, og for pvc's vedkommende bør der tages hensyn til afgivelsen af eventuelle sundhedsskadelige blødgørere. Der er behov for at få indeklimamærkning af pvc- og linoleumsbelægninger.

Ved valg af byggematerialer bør de nødvendige behandlings- og rengøringsmidler vurderes nøje med henblik på at sikre rengøringspersonalets arbejdsmiljø og senere elevernes sundhed ved at vælge rengøringsmidler, der ikke afgiver stoffer til indeklimaet. Materialerne skal derfor være lette at rengøre med indeklimavenlige midler og metoder.

### **Statisk elektricitet**

Gulvbelægninger skal vælges antistatiske, og de fleste halvhårde gulvbelægninger som pvc og linoleumsbelægninger vil i praksis fungere tilfredsstillende. Se vejledningen i (Valbjørn, Laustsen, Høwisch, Nielsen & Nielsen, 2000). Overfladebehandlinger (fx voksbehandling) kan dog ændre materialets egentlige antistatiske evne.

### **Ventilation**

Ventilation har som opgave at opretholde en god luftkvalitet ved at bortventilere forureninger fra brugerne og deres aktiviteter og fra materialerne. Ud over denne opgave påvirker ventilationen lydforhold, temperatur og træk. Bygningsreglementets krav til ventilation skal opfattes som minimumkrav,

der kun sammen med udluftning og ved at eleverne går ud i frikvartererne, kan sikre acceptabel luftkvalitet, men i mange skoler er disse krav ikke opfyldt. Bygningsreglementets forskellige krav til mekanisk ventilation i dag- og undervisningsinstitutioner dvs. skole, SFO og børnehave forekommer imidlertid ikke logiske, fordi børnenes aktiviteter i princippet er de samme, og derfor er der behov for samme ventilation. Internationalt diskuteres det, om højere ventilationsydelser vil kunne sikre komfort og produktivitet.

En større sikkerhed for tilstrækkelig ventilation fås med mekaniske ventilationsanlæg, der tilfører tempereret udeluft til de områder, hvor eleverne opholder sig. Imidlertid har det vist sig, at funktionen og driften af disse anlæg i mange tilfælde ikke har været tilfredsstillende, hverken mht. til ydelse eller energiforbrug. Denne erfaring og ønsket om at reducere energiforbrug og udgifter til vedligehold, har medført ønsker om mere simple anlæg, fx baseret på naturlig opdrift eventuelt kombineret med udsugningsanlæg (tilsammen benævnt hybride systemer).

Ved forøget rumhøjde og volumen i forhold til traditionelle klasserum kan naturligt ventilerede systemer teoretisk skabe luftkvalitetsmæssige forhold, der svarer til de traditionelle systemer med mekanisk ventilation og dermed opfylde bygningsreglementet. Der er dog behov for i praksis at eftervise, at dette er tilfældet, og at tilfredsheden samt målbare luftkvalitetsparametre er inden for acceptable størrelser. Herunder spiller det en stor rolle, om ventilationssystemer vælges under forudsætninger om, at eleverne kan bevidstgøres om og deltage fx ved udluftning og ved at opholde sig ude i frikvarteret.

Af hensyn til optimal tilrettelæggelse og styring af ventilationssystemerne må de projekterende kende de tidsmæssigt forekommende eksponeringer i elevers og læreres skoledag.

Ny udnyttelse af skolebygninger i undervisningen lægger op til mere spredt placerede værkstedsfunktioner. Der er behov for at få afklaret, i hvilken grad de funktioner, der flyttes fra faglokaler, stiller særlige krav til ventilation i de øvrige undervisningsområder.

### **Lydforhold**

Mekaniske ventilationsanlæg bør i det mindste overholde BR krav, og tillige bør der sikres mod lavfrekvent lyd fx jf. vejledning i (Valbjørn, Laustsen, Høwisch, Nielsen & Nielsen, 2000).

### **Temperatur og træk**

Ventilationsanlæg, der har til opgave at opvarme bygningen, resulterer ofte i dårlig ventilationseffektivitet, og der bør principielt projekteres med særskilte varmeanlæg.

Træk er en af de hyppigste årsager til klager i skoler. Træk skyldes ofte mekaniske ventilationsanlæg der ikke er udformet rigtigt, eller anlæg med udsugning eller naturligt ventilerede systemer, hvor luften tages ind uopvarmet ved vinduesfacaden. Der er behov for udvikling af luftindtag til naturligt ventilerede systemer uden risiko for træk i lokalerne.

