

Branchevejledning for Indeklimaberegninger

Steffen E. Maagaard

IIOE | **BuildingDesign**

Indeklima på dagsordenen 2017

Hvem er jeg...?

Steffen E. Maagaard
Koncernkompetencechef
Energi & Indeklima
Civilingeniør, M.Sc.
Mobil: 25 40 01 90
Mail: sem@moe.dk
dk.linkedin.com/in/steffenmaagaard



- **Bygningsingeniør, B.Sc., m. speciale i installationsteknik**
Ingeniørhøjskolen i Århus
- **Civilingeniør, M.Sc., Indeklima og Energi**
Aalborg Universitet
- **Koncernkompetencechef Energidesign & Indeklima**
MOE Rådgivende Ingeniører A/S
- **Ekstern Lektor**
Aarhus Universitet, Ingeniørhøjskolen
- **DGNB Konsulent 2012**
DK-GBC, udvikling af DGNB i LCC-teknikgruppe
- **Passivhus designer**
Gennemført 3 certificeringer

Parterne bag...

Hovedforfattere:



Medforfattere:



Støttet af:



**Branchevejledningen Lanceres på
Building Green 2017**

PEOPLE

+ PLANET

Mennesket i centrum

Formål

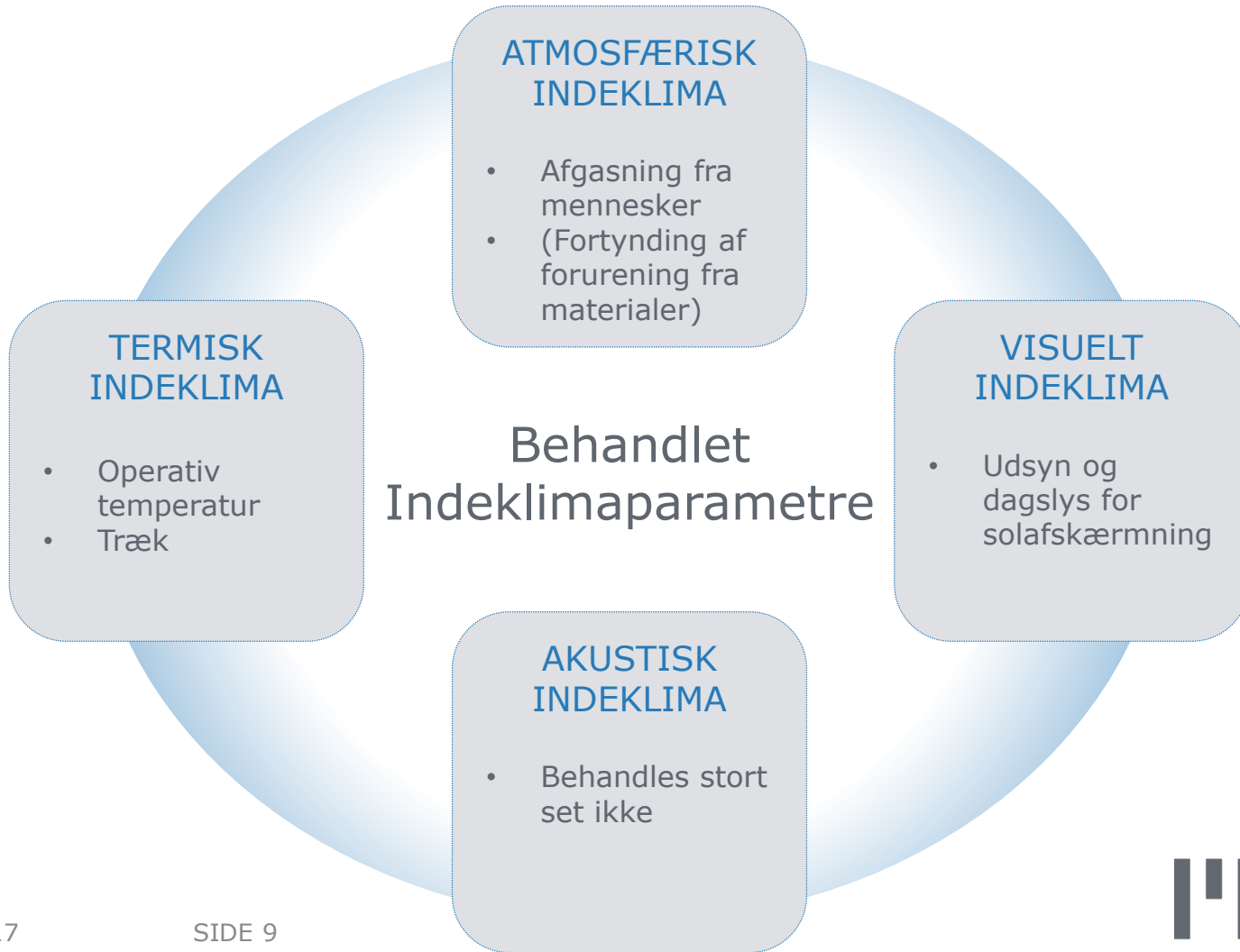
- 1. Overordnet at forbedre indeklimaet i dansk byggeri**
- 2. At sikre ensartethed i branchen ift. beregning af indeklima**

