



UBST-Indeklimavejledning

Planlægning af godt indeklima i universitetsbyggeri

Januar 2008



**Universitets- og
Bygningsstyrelsen**

Ministeriet for Videnskab
Teknologi og Udvikling

UBST-Indeklimavejledning
Planlægning af godt indeklima i universitetsbyggeri

Udgivet af:
Universitets- og Bygningsstyrelsen
Bredgade 43
1260 København K
Telefon +45 3395 1200
Telefax +45 3395 1300

Publikationen kan hentes på www.ubst.dk

UBST Indeklimavejledning

Planlægning af godt indeklima i undervisningsbyggeri



Universitets- og Bygningsstyrelsen har i forbindelse med udviklingen af bygherrerollen som statslig bygherre udarbejdet denne Indeklimavejledning som grundlag for planlægning af godt indeklima i undervisningsbyggeri, med henblik på at sætte focus på et vigtigt element i etablering af gode fysiske forhold i eget undervisningsbyggeri der opføres som ny- og tilbygning samt i videst muligt omfang ombygning.

Arbejdet med Indeklimavejledningen sker i en epoke hvor indeklima- og energiforholdene i byggeriet får en stigende bevågenhed set i relation til indeklimaforholdenes indflydelse for velbefindet i byggeriet som en afgørende parameter i at skabe moderne og sunde forhold som led i at styrke studiemiljøet for de studerende, samt tilsikre fremtidssikrede gode forsknings-, undervisnings- og arbejdsforhold for de ansatte.

Indeklimavejledningen er udarbejdet i samarbejde med SBI og COWI med det formål at skabe bæredygtigt og sundt byggeri for brugerne af byggeriet, og sikre dette som led i den politiske målsætning om at staten skal gå foran i disse bestræbelser for optimering af indeklimaet, under hensyntagen til energiøkonomien, samt som led i den statslige bygherres pligt til at lægge vægt på byggeriets trivselsfremmende egenskaber.

Vejledningen anviser hvordan disse formål skal sikres via planlægnings- og byggeprocessen frem til kontrollen med det færdige byggeri i drift for at opnå målet om et godt byggeri med godt indeklima, og vejledningen beskriver således ikke selve de byggetekniske løsninger eller disse løsningers udførelse.

Kravene i vejledningen er opstillet indenfor de forskellige indeklimaområder ved at tilstræbe balance mellem bygningsudformning og indeklimaparametre med henblik på at anbefale gode byggetekniske løsninger og god udførelse som medvirker til målet om at opnå et godt indeklima i byggeriet under hensyntagen til energieffektivitet.

Det er UBST's ambition at denne vejledning kan tjene som inspiration for dialogen mellem bygherre/rådgivere/slutbrugere for at højne indeklimastandarden med hvad deraf følger af gunstig indvirken i det danske universitetsbyggeri til gavn for samfundet - samt ikke mindst brugerne af byggeriet.

Med venlig hilsen
Connie Barfod
Vicedirektør

Kontaktperson: Chefkonsulent Jacob Højbjerg - Universitets- og Bygningsstyrelsen



Statens Byggeforskningsinstitut
AALBORG UNIVERSITET

COWI

UBST-Indeklimavejledning

Planlægning af godt indeklima i universitetsbyggeri

Januar 2008



Statens Byggeforskningsinstitut
AALBORG UNIVERSITET

COWI

Dr. neergaards Vej 15
2970 Hørsholm

Telefon 45 86 55 33
www.sbi.dk

Sundhed og Komfort
Kjeld Johnsen

Journal nr. 751-001

COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

Telefon 45 97 22 11
www.cowi.dk

Building Services
Morten Buus,
Jens Eg Rahbek

UBST-Indeklimavejledning

Planlægning af godt indeklima i universitetsbyggeri

Indholdsfortegnelse

1	Forord	4
2	Målsætning for indeklima	5
3	Processen	7
3.1	Programfasen	9
3.2	Forslagsfasen	9
3.3	Projekteringsfasen	10
3.4	Udførelsesfasen	11
3.5	Brugsfasen	11
4	Specifikation af indeklima	12
4.1	Termisk indeklima	14
4.2	Luftkvalitet	14
4.3	Akustisk indeklima	16
4.4	Lysforhold	17
5	Valg af indeklimaløsninger	20
5.1	Ventilation	20
5.2	Solafskærmning	22
5.3	Generelle anbefalinger for sikring af godt indeklima	24
6	Dokumentation	25
6.1	Forudsætninger for projektering af indeklima	25
6.2	Termisk indeklima	25
6.3	Luftkvalitet	26
6.4	Akustisk indeklima	27
6.5	Visuelt indeklima	27
7	Definitioner	28
8	Referencer	30

Bilagsfortegnelse

Bilag A - Projekteringsforudsætninger for indeklimaet	31
A.1 Vejledende effektafgivelser for udstyr	31
Bilag B. Forurening	32
B.1 Beskrivelse af kategorierne M1, M2 og M3	32
Bilag C. Brugervejledninger	33

1 Forord

I Universitets- og Bygningsstyrelsens (UBST) bygninger skal indeklimaet være sundt, så bygningerne er gode at opholde sig i. Det gode indeklima opnås i en teknisk balance mellem krav til bygningsudformning, temperaturforhold, luftkvalitet, lys- og lydforhold.

Målet med denne vejledning er, at beskrive UBST's krav til et godt indeklima i byggeri der er tilpasset rums eller bygningers brug og funktioner. For hvert indeklimaområde opstiller vejledningen således fem kvalitetsniveauer fra A-E, der kan benyttes ved præcisering af indeklimakravene til et givet rum eller en given rumtype.

Indeklimavejledningen skal benyttes ved alt byggeri udført i UBST's regi herunder både nybyggeri og reovering.

Indeklimavejledningen beskriver ikke selve de byggetekniske løsninger eller udførelsen af dem, men alene hvordan planlægning og projektering skal tilrettelægges, så der anvendes gode tekniske løsninger og god udførsel af byggeriet. Dette for at medvirke til at nå målet om i praksis at opnå et byggeri med godt indeklima. Alle steder, hvor der anvendes udtryk som "det anbefales, at der benyttes..." eller "der bør vælges ...", betyder det, at der så vidt muligt skal vælges de beskrevne løsninger og at eventuelle afvigelser herfra skal være tydeligt forklaret og motiveret.

For at sikre et godt indeklima og samtidig sikre bæredygtige og energirigtige løsninger, skal denne indeklimavejledning normalt anvendes sammen med den tilsvarende UBST-Energivejledning.

Indeklimavejledningen er udarbejdet af COWI og Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, AAU, for Universitets- og Bygningsstyrelsen, UBST.

Ved udarbejdelsen har medvirket:

Morten Buus, COWI

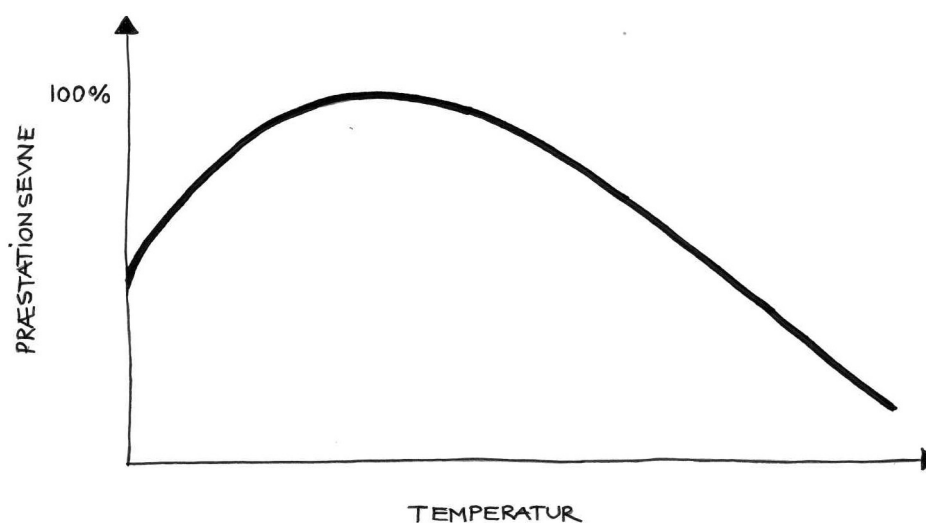
Jens Eg Rahbek, COWI

Kjeld Johnsen, SBI

2 Målsætning for indeklima

Indeklimate er af stor betydning for brugernes velbefindende, daglige trivsel og sundhed. Det er således, afgørende at bygninger opføres så der sikres et sundt og velfungerende indeklima.

Det er påvist, at en forbedring af indeklimate i undervisningsmiljø er med til at øge koncentrationen og indlæringssevnen blandt de studerende. Indeklimate kan således påvirke både brugernes sundhed samt have indflydelse på indlæringssevnen.



UBST ønsker i alle byggerier at sikre et sundt indeklimate som sikrer de bedste forhold for både studerende og lærere, for derigennem at sikre optimal trivsel og indlærning.

