



Videncenter for  
energibesparelser i bygninger

# GUIDE

# Indeklima og komfort

# INDHOLD

INDEKLIMA OG KOMFORT .....	3
Symptomer på dårligt indeklima og komfort .....	4
OPRETHOLDELSE AF TILFREDSSTILLENDENDE INDEKLIMA OG KOMFORT .....	5
Termisk indeklima .....	5
Komfortkrav .....	5
Atmosfærisk indeklima .....	5
Eksempel .....	5
Belysningsforhold .....	5
TJEKLISTE .....	6
YDERLIGERE INFORMATION .....	7



Udgivet juni 2011

# INDEKLIMA OG KOMFORT

Indeklimaet er alle de miljøfaktorer, der påvirker mennesker, når vi opholder os indenfor. Det drejer sig f.eks. om luft, fugt, varme, røg og alle de partikler og kemiske stoffer. De fleste mennesker bruger det meste af deres tid indenfor: i hjemmet, på indendørs arbejdspladser, i skoler, i daginstitutioner m.m. Derfor er det vigtigt for sundhed og livskvalitet, at indeklimaet i lokalerne her er tilfredsstillende.

Dårlig belysning kan ligeledes give gener som hovedpine, træthed og irriterede øjne. For at opnå et godt indeklima er det derfor også afgørende, at belysningen i lokalerne er tilfredsstillende.

## Symptomer på dårligt indeklima og komfort

Konsekvenserne af dårligt indeklima og manglende komfort kan vise sig som nedsat velbefindende og arbejdsevne. I værste fald kan et dårligt indeklima give svære lidelser, så man kan ende med at blive uarbejdsdygtig.

Vi reagerer ofte forskelligt på de samme påvirkninger. Nogle er f.eks. mere følsomme over for kulde og træk, og andre påvirkes lettere af støv fra f.eks. gulvtæpper.

Typiske symptomer på dårligt indeklima er:

- Kulde og træk
- Overophedning
- Dårlig lugt
- Hovedpine og træthed
- Irritation i øjne, næse og hals
- Kvalme og svimmelhed
- Udslæt, rødme og kløe i huden
- Lav belysningsstyrke
- Blænding fra dagslys



# OPRETHOLDELSE AF TILFREDSSTILLENDENDE INDEKLIMA OG KOMFORT

Varme-, ventilations- og belysningsanlæg er nødvendige for at opretholde et tilfredsstillende indeklima og komfort for de personer, der opholder sig i lokalerne.

Indeklimaet kan opdeles i:

- Termisk indeklima
- Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)

## Termisk indeklima

Personers termiske opfattelse af omgivelserne er afhængig af følgende faktorer:

- Beklædningens varmeisolering [clo]
- Aktivitetsniveauet [met]
- Lufttemperaturen [°C]
- Middelstrålingstemperaturen [°C]
- Lufthastigheden [m/s]

Endvidere er den termiske komfort også påvirket af uønsket lokal opvarmning eller afkøling på de enkelte kroppsdele forårsaget af:

- Vertikal temperaturgradient
- Kolde eller varme gulve
- Asymmetrisk temperaturstråling

I nedenstående tabel ses eksempler på forskellige aktivitetsniveauer og dertil hørende varmeproduktioner [met].

Aktivitet	[met]
Hvilende	0,8
Stillesiddende aktivitet (kontor, beboelse, skole, laboratorium)	1,2
Stående, middel aktivitet (arbejde i butik, husligt arbejde, maskinelt arbejde)	2,0

## Komfortkrav

Menneskers oplevelse af det termiske indeklima kan udtrykkes ved "Predicted Mean Vote" (PMV) og "Predicted Percentage of Dissatisfied" (PPD), som angiver den forventede procentvise andel af personer, der for kroppen som helhed vil føle sig for kolde eller varme.

PMV-indekset afhænger af aktivitetsniveauet, hvor varmt tøj man har på, lufttemperaturen, middelstrålingstemperaturen, middellufthastigheden og luftfugtigheden.

Man arbejder med tre forskellige kategorier af kvalitet af det termiske indeklima:

- Kategori A imødekommer et højt forventet niveau
- Kategori B et middel forventet niveau
- Kategori C et moderat forventet niveau

Hver kategori foreskriver en maksimal forventet procentdel af utilfredshed for kroppen som helhed og for fire typer af lokalt ubehag. Kategorierne A, B, og C er nærmere specificeret i DS/EN ISO 7730 "Ergonomi indenfor termisk miljø - Analytisk bestemmelse og fortolkning af termisk komfort ved beregninger af PMV- og PPD indekser og lokale termiske komfortkriterier".

