



**Byggeri og Energi**

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

GUIDE

# Indeklima og komfort

# INDHOLD

INDEKLIMA OG KOMFORT .....	3
Symptomer på dårligt indeklima og komfort.....	3
OPRETHOLDELSE AF TILFREDSSTILLENDENDE INDEKLIMA OG KOMFORT .....	4
Termisk indeklima .....	4
Komfortkrav.....	4
Atmosfærisk indeklima .....	6
Eksempel .....	7
Belysningsforhold .....	8
TJEKLISTE .....	9
UNDERSØGELSE AF ANLÆG.....	11
Mødet med den driftsansvarlige .....	11
Målinger og observationer i bygningen .....	11
Anlæggenes drift.....	12
VARME FRA SOLINDFALD ETC. ....	13
YDERLIGERE INFORMATION .....	14

Udgivet juni 2011. Revideret december 2023.

# 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 andre partikler samt 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 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 god.

## 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 det give svære lidelser, så man kan ende med at blive uarbejdsdygtig.

Vi reagerer ofte forskelligt på de samme påvirkninger. Nogle er 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

Denne guide kan anvendes af dig som tekniker til at foretage en vurdering af indeklimaet. Guiden kan samtidig fungere som et hjælpeværktøj ved tjek af den nuværende drift. Flere nyttige råd finder du på

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

# 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:

- Temperaturforskelle i rumluften
- Kolde eller varme gulve
- Andre kolde eller varme overflader

Se eksempler i nedenstående tabel på forskellige aktivitetsniveauer og dertilhørende varmeproduktion [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 flere ting: aktivitetsniveauet, hvor varmt tøj man har på, lufttemperaturen, middelstrålingstemperaturen, middellufthastigheden og den relative luftfugtighed.

Der arbejdes med fire kategorier for kvalitet af det termiske indeklima:

- Kategori I imødekommer et højt forventet niveau
- Kategori II imødekommer et middel forventet niveau
- Kategori III imødekommer et moderat forventet niveau
- Kategori IV imødekommer et lavt forventet niveau

Hver kategori foreskriver en maksimal forventet procentdel af utilfredshed for kroppen som helhed og for fire typer af lokalt ubehag. Kategorierne I, II, III og IV er nærmere specificeret i DS 16798-1 Bygningers energieffektivitet - Ventilation i bygninger - Del 1: Indeklimamæssige inputparametre til beregning og evaluering af bygningers energieffektivitet i forbindelse med indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik - Modul M1-6 og DS 16798-1 og 2

Bygningers energieffektivitet - Ventilation i bygninger - Del 2: Fortolkning af kravene i EN 16798-1 - Indeklimamæssige inputparametre til beregning og evaluering af bygningers energieffektivitet i forbindelse med indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik (Modul M1-6).

Man kan skifte kategori for det termiske indeklima ved at regulere opvarmning og ventilation af et lokale. Kvaliteten af det termiske indeklima afhænger af 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 bygninger og 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 m og 1,1 m over gulv
- Gulvets overfladetemperatur.

- Luftens middelhastighed i opholdszonen.
- Strålingsasymmetri forårsaget af f.eks. et varmt loft eller kolde vægge (vinduer).

I nedenstående tabel ses et eksempel fra DS 16798-1. Kriterierne for den operative temperatur er baseret på et aktivitetsniveau på 1,2 (stillesiddende aktivitet) for en sommerbeklædning på 0,5 clo (under- bukser, 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	I	23,5 - 25,5	21,0 - 23,0	0,12	0,10
	II	23,0 - 26,0	20,0 - 24,0	0,29	0,16
	III	22,0 - 27,0	19,0 - 25,0	0,24	0,21
	IV	21,0 - 28,0	17,0 - 25,0	-	-

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

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.