Målgruppe

- **Bygherrer,** som har behov for at specificere indeklimakrav
- **Rådgivere,** som skal udfører beregninger
- **Branchevejledningen kan:**
 - fungere som metodebeskrivelse
 - give input til beregninger
 - vejledning til dokumentation og visning af resultater

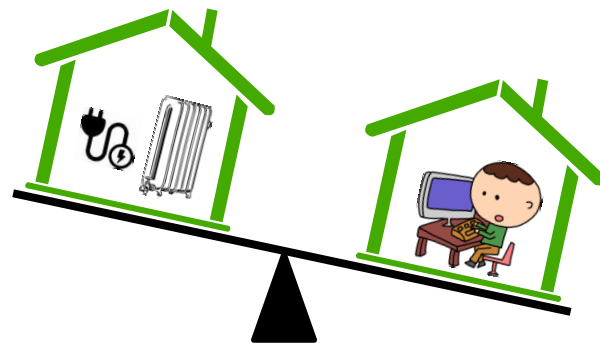
Baggrund for udvikling

- Et godt indeklima kan mindske sygedage og øge præstationen
- Et muligt samfundsøkonomisk potentiale ved at forbedre indeklimaet
- Et behov for at udbrede viden om indeklimaforhold til bygningsejere ift. Kravsstillelse
- Vejledningen kan bruges ved både nybyggeri og reovering
- Indgå i udbudsmaterialet så der opnås ensartet grundlag for beregninger
- Grundlag for behovsafklaring mellem bygherre og rådgiver
- Sammenlignelig dokumentation fra forskellige rådgivere
- Vejledningen sætter IKKE begrænsninger i anvendelse af værktøjer
- Giver mulighed for mere retvisende beregninger, men det kræver indeklimafaglige kompetencer
- ...



Prioritering af indeklima

- Bygningers primære formål er at skærme mod udeklimaet og skabe behageligt indeklima
- Reel frygt for at energien har haft "for" stor betydning de seneste bygningsreglementer
- Indeklima og energiforbrug hænger ufravigeligt sammen
- Langt største delen af energiforbruget går til at sikre indeklimaet!
- Ved optimering af bygningen skal indeklimaet gå forud for energiforbruget



(Op) **Prioritering af indeklima**

1. Sikkerheds- og sundhedsmæssigt byggeri
2. Tilfredsstillende komfort
3. Minimering af energiforbrug

Analyse af indeklima

- Indeklimaberegningerne giver vigtige input om fx:
 - Udformning og orientering af bygningens facader og placering af funktioner
 - Størrelse af vinduer i facader
 - Betydning af valg af glas i vinduerne
 - Behov for solafskærmning
 - Varme- og kølebehov
 - Klimastyring, herunder ventilation og køling
 - Styring og regulering af tekniske anlæg



Struktur og opbygning

Branchevejledningsprojektet

- "Branchevejledning for Indeklimaberegninger"
- Bilagsdokumenter
 - "Erfaringsopsamling af indeklimaproblematikker"
 - "Baggrundsanalyser"
 - "Den gode indeklimarapport, bolig"
 - "Den gode indeklimarapport, erhverv"
- Alle dokumenter vil være tilgængelig på Innobygs hjemmeside
- Vejledningen er generelt vist med en masse eksempler