Denne vejledning giver en præcisering af gældende krav og vejledninger i Bygningsreglementet (BR08), normer, standarder samt At-vejledninger. Vejledningen kan også anvendes til at identificere lokaler eller områder i byggeriet, hvor der kan være behov for at stille skærpede krav til indeklimate.

Vejledningen beskriver, hvorledes det gennem hele byggeprocessen, fra de første skitser til ibrugtagning og drift af det færdige byggeri, skal sikres, at der opnås den ønskede indeklimakvalitet. Følgende indeklimaforhold er omfattet:

Termisk indeklimate

- Temperaturer
- Lufthastigheder
- Luftkvalitet
 - Ventilation
 - Forureninger fra byggematerialer
 - Forureninger i øvrigt, herunder partikler
- Akustisk indeklimate
- Lysforhold
 - Dagslys

– Elektrisk belysning

Indeklimaet skal betragtes og beskrives ud fra et helhedssyn der også omfatter de enkelte rums brug og behov, og det ønskede niveau for kvaliteten af indeklimaet skal specificeres i forhold til de enkelte rums brug.

Vejledningen indeholder metoder til at specificere krav til indeklima for forskellige rum eller rumtyper samt krav til dokumentation af at projekterede løsninger opfylder de stillede indeklimakrav.

Desuden indeholder vejledningen en guide for valg af løsninger, ligesom der opstilles mere generelle retningslinier for projektering af indeklima.

Kapitel 3 giver en gennemgang af de forskellige faser i byggeprocessen med præcisering af rådgiverens opgaver og ansvar med hensyn til at sikre et godt indeklima i det færdige byggeri.

Kapitel 4 indeholder en beskrivelse af en indeklimaklassificering fra A til E og giver en oversigt over kravniveauerne i de enkelte klasser og for forskellige rumkategorier. For hvert indeklimaområde giver kapitlet desuden en uddybende beskrivelse af indeklimakravene med vejledningstekst og litteraturhenvisninger, der kan understøtte beslutningsprocessen for fastlæggelse af specifikke krav.

Kapitel 5 giver vejledning vedrørende valg af nogle af de mulige løsninger til opfyldelse af indeklimakravene. Der gives tjekskemaer for valg af ventilationsløsninger og skemaer for valg af solafskærmning. Endvidere indeholder kapitlet en liste over generelle anbefalinger for sikring af et godt indeklima.

Kapitel 6 redegør for hvorledes rådgiveren skal dokumentere at de stillede indeklimakrav er opfyldt.

Kapitel 7 beskriver definitioner af tekniske begreber.

Uanset hvad der måtte stå i denne vejledning forudsættes Bygningsreglementets krav altid opfyldt. Det er således ikke tilladt at gå på kompromis med andre krav i Bygningsreglementet f.eks. vedrørende energi, indeklima, sundhed, styrke, holdbarhed eller andet.

3 Processen

Hele processen fra de første skitser og ideer i programfasen til ibrugtagning og drift af det færdige byggeri i brugsfasen skal tilrettelægges, så der opnås det bedst mulige indeklima i det færdige byggeri.

Dette er fordi, at selv de indledende overvejelser omkring bygningsudformningen kan have stor indflydelse på indeklima og indeklimapåvirkninger. For eksempel vil valg af facadeudformning have afgørende betydning for, hvilke løsninger der vil være mulige for at opfylde de stillede krav vedrørende indeklima og energi. Ligeledes kan mulige løsninger som f.eks. naturlig ventilation være betinget af at bygningen fra start er disponeret for dette.

I det følgende gennemgås de særlige krav til processen som knytter sig til denne vejledning. Kravene er opdelt på de forskellige faser i byggeriet - programfasen, forslagsfasen, projekteringsfasen, udførelsesfasen og brugsfasen svarende til rådgivningsfaser i forbindelse med byggerier under UBST. Indeklimaet skal behandles som et separat punkt på alle byggemøder gennem hele processen.

Denne vejlednings hovedvægt lagt på de første faser, hvor byggeprogrammet og dispositionsforslag udarbejdes og de overordnede strategier for byggeriet fastlægges. De efterfølgende afsnit følger traditionel faseinddeling, og de enkelte beslutninger og krav fra UBST beskrives således kronologisk i forhold til byggeprocessen.

Nedenstående tabel giver en kort oversigt over forløbet og opgaverne i de enkelte faser. De enkelte faser er nærmere beskrevet i de efterfølgende kapitler.

På større byggesager kan der, hvor det vurderes nødvendigt, nedsættes et indeklimaudvalg som deltager i byggemøder frem til projekteringsfasen. Udvalget kan bestå af brugere og eksterne rådgivere/eksperter, og har til opgave at kommentere forslag og løsninger vedrørende indeklimaet. Det er rådgivers ansvar at udvalgets ønsker og kommentarer indarbejdes i det videre projektførløb. Udvalget kommentere ikke løbende under udarbejdelse af hovedprojekt men skal præsenteres for hovedprojektet når dette færdiggøres og have mulighed for kommentering af dette.

Fase	Primær deltager	Opgave
Idéfase	Bygherre	<i>Bygherre informerer konkurrencedeltagere om at denne vejledning skal benyttes i det videre projektforsløb. Bygherre opstiller evt. yderligere ønsker vedrørende foretrukne indeklimaløsninger.</i>
Programfasen	Bygherre og rådgiver	<i>Bygherre opstiller sammen med rådgivere og brugere krav til indeklima som beskrives i byggeprogrammet. Kravene opstilles på baggrund af afsnit 4 og tabel 2-4. For valg af ventilationsformer udfylder bygherre desuden dele af tabel 5 og 6 for typiske rumtyper.</i>
Forslagsfasen	Rådgiver, bygherre, bygherreprådgiver, brugere	<i>Rådgiver udarbejder på baggrund af byggeprogrammet <u>dispositionsforslag</u> indeholdende forslag til indeklimaløsninger samt redegørelse for det forventede indeklima. Dette fremlægges på et møde for bygherre og bygherre kommenterer forslaget.</i>
		<i>I projektforslaget indarbejder rådgiver ønsker fra bygherre i forbindelse med dispositionsforslaget. Endvidere udfører rådgiver dokumentation for indeklimaet i henhold til kapitel 6. I det færdige projektforslag skal indeklimaløsninger såsom ventilationsprincipper, valg af solafskærmning mm. være fastlagt.</i>
Projekteringsfasen	Rådgiver, bygherre,	<i>Forprojekt: Der holdes løbende bygherremøder med projekterende og evt. eksterne rådgivere, for hele vejen i gennem projekteringsforsløbet at sikre at bygherres ønsker og målsætning tilgodeses. Forprojektet fungerer som myndighedsgodkendelse.</i>
		<i>Hovedprojekt: I hovedprojektet detailprojekteres byggeriet. I forbindelse med det færdige projekt kræves der dokumentation for de enkelte parametre som beskrevet under afsnit 5.3.</i>
Udførelsesfasen	Rådgiver og entreprenør	<i>Rådgiver skal sikre at de udførende har fuld forståelse af koncepterne og at de besidder den nødvendige viden og erfaring for at kunne udføre opgaven. Bygherre kan kræve at dokumentation på at de udførende har erfaring med implementering af de valgte løsninger.</i>
Brugsfasen	Rådgiver, Entreprenør og brugere	<i>Bygherre stiller krav om vejledning og funktionsbeskrivelse af systemer til brugere. Efter byggeriet er indkørt foretages der spørgeskemaundersøgelser blandt brugerne vedr. indeklimaet.</i>

3.1 Programfasen

I programfasen definerer bygherre, rådgiver og brugere samt eventuelt tilknyttede eksterne rådgivere (fageksperter), hvilke krav og målsætninger, der skal gælde for indeklimaet i det aktuelle byggeri. Kravene fastsættes på baggrund af kapitel 4 og Tabel 2.

I programfasen definerer bygherre, brugere og evt. eksterne rådgivere, hvilke krav og målsætninger der skal gælde for indeklimaet i det aktuelle byggeri. Kravene fastsættes på baggrund af kapitel 4 og Tabel 2.

Kravene indarbejdes i byggeprogrammet. I byggeprogrammet kan der udover krav til indeklima også angives prioriterede løsningsstrategier som for eksempel naturlig ventilation og dynamisk lys.

I tilfælde hvor indeklimakravene ikke er specificeret, vil klasse C som udgangspunkt altid være gældende. Nybyggeri og større renoveringer skal altid opføres under hensyntagen til afsnit 4.1 - afsnit 4.4.

For valg af ventilationsformer udfylder bygherre desuden dele af tabel 5 og 6 for typiske rumtyper eller områder. På baggrund heraf formuleres hvilke rum og områder der kan ventileres med naturlig eller hybrid ventilation.

3.2 Forslagsfasen

Inden forslagsfasens opstart skal der afholdes møde mellem bygherre og de projekterende, for herigennem at sikre at bygherrens ønsker og målsætning for byggeriet fremstår klart for de projekterende. Forslagsfasen består af to stadier, henholdsvis udarbejdelse af dispositionsforslag og projektforslag.