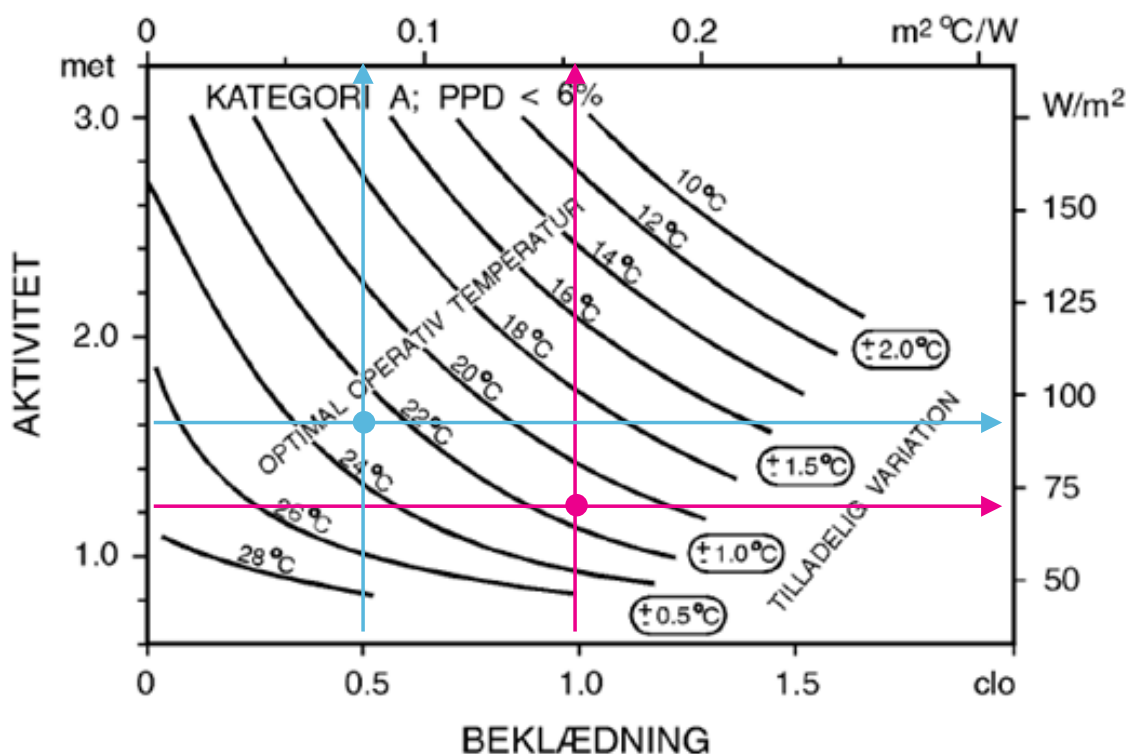
Bygning/lokale	Kategori	Strålingsasymmetri <sup>2)</sup> [°C]			
Storrumskontor	I	< 5	< 10	< 14	< 23
	II	< 5	< 10	< 14	< 23
	III	< 7	< 13	< 18	< 35
	IV	-	-	-	-

2) Strålingsasymmetri angives som forskellen i plan strålingstemperatur i to modsatte retninger. Gulv, vægge og loft vil normalt antage rumtemperaturen, men ved f.eks. kolde loftsflader eller vinduer/væg beregnes strålingsasymmetrien som temperaturdifferencen mellem overfladen og rumtemperaturen.

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

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 at tilføre en vis mængde udeluft samt udsuge 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 eller DS 16798-1 Bygningers energieffektivitet - Ventilation i bygninger.

DS 16798-1 og 2 specificerer fire forskellige kategorier af kvalitet for det atmosfæriske indeklima, som man kan vælge at opfylde, når et lokale, der er forurenet med menneskelig forurening (bioeffluenter) - f.eks. CO<sub>2</sub>, vanddamp og lugte med udåndingsluften - skal ventileres bort. Den ønskede oplevede luftkvalitet i et lokale kan vælges blandt de tre kategorier I, II, III og IV vist i tabellen på næste side.

Såfremt Bygningsreglementet stiller større krav end angivet i tabellen, skal Bygningsreglementets krav følges.

Tabellen gælder for lavt forurenende bygninger, hvor der ikke forekommer tobaksrygning. Såfremt der forekommer tobaksrygning, er ekstra ventilation nødvendig, se DS 16798-1 og 2, samtidig med at sundhedsrisikoen ved passiv rygning skal behandles separat.