Branchevejledningens opbygning

Forord.....		2
Nomenklatur.....		4
Indledning.....	Basis og indledning	5
Formål og målgruppe		5
Baggrund.....		5
Indeklima generelt.....	Introduktion	8
Boliger.....		16
Metode, bolig.....	Boliger	16
Kravspecifikationer, bolig.....		17
Design og projektering, bolig.....		18
Erhverv og andet.....		27
Metode.....		28
Kravspecifikationer	Erhverv og andet	29
Design og projektering.....		34
Robusthed		42
Indeklimadokumentation (Best practice)		43
Appendiks A.....		44
Appendiks B.....	Ekstra materialer/uddybninger	45
Appendiks C.....		46

Branchevejledningens opbygning

Forord.....	2
Nomenklatur.....	4
Indledning.....	5
Formål og målgruppe	5
Baggrund	5
Indeklima generelt.....	8
Boliger	16
Metode, bolig	16
Kravsspecifikationer, bolig.....	17
Design og projektering, bolig	18
Erhverv og andet.....	27
Metode.....	28
Kravsspecifikationer	29
Design og projektering.....	34
Robusthed	42
Indeklimadokumentation (Best practice)	43
Appendiks A.....	44
Appendiks B.....	45
Appendiks C.....	46

Bygherrens interesse

Afsnit der hovedsageligt henvender sig til bygherren og hans rådgivere ift. Udarbejdelse af udbudsmateriale.

Rådgiverens interesse

Afsnit der hovedsageligt henvender sig til rådgiveren ift. Projektering, MEN andre afsnit kan også sagtens have værdi.

Definition af bolig og erhverv

Tabel 2 Bygningstyper opdelt på bolig og erhverv. Gradueringen er baseret på SBI-anvisning 213 og følger dermed bygningsreglementets bestemmelser.

Bolig	Erhverv (andet)
Fritliggende enfamiliehuse (parcelhuse)	Institutioner med tvangsanbringelser
Stuehuse ved landbrugsejendomme	Psykiatri
Dobbelthuse	Kontor- og administrationsbygninger,
Rækkehuse	Skoler, undervisnings- og forskningsinstitutioner,
Kædehuse	Daginstitutioner og skolefritidsordninger,
Gruppehuse	Sygehuse
Tofamiliehuse	Idrætsanlæg og klubhuse
Pleje- og døgninstitutioner	Detailhandel, service, butikker og butikcentre
Kollegier	Engroshandel og opvarmet lager
Hotelværelser	Fængsler
Feriekolonier	Restauranter, biografteater, forlystelser, museer, biblioteker, kirker o. lign.
Vandrehjem	Opvarmede værksteder og laboratorier samt let produktion og montage

Note: Sommerhuse og fritidshuse skal principielt betragtes som boliger, hvor dokumentation af termisk indeklima kan dokumenteres med en forenklet beregning.

Bolig

Metode, bolig

- Termisk komfort skal som udgangspunkt dokumenteres ved Be15 Sommerkomfort
 - Sikre sammenlignelighed og en grundlæggende robusthed
- En bolig defineres til at altid være i brug. Præmis danner grundlag for standardforudsætninger i beregninger
- I nogle situationer kan der være brug for mere detaljerede analyser (f.eks. BSim, IDA-ICE, IES-VE) pga. forhold som ikke kan simuleres i Be15
- Termisk komfort skal dokumenteres ved standard udeklima: DRY2013

Kravsspecifikation, bolig

Tabel 3. Kravsspecifikationer for det termiske og atmosfæriske indeklima i boliger skelner mellem kategorierne 'standard' og 'skærpet'.