### **Drift, rengøring og vedligehold**

Drift, rengøring og vedligehold har stor indflydelse på indeklimaet, som delvist nævnt i de tidligere afsnit. Disse forhold er belysning, akustik, støv, skimmelsvampe, luftkvalitet og statisk elektricitet.

### **Belysning**

Der bør være god almen belysning, der muliggør rengøring på tidspunkter, hvor der ikke er dagslys, og der bør udarbejdes rutiner for drift og vedligehold af belysningsarmaturer.

### **Akustik**

Såfremt akustiske materialer overfladebehandles, skal der efterfølgende udføres lydmålinger, med mindre der foreligger undersøgelser, der viser

konsekvensen af anvendelsen af en konkret overfladebehandling med et bestemt middel.

#### **Støv, skimmelsvampe og luftkvalitet**

Rengøring af skoler har været et forsømt område af besparelsmæssige grunde, og der er derfor ofte meget støv og snavs i skolerne. Undersøgelser har vist, at støv har en negativ effekt på oplevelsen af luftkvaliteten (Nielsen & Bredsdorff, 1987), og forøger indeklimasyntomerne (Meyer, 2000). Andre undersøgelser har vist sammenhæng mellem organisk støv og ubehag i form af træthed og andre indeklimasyntomer (Skov, Valbjørn & Gyntelberg, 1989). Det støv, der findes i skoler, kan være med til at øge generne hos allergikere eller medvirke til allergiens opståen.

Årsagen er sandsynligvis den organiske del af støvet, som bl.a. indeholder allergener, herunder skimmelsvampe. Bygninger, herunder skoler med dårligt rengjorte og ældre tekstile gulvbelægninger, har således været en medvirkende årsag til forøgede generende støvforekomster. Der er ikke mindst mange eksempler på resultater af dårligt vedligehold af bygningskonstruktioner som fx tage, hvilket har bevirket langvarige fugtskader og vækst af skimmelsvampe.

Der bør derfor foreligge rengørings- og vedligeholdelsesprogrammer med angivelse af hvilke midler og metoder, der kan anvendes under hensyntagen til luftkvaliteten på kort sigt (midlernes afgivelse af stoffer, slid m.m.) og på langt sigt (nedbrydning af materialer), og der bør gennemføres systematiske bygningssyn med henblik på at undersøge svigt af konstruktionerne især mht. fugt og skimmelsvampevækst.

#### **Ventilationsanlæg**

Mange ventilationsanlægs funktioner er utilstrækkelige til at opretholde et acceptabelt indeklima både hvad angår luftkvalitet og temperaturforhold, herunder træk. Dette skyldes ofte manglende drift og vedligehold samt information til brugerne.

Ventilations- og opvarmningsforholdene bør indrettes og vedligeholdes således, at projekterede forhold opretholdes. Der bør gennemføres periodevis syn af deres funktion, og der skal foreligge en strategi for driftstider.

#### **Statisk elektricitet**

Gulvbelægninger, som fx linoleum og pvc, kan medvirke til statisk elektriske opladninger af brugerne, især på grund af overfladebehandling med voks o.lign. Ved en hensigtsmæssig overfladebehandling kan disse gener undgås, bortset fra ganske korte perioder i den koldeste vintertid.

# Forslag til udvikling og forskning

Ved fremtidig renovering af skoler er der brug for at træffe beslutninger om hvilke specifikke bygningsindgreb, der bør prioriteres højt. Som grundlag for dette vil der være behov for at studere erfaringer fra allerede udførte ændringer. Der foregår for tiden mange renoveringer og ombygninger, og eksempler kan ses i (Christensen & Mols Jepsen, 1999). På grundlag heraf bør der udvikles værktøjer til at bedømme undervisnings- og bygningsmiljøer med kravspecifikationer og kvalitetskriterier for skoler som helhed og for de enkelte undervisningsrum. Sådanne værktøjer kan kun opstilles af et tværfagligt forum af skolemyndigheder, arkitekter, ingeniører, lærere og pædagoger suppleret med pedeller og repræsentanter for bygherrerne.

Parallelt med det ovennævnte forslag må der arbejdes med en række forsknings- og formidlingsopgaver.

Det synes vigtigt for at planlægge og disponere nye bygninger og for at vælge optimale indeklimaløsninger, at der bl.a. skaffes større viden om elevers og læreres opholdstid og aktiviteter i de forskellige undervisningsmiljøer. Dette kan bl.a. have betydning for valg af ventilationsløsninger og deres styring, for udformning af dagslystilførsel og elektrisk belysning, for behovene for lydregulering, gulvmaterialer og møbler mm.