Bygning/lokale	Personbelastning [personer/m <sup>2</sup> ]	Ventilationsrate [l/s/m <sup>2</sup> ]			
		Kategori I	Kategori II	Kategori III	Kategori IV
Enkeltmandskontor	0,1	2,0	1,4	0,8	0,6
Storrumskontor	0,07	1,7	1,2	0,7	0,5
Konferencerum	0,5	6,0	4,2	2,4	2,0
Auditorium	1,5	14,3	10,0	5,7	5,3
Cafeteria eller restaurant	0,7	7,7	5,4	3,1	2,7
Klasseværelse	0,5	6,0	4,2	2,4	2,0
Børnehave	0,5	6,0	4,2	2,4	2,0
Stormagasin	0,15	3,4	2,4	1,4	1,0

Som det ses af nedenstående eksempel med et storrumskontor er ventilationsraterne i tabellen ikke altid nok, hvis der er stor varmepåvirkning fra f.eks. solindfald eller udstyr.

## Eksempel

### Eksempel 1: Stormagasin

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).

Vha. ovenstående tabel kan den nødvendige ventilationsrate (friskluftsmængden) bestemmes til:

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

### Eksempel 2: Storrums-kontor

Den nødvendige luftmængde for at kunne overholde indeklimaklassernes krav skal bestemmes i et storrumskontor i en nyere bygning med glasfacade. Vinduerne er lavenergigiruder, der tillader 50% af varmen fra solen at passere. På en varm sommerdag kan der indblæses med en temperatur på ned til 20 °C.

Den nødvendige minimumsventilationsrate jf. DS 16798-1 og 2 ses i ovenstående tabel. Tabellerne viser imidlertid den nødvendige ventilationsrate med udvendig solafskærmning, indvendig solafskærmning og ingen solafskærmning, da varme fra solindfald har stor indflydelse på indeklimaet. En middelbygning er med

f.eks. betondæk, men med lette facadestrukturer og indervægge. En middeltung bygning er f.eks. med betondæk og teglfacader, men med lette indervægge.

Udvendig solafskærmning		
	Middellet konstruktion	Middeltung konstruktion
	[l/s pr. m <sup>2</sup> ]	
Indeklimaklasse I	1,8	1,5
Indeklimaklasse II	1,5	1,3
Indeklimaklasse III	1,1	1,0

Indvendig solafskærmning		
	Middellet konstruktion	Middeltung konstruktion
	[l/s pr. m <sup>2</sup> ]	
Indeklimaklasse I	-	9,7
Indeklimaklasse II	11,4	5,7
Indeklimaklasse III	7,1	3,6

Uden solafskærmning		
	Middellet konstruktion	Middeltung konstruktion
	[l/s pr. m <sup>2</sup> ]	
Indeklimaklasse I	-	-
Indeklimaklasse II	-	9,2
Indeklimaklasse III	7,1	5,0

Eksemplet viser, at det i nyere bygninger med glasfacader kan være nødvendigt at etablere solafskærmning. I ældre bygninger med mindre glasareal kan solafskærmning til dels undgås. Nedenstående tabel viser den nødvendige luftmængde for en bygning med 50% glasareal i facaden, og med samme type vinduer samt mulighed for køling.

Uden solafskærmning		
	Middellet konstruktion	Middeltung konstruktion
	[l/s pr. m <sup>2</sup> ]	
Indeklimaklasse I	6,3	4,2
Indeklimaklasse II	4,3	3,3
Indeklimaklasse III	2,9	2,4

## 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 belyses og ikke mod personer i lokalet.

Den nødvendige belysningsstyrke findes i DS/EN 12464-1 om "Kunstig belysning på arbejdspladser". Hvis disse retningslinjer bliver fulgt, er der normalt ikke gener.

Som eksempler på typiske krav til belysningsstyrker fra DS/EN 12464-1 kan nævnes:

Arbejdsopgave	[Lux]
Gange og trapper	100
Kassepladser i banker	500
Bedømmelse af farveprøver	1500
Trykformkorrektio n i grafisk industri	1000
Svejsning	300
Kontorarbejde med skrivning, indtastning, læsning og databehandling	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 træthed hos de personer, der opholder sig i lokalet. Manglende rengøring medfører ofte, at lysudbyttet nedsættes med 30 - 50 %. Det er derfor nødvendigt, at rengøringen både omfatter lyskilder og armaturer.

Se også Videncentrets guide om belysningsystemer.