Kategori	Standard	Skærpet
<i>Temperatur sommer, tolerance</i>	100 timer > 27 °C	100 timer > 26 °C
	25 timer > 28 °C	25 timer > 27 °C
<i>Temperatur vinter, tolerance¹</i>	-	50 timer > 25 °C (nov-mar)
<i>Atmosfærisk krav</i> (Min. friskluftstilførelse pr. person ² .)	5 l/s pr. person	7 l/s pr. person
<i>Draught rate³</i>	≤ 20 %	≤ 15 %

¹ Kravet gælder kun ved anvendelse af detaljerede simuleringsprogrammer

² Antallet af personer defineres ud fra antal senge. Se bilag XX for uddybning

³ Kravet gælder ikke ved udluftning gennem vinduerne i en kølesituation

Kravsspecifikation, bolig

- **Standard:** Traditionelle boliger som opføres i overensstemmelse med bygningsreglementet
- **Skærpet:** Boliger med beboerne som har funktionsnedsættelser (f.eks. Beskyttede boliger, ældreboliger, mv.)
Boliger uden mulighed for udluftning gennem vinduer
- Begge indeklimakategorier kan dokumenteres ved **forenklet beregning** og **detaljeret beregning**.
 - Dog gælder det at ved eftervisning af BR, skal der anvendes standardforudsætninger

Design og projektering, bolig

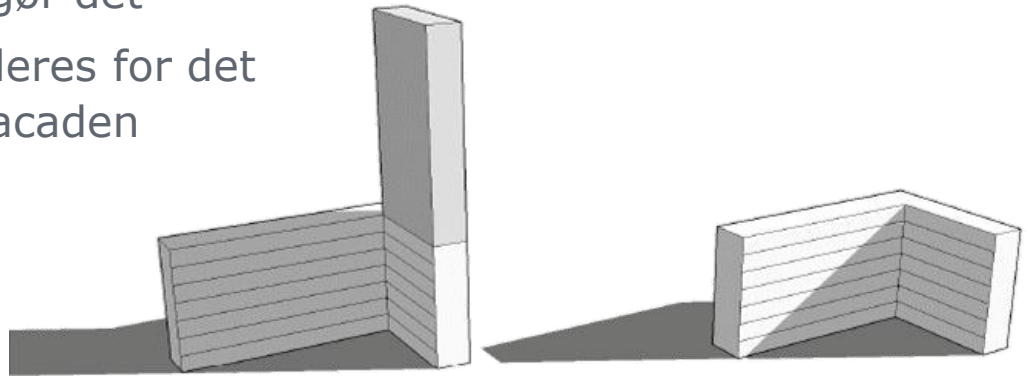
- Uddybende vejledninger til SBI sommerkomfort og standardforudsætninger for evaluering generelt
- Inddelt i følgende afsnit:
 - Ventilation og udluftning
 - Interne belastninger og brugsprofiler
 - Solafskærmning
 - Skygger
 - Robusthed

Design og projektering, **ventilation og udluftning**

- Korrektion af ventilationsmængde ved anlæg uden by-pass om sommeren
- I henhold til ECO-design direktivet skal alle tovejsventilationsaggregater i boliger fra den 1. januar 2016 være udstyret med by-pass
- Indførelse af entydig metode til bestemmelse af luftmængde der må medregnes i beregningerne (udbygning/præcisering af SBI 213)
- Maks grænse for luftskifte: 7,0 l/s pr. m²
- Maks grænse for luftskifte om natten: 0,60 l/s pr. m²

Design og projektering, **skygger**

- Ved forenklet beregning i Be15 Sommerkomfort bliver skyggenes betydning forsimplet væsentligt
- Skyggerne skal vurderes for hvert rum og kan ikke antages som en middelværdi for en større facade
- Udhæng og altaner bør kun medregnes, hvis de har en udstrækning, som retfærdiggør det
- Højre venstre skygger skal vurderes for det konkrete rum og ikke for hele facaden



Mest betydende parametre, bolig

Tabel 10. Rangering af parametre i forhold til deres indflydelse på variationer i evalueringen af det termiske indeklima beregnet med SBI Sommerkomfort. Variationerne for parametrene ses af Appendiks B.