Man kan skifte kategori for det termiske indeklima ved at regulere opvarmning og ventilation af et lokale. Kvaliteten af det termiske indeklima afhænger af følgende fem faktorer:

- Den operative temperatur, som er middelværdien af luft- og middelstrålingstemperaturen. Middelstrålingstemperaturen defineres som en vægtet gennemsnitstemperatur af de tilstødende overfladers temperatur. For mange typer af bygninger eller lokaler med moderate opvarmnings- eller kølebehov, vil lufttemperaturen tilnærmelsesvis være lig med den operative temperatur.
- Den vertikale lufttemperaturgradient, som er forskellen i lufttemperaturen mellem 0,1 og 1,1 m over gulv.

- Gulvets overfladetemperatur.
- Luftens middelhastighed i opholdszonen.
- Strålingsasymmetri, forårsaget af varmt loft eller kolde vægge (vinduer).

I nedenstående tabel ses et eksempel fra DS/EN ISO 7730. Kriterierne for den operative temperatur er baseret på et aktivitetsniveau på 1,2 (stillesiddende aktivitet) for en sommerbeklædning på 0,5 clo (underbukser, skjorte med korte ærmer, lette bukser, tynde strømper og sko) og en vinterbeklædning på 1,0 clo (underbukser, skjorte, bukser, jakke, sokker og sko).

Bygning / lokale	Kategori	Operativ temperatur [°C]		Maksimal middellufthastighed [m/s]	
		Sommer (kølesæson)	Vinter (fyringssæson)	Sommer (kølesæson)	Vinter (fyringssæson)
Storrumskontor	A	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0	0,18	0,15
	B	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0	0,22	0,18
	C	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0	0,25	0,21

Bygning / lokale	Kategori	Vertikal lufttemperaturgradient <sup>1)</sup> [°C]	Gulvets overfladetemperatur [°C]
Storrumskontor	A	< 2	19 - 29
	B	< 3	19 - 29
	C	< 4	17 - 31

1) Forskel i lufttemperaturen mellem en persons hoved og ankler. For en stillesiddende person svarer dette til 1,1 m og 0,1 m over gulvet.

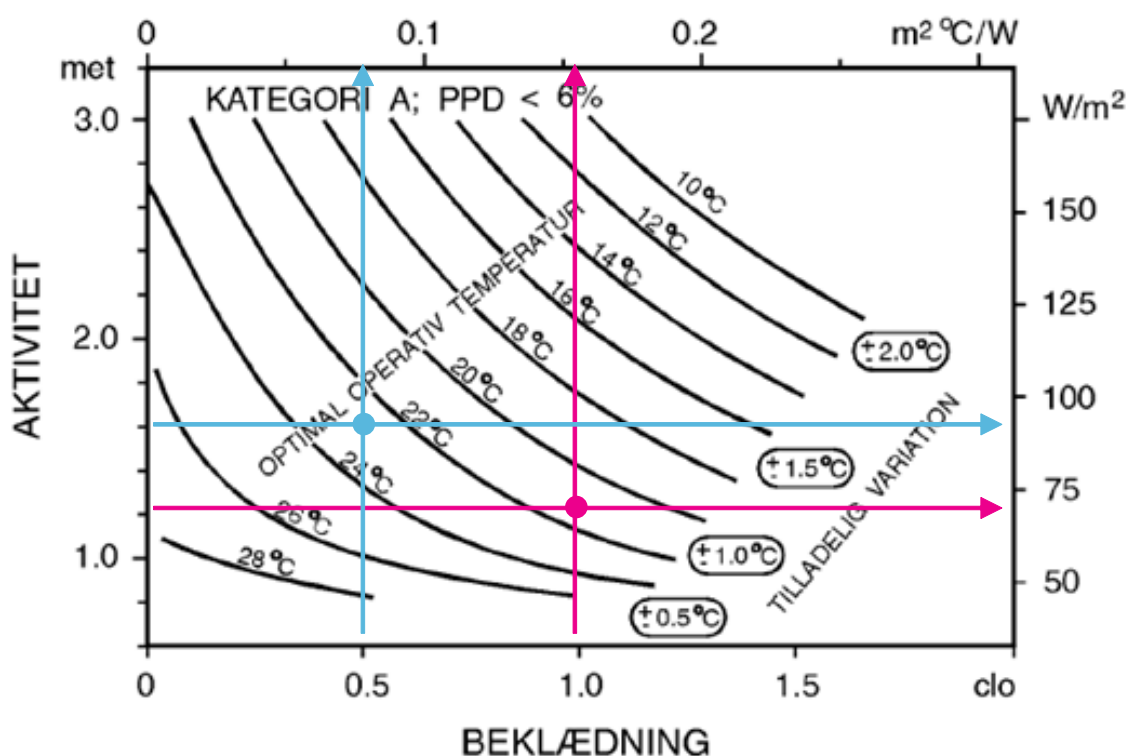
Bygning / lokale	Kategori	Strålingsasymmetri <sup>1)</sup> [°C]			
		Varmt loft	Kold væg	Koldt loft	Varm væg
Storrumskontor	A	< 5	< 10	< 14	< 23
	B	< 5	< 10	< 14	< 23
	C	< 7	< 13	< 18	< 35