Herudover peges der i det følgende for behov for revidering af myndighedskrav, forskning i bygningsmæssige og indeklimatiske forhold samt for anvisninger til brug for projektering.

## Lysforhold

Der foreslås udarbejdet en eksempelsamling på belysningsmæssige løsninger til de varierende anvendelsesforhold, som nye skoler skal have med hensyntagen til belysningskvalitet og energi.

## Lydforhold

Der er behov for en anvisning, der beskriver gode akustisk-regulerende og lydabsorberende løsninger, der er robuste og rengøringsvenlige. Specielt bør funktion, holdbarhed og funktionskrav til foldevægge og flytbare, lydabsorberende skillevægge til akustisk regulering og fysisk afskærmning for undervisning og arbejde i mindre grupper undersøges og beskrives. Den påbegyndte revision af bygningsreglementets krav til efterklangstider foreslås allerede nu introduceret og indgå i den nævnte anvisning.

## Materialer og konstruktioner

Der er behov for at vurdere risikoen for fugtskader ved de nye og stærkere tagbelægninger til flade tage, som nu anvendes med forskriftsmæssig hældning.

Indeklimamærkning af pvc- og linoleumsbelægninger efterspørges. Der bør i den forbindelse snarest undersøges, om pvc-belægninger kan produceres med sikkerhed mod afgivelse af sundhedsskadelige blødgørere.

## Ventilationsforhold og luftkvalitet

Der er behov for at eftervise, om BR-kravene til undervisningsrum resulterer i tilfredsstillende luftkvalitet. Bygningsreglementets forskellige krav til dag- og undervisningsinstitutioner dvs. skole, SFO og børnehaver forekommer ikke logisk. Kvalitetskrav til ventilerende af disse institutioner foreslås indarbejdet i en samlet vurdering af ventilationsbehov.

Ny udnyttelse af skolebygninger i undervisningen lægger op til mere spredt placerede værkstedsfunktioner. Der er behov for at få afklaret, i hvil

ken grad de funktioner, der flyttes fra faglokaler, stiller særlige krav til ventilation i de øvrige undervisningsområder.

Eksempler på egnede anlæg til ventilering af skoler med deres fordele og ulemper bør udarbejdes. Der er herunder behov for at kende de tidsmæssigt forekommende eksponeringer i eleveres og læreres skoledag af hensyn til optimal tilrettelæggelse og styring af ventilationssystemer, og det må diskuteres og afprøves i hvor høj grad eleverne kan bevidstgøres og inddrages i sikring af ventilationen i skolen fx ved udluftning og udeophold i frikvarterer. Der er endvidere behov for udvikling af luftindtag, der ikke giver risiko for trækgener i naturligt ventilerede lokaler.

#### **Drift og vedligehold**

Der bør foreligge rengørings- og vedligeholdelsesprogrammer inklusive hvilke midler og metoder, der kan anvendes under hensyntagen til luftkvaliteten på kort sigt (midlernes afgivelse af stoffer, slid m.m.) og på langt sigt (nedbrydning af materialer).

Der bør udarbejdes vejledninger og gennemføres uddannelse i at gennemføre systematiske bygningsyn med henblik på at undersøge svigt af konstruktionerne, især mht. fugt og skimmelsvampevækst.

# Litteratur

Arbejdstilsynet. (2001). *Indeklima* (At-vejledning A.1.2). København.

Boligministeriet. (1995). *Bygningsreglement 1995*. København.

BPS-centret. (1998). *Håndbog i miljørigtig projektering 1-2* (BPS-publikation 121-1 + 121-2). Taastrup.

Branchearbejdsmiljøråd Social & Sundhed. (2000). *Branchevejledning om indretning af daginstitutioner* (2. udg.). København.

Branchesikkerhedsråd 6, 8, 11, & 12. (1997). *Branchevejledning: Sikkerhedsorganisationens arbejde med indeklima*. København.

Branchesikkerhedsråd 12. (1988). *Branchevejledning om belysning i klasseværelser*. København.

Branchesikkerhedsråd 12. (1998). *Branchevejledning om arbejdsstedets indretning på undervisningsområdet*. København.

BUPL. (1998). *Støj og indeklima: Rapport om støj og indeklimaforhold i danske børneinstitutioner*. København.