3.2.1 Dispositionsforslag

I *dispositionsforlaget* udarbejder rådgiverne på et tidligt skitseniveau koncepter for sikring af det ønskede indeklima. Dispositionsforlaget skal afdække de metoder, komponenter og teknikker, som tænkes anvendt for at sikre, at de opstillede målsætninger for indeklimaet opnås. Ligeledes skal der redegøres planlagte materialer samt overvejelser omkring drift og vedligehold.

Når det færdige dispositionsforslag foreligger, fremlægger rådgiver på et møde dette for bygherre, bygherrerådgiver, brugere samt evt. eksterne fageksperter. Formålet med dette møde er, at få det bedst mulige beslutningsgrundlag for det videre arbejde med projekteringen af indeklimaet, samt at få godkendt rådgivers dispositionsforslag. På mødet præsenterer rådgiver fordele og ulemper ved de enkelte løsninger, og gør det klart hvilke områder der arbejdes videre med. I forbindelse med præsentationen gør rådgiver rede for hvilke forudsætninger der ligger til grunde for de givne forslag.

Hvis der på mødet deltager eksterne fageksperter er det disses opgave at stille uddybende spørgsmål omkring valgte løsninger og evt. faldgrupper, for herigennem at fremme bygherres mulighed for at vurdere kvaliteten af de fremlagte forslag. Efter mødet træffer bygherren beslutning om dispositionsforlaget

kan accepteres. Om nødvendigt må nye løsninger udarbejdes og processen gentages.

3.2.2 Projektforslag

Efter at dispositionsforslaget er godkendt udarbejder rådgiver *projektforslag*. I projektforslaget indarbejdes kommentarer fra bygherre og eksterne fageksperter.

Det endelige projektforslag forelægges på et møde for bygherre. Her præsenteres de endeligt valgte løsningsstrategier og der gøres rede for hvordan indeklimakravene er overholdt, bl.a. ved beskrivelse af løsningsstrategier for ventilation. Bygherre stiller krav om at indeklimaet dokumenteres i henhold til kapitel 6.

Ydermere skal der i forbindelse med projektforslaget gøres rede for økonomiske forhold omkring de valgte løsningsstrategier. Samtidig skal der gøres rede for de økonomiske konsekvenser af evt. krav vedrørende indeklimaforhold bedre end gældende lovkrav (klasse C).

Ved projektforslagsfasens afslutning ligger indeklimaprincipper fast og der bør ikke afviges fra disse i projekteringsfasen.

3.3 Projekteringsfasen

Projekteringsfasen består af to dele, forprojekt og hovedprojekt.

3.3.1 Forprojekt

Forprojektet fungerer som en viderebearbejdning af det godkendte projektforslag. Denne viderebearbejdning skal være af et sådant omfang at forprojektet direkte kan fungere som myndighedsprojekt. Forprojektet skal indeholde materialevalg.

I forprojektet indarbejdes tiltag aftalt med bygherre efter dispositionsforslaget. Der skal løbende afholdes møder mellem rådgiver og bygherre, hvor bygherre holdes opdateret omkring projekteringsforløbet. Inden projektet sendes til myndighedsgodkendelse afholdes et møde hvor flere repræsentanter for bygherre deltager.

3.3.2 Hovedprojekt

Efter myndighedsgodkendelse detailprojekteres byggeriet i hovedprojektet. Hovedprojektet fastlægger opgaven entydigt og har en sådan detaljeringsgrad, at det kan danne grundlag for både udbud og udførelse.

Gennem denne fase holdes der løbende møder mellem bygherre og projekterende, for hele vejen i gennem projekteringsforløbet at sikre at bygherres ønsker og målsætning vedrørende indeklimaet tilgodeses.

I forbindelse med det færdige projekt kræves der dokumentation for de enkelte parametre som beskrevet under afsnit 5.3.

3.4 Udførelsesfasen

Ved opstart af udførelsesfasen skal de projekterende rådgivere tage initiativ til et møde hvor de udførende med opgaver der vedrører indeklima informeres i detaljer om målsætningen for indeklimaet samt de løsninger og koncepter som skal sikre målsætningen.

Rådgiver skal sikre at de udførende har fuld forståelse af koncepterne og at de besidder den nødvendige viden og erfaring med løsningerne for at kunne udføre opgaven. Bygherre kan kræve at de udførende har dokumenteret erfaring med implementering af de valgte løsninger, eksempelvis i form af referenceblade eller CV'er.

Der skal være omhyggelig kvalitetssikring af alle løsninger under udførelsen. De udførende skal løbende aflevere dokumentation for kvalitetssikringen under byggeriets udførelse. Bygherre kan stille krav om commissioning for at sikre optimal funktion af indeklimaløsningerne i det færdige byggeri.

3.5 Brugsfasen

Den generelle tilfredshed med forholdene i byggeriet afhænger i høj grad af brugernes forståelse for de systemer der skal sikre indeklimaet. Det bør derfor altid kræves, at der i de enkelte rum findes en let forståelig beskrivelse af hvordan systemerne fungerer og hvordan brugerne selv har mulighed for at overstyre. Beskrivelsen skal omfatte alle systemer, dvs. både ventilation, solafskærmning, dagslysstyring m.m. Et eksempel på hvordan disse kan udformes kan ses i Bilag A.

Efter ibrugtagning skal der fra rådgivers side foretages månedlige opfølgninger på indeklimaet. Denne opfølgning skal foreligge skriftligt og kan indeholde mangellister og evt. problemer med varme, kulde, træk, lugtgener, blanding mm. Rådgiver videregiver denne opfølgning til entreprenøren der løbende udbedrer fejl og mangler. Det bør kræves at entreprenøren som minimum varetager denne udbedring det første år efter byggeriets ibrugtagning.

På større byggerier anbefales det at der udføres spørgeskemaundersøgelser vedrørende indeklimaet. Spørgeskemaundersøgelsen bør omfatte alle medarbejdere og et bredt udsnit af de studerende. Undersøgelsen bør udføres 18-24 mdr. efter ibrugtagning. Et eksempel på hvordan disse kan udformes kan ses i bilag. Svaret for at udføre disse undersøgelser ligger hos bygherre.

4 Specifikation af indeklima

Indeklimate skal betragtes og beskrives ud fra et helhedssyn der også omfatter de enkelte rums brug og behov, og det ønskede niveau for kvaliteten af indeklimate skal specificeres i forhold til de enkelte rums brug.

For de enkelte rumtyper kategoriseres indeklimate i fem klasser, A, B, C, D og E. Disse er beskrevet i Tabel 1. Klasserne A, B og C bruges i forbindelse med kravspecifikation for nybyggeri og større renoveringer.

Klasserne D og E beskriver ikke-tidssvarende forhold og kan kun benyttes ved klassificering af eksisterende byggeri.

<i>Kategori</i>	<i>Beskrivelse</i>
<i>A</i>	<i>"Optimalt" indeklimate. Beskriver de strengeste krav det vurderes at være realistisk at stille til indeklimate.</i>
<i>B</i>	<i>Lidt bedre indeklimate end minimumskravene. Denne klasse vil almindeligvis kunne opnås uden større ekstraomkostninger ved at tænke indeklimate ind i designet af bygningen.</i>
<i>C*</i>	<i>Beskriver gældende krav i Bygningsreglementet og vejledninger fra Arbejdstilsynet, og fungerer dermed som minimale krav ved nybyggeri og større renoveringer. Indeklimate opfattes generelt som acceptabelt.</i>
<i>D**</i>	<i>Forholdene overholder ikke nutidige krav i Bygningsreglementet, men kravene fra den tid bygningen blev opført. Arbejdstilsynets vejledninger er overholdt. Indeklimate opfattes generelt som utilfredsstillende.</i>
<i>E**</i>	<i>Arbejdstilsynets vejledninger er ikke overholdt og lokalet/bygningen bør ikke benyttes til faste arbejdspladser. Indeklimate opfattes som uacceptabelt.</i>

Tabel 1. Beskrivelse af indeklimateklasser.

*Mindste krav ved nybyggeri og større renoveringer.

**Klasse kan kun benyttes i forbindelse med vurdering af eksisterende byggeri.

De specifikke krav til de enkelte indeklimateklasser er angivet i Tabel 2. Ved nybyggeri og større renoveringer specificeres kravene til indeklimate som A, B eller C for de enkelte rumtyper. Der kan vælges forskellige kategorier for termiske forhold, luftkvalitet og akustik, og også forskellige kategorier for sommer- og vinterforhold.

I tabellen er indarbejdet en tolerance, der benyttes hvor det i kortere perioder kan accepteres, at de specificerede indeklimatekrav overskrides. Dette kan have betydelig indflydelse på dimensionering af ventilationsaggregat og i visse tilfælde lette brugen af naturlig ventilation.