1) Strålingsasymmetri angives som forskellen i plan strålingstemperatur i to modsatte retninger. Gulv, vægge og loft vil normalt antage rumtemperaturen, men ved installation af kolde loftsflader beregnes strålingsasymmetrien som temperaturforskellen mellem loftsflade og rumtemperatur.

I DS/EN ISO 7730 ses specifikationer over de tre forskellige kategorier af kvalitet af det termiske indeklima for andre typer bygninger.

I nedenstående figur ses optimale operative temperaturer som funktion af aktivitet og beklædning (kategori A). Desuden er der vist intervaller af operative temperaturer omkring den optimale.

Det ses, at den optimale operative temperatur er ca.  $22\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  ved et aktivitetsniveau på 1,2 (stillesiddende aktivitet) og en beklædning på 1,0 clo (underbukser, skjorte, bukser, jakke, sokker og sko). Bemærk at aktiviteten er lig med personens afgivne effekt pr.  $\text{m}^2$  overfladeareal.



## Atmosfærisk indeklima

Menneskers opfattelse af det atmosfæriske indeklima (luftkvalitet) afhænger af følgende faktorer:

- Lugte
- Støv og fibre
- Gasser og dampe
- Relativ fugtighed

For at opretholde et tilfredsstillende atmosfærisk indeklima er det nødvendigt med tilførsel af en vis mængde udeluft samt udsugning af en vis mængde rumluft.

- Ved ikke-sundhedsskadelig forurening, f.eks. ubehagelige lugte fra processer eller fra menneskelige aktiviteter, kan ventilationsbehovet bestemmes på basis af Arbejdstilsynets vejledning "Grænseværdier for stoffer og materialer, Bygningsreglementet

BR10 eller DS/CEN/CR 1752 "Ventilation i bygninger - Projekteringskriterier for indeklimaet".

DS/CEN/CR 1752 specificerer tre forskellige kategorier af kvalitet for det atmosfæriske indeklima, som kan vælges opfyldt, når et lokale, forurenet med menneskelig forurening (bioeffluenter), f.eks.  $\text{CO}_2$ , vanddamp og lugte med udåndingsluften, skal ventileres. Den ønskede oplevede luftkvalitet i et lokale kan vælges blandt de tre kategorier A, B og C vist i tabel på næste side.

Såfremt bygningsreglementet stiller større krav end angivet i tabellen, skal bygningsreglementets krav følges.

Bygning / lokale	Personbelastning [pers./m <sup>2</sup> ]	Ventilationsrate [l/s/m <sup>2</sup> ]		
		Kategori A	Kategori B	Kategori C
Enkeltmandskontor	0,1	2,0	1,4	0,8
Storrumskontor	0,07	1,7	1,2	0,7
Konferencesal	0,5	6,0	4,2	2,4
Auditorium	1,5	16,0	11,2	6,4
Cafeteria eller restaurant	0,7	8,0	5,6	3,2
Klasseværelse	0,5	6,0	4,2	2,4
Børnehave	0,5	7,1	4,9	2,8
Stormagasin	0,15	4,2	3,0	1,6

Tabellen gælder for lavt forurenende bygninger, hvor der ikke forekommer tobaksrygning. Såfremt der forekommer tobaksrygning, er ekstra ventilation nødvendig, se DS/CEN/CR 1752, samtidig med at sundhedsrisikoen ved passiv rygning skal behandles separat.