Christensen, E., & Mols Jepsen, R. (red.). (1999). *Skolens rum: Ideer til indretning af skolens rum, - hjemklasser, værksteder og udeområder*. Århus: Århus kommunale skolevæsen.

Dansk Standard. (1997). *Kunstig belysning i arbejdslokaler* (5. udg.) (DS 700:1997). København.

Hoffmeyer, D. (1999). *Lydforhold i undervisnings- og daginstitutioner*. København: By- og Boligministeriet.

Kirkeby, I. M. (red.). (1998). *Rum, form, funktion i folkeskolen: Temahæfte*. København: Byggedirektoratet, & Undervisningsministeriet, & Kulturministeriet.

Kristensen, J. (1992). *Bygningers lydisolering: Nyere bygninger* (SBI-anvisning 172). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Meyer, H. W. (2000). *Skoleundersøgelsen i København: Et indeklimatestudie*. København: Bispebjerg Hospital, Arbejdsmiljø og Arbejdsmedicinsk Klinik.

Nielsen, O., & Bredsdorff, P. (1987). *Luftkvalitet og udelufttilførsel i 11 skoler* (SBI-rapport 166). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Olrik, M., & Kirkeby, I. M. (red.). (1999). *Rum, form, funktion i folkeskolen: Dommerbetænkning*. København: Byggedirektoratet, & Undervisningsministeriet, & Kulturministeriet.

Olrik, M., & Deichmann, F. (red.). (2000). *Rum, form, funktion i folkeskolen: Temahæfte 2*. København: Byggedirektoratet, & Undervisningsministeriet, & Kulturministeriet.

Rasmussen, B., & Rindel, J. H. (1995). *Lydforhold i kontor-, daginstitutions- og skolebyggeri: Problemstillinger og handlingsmuligheder*. København: Boligministeriet.

Skov, P., Valbjørn, O., & Gyntelberg, F. (1989). *Rådhusundersøgelsen: Indeklima i kontorer* (Arbejds miljøfondets forskningsrapporter). København: Arbejds miljøfondet.

Valbjørn, O., Laustsen, S., Høwisch, H., Nielsen, O., & Nielsen, P. A. (red.). (2000). *Indeklimahåndbogen* (SBI-anvisning 196). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

# Summary

## By og Byg Results 015: Healthy schools.

Indoor environment in schools and institutions for children.

This report analyses some indoor environment problems and recommends solutions. Indoor environment problems are often caused by changed use of the building, changed teaching methods, changed physical behaviour of the pupils inside the building and inadequate building maintenance. Some simple ways of improving the indoor environment are suggested, starting with the building shape and constructions, materials, ventilation as well as operation and maintenance.

In the coming years many renovations and extensions of school building will be made, and they should be adapted to pedagogical reorganisation. This reorganisation requires tools to be developed that assess the educational and building environments with requirement specification and quality criteria for schools as a whole and for the individual classrooms as well.

### **Daylight and lighting**

High-ceilinged rooms provide better utilisation of daylight. The colours of the rooms - especially of the window frames - affect the utilisation of daylight. Light colours improve the daylight utilisation and it is particularly important to use light colours around the window to reduce glare. In order to support daylighting, artificial lighting should be adjustable to varying activities. Good lighting should be provided so that the rooms could be cleaned any time of the day. Regulations for operation and maintenance of particularly the lighting systems should be compiled.

### **Acoustics**

Noise-reducing materials used on two surfaces at right angles, e.g. ceiling and wall, will sufficiently reduce noise in traditional rooms. It is necessary to keep surfaces of heavy building materials free. When several smaller groups of pupils have lessons in the same room, it could be necessary to use special movable, noise-reducing partition walls. Surfaces with noise-reducing material should be placed out of reach due to their fragility.

### **Air quality and ventilation**

High-ceilinged rooms with large volumes provide good conditions for achieving high air quality, draught-free airing and resistance to impacts from the users and their activities. They provide the possibility of using natural as well as mechanical ventilation. It is recommended to use indoor-environment-labelled building materials that are also robust and easy to clean.

### **Temperature conditions**

Indoor surfaces should have a big heat accumulation properties, as the indoor temperature should be kept on the low side of the traditional 21-22 °C. Sun screening can decrease high temperatures, but should be robust and must not obstruct the view.



**Humidity and moulds**

Mould growth, especially as a result of prolonged exposure to water damage, has often given indoor air problems. Roofs should have a sufficient pitch and it is important to use materials with great durability. The drainage should be maintained properly. Continuous maintenance should be ensured and also yearly inspections of sensitive building constructions.