No.	Rangering af parameter	Kommentar	Relativ indflydelse
1	Vent. day (l/s m ²)	Naturlig + mekanisk ventilation, dag	22 %
2	Glass-floor (%)	Glasandel i forhold til gulvareal	14 %
3	Overhang (°)	Udhæng over vindue	12 %
4	g (-)	Rudens g-værdi	12 %
5	Vent. night (l/s m ²)	Naturlig + mekanisk ventilation, nat	7 %
6	Horizon (°)	Horisontskygge	7 %
7	Fc (-)	Afskærmningsfaktor både indv. og udv.	6 %
8	Fins, right (°)	Sidefremspring, højre	4 %
9	Fins, left (°)	Sidefremspring, venstre	4 %
10	UA env.	U-værdi ydervæg	3 %
11	Orientation (°)	Bygningens orientering (syd, øst, vest)	3 %
12	Recess (%)	Vinduets placering i ydervæggen	3 %
13	Heat cap. (Wh/K m ²)	Bygningens varmekapacitet	2 %
14	U, windows	U-værdi vindue	2 %
15	Vent, winter	Mekanisk ventilation, vinter	0 %

Robusthedsmetode, bolig

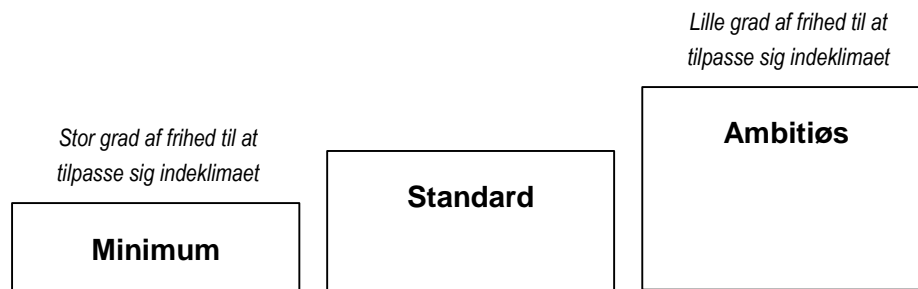
- Betydende parametre har stor indvirkning på resultatet
- Vigtigt at illustrere overfor kunden hvordan rummet performer ved en variation af vigtige parametre
- Ventilation dag og nat varieres for at illustrere betydningen af brugernes ageren i boligen

Parameter	Ændring
Vent. day (l/s m ²)	÷ 30 %
Vent. night (l/s m ²)	0 eller 100 %

Erhverv og andet


Valg af indeklimaklasse, erhverv

- Erhverv og andet: skærpet indeklimakrav ift. boliger
- Andre krav til forventning og (normalvis) krav til påklædning
- Indførelse af tre indeklimaklasser, som ligger sig op af gængse klasser fra litteraturen (EN15251, ISO7730, DS1752)
















Metode, erhverv og andet

- Branchen har ofte diskuteret hvornår det er sommer/vinter
- Indførelse af ny metode for evalueringsperioder

 **Sommerperiode** maj, juni, juli, august og september

 **Overgangsperiode** april og oktober

 **Vinterperiode** november, december, januar, februar og marts

											
Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec

Kravsspecifikation, erhverv og andet

Tabel 1 Kravspecifikationer til indeklimaklasserne for erhverv og andet ved dimensionerende forhold.

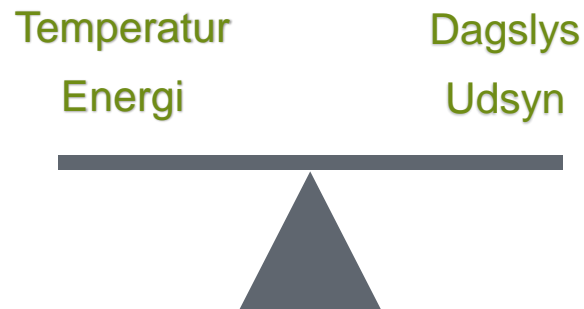
Indeklimakategori	Minimum	Standard	Ambitiøs
<i>Operativ temperatur i °C</i>			
- sommer (maj – september)	22,0 – 27,0	22,0 – 26,0	22,5 – 25,5
- overgang (april og oktober)	21,0 – 27,0	21,0 – 26,0	21,0 – 25,5
- vinter (november – marts)	21,0 – 25,0	21,0 – 24,5	21,0 – 24,0
<i>Træk og lufthastigheder</i>			
Trækrisiko (draught rate), maks	25%	20%	15%
<i>Solafskærmningstid i procent af brugstiden</i>			
Andel af brugstid , hvor afskærmningen er aktiv ¹ ,	30%	20%	12%
<i>Atmosfærisk indeklima i ppm</i>			
CO ₂ -koncentration (ved udeniveau på 400 ppm)	1200	1000	900