# 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 luft i lokalerne (problemer med hovedpine og træthed)?	Ja Nej [ ] [ ]	Se 3
Er der dårlig lugt i lokalerne?	Ja Nej [ ] [ ]	Se 4
Er der støj fra ventilationsanlægget?	Ja Nej [ ] [ ]	Se 5
Er belysningen utilfredsstillende?	Ja Nej [ ] [ ]	Se 6
Vedligeholdes belysningsanlægget regelmæssigt?	Ja Nej [ ] [ ]	Se 7

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 der opretholdes 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 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 (natkøling). Derved bliver bygningen kølet ned med gratis kuldeenergi, hvorved indeklimaet kan holdes behageligt i længere tid og den mekaniske køling, - hvis den er installeret, kan startes senere.

## 3.

CO<sub>2</sub>, som er i vores udåndingsluft, giver i høje koncentrationer hovedpine, træthed og koncentrationsbesvær. Høje koncentrationer kommer, hvis luften ikke bliver skiftet tilstrækkeligt.

## 4.

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

Overfladebehandlinger (maling, sæbe, olie, lak mv.) 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 overfladebehandlingerne er foretaget, eller når møblerne er nye. Også her aftager afgangningen med tiden.

# TJEKLISTE FORTSAT

## 5.

Støj fra et mekanisk ventilationsanlæg kan være meget generende for de personer der opholder sig i lokalerne, og det er derfor vigtigt, at der allerede ved installation er fokus på at minimere støj fra anlægget.

For at reducere støj fra aggregatet kan dette placeres på et vibrationsdæmpende underlag. Lydvibrationer fra aggregatet til ventilationskanalerne kan mindskes ved hjælp af fleksible forbindelser mellem aggregat og kanaler.

For at dæmpe støjen effektivt fra ventilationsaggregatet, bør man altid montere lyddæmpere i hovedkanalerne ved ventilationsaggregatet.

Støj fra luftstrømningen i ventilationskanalerne kan forekomme, hvis lufthastigheden er for høj. Det er derfor vigtigt, at kanalernes dimensioner ikke er for små. Hvis lufthastigheden i hovedkanaler er mindre end 8 - 10 m/s, vil der normalt ikke forekomme problemer med støj fra luftstrømningen. I hovedfordelingskanaler bør lufthastigheden være mindre end 6 - 7 m/s. I fordelingskanaler til bør lufthastigheden være mindre end 3 - 4 m/s.

Støj i indblæsnings- og udsugningsarmaturer skyldes for høje hastigheder i spalteåbningerne (fejldimensionering).

## 6.

En utilfredsstillende belysning kan skyldes flere forhold. Typisk skyldes det utilstrækkelig lysudsendelse fra belysningsarmaturerne og dermed for lav belysningsstyrke i lokalerne.

Blænding kan gøre det svært at se det, man arbejder med. I nogle tilfælde kan man være blændet uden at være opmærksom på det.

Man skelner mellem synsnedsættende blænding, som direkte forringer øjets evne til at opfatte, og blænding, der umiddelbart føles ubehagelig. Begge blændingsformer skal undgås.

Blænding kan mindskes ved:

- at bruge lyse farver i lokalet
- at bruge afskærmede armaturer, der også belyser loftet
- at undgå armaturer umiddelbart foran eller over arbejdspladsen

Lysindfald fra vinduer kan også give anledning til blænding.

Reflekser og spejlinger kan have samme virkninger som direkte blænding. Spejlinger i arbejdsobjektet, f.eks. i blankt papir eller i en skærm, kan gøre det umuligt at se ordentligt. Spejling kan mindskes ved:

- at vælge matte overflader på borde, reoler mv.
- at bruge mat papir og antirefleksbehandlede skærme
- at placere armaturer rigtigt i forhold til arbejdsobjekter

Af andre forhold der kan give dårlig belysning kan nævnes:

- Lyskilder med høje farvetemperaturer (kolde farver)
- Dårlig farvegengivelse (Ra-værdi lavere end 80)
- Varmeudvikling
- Flimrer

## 7.

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 udarbejdes vedligeholdelses- og rengøringsplaner, der fastlægger 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.

# UNDERSØGELSE AF ANLÆG

## Mødet med den driftsansvarlige

Undersøgelsen af en bygnings indeklima bør altid indledes med et møde med bygningens driftsansvarlige, da det giver et godt indblik i bygningens udfordringer. Desuden kan den driftsansvarlige fortælle hvilke tekniske installationer, der er i bygningen og hvordan de styres. Endelig kan den driftsansvarlige ofte give værdifuld information om historikken på de tekniske installationer, dvs. om der er ændret radikalt ved bygningen eller installationerne i nyere tid.