Rumtype	Kategori	Operativ temperatur ^{a)} °C		Maks.middellufthastig hed m/s	Lydtryk- niveau dB (A)	CO ₂ - niveau ppm	Ventilationsrate l/s × m ² ^{b)}		Belysningsni- veau ^{d)}	
		Sommer (kølesæson)	Vinter (fyringssæson)				l/s x m ²	l/s pr. pers.	Syns- objekt	Almen- lys
Undervisningslo- kale/ computer- rum	A	22-25	22-24	0,15	30	800	2,0	8	-	200
	B	21-26	21-24	0,18	35	900	1,4	6	-	200
	C	20-26	20-25	0,21	40	1000	0,4	5	-	200
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	<200
	E	-	-	-	-	-	-	-	-	<120
	Tolerance ^{c)}	100 h > 26 °C, 25 h > 27 °C	100 h > 26 °C, 25 h > 27 °C	Kortvarig overskridelse		Kortvarig	-	-	-	
Auditorium	A	22-25	22-24	0,15	30	800	6,0	8	-	200
	B	21-26	21-24	0,18	35	900	4,2	6	-	200
	C	20-26	20-25	0,21	40	1000	0,4	5	-	200
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	<200
	E	-	-	-	-	-	-	-	-	<120
	Tolerance ^{c)}	100 h > 26 °C, 25 h > 27	100 h > 26 °C, 25 h > 27	Kortvarig overskridelse			-	-	-	
Enkeltmandskon- tor	A	21-25	22-24	0,15	35	800	0	15	500	200
	B	21-26	21-24	0,18	40	900	0	12	500	200
	C	20-26	20-25	0,21	45	1000	0	10	500	200
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	<200
	E	-	-	-	-	-	-	-	-	<120
	Tolerance ^{c)}	100 h > 26 °C, 25 h > 27	100 h > 26 °C, 25 h > 27	Kortvarig overskridelse			-	-	-	
Fælleskontorer	A	21-25	22-24	0,15	35	800	0	15	500	200
	B	21-26	21-24	0,18	40	900	0	12	500	200
	C	20-26	20-25	0,21	45	1000	0	10	500	200
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	<200
	E	-	-	-	-	-	-	-	-	<120
	Tolerance ^{c)}	100 h > 26 °C, 25 h > 27	100 h > 26 °C, 25 h > 27	Kortvarig overskridelse			-	-	-	
Kantine	A	21-25	22-25	0,18	30	800		15	-	200
	B	21-26	21-25	0,22	35	900		12	-	200
	C	20-27	20-27	0,25	40	1000		10	-	200
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	<200
	E	-	-	-	-	-	-	-	-	<120
	Tolerance ^{c)}	100 h > 26 °C, 25 h > 27	100 h > 26 °C, 25 h > 27	Kortvarig overskridelse					-	

NOTER

a) For mange bygninger eller lokaler med moderate opvarmnings- eller kølebehov vil lufttemperaturen tilnærmelsesvis være lig med den operative temperatur. For projektering kan det øvre temperaturområde anvendes for sommerforhold og det nedre for vinterforhold

b) Der kræves som minimum et grundluftskifte på 0,5 h⁻¹ i alle lokaler.

c) Angivne tolerancer er gældende for klasse C. Hvor anden klasse vælges, skal tolerancen tilpasses.

d) Belysningsniveau er gennemsnit for almenbelysning på arbejdsplan. Indeklimaklasse skal også defineres i forhold til lysfordeling, brug af arbejdslamper samt system til regulering.

Tabel 2. Skema til klassificering af indeklima i de enkelte rumtyper. Skraverede felter er generelt anbefalede værdier.

4.1 Termisk indeklima

Indeklimaet skal være af en sådan karakter, at det sikrer behagelige forhold. Ved projektering af byggeriet og ved valg af materialer, vinduesarealer, orientering og solafskærmning skal det sikres, at der opnås hensigtsmæssige temperaturforhold, også i sommerperioden, og at gener ved direkte solstråling kan undgås.

Temperaturforhold

For temperaturforhold skal der, udover de opstillede krav i tabel 2, ligeledes tages hensyn til strålingsasymmetri og lodrette temperaturgradienter. Dette eks. udføres i henhold til *DS474* eller *DS/CEN/CR 1752*.

Lufthastigheder

Den maksimale middellufthastighed defineret i tabel 2, varierer med temperatur og turbulensintensitet. Der henvises til *DS474* eller *DS/CEN/CR 1752*.

4.2 Luftkvalitet

Luftkvaliteten afhænger af forurening fra personer, aktiviteter, inventar, udstyr samt ventilationsraten i det pågældende lokale.

For at mindske ventilationen til fjernelse af forureninger fra indeluften bør der vælges inventar, byggematerialer, maskiner og rengøringsmidler med et lavt afgasningsniveau. Desuden skal kvalitetskravet til rengøringen have et niveau, hvor mulig partikelspredning fra overflader til luften reduceres til tilfredsstillende lavt niveau.

Som minimum bør der dog stilles krav om et luftskifte på $0,5 \text{ h}^{-1}$ i alle lokaler.

Forurening fra personer

CO₂-koncentrationen i rummet benyttes som en indikator for forureningsbelastningen fra personer.

Personforureningen skal holdes på et niveau svarende til den valgte indeklimaklassificering. For byområder i Danmark ligger CO₂-koncentrationen i udeluften typisk på 350-400 ppm.

Forureninger fra byggematerialer

Byggematerialerne skal have lavt afgasningsniveau, som kan klassificere bygningen til en lavt forurenende bygning, svarende til en forurening på maksimalt $0,1 \text{ olf/m}^2$ gulvareal.

For at kunne kvantificere om et rums materialer er lavt eller højt forurenende, opdeler *DS/CEN/CR 1752* materialer i et lokale i tre kategorier M1, M2 og M3 afhængig af deres emission af forurenende stoffer. Kategorierne er defineret i bilag.

For at opnå en betegnelse som lavt forurenende bygning skal de dominerende overfladematerialer stamme fra gruppe M1. Maksimalt 20 % af materialerne må tilhøre kategori M2, mens kun ubetydelige overfladearealer må bestå af materialer fra gruppe M3.

Oplysning om de angivne kravspecifikationer for emissionen i de tre grupper M1, M2 og M3 kan oplyses for de produkter, der er indeklimagodkendte under Dansk Indeklima Mærkning. Desuden angives i deklARATIONEN fra mærkningsordningen også information om emissionen vurderet sensorisk. For de enkelte rum beregnes den samlede emission i olf/m² gulvareal og den samlede forureningsafgivelse skal da være mindre end 0,1 olf/m² gulvareal.

For at en bygning kan klassificeres som lavt forurenende gælder også, at kun kontormaskiner med en ubetydelig forurening må anvendes. Dette krav kan fraviges, hvis forureningen fra maskinen fjernes af en lokal udsugning, se nedenfor.

Forurening fra anlæg, maskiner og udstyr

For at en bygning kan klassificeres som lavt forurenende gælder også:

- at kopieringsmaskiner, større printere o. lign. skal indeholde filter med høj rensningsevne, og at rensningsevnen opretholdes under bygningens drift. Maskinerne skal være placeret i separate rum med en effektiv ventilation og lokaludsug tilsluttet ved maskinernes afkastluft.
- at der generelt anvendes fladskærme til pc`ere.
- at hyppigheden for udskiftningen af filtrene på ventilationen vurderes både på baggrund af trykdifferensen over filteret og på baggrund af lugtafgivelsen af det snavs, som aflejres på filteret.

Ovennævnte kan med mindre andet er specificeret regnes som forudsat ved projektering af byggeriet.

Forureninger i øvrigt

Det skal sikres at der ikke er risiko for radonforurening. Rådgiver skal sikre at Bygningsreglementet er krav på dette område er fulgt og at der er foretaget de nødvendige tiltag for sikring mod optrængning af radon.

Ved renovering skal rådgiver endvidere sikre at der ikke er risiko for at skimmelsvamp, asbest eller anden forurening i bygningen kan medføre indeklimateproblemer i byggeriet efter renovering.

Rengøringskvalitet under bygningens drift

Under bygningens drift gennemføres rengøringen med en kvalitet af klasse 4 eller 5, som det er beskrevet i den nordiske standard for rengøringskvalitet INSTA 800. Bygningen skal indrettes så ovennævnte kvalitet af rengøringen nemt kan opnås.

4.3 Akustisk indeklima

Udover det i tabel 2 specificerede lydtrykniveau anbefales følgende:

Luftlydisolation

<i>Etageadskillelser</i>	$R'_w > 51 \text{ dB}$
<i>Vægge omkring kontorer</i>	$R'_w > 44 \text{ dB}$
<i>Vægge omkring møde- og stillerum</i>	$R'_w > 48 \text{ dB}$
<i>Døre til møde- og stillerum</i>	$R'_w > 35 \text{ dB}$

I øvrigt skal vægge omkring teknikrum udføres, så støjkrav fra tekniske installationer overholdes.

Trinlydniveau

Det anbefales at kravet til trinlydniveau i kontorer, undervisningsrum og kantine er $L'_{n,w} < 63 \text{ dB}$. I øvrigt anbefales det at gulve på trapper og gangarealer i åben forbindelse med øvrige bygningsdele udføres med trinlyddæmpende belægning.