Toleranceoverskridelser, erhverv og andet

Toleranceoverskridelser	ved 5 arbejdsdage pr uge	ved 7 arbejdsdage pr uge
<i>Operativ temperatur</i>		
- timer med overskridelse af øvre temperaturgrænse sommer og overgang (april – oktober)	Maks 100 timer	Maks 140 timer
- timer med overskridelse af øvre temperaturgrænse vinter (november - marts)	Maks 50 timer	Maks 70 timer
- timer med overskridelse af øvre temperaturgrænse + 1°C sommer og overgang (april – oktober)	Maks 25 timer	Maks 35 timer
- timer med overskridelse af øvre temperaturgrænse + 1°C vinter (november - marts)	Maks 10 timer	Maks 14 timer

Solafskærmning, erhverv og andet

- Afvejning af indeklima og energiforbrug vs. Dagslys og udsyn



Solafskærmning, erhverv og andet

- Afvejning af indeklima og energiforbrug vs. Dagslys og udsyn
- Indførelse af krav til hvor meget afskærmning må være aktiveret i brugstiden (kl. 7-18)
- Ny metode til vurdering af "solafskærmningstiden" i et rum, baseret på SBI-anvisning 264 og DS/EN 14501
- Fokus på udsynskvaliteten, så brugere ikke overstyrer solafskærmningen

Solafskærmning, erhverv og andet

- Fokus på at udvikle en metode, hvor der differentieres mellem afskærmningstyper
- Indførelse af udsynsklasser for en afskærmning med en tilhørende vægtningsfaktor

	Udsynsklasse for solafskærmning	Vægningsfaktor af en afskærmningstime
Afskærmning med blokeret udsyn	0	1,00
	1	0,95
	2	0,85
	3	0,70
Afskærmning med bedst udsyn	4	0,20

Tabel 14 Sammenhæng mellem udsynsklasse i henhold til SBI-anvisning 264 "Solafskærmninger" og DS/EN 14501 og vægtning af en afskærmningstime

- Hvis den reelle udsynsklassen ikke er kendt for den aktuelle afskærmning er der udarbejdet en tabel som vurderer udsynsklassen

Den gode indeklimalrapport

- Best practice i branchen

Indeklimadokumentation

- Vigtigt at sikre en god formidling af resultaterne
- Indeklimarapporten skal henvende sig til mange aktører:
 - **Bygherre**; tryghed for at indeklimaet bliver som ønsket
 - **Bygherrerådgiver**; sikre sig at der er regnet på det rigtige og de korrekte antagelser
 - **VVS-ingeniør**; finde vigtige parametre til den videre projektering
 - **Projektlederen**; have et overblik over hele bygningen og om at alle krav er opfyldt
 - **Idriftsættelsen**; Set-punkter og tidsintervaller i CTS
 - **Beregneren-selv**; let kunne finde forudsætninger, hvis der skal regnes på alternativer

Indholdsfortegnelse, indeklimarapport erhverv og andet

1 Resumé og konklusion.....	3
2 Indledning.....	4
3 Beregningsgrundlaget.....	6
3.1 Krav og ønsker til indeklimaet.....	6
3.2 Dimensionerende brugsmønstre.....	7
3.3 Øvrige input.....	7
4 Udvælgelse af rum.....	8
5 Kontorer mod syd og nord.....	10
5.1 Konklusion.....	10
5.2 Modellen.....	11
5.3 Termisk indeklima.....	12
5.4 Atmosfærisk indeklima.....	14
6 Møderum.....	16
7 Kantine.....	17
8 Appendiks.....	18
8.1 Simuleringsprogram og vejrdata.....	18
8.2 Geometri og geografi.....	18
8.3 Konstruktioner.....	19
8.4 Vinduer.....	19
8.5 Solafskærmning.....	20
8.6 Opvarmning.....	21
8.7 Køling.....	21
8.8 Ventilation.....	21
8.9 Infiltration.....	22
8.10 Personer.....	23
8.11 Udstyr.....	23
8.12 Belysning.....	24
Alle kommentarer.....	25