## Spørgsmål til den driftsansvarlige

### Generelle spørgsmål

- Oplysninger om opvarmet bygningsareal (hent også oplysninger hos BBR) samt antallet af personer i bygningen og de typiske brugstider af bygningen

### Spørgsmål om ventilation

- Oplysninger om ventilationsanlæggets elforbrug på måneds- eller ugebasis, hvis der er separat måler til anlægget
- Hvilke muligheder har brugerne for manuel overstyring, som f.eks.:
  - Vinduesåbning
  - Radiatortermostater
  - Solafskærmning, indvendig
  - Solafskærmning, udvendig
- Typiske personklager, og om visse klager forekommer oftere på bestemte tidspunkter af døgnet eller året (f.eks. sommer eller vinter)
  - Klager over trækgener
  - Klager over kulde og varme
  - Klager over "tung" luft
  - Klager over støj fra mekanisk ventilation
- Ændres temperatursetpunktet i afhængighed af årstiden
- Er det mekaniske ventilationsanlæg styret efter CAV eller VAV princippet

### Spørgsmål om belysning

- Oplysninger om de typiske brugstider i de forskellige dele af bygningen

- Oplysninger om hvordan belysningsanlæggene styres, dvs. manuelt on/off, urstyring, bevægelsesmeldere, dagslyssensorer etc.
- Oplysninger om belysningsanlæggenes elforbrug på måneds- eller ugebasis, hvis der er separate målere til anlæggene
- Hvilke muligheder har brugerne for manuel overstyring af eventuel urstyring, bevægelsesmeldere og dagslyssensorer
- Typiske klager over belysningen (utilstrækkeligt lys fra belysningsanlæggene, lysindfald fra vinduer, blænding etc.) og om visse klager forekommer oftere på bestemte tidspunkter af døgnet eller året (f.eks. sommer eller vinter)

## Målinger og observationer i bygningen

Der udføres følgende målinger og registreringer i bygningen.

### Ventilationsanlæg

- Målinger af temperaturer og CO<sub>2</sub> koncentrationer i en række udvalgte områder. Der bør udføres målinger i et samlet område i bygningen, der svarer til et areal, som dækker ca. 10% af bygningens brugere. Målingerne igangsættes ved ankomst til bygningen og nedtages når bygningen forlades igen, hvilket forudsættes at svare til ca. én arbejdsdag. Målingerne giver groft indblik i temperaturstigningen samt CO<sub>2</sub> koncentrationens udvikling over dagen
- Øjebliksmålinger af indblæsnings- og udsugningsluftmængderne samt de tilhørende temperaturer i de udvalgte kontorområder, se anbefalede atmosfæriske minimums-ventilationsrater i DS 16798-1 og 2. Målingerne udføres med måletragte med tilhørende lufthastigheds- og temperaturmåleudstyr
- Opmåling af vinduernes glasarealer for de enkelte facadeorienteringer. De tilhørende rudetyper i de enkelte vinduespartier registreres, så der kan foretages en vurdering af varmen fra solindfald
- Registrering af eventuel solafskærmning og dennes brug.

### Belysningsanlæg

Der udføres orienterende målinger af belysningsstyrken i de enkelte områder i bygningen. Målingerne udføres som en stikprøvekontrol af den nuværende belysningsstyrke, herunder om den opfylder DS/EN12464-1 Lys og Belysning eller DS700 for de anvendelser, hvor der er et dansk forbehold. Inden målingerne udføres skal belysningen have været tændt i minimum én time, så lysafgivelsen er stabil.

Den generelle belysningsstyrke måles i et vandret måleplan 0,85 meter over gulvniveau. Ofte måles belysningsstyrken i et net af punkter med en indbyrdes afstand på ca. 2 meter. Pladsbelysningen måles på bordoverfladen for et passende antal kontorpladser. Lysmålingerne udføres med et luxmeter.

Hvis lysniveauet er for lavt, undersøges, om muligt, årsagerne hertil. Det kan være tilsmudsning af lyskilder og/eller armaturer samt underdimensionerede lysinstallationer. Desuden er kravet til lysniveau øget ved DS/EN12464-1 Lys og Belysning.