Rumakustik

Det anbefales at følgende krav stilles til den gennemsnitlige efterklangtid i frekvensområdet 250 Hz - 2000 Hz:

Enkeltmandskontorer	$T_{250-2000} \leq 0,7 \text{ s}$
Storrumskontorer	$T_{250-2000} \leq 0,7 \text{ s}$
Konferencesale	$T_{250-2000} \leq 0,7 \text{ s}$
Auditorier	$T_{250-2000} \leq 0,6 \text{ s}$
Undervisningslokaler	$T_{250-2000} \leq 0,6 \text{ s}$
Kantine	$T_{250-2000} \leq 0,8 \text{ s}$
Gangområder	$T_{250-2000} \leq 1,0 \text{ s}$

Print- og kopirum i åbne kontorområder bør aflukkes eller afskærmes på grund af generende støj.

4.4 Lysforhold

Næsten alle aktiviteter i undervisningslokaler indeholder et visuelt element og et godt visuelt miljø har derfor betydning for indlæringen. Derfor udgør belysningen en vigtig del af hele undervisningsmiljøet og lyset - såvel dagslyset som den kunstige belysning - bør udformes, så det understøtter de aktiviteter, som planlægges i de enkelte rum.

Lyset variation og dynamik

Det gode visuelle miljø er bl.a. karakteriseret ved, at der er variation i belysningen i rummet. Så længe der er dagslys til stede i rummet, vil variationen fremkomme af sig selv på grund af skiftende vejrlig, ændring af solens position på himlen, etc. En vis grad af variation i kunstlyset er også ønskelig, såvel variationer i belysningsstyrker og luminanser i rummet som variationer over tid ved de enkelte arbejdspladser. Både ved dagslys og ved kunstlys er det imidlertid vigtigt, at variationer finder sted inden for visse grænser, og derfor bør brugerne have størst mulig direkte indflydelse på de systemer som skal regulere lyset, fx solafskærmninger og arbejdslamper.

Blænding og solafskærmning

Et væsentligt kriterium for opnåelse af visuel kvalitet er, at blænding kan undgås. Blænding kan forårsages af meget høje luminanser og store luminansforskelle inden for synsfeltet eller kraftige lyskilder tæt på øjets synsretning. Lyset fra himlen (både i skyet og klart vejr) eller fra en flade, der rammes af direkte sol, kan have en så høj luminans, at det medfører blændingsproblemer. Sollys på arbejdsobjektet (f.eks. en computerskærm) kan ligeledes gøre synsarbejdet vanskeligt eller umuligt. Store vinduer i facaden kræver derfor en effektiv afskærmning for solstråling og kraftigt himmellys, mens mindre vinduer ofte kan have mere traditionelle afskærmningsmuligheder. En solafskærmning skal kunne udelukke direkte sollys, når der er behov for det og reducere blænding fra vinduerne. På den anden side må en afskærmning ikke udelukke så meget dagslys, at det er nødvendigt at tænde for den kunstige belysning.

4.4.2 Dagslys

Beslutninger vedrørende bygningens form, placering og orientering på grunden samt bygningens indretning, dybde og højde af rummene, udformningen af facaden og valg af vinduesstørrelser har afgørende betydning for, hvordan det enkelte rum påvirker brugerne, om det opleves behageligt og interessant, eller måske snarere ubehageligt eller kedeligt. Rummets oplevede kvalitet hænger altså nøje sammen med lysets kvalitet, og derfor bør lyset indgå med høj prioritet i alle de afgørende beslutninger i byggeriets planlægnings- og skitsefaser. Ligeledes kan farverne på rummet overflader samt indretning have stor indflydelse den oplevede lyskvalitet samt dagslysfaktorer i rummet.

Det bør tilstræbes, at opnå en dagslysfaktor på mindst 2 % ved alle arbejdspladser. Arbejdspladserne vil her oftest være defineret som overkant af skrivebord. For at opnå tilstrækkeligt dagslys ved de enkelte arbejdspladser og for at sikre brugerne et tilfredsstillende udsyn, bør faste arbejdspladser ikke placeres mere end 4-5 m fra et vindue.

Kontorer og undervisningsrum som har direkte solindfald, bør udstyres med solafskærmning for at undgå blænding og ubehag. For at afskærmningen ikke reducerer dagslysindfaldet mere end nødvendigt, bør den være regulerbar, således, at den kan trækkes fra når der ikke er brug for den, fx i overskyet vejr. Hvor der anvendes udvendig solafskærmning bør det sikres at disse kan være i brug ved vindhastigheder op til 15 m/s.

4.4.3 Kunstlys

Standarden "Kunstig belysning i arbejdslokaler" fra DS 700-serien (Dansk Standard, 2005) indeholder retningslinjer og krav til en sikker og god kunstige belysning for en lang række bygnings- og rumtyper, herunder kontorer, skoler og undervisningslokaler. Standarden beskriver de generelle krav og de grundlæggende egenskaber, et belysningsanlæg skal opfylde. Nogle af disse kan helt eller delvist beskrives med en talstørrelse, fx krav til belysningsstyrke, blændingsgrænse, farvegengivelse m.m. Andre beskrives verbalt, fx hvordan man opnår en god belysningskvalitet eller en god opfattelse af en genstands form med skygger og glans.

I nærværende vejledning benyttes kravene i DS 700 som mindstekrav, dvs. som kategori C i beskrivelsen af lyskvaliteten, jf. tabel 2.

Da der ikke er nogen direkte sammenhæng mellem et højt belysningsniveau og en høj kvalitet af lyset i rummet, kan der ikke gives faste regler for, hvornår belysningen i et rum når op i klasse A i forhold til, hvornår det blot er i klasse C. Den absolutte belysningsstyrke et bestemt sted i rummet opleves i forhold til, hvordan hele lysets fordeling er i rummet, og hvad der er inden for iagttagereens synsfelt. I én situation vil en belysningsstyrke på 300 lux på arbejdsområdet kunne være mere tilfredsstillende end 500 lux (det kunne fx være belysningsstyrken på tastaturet ved en pc-arbejdsplads), mens det modsatte kan være tilfældet i en anden situation.

I en kontorsituation vil en almen belysningsstyrke på 200 lux kombineret med lys fra en arbejdslampe i mange tilfælde blive opfattet som mere tilfredsstillende end en belysningsstyrke på 500 lux (med eller uden arbejdslampe). Derfor er kravet til belysningsstyrken i klasse A og B det samme som for klasse C. De faktorer, som kan hæve kvaliteten af belysningen fra C til niveau B eller A er således i højere grad lysets øvrige egenskaber og samspillet mellem lys og rum, herunder placering af lys i forhold til arbejdspladser samt farverne på rummets overflader.

DS 700 giver i kapitel 3: "Lysets egenskaber og anvendelse" en god beskrivelse af de forhold, der har betydning for lysets kvalitet. Heraf fremgår det også, at lysets kvalitet nødvendigvis må vurderes i sammenhæng med rummets udformning og anvendelse.

For at opnå et kvalitetsniveau for lyset der er højere end C skal mindst 2 af nedenstående kriterier være opfyldt:

- Lyskildernes farvegengivelsesindeks Ra er mindst 5 procentpoint højere end krævet i DS 700 (fx mindst 85 ved et krav på 80)
- Belysningssystemet har dagslysstyring med manuel overstyring af brugeren
- Blændingstallet beregnet ved UGR-metoden for alle arbejdspladser og for alle armaturer i almenbelysningen og andre armaturer med fast indstilling ligger 3 under kravet i DS 700 (fx et blændingstal på 17 ved et krav på 20).

Regulering

Et belysningsanlægs kvalitet vil af brugerne også blive vurderet i forhold til, hvordan reguleringen foregår. Ud fra energimæssige betragtninger bør et belysningsanlæg have en form for automatisk regulering, og i de fleste tilfælde vil en dagslysstyring være at foretrække. Denne bør være kombineret med en tilstedeværelsesføler, således at lyset ikke er unødvendigt tændt. Ud fra et indeklimateknisk synspunkt, er det derimod ligeså afgørende, at brugerne kan overstyre den automatiske regulering. Et anlæg, der er forsynet med et effektivt automatisk reguleringssystem, som har manuel overstyring, hæver belysningskvaliteten én klasse.

5 Valg af indeklimaløsninger

Dette kapitel beskriver generelle retningslinier for projektering af indeklima rettet. Kapitlet er rettet mod projekterende, men kan ligeledes fungere som en hjælp til bygherre i forbindelse med vurdering af indkomne løsningsforslag.

5.1 Ventilation

Generelt tilstræbes at anvende naturlig eller hybrid ventilation i så vidt omfang som muligt.

For ventilationsanlæg, både naturlige og mekaniske, skal der foreligge en simpel funktionsbeskrivelse og brugervejledning, der kort beskriver hvordan det er styret samt hvorledes brugeren har mulighed for selv at påvirke dette. Særligt for naturlig ventilation er det vigtigt at denne beskrivelse er til stede i de enkelte rum. Se i øvrigt afsnit 3.5.

5.1.1 Naturlig og hybrid ventilation

Succesfuld anvendelse af naturlig og hybrid ventilation afhænger i høj grad af bygningens udformning, indretning og brug. Dette kan eksempelvis være parametre som solindfald, rumhøjde, rumdybde og personbelastning.