**Static electricity**

Antistatic flooring should be supplied. Most medium types of flooring will function satisfactorily as such.

# Definitioner vedrørende arbejds-, indeklima- og undervisningsmiljø

I denne publikation tages der udgangspunkt i, at undervisningsrum og institutioner for børn skal være sunde at være i, og der anvendes betegnelsen *sunde skoler*. Sundhed definerer WHO som: "en tilstand af fuldstændig fysisk, psykisk og socialt velvære, og ikke blot fravær af sygdom og svækkelser."

Det konstateres imidlertid, at der er andre betegnelser for det fænomen, der er genstand for nærværende publikation om arbejdsmiljø, indeklima, undervisningsmiljø samt sunde skoler. De forskellige betegnelser overlapper nok i et vist omfang, men ikke fuldt og helt, og det er derfor relevant at foretage en sammenligning.

Arbejdsmiljø defineres i Arbejdsmiljøsekretariatet således: "De fysiske og psykiske forhold, der påvirker medarbejderen på arbejdspladsen." Loven omfatter de personer, der er på lønninglisten. Denne skelnen er af juridisk betydning, for den betyder, at lovgivning på arbejdsmiljøområdet ikke omfatter børn/elever. Her er tale om en definition, der hverken er positiv eller negativ, og det anses for lige så relevant at tale om trivselsfremmende faktorer, som om skadelige faktorer.

Indeklima kan defineres: Indeklimaet omfatter de påvirkninger, mennesker udsættes for i bygningen, og som kan have indflydelse på deres samlede oplevelse af indemiljøet, og hvordan de befinder sig. Oplevelsen er bestemt af individuelle forhold, det psykosociale miljø, herunder det pædagogiske miljø, og af de bygningsmæssige forhold.

De bygningsmæssige forhold omfatter:

- Materialer og pladsforhold
- Lydforhold
- Termiske forhold
- Luftkvalitet
- Statisk elektricitet og ioniserende stråling
- Muligheden for styring og regulering af de enkelte parametre.

Undervisningsmiljø. I lovens første paragraf redegøres der for, hvad loven omfatter, og der gives herigennem en indirekte definition af undervisningsmiljøet: "Elever, studerende og andre deltagere i offentlig og privat undervisning har ret til et godt undervisningsmiljø, således at undervisningen kan foregå sikkerheds- og sundhedsmæssigt fuldt forsvarligt. Undervisningsmiljøet på skoler og uddannelsesinstitutioner (uddannelsessteder) skal fremme deltagerens muligheder for udvikling og læring, og omfatter derfor også uddannelsesstedets psykiske og æstetiske miljø."

## Sammenligning

Sammenholdes de forskellige definitioner, ses en række forskelle. Definitionen på arbejdsmiljø dækker bredt, men juridisk set gælder den ikke børn i institutioner og skoler. Opfattelsen af, at børn *ikke* er på arbejde i skolen, er i øvrigt i overensstemmelse med den etymologiske betydning af ordet skole. For ordet betyder ifølge Nudansk ordbog: "fritid, videnskabelig beskæftigelse i ledige stunder." Altså aktiviteter, der ligger uden for produktivt arbejde. Og en eventuel ændring i lovgivningen må nødvendigvis indeholde en mere

grundlæggende diskussion af dette forhold. Skal skolen være børnenes arbejdsplads eller en (ud)dannelsesinstitution?

Indeklimaet er i ovenstående defineret detaljeret, og kan således danne udgangspunkt for det næste skridt, nemlig at definere, hvad et *godt* indeklima er. Men definitionen har den begrænsning, at den - i og med at den omhandler miljøet indendøre - udelukker friarealerne, der udgør en vigtig ressource i institutioner og skoler, både for undervisning og leg.

Definitionen på undervisningsmiljøet adskiller sig først og fremmest fra de andre gennem at nævne *æstetik* som betydningsfuld faktor.

Imidlertid er begrebet æstetik ikke ganske let at indkredse. Det er ofte blevet reduceret til noget "ekstra" oven i de andre krav, der som en slags luksus står lidt som en modsætning til "det nødvendige".