## Eksempel

I et stormagasin på 20.000 m<sup>2</sup> ønskes den optimale operative temperatur om sommeren og ventilationsraten bestemt. Aktivitetsniveauet kan sættes til 1,6 met og beklædningen til 0,5 clo (lette bukser, skjorte med korte ærmer, underbukser, lette sokker, sko). Der stilles krav om, at indeklimaet skal være kategori A.

I figuren med optimale operative temperaturer på foregående side ses, at den optimale operative temperatur er ca. 23 °C ± 1 °C (markeret med blå).

Den nødvendige ventilationsrate (friskluftsmængden) kan, vha. ovenstående tabel, bestemmes til:

$$4,2 \text{ l/s/m}^2 \cdot 20.000 \text{ m}^2 = 84.000 \text{ l/s} = 302.400 \text{ m}^3/\text{h}$$

## Belysningsforhold

Belysningen skal - udover at give lys til arbejdet - oplyse rummet på en behagelig måde. Vinduer skal give mulighed for udsyn. U hensigtsmæssig belysning kan f.eks. være blænding fra dagslys, dårlige belysningsanlæg eller forkert belysning til skærmarbejde. Lyset skal kunne rettes mod det, som den ansatte arbejder med.

Den nødvendige belysningsstyrke findes i DS (Dansk Standard) 700 om "Kunstig belysning på arbejdspladser". Hvis disse retningslinjer bliver fulgt, er der normalt ikke gener.

Som eksempler på typiske krav til belysningsstyrker fra Dansk Standard 700 kan nævnes:

Arbejdsopgave	[Lux]
Gange og trapper	50
Kassepladser i banker	500
Bedømmelse af farveprøver	1500
Trykformkorrektur i grafisk industri	1000
Svejsning	200
Kontorarbejde, vedvarende læsning	500
Biblioteksreoler (på bogryggene)	200

Ændringer af belysningen, slitage og manglende rengøring kan medføre uheldige og generende påvirkninger. Slitage kan f.eks. resultere i, at lysstofrør begynder at flimre, hvilket kan være årsag til forøget træthed. Og manglende rengøring medfører ofte, at lysudbyttet nedsættes med 30 - 50 %. Det er derfor nødvendigt, at rengøringen også omfatter lyskilder og armaturer.

Se endvidere Videncentrets guide vedr. belysningssty-  
stemer.

# TJEKLISTE

Spørgsmål	Svar	Løsning
Er der problemer med kulde og træk i lokalerne?	Ja Nej [ ] [ ]	Se 1
Er der problemer med overophedning i lokalerne?	Ja Nej [ ] [ ]	Se 2
Er der dårlig lugt i lokalerne?	Ja Nej [ ] [ ]	Se 3
Rengøres lokalerne hyppigt?	Ja Nej [ ] [ ]	Se 4
Er printere og kopimaskiner placeret i lokaler med faste arbejdspladser?	Ja Nej [ ] [ ]	Se 5
Vedligeholdes belysningsanlægget regelmæssigt?	Ja Nej [ ] [ ]	Se 6

Her kan du finde information, der svarer på et eller flere spørgsmål på tjeklisten:

**1.**  
Bygningens klimaskærm skal være tæt og velisoleret for at undgå træk. Dårligt isolerede ydervægge, lofter/tage eller fundamenter vil medføre ubehag som kuldenedfald eller kuldestråling, der føles som træk. Der skal selvfølgelig være tilstrækkelig med ventilation i lokalerne, men luftudskiftningen skal ske gennem ventilationssystemet og ikke gennem bygningens konstruktioner.

Varme- og ventilationsanlægget skal endvidere være dimensioneret korrekt, således at disse anlæg kan opretholde en tilfredsstillende operativ temperatur og lufthastighed i lokalerne.

**2.**  
Overophedning skyldes ofte solindfald gennem vinduer. Den bedste måde at undgå, at solvarme tilføres lokalerne, er at opsætte udvendig solafskærmning. Derudover bør ukontrolleret varmetilførsel undgås. Varmetilførslen kan f.eks. stamme fra elektriske apparater og udstyr. Det er derfor væsentligt at slukke unødvendigt tændte apparater og udstyr og gå efter de mest energieffektive ved køb af nye. Det er en god ide at ventilere om natten eller i de tidlige morgentimer hvor udetemperaturen er lav, derved bliver bygningen kølet ned med gratis kuldeenergi og den mekaniske køling kan startes senere.