Valget af naturlig/hybrid ventilation vil ved korrekt projektering have indflydelse på bygningens udformning. Ventilationsløsningen bør således inddrages allerede i projekteringsfasens begyndelse. En række indledende beslutningsparametre for valg af naturlig og hybrid ventilation er angivet i tabel 3 og tabel 4. Beslutningsparametrene skal kun betragtes som vejledende.

I skemaerne markeres de aktuelle parametre. I tilfælde hvor størstedelen af parametrene kan markeres som værende egnet, vil det være fordelagtigt at anvende naturlig eller hybrid ventilation. Det skal bemærkes, at der for alle byggerier både vil være parametre som gør byggeriet egnet og andre som gør det mindre egnet. For byggerier eller renoveringer, hvor det vælges at anvende naturlig eller hybrid ventilation, skal der redegøres for hvordan kritiske parametre løses.

Valget mellem naturlig/hybrid ventilation kontra mekanisk ventilation bør i øvrigt foretages under hensyntagen til *SBi Anvisning 202, Naturlig ventilation i erhvervsbygninger* og den kommende SBi-anvisning omkring hybrid ventilation.

Hvor naturlig og hybrid ventilation ikke vurderes at være fordelagtigt anvendes i stedet mekanisk ventilation, se afsnit 5.1.2.

Tabel 3 Beslutningsparametre i forbindelse med afklaring af muligheden for at anvende naturlig ventilation.

	Egnet	Mulig	Kritisk
Bygningsudformning og parametre			
Glasareal i % af facadeareal	<25	25-50	>50
- Udvendig solafskærmning	<15	15-25	>25
- Indvendig solafskærmning	forstad/lidt trafik	byområde/moderat trafik	bycentrum/tæt trafik
Bygningens omgivelser	>3,2	2,7-3,2	<2,7
Rumhøjde, m	<2	2-5	>5
Forholdet rumdybde/rumhøjde	overvejende cellekontorer/grupperum	blandet	overvejende stor-rumskontorer
Ruminddeling	blotlagte, tunge konstruktioner	tunge konstruktioner	lette konstruktioner
Termisk masse	C	B	A
Termisk indeklimakategori	C	B	A
Luftkvalitet, kategori	C/B	B/A	A
Akustisk indelimakategori			
Bygningens brug			
Intern varmebelastning, W/m ²	<15	15-30	>30
Persontæthed, m ² /person	>13	8-13	<8
Krav til støjdæmpning	lette	moderate	strenge
Åbne vinduer	hele døgnet	kun i brugstiden	aldrig
Variationer i indeklima iht udeklima	acceptabelt	i korte perioder	uacceptabelt
Er træk acceptabelt	i korte perioder	i korte perioder	aldrig
Varmegenvinding	ikke krævet	ikke krævet	krævet
Forvarmning	ja	ja/nej	nej
Brugstidens længde	<8	8-12	>12
Varmepris	lav	moderat	høj
Gennemsnitligt luftskifte, vinter	<1	1-2	>2

Tabel 4 Beslutningsparametre i forbindelse med afklaring af muligheden for at anvende hybrid ventilation.

	Egnet	Mulig	Kritisk
Bygningsudformning og parametre			
Glasareal i % af facadeareal	<40	40-60	>60
- Udvendig solafskærmning	<25	25-35	>35
- Indvendig solafskærmning	byområde/moderat trafik	byområde/moderat trafik	bycentrum/tæt trafik
Bygningens omgivelser	>3,2	2,7-3,2	<2,7
Rumhøjde, m	<5	<5	>5
Forholdet rumdybde/rumhøjde	overvejende cellekontorer/grupperum	blandet	overvejende stor-rumskontorer
Ruminddeling	blotlagte, tunge konstruktioner	tunge konstruktioner	lette konstruktioner
Rumkategori	C	B	A
Termisk masse	C/B	B	A
Termisk indeklimakategori	C/B	B/A	A
Luftkvalitet, kategori	C/B	B/A	A
Akustisk indelimakategori			
Bygningens brug			
Intern varmebelastning, W/m ²	<20	20-40	>40
Persontæthed, m ² /person	8-13?	<8	<8
Krav til støjdæmpning	lette	moderate	strenge
Åbne vinduer	hele døgnet	kun i brugstiden	aldrig
Variationer i indeklima iht udeklima	acceptabelt	i korte perioder	uacceptabelt
Er træk acceptabelt	i korte perioder	i korte perioder	aldrig
Varmegenvinding	ikke krævet	ikke krævet	krævet
Forvarmning	ja	ja/nej	nej
Brugstidens længde	<12	12-16	>16
Varmepris	lav	høj	høj
Gennemsnitligt luftskifte, vinter	<1	1-3	>3

Generelle erfaringer med naturlig og hybrid ventilation

Hvor bygningens placering tillader det, anbefales at benytte naturlig eller hybrid ventilation i mindre kontorer med få personer, undervisningslokaler med op til 40 personer, gangarealer samt åbne atrier eller lignende.

Mindre kontorer med en til to personer kan naturligt ventileres gennem oplukkelige vinduer. Det anbefales, at disse udføres med manuelt betjente vinduer i brugstiden, da dette erfaringsmæssigt giver den største brugertilfredshed. Udenfor brugstiden kan der evt. benyttes automatisk styring, eksempelvis til at sikre at kontorerne er gennemluftede om morgenen. For naturlig ventilation bør bundhængte indadgående vinduer benyttes, da dette giver den mindste risiko for træk.

I undervisningslokaler og lignende med op til 40 personer anbefales naturlig eller hybrid ventilation med automatisk styring efter temperatur og CO₂. Det anbefales her, at installere forvarme i forbindelse med indtag for at undgå trækgener. Ligeledes skal der her tages særlige hensyn til udefrakommende støj, og støjdemping i indtagsåbninger kan være nødvendig.

5.1.2 Mekanisk ventilation

I større undervisningslokaler, auditorier, laboratorier og rum med særlig belastning samt lokaler der i henhold til tabel 4 og 5 ikke er egnede for naturlig eller hybrid ventilation, anbefales det generelt at benytte mekanisk ventilation.

I lokaler med en intern højde lavere end 4,5 m anbefales det generelt at benytte opblandingsventilation, mens det i lokaler med en rumhøjde større end 4,5 m generelt anbefales at anvende fortrængningsventilation.

For kontorer og undervisningsrum bør den mekaniske ventilation styres efter CO₂- og temperaturfølere. Ligeledes anbefales det, at etablere bevægelsesfølere som sikrer en grundventilation så snart der er personer til stede, mens ventilationen afbrydes efter en periode uden personer til stede.

Det bør ved automatisk styret ventilation sikres, at brugerne har mulighed for at afbryde ventilation.

5.2 Solafskærmning

De senere års fremherskende tendens til anvendelse af store glasarealer i bygningsfacaden har medført, at valget af rudetype og solafskærmning er blevet meget afgørende for både indeklima og energiforbrug. Store rudearealer rummer en potentiel risiko for en stor solvarmebelastning af rummene bag facaden. Det bør normalt tilstræbes, at glasarealet ikke udgør mere end ca. 50 % af facaden (målt i forhold til indvendigt areal), og man bør være opmærksom på, at glaspartier under bordhøjde kun bidrager begrænset til dagslyset ved arbejdspladserne. I alle tilfælde vil glasdominerede facader have behov for en solafskærmning. Denne bør være regulerbar/ bevægelig, således at den kan be-

skytte effektivt mod generende sollys samtidig med, at den kan tillade mest muligt lys at passere, når himlen er overskyet.

5.2.1 Valg af afskærmning

Solafskærmningen skal opfattes som et system til regulering af både lys og varme. Afskærmningen skal således minimere de problemer, der kan opstå som følge af ønsket om at udnytte solvarmen og dagslyset, nemlig:

- overtemperaturer som medfører øget ventilations- og kølebehov
- problemer med varmepåvirkning fra vinduerne, dels fra direkte solstråling og dels fra varmestråling fra opvarmede vinduer (og indvendige solafskærmninger)
- blænding fra vinduerne samt refleksioner i computer-skærme

Facadeudformning og -orientering, vinduesstørrelse samt interne varmebelastninger er faktorer som er bestemmende for, hvilken type afskærmning der ud fra indeklimahensyn bør foretrækkes til en konkret facade. Der bør vælges en type, som forringer udsynet mindst muligt og som ikke farver det indfaldende dagslys. Ofte vil en afskærmning med lameller være at foretrække, fordi den kan skærme helt af for direkte sol, samtidig med at udsynet bevares (delvist). For facader med sydlig orientering anbefales et system med vandrette lameller (fx i form af persiener), mens lodrette lameller kan være aktuelle for øst- eller vestligt orienterede facader. Anvendelse af screens (rullegardiner) bør ske i kombination med en anden form for afskærmning, fx indvendige gardiner, da screens i sig selv ikke kan beskytte brugerne mod blænding fra direkte sol.

Til facader mod syd, øst eller vest, hvor glasarealet udgør mere end 40 % (målt i forhold til indvendigt areal), bør solafskærmningen så vidt muligt placeres udvendigt, da en udvendig afskærmning fungerer langt mere effektivt end en indvendig.