Her er imidlertid hjælp at hente fra en kant, hvor diskussioner om arbejdsmiljø ikke har tradition for at hente næring. Nemlig fra filosofien. Den tyske filosof Gernot Böhme begyndte for få år siden et opgør med den klassiske æstetikopfattelse som værende alt for optaget af den æstetiske dom, optaget af at skelne mellem kunst og kitsch. Han plæderer for en bredere æstetikopfattelse, der beskæftiger sig med, hvordan vi *befinder os* i den fysiske omverden. Han blev opmærksom på nødvendigheden af at tale om det fysiske miljø på en anden måde gennem at beskæftige sig med miljø- og forurenings problemet. Først herigennem er mennesker blevet opmærksomme på, at vi er fysiske kroppe i et fysisk miljø.

Når det vurderes interessant i forhold til denne publikation, er det fordi hans udgangspunkt for at diskutere æstetik således ligger nær det felt, der her behandles. Det forurenede miljø og dårligt arbejdsmiljø kan principielt hævdes at være nært beslægtede.

Det kunne meget vel tænkes at være de mange forskellige definitionsmuligheder, der har ført til, at konferencerne om arbejdsmiljø/indeklima/undervisningsmiljø i undervisningsrum og institutioner for børn, har fået titlen *sunde skoler*. Med introduktionen af begrebet sundhed tager diskussionen en mere overordnet drejning. Desuden indebærer titlen, at vi bevæger os væk fra den neutrale beskrivende definition mod en normativ, der gør det muligt at formulere kvalitative krav.

Vi bruger betegnelserne sund og sundhed om det, som vi betragter som normaltilstanden. Denne tilstand kan ødelægges under indflydelse af negative faktorer. Det drejer sig altså om at *forebygge* eller *fjerne* negative indflydelser på den tilstand, vi betegner som sund.

Imidlertid er det ikke tilstrækkeligt for at skabe gode bygninger, god arkitektur, at definere, hvordan de *ikke* skal være. Det er kun i matematik, man kan nå frem til det modsatte resultat gennem at gange med minus én. Altså er det vigtigt at opstille et byggeprogram, hvor man kræver gode, sunde, smukke skoler, som brugerne kan befinde sig godt i.

Det bliver således et krav til byggeriets ansvarlige parter, at de både er i stand til at håndtere de positive kvalitetskrav til bygningen, at den skal være udformet, så brugerne kan være "sunde" og "befinde sig godt" og samtidig kan håndtere et andet kvalitetskrav, der er "fraværet af det onde".

Men det, at det også er noget, der defineres gennem et fravær af det negative, gør, at definitionen bliver af stor betydning - det bliver altafgørende "at kende troldens navn".

I alle fire definitioner lægges der vægt på, at der indgår flere faktorer af helt forskellig art. Hvordan en person befinder sig i et rum, afhænger således af samspillet mellem en række mentale og fysiske forhold.

Emnet for denne publikation og for den videre forskning, som publikationen peger på, koncentrerer sig imidlertid om den del af påvirkningerne, der stammer fra de fysiske rammer.

Som foreløbig definition foreslås:

"Sunde skoler (sunde fysiske rammer i institutioner for børn og undervisningsrum) er udformet, så alle brugerne kan befinde sig godt og opretholde en tilstand af fuldstændig fysisk, psykisk og socialt velvære. De er udformet,

så der er optimale muligheder for den sociale og faglige trivsel, udfordring og udvikling, som bygningens bestemmelse forudsætter.”

Der er behov for yderligere definition af, hvilke faktorer i det fysiske miljø, der betinger sunde skoler. Særligt påkrævet er det, at det, i denne sammenhæng, nye begreb æstetik defineres og diskuteres i forhold til de øvrige faktorer.

Det er endvidere ønskeligt, at der foretages en yderligere præcision af hver enkelt faktor i forhold til sunde skoler - hvor går grænserne mellem godt og skidt, relateret til forskellige undervisningssituationer. I nogle tilfælde vil det være muligt at angive målbare grænseværdier. Andre forhold vil være vanskelige af definere, men skal beskrives verbalt. Der bør foretages en undersøgelse af, hvorledes forebyggende/afhjælpende indgreb vedrørende enkeltfaktorer harmonerer indbyrdes.

Rapporten giver en række forslag til enkle måder at forbedre indeklimaet i skoler og institutioner for børn. Det sker med udgangspunkt i bygningernes udformning og konstruktioner, materialer, ventilation samt drift og vedligehold. Samtidig giver rapporten et bud på, hvordan nye undervisningsformer og arbejdsituationer vil påvirke udformningen af fremtidens skoler. Desuden gennemgås eksisterende krav og retningslinjer for skole- og institutionsbyggeri.

1. udgave, 2001  
ISBN 87-563-1102-8  
ISSN 1600-8049