Det er et krav i Bygningsreglementet, at belysningsanlæg skal være energieffektive. Det opnås bl.a. ved at forsyne belysningsanlæggene med effektiv styring, såsom dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling. Det undersøges om muligt om lysstyringen virker som forudsat. Desuden foretages en kontrol af, om lysstyringerne er indstillet til de ønskede setpunkter (tid, lysstyrke).

### Anlæggenes drift

I forbindelse med undersøgelsen af anlæggene er det vigtigt selv at undersøge om driftsstrategien er hensigtsmæssig i forhold til de behov som personerne i bygningen har. Hvis bygningen er udrustet med udvendig solafskærmning bør det ligeledes undersøges, om driftsstrategien for denne er hensigtsmæssig i forhold til det ønskede indeklima (termisk indeklima, dvs. rumtemperatur) og ønsket om mest mulig dagslys.

Det er ikke tilstrækkeligt blot at spørge den driftsansvarlige om hvordan anlæggene driftes, da der kan være sket ændringer siden den driftsansvarlige sidst efterså styringsparametrene eller den driftsansvarlige kan huske forkert.

Det ses ofte, at brugerne i en given bygning forsøger at tilpasse indeklimaet, herunder belysningen, til deres individuelle behov ved f.eks. at overstyre lyset manuelt, køre solafskærmningen fra etc.. Det er ikke hensigtsmæssigt, hvis det f.eks. sker i et storrumskontor, for alle brugerne har deres egen, lidt forskellige holdning til, hvad der er et godt indeklima og brugerne egen indgriben risikerer at forværre situationen for flertallet. Desuden vil det i mange tilfælde medføre et forøget energiforbrug, hvis styringen af belysningen og andre installationer sættes ud af kraft.

Det er vigtigt, at den virksomhed der anvender bygningen giver brugerne besked om ikke at ændre på anlæggenes indstillinger, herunder at undlade at overstyre solafskærmning eller lysstyring etc.. Der udføres følgende registreringer for de tekniske installationer.

### Ventilationsanlæg

- Driftstider (disse sammenholdes med oplyste brugstider)
- Indblæsningstemperatur fra armaturerne (bør typisk være 1-2 °C under den ønskede rumtemperatur i opvarmningssæsonen og normalt ikke lavere end ca. 17-18 °C i sommersæsonen, hvis der er køling)
- Natkøling udenfor opvarmningssæsonen, er denne funktion slået til
- Er radiatortermostaterne i samme lokale indstillet forskelligt. Radiatortermostaterne skal være indstillet ens og på et fornuftigt niveau (ca. indstilling 3), så radiatorerne leverer en ensartet temperatur og er energieffektive
- Overstyres den automatisk solafskærmning, hvis en sådan er etableret. Hvis solafskærmningen ikke benyttes efter hensigten, så vil rumtemperaturen med stor sandsynlighed stige u hensigtsmæssigt
- Ændringer på indblæsningsarmaturer med f.eks. afdækning med tape, papir eller lignende. Dette kan være tegn på problemer med træk i disse zoner. Det anbefales, at fjerne afdækningen og i stedet forbedre indblæsningsmønstret, da afdækningerne kan skabe ubalance i resten af systemet. Desuden er det vigtigt at få undersøgt, om der er trækgener de pågældende steder

### Belysning

- Manuel overstyring af belysningsautomatikken

# VARME FRA SOLINDFALD ETC.

For at opretholde et tilfredsstillende termisk indeklima, er det nødvendigt at sikre, at varmen fra solindfald gennem vinduer, varme fra udstyr etc. begrænses så meget at overophedning om muligt undgås. Varm udviklingen kan kun ventileres eller køles bort og det er energikrævende. Det er nedenstående vist hvordan varmen fra solindfald beregnes. Bortset fra nordvendte vinduer er solindfaldet i afhængighed af årstiden op til ca. 500 W/m<sup>2</sup> rudeareal. Den varmeeffekt der trænger ind gennem vinduer estimeres således:

$$Q_{\text{solindfald}} = A_{\text{ruder}} \cdot g_{\text{værdi}} \cdot \text{Solafskærmningsfaktor}$$

hvor:

$A_{\text{ruder}}$ : samlet rudeareal mod øst, syd og vest

$g_{\text{værdi}}$ : se tabel 1

Solafskærmningsfaktor: se tabel 2

Foruden varme fra solindfald kan der være andre varmekilder, som der skal tages højde for.