I tilfælde hvor en udvendig afskærmning ud fra tekniske eller æstetiske hensyn ikke lader sig integrere i facaden, må det beregnes, om en indvendig afskærmning er tilstrækkelig til at undgå varmeproblemet. Hvis dette ikke er tilfældet kan det være nødvendigt at kombinere den indvendige solafskærmning med en rudetype, der har solafskærmende belægning. Der findes flere typer solafskærmende belægninger, og ud fra dagslyshensynet bør der vælges en med høj lystransmittans.

Regulering

Solafskærmninger på facader med et glasareal der overstiger 40 % bør være forsynet med en automatisk regulering efter lysindfaldet på facaden. For afskærmninger bestående af lameller bør lamelhældningen reguleres automatisk i forhold til solens position på himlen. Den automatiske regulering bør kunne overstyres manuelt af brugerne.

5.2.2 Valg af rudetype

Der bør altid vælges rudetyper med høj lystransmittans. En typisk energirude har en lystransmittans på 0,79. I kombination med en effektiv solafskærmning bør energiruden vendes således at energibelægningen sidder på det indvendige glas for at maksimere solvarmeudnyttelse, når afskærmningen er åben.

Hvis der anvendes solafskærmende ruder, bør der vælges en type med lystransmittans på mindst 0,7 og et farvegengivelsesindeks på mindst 0,95.

5.3 Generelle anbefalinger for sikring af godt indeklima

For sikring af godt indeklima i undervisningsbyggeri anbefales det generelt at følge følgende praktiske anbefalinger:

Ventilation bør udføres som behovsstyret ventilation, så indeluften er behagelig at opholde sig i og styres efter den aktuelle personbelastning.

Friskluftindtag placeres, så udeluften har den bedst mulige kvalitet og i passende afstand fra ventilationsafkast.

Byggeriet tilrettelægges på en sådan måde, at aktiviteter der forurener luften samles og afskærmes fra øvrige områder og sådan at spredning kan forebygges med særlig ventilation. Der etableres punktudsugninger hvor der foregår forurenende processer, såsom kopiering og madlavning.

Ventilationsanlæg - naturlige såvel som mekaniske - skal tilrettelægges og udføres, så ventilationsåbninger ikke giver anledning til trækgener.

Konstruktioner skal ikke virke befordrende på luftens relative fugtighed og dermed skabe grundlag for vækst af råd, svamp eller skimmel m.m., der kan afgive sundhedsskadelige stoffer.

Bygningerne skal indrettes, så støjniveauet fra interne støjkluder bliver mindst mulig.

Brugerne kan kun forventes at følger enkelte logiske anvisninger for regulering af indeklima.

Brugerne anskaffer som udgangspunkt ikke inventar og udstyr med høj afgasning.

Brugerne anskaffer som udgangspunkt ikke teknisk udstyr med væsentligt højere effekt en fastsat i forslagsfasen.

6 Dokumentation

I forbindelse med alle byggerier og renoveringer stilles der fra bygherres side krav om fyldestgørende dokumentation for at de ønskede indeklimaniveauer kan overholdes under normal brug. Al dokumentation skal foreligge både på rapportform og digitalt.

Det er et generelt gældende fra bygherre, at beregningsforudsætninger altid skal fremgå klart i forbindelse med beregninger af indeklimaparametre. Alle beregninger, beregningsmodeller og beregningsforudsætninger skal være bygherres ejendom.

6.1 Forudsætninger for projektering af indeklima

Forudsætningerne for projektering af indeklimaet er af afgørende betydning for funktionaliteten af de valgte løsninger i projektforslagene. Det er derfor vigtigt, at disse af rådgiver er udførligt beskrevet i forbindelse med både forslagsfasen og projekteringsfasen. Blandt de vigtigste parametre er:

- Antal personer, aktivitetsniveau og påklædning
- Intern varme- og forureningsbelastning fra computere og andet elektronisk udstyr
- Brug og brugstider
- Vinduesarealer, vinduestyper og rudetype
- Særlige krav vedrørende materialevalg
- Eksterne forhold som støjniveau og luftkvalitet

Vejledende værdier for interne belastninger findes i bilag.

Bygherren opstiller allerede i programfasen forudsætningerne som skal ligge til grund for rådgiverens projektforslag og efterfølgende projektering. Der vil oftest ske ændringer af enkelte beregningsforudsætninger gennem byggefasen og det er derfor vigtigt at disse løbende holdes opdateret. Hvis bygherre efter programfasen foretager væsentlige ændringer af forudsætningerne, er det rådgivers pligt at gøre opmærksom på konsekvenserne af dette, eksempelvis ændring af tidsplan.

6.2 Termisk indeklima

Som dokumentation for, at det termiske indeklima i byggeriet lever op til de stillede krav, skal der udføres dynamiske simuleringer af dette for en række relevante og/eller særlig kritiske af bygningens rum. Det termiske indeklima omfatter både lufttemperatur, overfladetemperaturer og lufthastigheder.

Dynamiske simuleringer af temperaturforholdene i bygningen skal udføres på timebasis. Simuleringerne skal udføres for gennemgående rumtyper og skal generelt give et repræsentativt billede af forholdene i hele bygningen og samtidig dække kritiske rum med høj varmebelastning som eks. auditorier. Dokumentation af temperaturforholdene skal foreligge i forslagsfasen og i det senere projektforsløb løbende holdes opdateret.

Dynamiske simuleringer af temperaturforhold kan udføres i BSim, ESP-r, IESVE eller tilsvarende.

For særlig belastede eller komplicerede rum kan der stilles krav om udførelse af CFD-beregninger for mere specifik dokumentation af temperaturfordeling, lufthastigheder og strålingsasymmetri. Der kan eks. stilles krav om dette ved risiko for kuldenedfald, ønske om klarlægning af temperaturlagdeling eller åbne atrier i flere niveauer.

CFD-beregninger vil oftest beskrive kritiske forhold, men bør også udvides til at omfatte normale forhold. CFD-beregninger skal foretages i et bredt anerkendt beregningsprogram og bør generelt udføres på 3D-modeller. CFD-beregninger vil normalt blive udført i projekteringsfasen.

6.3 Luftkvalitet

Det skal dokumenteres, at det ønskede CO₂-niveau kan overholdes med de angivne friskluftmængder. Denne dokumentation kan udføres i dynamiske bygningssimuleringer i forbindelse med simulering af det termiske indeklima. Dokumentation kan også ske ved brug af fortyndingsligningen/håndberegning.

Ligeledes skal det dokumenteres at forureningen fra de valgte byggematerialer overholder kravene stillet i afsnit 4.2.

Dokumentation for opretholdelsen af luftkvaliteten vil normalt foreligge i projekteringsfasen.

Der skal ligeledes udarbejdes et notat om risiko/afhjælpning omkring optrængning af radon. Om nødvendigt skal der udføres målinger på lokaliteten.

Ved renovering skal notatet ligeledes indeholde vurdering af risiko for at skimmelsvamp, asbest eller andre forurenende kilder i det eksisterende byggeri kan medføre indeklimaproblemer efter renoveringen. Om nødvendigt skal der foretages nøjere undersøgelser af omfanget af sådanne forureningskilder i det eksisterende byggeri.

Notat om risiko for forurening med radon, skimmelsvamp asbest m.m. vil normalt foreligge i programfasen eller forslagsfasen.

6.4 Akustisk indeklima

Der skal foreligge dokumentation for, at det maksimalt tilladelige lydtryk-niveau kan overholdes. Ligeledes skal det dokumenteres at konstruktionsopbygninger overholder de specificerede krav.

Dokumentationen for det akustiske indeklima skal foreligge i projekteringsfasen.

6.5 Visuelt indeklima

Hvor der stilles krav til dagslysfaktoren bør der stilles krav om dokumentation heraf. Ved beregninger bør der anvendes anerkendte metoder eller beregningsværktøjer, som kan tage hensyn til de fleste af de forhold, der har væsentlig betydning for dagslyset i et rum. By og Byg Anvisning 203 (Christoffersen, 2003) giver beskrivelser af, hvordan dagslysfaktorer kan beregnes ved hjælp af den såkaldte skabelonmetode, og hvordan SimLight i programpakken BSim (BSim, 2006) kan benyttes. Der henvises også til SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007 (Johnsen, 2007), der indeholder kurveskarer til bestemmelse af dagslysfaktoren for forskellige rumtyper, samt angiver korrektionsfaktorer for en række komplicerende forhold.

Alle kravværdier vedrørende kunstig belysning er driftsværdier, og der skal derfor redegøres for, hvilke vedligeholdelsesrutiner og hvilken vedligeholdelsesfaktor, der ligger til grund for belysningsanlægget.

For repræsentative rum skal der udarbejdes dokumentation for, at krav vedrørende belysningsstyrker og maksimale blændingstal er overholdt.

Dokumentation vedrørende dagslys og kunstlys skal foreligge i projekteringsfasen.

7 Definitioner

Nedenfor er angivet forklaring af enkelte tekniske begreber anvendt i vejledningen.