**3.**  
Byggematerialer som fugemasse, lim, maling og gulvbelægning kan afgive forskellige stoffer som f.eks. formaldehyd og visse organiske opløsningsmidler. Problemerne er størst i nybyggeri med dårlig ventilation, fordi afgangningen fra byggematerialer og inventar aftager med tiden.

Overfladebehandlinger (maling, sæbe, olie, lak m.v.) og inventar (møbler, tøj mv.) afgiver også små mængder sundhedsskadelige stoffer til omgivelserne og dermed indeluften. Problemerne er størst i et vist stykke tid efter, at overfladebehandlinger er foretaget eller når møblerne er nye. Også her aftager afgangningen med tiden.

**4.**  
Luften i bygninger indeholder altid støv, der består af bl.a. hudskæl, papirstøv, pollen og mikroorganismer. Andre former for støv som f.eks. fibre kan komme fra gulvtæpper og åbne mineraluldsflader. Det er vigtigt, at støvet fjernes med en effektiv rengøring. Rengøringsmetode og -hyppighed skal passe til lokalernes indretning, overfladernes art samt lokalernes brug.

**5.**  
Laserprintere og fotokopimaskiner afgiver varme og ozon. Der bør derfor vælges maskiner med lav varmeudvikling og lav ozonafgivelse. Det er en konkret vurdering i hvert enkelt tilfælde, om printere og kopimaskiner kan stå i et lokale med faste arbejdspladser.

## 6.

Lyskilder afgiver mindre lys med tiden. Nedslidte lysstofrør har en tilbøjelighed til at flimre, hvilket kan være til gene.

Armaturer og overflader reflekterer mindre lys, når de bliver snavsede. Det er derfor vigtigt, at belysningsanlæg vedligeholdes og rengøres regelmæssigt.

Når man projekterer større anlæg, skal der tages højde for nedslidning og snavs. Det bør derfor indarbejdes i vedligeholdelses- og rengøringsplaner, hvornår armaturer og lyskilder vedligeholdes, rengøres og eventuelt udskiftes. Vedligeholdelse af lofter og vægge i form af rengøring eller maling er også vigtigt for lysforholdene.

## YDERLIGERE INFORMATION

DS/EN ISO 7730 "Ergonomi indenfor termisk miljø - Analytisk bestemmelse og fortolkning af termisk komfort ved beregninger af PMV- og PPD indekser og lokale termiske komfortkriterier", Dansk Standard.

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

DS 474 "Norm for specifikation af termisk indeklima", Dansk Standard.

DS 469 "Varmeanlæg med vand som varmebærende medium", Dansk Standard.

DS 447 "Norm for mekaniske ventilationsanlæg", Dansk Standard.

DS 700 "Kunstig belysning på arbejdspladser", Dansk Standard.

At-vejledning, Arbejdstilsynet, A.1.5 "Kunstig belysning", Vejledning om belysning på faste arbejdssteder, februar 2002.

Indeklimahåndbogen - 2. udgave, SBI-anvisning 196, Statens Byggeforsknings Institut, 2000, Ole Valbjørn, Susse Lausten, John Høwisch, Ove Nielsen og Peter A. Nielsen.

ISBN 87-563-1041-6

Kontakt Videncenter for energibesparelser i bygninger. Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål. Eller gå ind på hjemmesiden:

[www.byggeriogenergi.dk](http://www.byggeriogenergi.dk)



Videncenter for energibesparelser i bygninger

## Om Videncenter for energibesparelser i bygninger

Videncenter for energibesparelser i bygninger - VEB - samler og formidler viden om konkrete og praktiske muligheder for at reducere energiforbruget i bygninger. Det sker ved, at Videncentret medvirker til, at byggeriets parter opnår flere kvalifikationer og nye værktøjer til at gennemføre energibesparende tiltag i bygninger.

Hermed understøtter Videncentret den samlede energispareindsats i Danmark.

Videncenter for energibesparelser i bygninger er etableret som led i den energipolitiske aftale fra februar 2008. Der er afsat 32 mio. kroner fra 2008 til og med 2011 til etablering og drift af Videncentret.

Vores logo - huset i flotte farver - er inspireret af termograferingsbilleder, der er et godt værktøj til at kortlægge energitabet i bygninger.



Videncenter for  
energibesparelser i bygninger