Indeklimarapport - EKSEMPEL

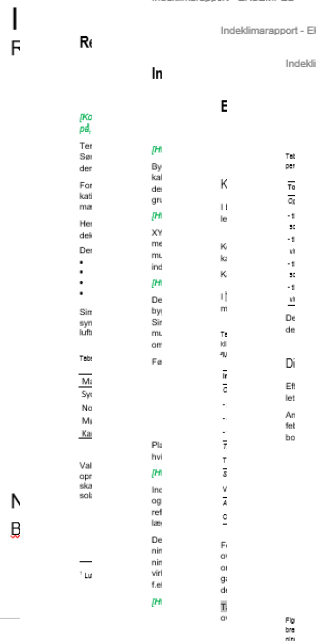
Indeklimarapport - EKSEMPEL

Indeklimarapport - EKSEMPEL

Indeklimarapport - EKSEMPEL

Indeklimarapport - EKSEMPEL

Indeklimarapport - EKSEMPEL



Kontorer mod syd og nord

Konklusion

For at overholde de opstillede ønsker til indeklimaet er der behov for luftskifter på ca. 5 gange i timen i de sydvendte kontorer og ca. 3 gange i timen i de nordvendte. **Tabell 8** viser en oversigt over luftmængderne.

Tabell 8 Nødvendige mæske luftmængder for kontorerne.

MAKSEMALLE LUFTMÆNGDER	m³/h	L/s pr m²	Luftskift pr time
Sydvendte kontor	620	5,1	~ 5
Nordvendte kontor	370	3,1	~ 3

Det er primært det termiske indeklima der har været dimensionerende for luftmængderne.

Antallet af timer over og under de ønskede temperaturer i forhold til krav og ønsker er opgjort i **Tabell 9**.

Tabell 9 Antal timer med temperatur under og over de fastsatte grænser, maksimalt temperaturstigning i løbet af en dag samt maksime CO2-koncentration i kontorerne

	NORDVENDT		SYDVENDT	
	med solafskærmning	uden solafskærmning	med solafskærmning	uden solafskærmning
WINTER (2018 - 2050)				
under 21,0°C	0 timer	0 timer	0 timer	0 timer
over 26,0°C	0 timer	0 timer	0 timer	0 timer
over 28,0°C	0 timer	0 timer	0 timer	0 timer
OVERGANG (2020-2050)				
under 21,0°C	0 timer	0 timer	0 timer	0 timer
over 26,0°C	0 timer	0 timer	0 timer	0 timer
over 27,0°C	0 timer	0 timer	0 timer	0 timer
SOMMER (1980 - 1990)				
under 20,0°C	0 timer	0 timer	0 timer	0 timer
over 26,0°C	78 timer	88 timer	88 timer	88 timer
over 27,0°C	0 timer	0 timer	0 timer	0 timer
Tilværemt CO2-koncentration	900 ppm	900 ppm	900 ppm	900 ppm
WINTER (1980 - 1990)				
solafskærmning i brug	-	1%	1%	1%

Indeklimaberegningerne viser, at der kan skabes et behageligt indeklima i kontorerne, der lever op til de ønsker og krav, der blev opstillet i **Tabell 3** og **Tabell 4** på side 7.

Antallet af timer med høje temperaturer er klart lavere end de opstillede toleranceskridtstørrelser. Det er dog nødvendigt at benytte solafskærmende glas i de sydvendte

...og Branchevejledningen
indeholder MEGET mere... 😊



MØE | BuildingDesign

buildingdesign.moe.dk

Steffen E. Maagaard

Koncernkompetencechef Energi & Indeklima

Civilingeniør, M.Sc.

Mobil: 25 40 01 90

Mail: sem@moe.dk

<https://dk.linkedin.com/in/steffenmaagaard>