Operativ temperatur	Den fiktive ensartede temperatur af luft og omgivende flader, som vil medføre det samme varmetab fra en person ved stråling plus konvektion, som de faktiske temperaturer af luft og omgivende flader medfører.
Maksimal middellufthastighed	
Lydtrykniveau	
Strålingsasymmetri	
Turbulensintensitet	Forholdet mellem standardafvigelsen på lufthastigheden og middellufthastigheden
Luftlydniveau	
Trinlydniveau	
Efterklangstid	
Belysningsstyrke	Når en flade rammes af en lysstrøm, bliver den belyst, og størrelsen af lysstrømmen pr. arealenhed (antal lumen pr. m ²) angives som belysningsstyrken, og den måles i enheden lux.
Blændingstal	<p>Krav til belysningens ydeevne med hensyn til begrænsning af ubehagsblænding er i standarden angivet med et maksimalt blændingstal. Blændingstal angives på en skala, som i praksis går fra 13 til 28, hvor det største blændingstal angiver den kraftigste blænding.</p> <p>Ubehagsblænding karakteriseres ved blændingstallet, beregnet efter UGR-metoden (Unified Glare Rating), som er en internationalt anerkendt metode til beregning af ubehagsblænding.</p>
Dagslysfaktor	Dagslysfaktoren (DF) er defineret som forholdet mellem belysningsstyrken i punktet i planet og den samtidige belysningsstyrke udendørs på et vandret plan, belyst af en fuld himmelhalvkugle. Dagslysfaktoren angives

ves normalt i procent.

Farvegengivelse index	De farvegengivende egenskaber angives med farvegengivelsesindekset Ra, der er et udtryk for en lyskildes evne til at gengive farver korrekt. Den højst opnåelige værdi for Ra-indekset er 100.
Lystransmittans	Eller sollystransmittans angiver forholdet mellem lysstrømmen på en flade umiddelbart inden for, og uden for vinduet med et areal svarende til den syn-lige del af rudens areal. Værdien kan angives som et decimaltal mellem 0 og 1,0 eller i procent. Værdien af sollystransmittansen skal være gældende for vindret indfald af sollys med en spektralfordeling som angivet i DS/EN 410.
Rådgiver	Projekterende ingeniør og arkitekter
Bygherre	Ansvarshaver for byggeprojektet. Vil for det meste være UBST.
Brugere	Bruger, brugerrepræsentanter
CFD	Computational Fluid Dynamics. Numerisk beregning af strømninger.
BSim	Building Simulation. Termisk bygningssimulering. Program udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut.

8 Referencer

Erhvervs- og Byggestyrelsen (2008). Bygningsreglement 2008. København. Lokaliseret 20070803 på: <http://www.ebst.dk/br08.dk>

Dansk Standard, *Ventilation i bygninger - Projekteringskriterier for indeklimaet*. (DS/CEN/CR 1752)

By og Byg Anvisning 202, *Naturlig ventilation i erhvervsbygninger*, SBI, 2002

Dansk Standard. (2005). *Kunstig belysning i arbejdslokaler*. (DS 700:2005). København. Lokaliseret 20070803 på:
[http://axapta.ds.dk/default.asp?WMFN=EG_WebAdvancedMIS&WP=56900&WMFT=D
&WPG=EPHomepageOnline](http://axapta.ds.dk/default.asp?WMFN=EG_WebAdvancedMIS&WP=56900&WMFT=D&WPG=EPHomepageOnline)

Johnsen, K og Christoffersen J. (2007). *Dagslys i rum og bygninger*. SBI-anvisning 219. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Christoffersen, J., Johnsen, K., & Petersen, E. (2002). Beregning af dagslys i bygninger (By og Byg Anvisning 203)..
<http://www.sbi.dk/indeklima/lys/anvisning-beregning-af-dagslys-i-bygninger/>

Wittchen, K., Johnsen, K., & Grau, K. (2007). BSim: Et integreret edbværktøj til analyse af indeklima og energiforbrug + vejledning. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut. Lokaliseret 20070803 på:
<http://www.sbi.dk/indeklima/simulering/bsim-building-simulation>

9 Bilag A - Projekteringsforudsætninger for indeklimaet**9.1 A.1 Vejledende effektafgivelser for udstyr**

Udstyr	Effekt (W)
Bærbar PC/Laptop	40
Stationær PC	70
Fladskærm	35
Printer	50
Kopimaskine	500
Videoprojektor	500
Evt. vejledende samlet værdi for kontorarbejdsplads	150

10 Bilag B. Forurening

10.1 B.1 Beskrivelse af kategorierne M1, M2 og M3

For at opnå en betegnelse som lavt forurenende bygning skal de **dominerende overfladematerialer stamme fra en gruppe M1** af materialer med en emission af:

- Flygtige organiske forbindelser (TVOC) på mindre end 0,2 mg/m² h.
- Formaldehyd (H₂CO) på mindre end 0,05 mg/m² h.
- Ammoniak (NH₃) på mindre end 0,03 mg/m² h
- Kræftkaldende stoffer er mindre end 0,0005 mg/m² h.

Kategorien M1 omfatter også naturlige materialer, der vides at være uskadelige med hensyn til emissioner, som fx mursten, naturlige sten og marmor, glas og metaloverflader.

I den lavt forurenende bygning må **maksimalt 20 % af materialerne tilhøre kategori M2**, som stiller følgende krav til emissionen:

- Flygtige organiske forbindelser (TVOC) på mindre end 0,4 mg/m² h.
- Formaldehyd (H₂CO) på mindre end 0,125 mg/m² h.
- Ammoniak (NH₃) på mindre end 0,06 mg/m² h
- Kræftkaldende stoffer er mindre end 0,0005 mg/m² h.

Kun ubetydelige overfladearealer må bestå af materialer fra gruppen M3, der omfatter materialer, for hvilke der ikke findes emissionsdata, eller hvis emissioner overstiger de specificerede krav til materialer i kategori M2.

Oplysning om de angivne kravspecifikationer for emissionen i de tre grupper M1, M2 og M3 kan oplyses for de produkter, der er indeklimagodkendte under Dansk Indeklima Mærkning. Desuden angives i deklARATIONEN fra mærkningsordningen også information om emissionen vurderet sensorisk. For de enkelte rum beregnes den samlede emission i olf/m² gulvareal og den samlede forureningsafgivelse skal da være mindre end 0,1 olf/m² gulvareal.

11 Bilag C. Brugervejledninger

Brugervejledning for tekniske installationer



Lys - Lyset i undervisningsrum er opdelt i almen belysning som kan tændes hhv. på kontakterne ved døren og panelet ved tavlen, samt tavle og scenariebelysning som tændes på panelet ved tavlen.

For både almen belysning og scenariebelysning, skal der trykkes en gang på tangenten for den aktuelle gruppe, for at tænde lyset og en gang for at slukke lyset. Scenariebelysning SKAL slukkes når lokalet forlades.

Solafskærmning - Solafskærmningen køres ned ved ét tryk på pil-ned på betjeningspanelet og køres op ved ét tryk på pil-op. Solafskærmningen kan stoppes i en vilkårlig position ved, at trykke på begge knapper samtidig. Solafskærmningen er tilsluttet automatik, der kører solafskærmningen ned, når der er sol på facaden. For at beskytte solafskærmningen køres dugen op, når det regner eller blæser kraftigt og det er ikke muligt, at køre solafskærmningen ned på betjeningspanelet.



Mørklægning - Mørklægning køres ned ved ét tryk på pil-ned på betjeningspanelet og køres op ved ét tryk på pil-op. Mørklægningen kan stoppes i en vilkårlig position ved, at trykke på begge knapper samtidig.

Når mørklægningen køres ned skal det sikres at dugen ikke kører mod f.eks. tasker eller overtøj som er lagt op mod vinduet da disse vil kunne blive beskadiget ligesom mørklægningen kan tage skade. Ligeledes må mørklægningen ikke køres ned, hvis der er åbne vinduer!

Automatiske vinduer - Vinduerne åbnes med ét tryk på pil-op på betjeningspanelet og lukkes ved ét tryk på pil-ned. Vinduerne kan stoppes i en vilkårlig position ved at trykke på begge knapper samtidig.

Tryk kun en gang på knappen og vent på at vinduerne åbnes. Der vil kunne gå ca. 20 sekunder fra der er trykket på knappen til vinduerne begynder at åbne.

Naturlig ventilation - Lokalet ventileres med naturlig ventilation. Ventilationen standses ved tryk på LUKKET og startes ved tryk på Automatisk. Efter tryk på LUKKET vil ventilation dog automatisk starte igen efter 1 time. Ved tryk på UDLUFTNING vil der blive udluftet i 5 minutter. Tryk skal holdes inde i 10 sekunder for at blive aktiveret.



Radiator termostater - Skru ned for radiatorerne, hvis der er for varmt i lokalet. Undlad at lukke helt for termostatventilen. Flyt den lidt ad gangen f.eks. en halv eller hel værdi på skalaen. Normalt skal ventilen stå på ca. 3. I sommerhalvåret lukkes der centralt for radiatorvarmen ved udetemperatur over 17 °C.

Holdrum med naturlig ventilation

JGR/ALT september 2003