	2-lags termorude	2-lags energirude	3-lags termorude
$U_w$ (isoleringsevne)	2,8	1,4	0,8
$g_{\text{værdi}}$ (solfaktor)	0,8	0,7	0,5
$L_T$ (lystransmittans)	0,8	0,8	0,7

Tabel 1: Typiske vinduestyper

hvor:

$U_w$ : rudernes isoleringsevne

$g_{\text{værdi}}$ : rudernes evne til at afskærme for varmeindtrængning fra solindfaldet. Hvis der f.eks. er tale om en 2-lags energirude uden indbygget solfilm trænger 0,7 eller 70% af varmen fra solindfaldet gennem ruden

$L_T$ : rudernes evne til at lade sollyset trænge gennem ruderne, dvs. hvor stor en andel af lyset trænger ind gennem ruder. Hvis der f.eks. er tale om en 2-lags energirude uden solfilm trænger 0,8 eller 80% af lyset gennem ruden

Tabel 2: Solafskærmningstyper og -faktorer

Placering	Type	Solafskærmningsfaktor
Indvendig	Persienne, hvid	0,4-0,8
	Screen, lys	0,45
	Screen, mørk	0,80
	Gardin, lys	0,70
	Gardin, mørk	0,85
Udvendig	Persienne, grå	0,1-0,2
	Screen, lys	0,1-0,2
	Screen, grå	0,1-0,2
	Screen, mørk	0,1-0,2
	Markise, lys	0,1-0,2
	Markise, mørk	0,1-0,2
	Markisolette, lys	0,1-0,2
Markisolette, mørk	0,1-0,2	

Luftmængden beregnes ud fra følgende udtryk:

$$V_t = \frac{P_{\text{varme}}}{T_{\text{udsug}} - T_{\text{indblæs}} \cdot C_p \cdot \rho}$$

hvor:

$V_t$ : ventilationsrate [l/s pr. m<sup>2</sup>]

$P_{\text{varme}}$ : varmeeffekt der skal fjernes [W/m<sup>2</sup>]

$T_{\text{udsug}}$ : udsugningstemperatur/maks. tilladelig operativ temperatur jf. indeklimaklassen [°C]

$T_{\text{indblæs}}$ : indblæsningstemperatur [°C]

$C_p$ : specifik varmekapacitet (luft: 1,005) [kJ/(kg °C)]

$\rho$ : massefylde (luft: 1,2) [kg/m<sup>3</sup>]

Bygningens termiske masse vil udjævne (akkumulere) en del af den termiske belastning, hvorved den nødvendige luftmængde reduceres, men beregningen kan give et fingerpeg om den nødvendige luftmængde.

# YDERLIGERE INFORMATION

DS 16798-1 Bygningers energieffektivitet - Ventilation i bygninger - Del 1: Indeklimamæssige inputparametre til beregning og evaluering af bygningers energieffektivitet i forbindelse med indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik - Modul M1-6.

DS 16798-1 og 2 Bygningers energieffektivitet - Ventilation i bygninger - Del 2: Fortolkning af kravene i EN 16798-1 - Indeklimamæssige inputparametre til beregning og evaluering af bygningers energieffektivitet i forbindelse med indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik (Modul M1-6).

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

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

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

DS/EN 12464-1:2021 Lys og belysning - Belysning ved arbejdspladser - Del 1: Indendørs arbejdspladser.

<https://at.dk/regler/at-vejledninger/arbejdsrum-faste-arbejdssteder-a-1-11/>.

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)



**Byggeri og Energi**

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

## Om Videncenter for energibesparelser i bygninger

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger indsamler og systematiserer viden om energibesparelser i bygninger og formidler dette til byggebranchen. Det overordnede mål er at medvirke til at realisere flere energibesparelser i den eksisterende bygningsmasse.

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger er en del af Energistyrelsens målrettede informationsindsats og har eksisteret siden 2008.

Du er velkommen til at rette henvendelse om både overordnede emner og helt konkrete og praktiske spørgsmål.



**Byggeri og Energi**

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

[www.ByggeriOgEnergi.dk](http://www.ByggeriOgEnergi.dk) • Tlf.: 7220 2555